ОАО «Гомсельмаш»
Научно-технический
центр комбайностроения

Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра

Сборник научных статей седьмой международной научно-практической конференции

Часть 1



17 ноября 2023 года
г. Гомель, Беларусь

Министерство промышленности РБ
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»
Национальная академия наук РБ
Государственный комитет по науке и технологиям РБ
Министерство образования РБ

7-ая МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ - СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

17 ноября 2023 г.

Сборник научных статей международной научно-практической конференции

В 2 частях
Часть 1

Гомель, Республика Беларусь

УДК 631.3:620.22:001895

Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: Сборник научных статей 7-ой международной научно-практической конференции: В 2ч. Ч.1 - Гомель: Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2023. - 264 с.

ISBN 978-985-6477-61-7 (ч.1)
ISBN 978-985-6477-60-0

В сборнике опубликованы научные статьи участников 7-ой международной научно-практической конференции **«Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра»,** посвященные состоянию, тенденциям и направлениям развития сельскохозяйственного машиностроения в области создания тракторов, универсальных энергетических средств, навесных и прицепных машин, машин для уборки зерновых культур, кормов и корнеклубнеплодов, новых материалов, методов проектирования с использованием компьютерных технологий, методов повышения конкурентоспособности сельскохозяйственных машин, включая критерии надежности и безопасности.

© ОАО «Гомсельмаш», 2023

УДК 631.171

ПРОГРАММА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПАРКА КОРМОУБОРОЧНЫХ МАШИН

А.В. Ленский, А.А. Жешко, В.И. Володкевич
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассмотрены основные результаты реализации программного приложения для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин.

В настоящее время для заготовки силоса и сенажа используется значительное количество основных и вспомогательных технических средств, которые применяются для уборки, транспортировки, уплотнения массы или упаковки в полимерный рукав, а также для реализации дополнительных технологических операций, предшествующих уборке. При этом для конкретных производственных условий, с учетом размеров и контурности полей, расстояний перевозки, урожайности и состояния убираемой массы, а также других факторов можно сопоставить различные комбинации технических средств, задействованных в процессе уборке и, путем сравнения удельных технико-экономических показателей, определить рациональную структуру парка мобильной кормоуборочной техники для конкретных производственных условий. Для автоматизации процесса формирования структуры парка мобильной кормоуборочной техники разработано программное приложение [1].

Реализация результатов проектирования в программном приложении для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин в технологиях заготовки кормов из трав и силосных культур представлена на рисунках 1 – 3.

На рисунке 1 представлено окно выбора сохранённых результатов вычислений по кормоуборочным комплексам машин. Интерфейс выбора технологии заготовки кормов состоит из заголовка 1 и заголовков вида заготавливаемых кормов 2.



1 – заголовок окна; 2 – заголовки вида заготавливаемых кормов; 3 – всплывающая ссылка для перехода к соответствующему разделу вычислений; 4 – селектор типа заготавливаемых кормов

Рис. 1 – Интерфейс выбора технологии заготовки кормов

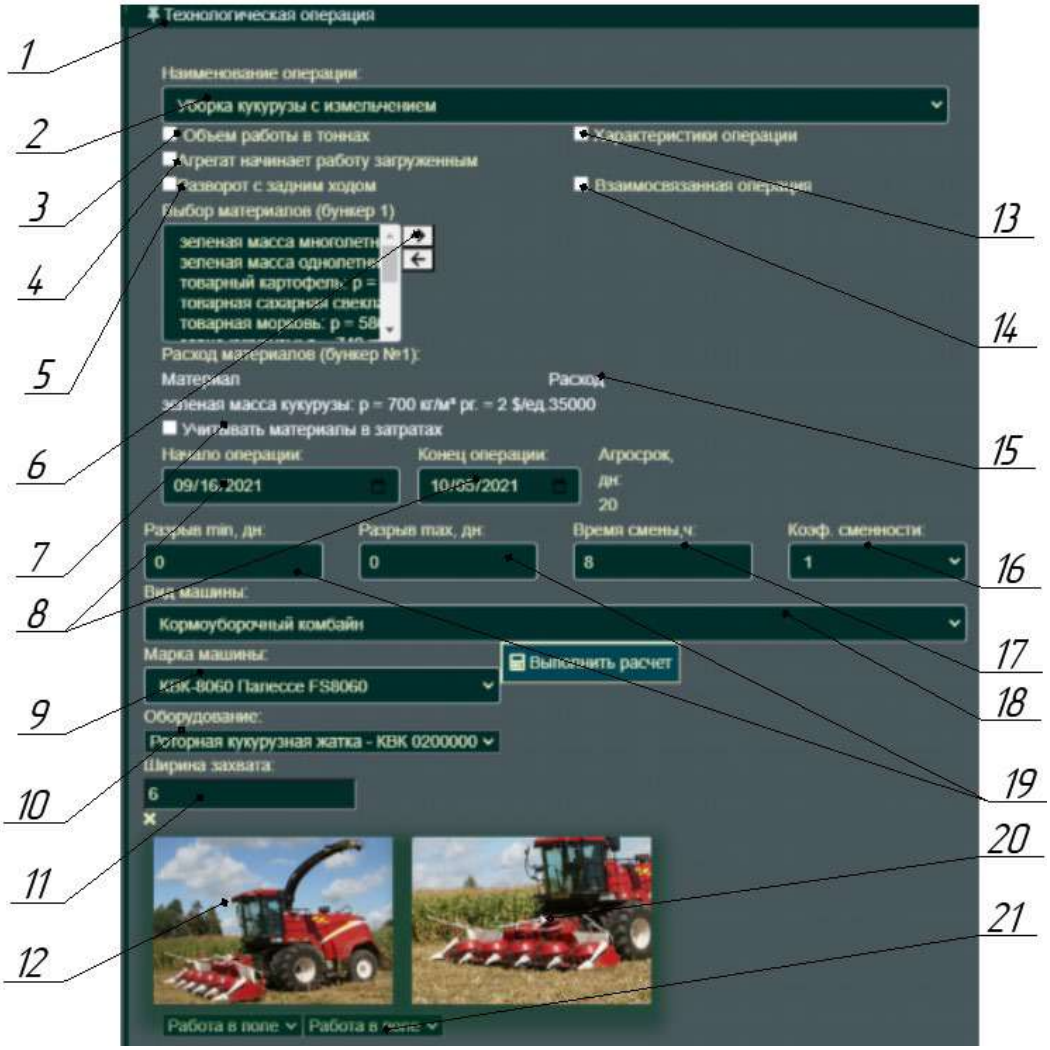
При наведении курсора на соответствующий селектор типа заготавливаемых кормов 4, появляется всплывающая ссылка для перехода к соответствующему разделу вычислений 3.

В результате перехода по ссылке отрывается главное окно работы приложения. В верхней части окна расположен заголовок с наименованием кормоуборочной операции.

В левом верхнем углу расположены общие характеристики условий работы: площадь убираемого участка, а также элементы управления приложением. К элементам привязаны следующие функции:

- вставка новой технологической операции в главную таблицу;
- формирование новой операции;
- обновление нумерации в перечне кормоуборочных работ;
- перемещение операции внутри перечня;
- удаление выделенной операции;
- сохранение результатов редактирования и вычислений;
- включение режима редактирования уборочного комплекса машин;
- подсветка взаимосвязанных операций.

При выделении соответствующей операции в главном окне приложения в нижней части экрана появляется «Редактор технологической операции» (рисунок 2).



1 – заголовок окна; 2 – селектор типа операции по наименованию; 3 – переключатель единицы объема работ; 4 – переключатель условий работы; 5 – переключатель типа разворота; 6 – селектор выбора материала; 7 – информационное сообщение о типе материала, его плотности и стоимости; 8 – редактор начала и окончания операции; 9 – селектор выбора машины по марке; 10 – селектор выбора ширины захвата машины; 11 – селектор выбора марки трактора; 12 – изображение выбранного трактора; 13 – переключатель характеристики операции; 14 – переключатель взаимосвязанной операции; 15 – редактор расхода материала; 16 – селектор коэффициента сменности; 17 – селектор времени смены; 18 – селектор вида машины; 19 – редактор разрывов операции; 20 – изображение выбранной машины; 21 – селектор внутрихозяйственной логистики

Рис. 2 – Редактор технологической операции

Редактор технологической операции представляет собой окно, состоящее из заголовка 1 и динамически обновляемого контента, который меняется при выделении различных технологических операций в главном

окне. В верхней части редактора технологической операции (рисунок 2) расположен селектор типа операции по наименованию 2, который позволяет осуществлять редактирование. При изменении содержимого верхнего селектора, все последующие элементы придется выбирать заново.

Под селектором 2 расположены переключатели, которые позволяют изменить единицы объема выполняемых работ 3 – выбрать тонны или гектары. Переключатель условий работы 4 позволяет указать особенности выполнения технологических циклов. Переключатель типа разворота 5 позволяет вносить изменения в результаты расчета в связи с особенностями движения агрегата по полю. Селектор выбора типа материала 6 позволяет редактировать и добавлять соответствующие материалы:

- зеленая масса для заготовки силоса;
- провяленная сенажная масса.

После выбора типа материала в окне редактора появляется информационное сообщение 7 о типе материала, его плотности и стоимости. Данные можно изменять в редакторе расхода материала 15. Редактор начала и окончания операции 8 позволяет изменять сроки выполнения работ.

Селектор выбора машины по марке 9 позволяет изменить или выбрать марку машины (кормоуборочного комбайна) для реализации редактируемой операции. При этом для выполнения расчета в автоматическом режиме из базы загружаются необходимые характеристики выбранной машины. Селектор 10 позволяет дополнительно указать ширину захвата выбранной машины, что является важным моментом в связи с существующей разномарочностью и наличием модификаций сельскохозяйственных машин и самоходной кормоуборочной техники. В зависимости от тягового класса, с которым агрегатируется выбранная машина, в селекторе 11 будет предложен соответствующий перечень тракторов для соответствующей машины. Изображения выбранных трактора 12 и машины 20 после выделения будут загружены в окно редактора.

Для ввода дополнительных характеристик технологических операций, таких как высота среза при скашивании, или длина резки при измельчении, необходимо использовать переключатель 13. Для информирования приложения о том, что выбранная операция является взаимосвязанной с другими технологическими операциями необходимо выбрать переключатель 14.

Селекторы коэффициента сменности 16 и выбора времени смены 17 позволяют ввести соответствующие значения и использовать их для выполнения расчетов.

Селектор вида машины 18 используется как фильтр и позволяет упростить выбор необходимой машины по марке. Редактор разрывов

операции 19 позволяет ввести соответствующие данные для выполнения расчетов. Селектор внутрихозяйственной логистики 21 позволяет выбрать локацию выполнения операции для вычисления расстояния перемещения техники, выбора рациональных маршрутов движения и решения логистических задач.

По результатам вычисления основных показателей экономической эффективности, производительности и расхода топлива при использовании различных сочетаний уборочной, погрузочной, транспортной и дополнительной специализированной техники для выполнения уборочных работ с учетом конкретных производственных условий, принимается решение о рациональном формировании парка мобильных кормоуборочных машин.

Заключение. По результатам выполненных исследований разработано программное приложение для автоматизированного формирования структуры парка мобильных кормоуборочных машин в технологиях заготовки кормов из трав и силосных культур. Приложение состоит из окна выбора сохранённых результатов вычислений, главного окна и редактора технологических операций. В результате вычисления основных показателей экономической эффективности, производительности и расхода топлива при использовании различных сочетаний уборочной, транспортной и дополнительной специализированной техники для выполнения уборочных работ с учетом конкретных производственных условий, принимается решение о рациональном формировании парка мобильных кормоуборочных машин.

Литература

1 Ленский, А.В. Формирование эффективной системы машин для механизации растениеводства / А.В. Ленский. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2018. – 377 с.

УДК 631.35.008.94

АНАЛИЗ СЛОЖИВШИХСЯ СИТУАЦИЙ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНСТРУКТОРСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

И.А. Кольцова, Е.А. Алагинский, А.С. Хоронжина
Научно-технический центр комбайностроения
ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

В данной статье осуществляется анализ текущей ситуации по информационным технологиям в области проектирования, управления жизненным циклом изделия, инженерных расчетов в НТЦК ОАО «Гомсельмаш».

Введение санкций против России заставило задуматься о многих вещах, в том числе и “цифровых технологиях”. Можно ли полагаться на импортное программное обеспечение (далее – ПО), импортные цифровые технологии в отрасли или ждать новые экономические санкции, предприятиям, создающим сложную, наукоемкую технику, решающим вопросы проектирования и технологической подготовки производства, автоматизации инженерных расчётов, оптимизации узлов и агрегатов, решающим вопросы по управлению производством, коллективным взаимодействием подразделений и сотрудников.

Сегодня проектирование в НТЦК (Научно-техническом центре ОАО «Гомсельмаш») выполняется в САПР (системе автоматизированного проектирования) Creo Parametric (3D CAD). Для управления жизненным циклом изделия используется система управления жизненным циклом изделия PDM Windchill.

Системы Creo Parametric, PDM Windchill используются не только в НТЦК, но и на других научно-производственных объединениях, предприятиях Республики Беларусь, России (г.Минск - завод МЗКТ, ЗАО «Атлант», ОАО «Пеленге», завод БелАЗ, Россия- РКК «Энергия», «Центр Тренажеростроения», НПО «Энергомаш» имени академика В. П. Глушко, МТЗ «Трансмаш», ФГУП «КБМ», ОАО «ВЭМЗ», ЗАО «Гражданские самолеты Сухого», ОАО «Автодизель» и прочие), создающих финансовое благополучие каждого предприятия и Республики Беларусь в целом.

Система Creo Parametric (далее – Creo) относится к «тяжёлой» (многофункциональной САПР мирового уровня) на современном рынке

в машиностроение, сельхозмашиностроение, транспортном машиностроение, авиастроении, кораблестроении и др. отраслях.

«Тяжёлая САПР» предназначены для работы со сложными изделиями (большие сборки в сельхозмашиностроение, авиастроении, кораблестроении, в оборонно-космическом комплексе и др.).

Системы САПР Creo и PDM Windchill (далее- Windchill) разработчик фирма англ. «PTC» (Parametric Technology Corporation; компания PTC, крупный мировой игрок в области разработки CAD/CAM/CAE/PLM-решений) страна США — международная компания-разработчик программного обеспечения для двухмерного и трёхмерного проектирования (CAD\САПР), управления жизненным циклом изделий (PLM), управления обслуживанием (SLM) и управления жизненным циклом приложений (ALM).

К основным линейкам продуктов компании относятся PTC Creo (CAD), PTC Windchill (PLM), PTC Mathcad (инженерные расчёты), PTC Integrity (ALM), PTC Creo View, PTC Servigistics (SLM) и PTC Arbortext (работа с технической документацией) и прочие модули.

С марта 2022 г. иностранные ИТ-компании начали выполнять требования регуляторов своих стран по соблюдению санкций и приостановили работу в России. Среди них оказалась фирма англ.«PTC».

Под санкциями (импортозависимыми) оказались инженерные системы по тематике CAD/CAM/CAE/PLM/PDM («зарубежный софт») для выполнения процесса проектирования (CAD), системы для управления жизненным циклом изделия (PLM/PDM), системы для инженерных расчетов (CAE), системы визуализации и др., т.е. основные системы, которые обеспечивают выпуск наукоемкой продукции в Республике Беларусь, России, определяющие мощь предприятия и от которой напрямую зависит финансовый результат предприятий, создание конкурентоспособной продукции на мировом рынке.

Под санкциями (санкционными ограничениями) импортозависимыми оказались инженерные системы CAD/CAM/CAE/PLM/PDM, разработанные фирмами «PTC», Siemens, AutoDesk, Siemens NX, Teamcenter, FiberSIM, SolidWorks, CATIA, NX, Ansys и HyperWorks и др.

Инженерное программное обеспечение - неотъемлемый элемент современного производственного предприятия в Республике Беларусь. И если раньше зарубежный софт позволял с большей скоростью проектировать изделия, сопровождать их на протяжении всего жизненного цикла, то теперь без современных цифровых технологий невозможно создать передовую наукоемкую продукцию.

Санкции могут затруднить разработки, создание новых проектов на предприятиях.

НТЦК и другие предприятия на протяжении многих лет закупали лицензии (подписки) на инженерные зарубежные системы автоматизированного проектирования - PDM/PLM/CAD/CAM-системы, расчетные программные комплексы CAE, системы проектирования сложных промышленных изделий и инфраструктуры. Были вложены немалые средства в закупку лицензий (подписок), внедрение, обучение сотрудников, получения компетенций.

Российский IT-сегмент нынче переживает не лучшие времена. Причинами этого являются напряжённая геополитическая ситуация в мире, санкционные ограничения со стороны западных стран, а также полная либо частичная приостановка деятельности на отечественном рынке многих иностранных высокотехнологичных компаний.

В числе таковых успели отметиться корпорации Microsoft, Intel, AMD, IBM, Oracle, SAP, Autodesk, Cisco Systems, Red Hat, SUSE, Acronis, VMware, Veeam Software, Fortinet, Adobe Systems, ESET, Avast Software и другие [2]. Одни ушли с рынка, другие на время заморозили продажи своих услуг и продуктов, а третьи урезали ассортимент доступных для российских потребителей решений и сервисов. Все эти действия обернулись для информационных технологий серьёзными неудобствами и необходимостью перехода на альтернативные системы отечественной разработки.

В России вышел Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 "О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации".

Из указа № 166 следует, что полностью перейти на российский софт в России необходимо до 1 января 2025 года [1]. Закупки импортного ПО прекращены и в будущем не планируются.

Господдержку и развитие в первоочередном порядке должны получить средства автоматизированного проектирования (CAD) и системы PLM/PDM — речь идет о тех, технологиях, что касаются сложных высокотехнологичных изделий в различных отраслях промышленности.

Зарубежные ПО аналоги, которые широко применяются и требуют первоочередной замены [3].

Минцифры России опубликовало список приоритетных направлений поддержки отечественных ИТ-решений, которые в первую очередь надо развивать. (Таблица 1 «Перечень программного обеспечения требующего первоочередной разработки») [3].

Таблица 1. Перечень программного обеспечения требующего первоочередной разработки

Класс информационной системы	Что это такое-функционал	Зарубежные аналоги, которые нужно заменить
Средства разработки ПО	Сервисы, обеспечивающие полный цикл разработки программного обеспечения в каждом классе: мобильные приложения, веб-приложения, desktop-приложения.	AllRound Automations, Altova, Asana, Atlassian (Jira, Confluence), Fima, JetBrains, Jfrog, Miro, Qt, Sketch, Sonatype и др.
Средства управления жизненным циклом изделий разных назначений (PLM, PDM).	Средства управления жизненным циклом изделий/продукции различного назначения	Delmia (Dassault Systems), Teamcenter (Siemens AG), ENOVIA (Dassault Systems), Windchill (PTC, Inc)
Средства (системы) автоматизированного проектирования (CAD, САПР)	Средства автоматизированного проектирования сложных высокотехнологичных изделий различных отраслей промышленности	Siemens NX (Siemens AG), AutoCAD (Autodesk), Catia/SolidWorks (Dassault Systems), AVEVA Marine (Schneider Electric Global), FORAN (Sener Ingenieria), PTC Creo Parametric (PTC, Inc)
Средства инженерного анализа (CAE)	Системы моделирования (имитационное, аэро-, гидро-, теромодинамическое и пр. прикладное моделирование) и решения оптимизационных задач.	Siemens NX (Siemens AG), ANSYS (ANSYS), FORAN (Sener Ingenieria), Семейство MSC (DP Technology), Simula Abaqus (Dassault Systems)

Продолжение таблицы 1.

Класс информационной системы	Что это такое-функционал	Зарубежные аналоги, которые нужно заменить
Машинное обучение (ML) и публичный репозиторий кода и бинарных артефактов	Публичный репозиторий кода, содержащий версии наиболее популярных open source библиотек, проверяемых на отсутствие эксплойтов и malware. Репозиторий бинарных артефактов.	GitHub, Maven
Средства распознавания символов и работы с документами PDF	Сервисы для просмотра, печати и комментирования документов в формате PDF	Adobe Reader, замена всех исключенных из реестра решений Abbyy, в том числе самое критичное Abbyy FineReader
Продукты (программы) графического дизайна	Приложения для графического дизайна	Adobe, Figma, Sketch, Visio
Переход государственных информационных систем на открытые форматы документов и протоколы обмена.	Обеспечение для существующих ГИС возможности ведения и обмена документами в открытых форматах (ODF), конвертации документов в проприетарных форматов в открытые.	Microsoft

Продолжение таблицы 1.

Класс информационной системы	Что это такое-функционал	Зарубежные аналоги, которые нужно заменить
Система управления имущественным комплексом, предприятием, производством.	Системы управления технологическим транспортом и передвижным оборудованием в промышленности и другие	SAP Transportation management (TM), Oracle TMS, Oracle Field Service Cloud, SAP Field Service Management, Salesforce (ClickSoftware), IFS, ServiceMax, MS Dynamics 365.Field service, SAP NetWeaver, SAP SuccessFactors, Microsoft Teams and Viva Learning, Oracle Dynamic Skills и Oracle Cloud HCM, SAP EHSM, Enablon, Sphera, Emex, Intelex, UL EHSS, Cority, GenSuite,SAI Global, ERA, EtQ, VelocityEHS, Enviance
Системы управления цепочками поставок	Мультимодальная логистика, междугородние и международные перевозки	TMS решения от SAP, Oracle, Blue Yonder, Manhattan Associates для ритейла, оптовой торговли и логистических компаний
ПО для управления производственными процессами на предприятии, включающих ремонты и обслуживание.	Системы для контроля материальных потоков и ресурсов, загрузки и подготовки основных данных для расчета материальных и энергетических балансов и другие	EAM (аналоги Infor, SAP, Hexagon и др.) и MES - AVEVA (Wonderware MES Performance), GE (PA Efficiency), Siemens (Simatic IT), AVEVA (Wonderware MES Operations), AVEVA (Wonderware MES Quality), GE (PA Production management & tracking), MPDV (HYDRA), Visual MESA Production Accounting (Yokogawa)

Окончание таблицы 1.

Класс информационной системы	Что это такое-функционал	Зарубежные аналоги, которые нужно заменить
Связующее ПО, EDP системы	Системы для обеспечения интеграции с внешними системами (CRM, ERP, СУБД и т. д.) и другие	Microsoft Active Directory
Диспетчерское управление, SCADA, HMI и IoT-приложения	Системы для интеграции производственного процесса с корпоративными системами управления	OSI Soft PI System, Wonderware System Platform, GE Historian, Honeywell PHD, Siemens WinCC OA, Siemens Mindsphere
BIOS, драйверы	Отечественные BIOS и драйвера периферийного оборудования	

Изучив список импортозависимых направлений (Таблица1) просматривается тенденция (направленность), что по состоянию на 2023 г. Creo и Windchill, AutoCAD, СУБД Oracle (система управления базами данных) – входят в список импортозависимых систем и данные системы необходимы в первую очередь (тематика PDM/PLM/CAD/CAM) для функционирования НТЦК и других предприятий в Республике Беларусь.

На сегодняшний день – обобщение функциональности систем для работы конструктора НТЦК и предприятий, которые используют аналогичное ПО, которые необходимы в первую очередь (приоритетные системы):

- САПР CREO – CAD – система; проектировщики на базе данного инструмента выполняют разработку 3Д-моделей и ассоциативных чертежей;
- PDM Windchill – Система PDM; обеспечивает управление инженерными данными и жизненным циклом изделия;
- САПР AutoCAD – CAD – система; для выполнения чертежей (старые серийные чертежи);
- СУБД Oracle- СУБД база данных для хранения данных.

Следует исследовать аналогичные, импортозамещающие системы.

Риторический вопрос, куда двигаться дальше? Хочется надеяться на лучшее, на более глубокий уровень развития и совершенствования цифровых технологий.

Сегодня в НТЦК обновить лицензии/закупить, перейти на новые версии нет возможностей. Имеющиеся лицензии по техподдержке на Creo, Windchill регламентированы только до 2025/2026 года.

Имеющийся запас времени дает возможность обеспечить поиск аналогов, анализ альтернатив, технологий, обучение пользователей, изучения рынка ПО PDM/PLM/CAD/CAM, внесение изменений в нашу систему менеджмента качества.

Возможные варианты (пути развития):

- сегодня использовать имеющиеся (старые) версии ПО, которое морально устаревает со временем;
- работать с «трофейным программным обеспечением» (в российской ИТ-сфере новое понятие «пиратского» ПО). Такой подход не застрахован от ошибок и «подводных камней»;
- поиск нового (импортозамещаемого) альтернативного ПО – тематика PDM/PLM/CAD/CAM.

Сегодня продолжаем проектные работы с имеющим (старыми) версиями ПО и рассматриваем версии альтернативного ПО.

Сегодня на рынке имеются альтернативные системы САПР, для НТЦК, для предприятий Республики Беларусь и ОАО «Гомсельмаш» в целях развития цифровой трансформации, развития «Индустрии 4.0» необходима система PDM (аналогичная, эквивалентная Windchill) при совместном взаимодействии с системой САПР и производительной СУБД.

Анализируя рынок ПО по направлениям интегрированного использования CAD/PLM/PDM, прорабатывая текущие предложения на рынке ПО CAD/PLM/PDM, участвуя в семинарах по импортозамещению – установлено, что PDM системы аналогично функционалу Windchill - пока не разработаны, но интенсивно ведутся доработки, обновление, адаптация российского ПО, работы по информационно-технологической трансформации в области CAD/PLM/PDM, ОС (операционных систем) и используемых СУБД.

При выходе на международные рынки российским производителям ПО придется конкурировать с международными корпорациями-вендорами*, десятилетиями, оттачивающими и дорабатывающими свои программные продукты в области CAD/PLM/PDM и др. ПО.

*Вендор – это физическое или юридическое лицо, которое продвигает и поставляет товары под собственным брендом. Чаще всего основные задачи вендорских компаний — производство, продвижение и распределение своего товара на рынке[4].

По рынку PLM/PDM фактически нет большого выбора. Системы PLM/PDM – в области цифровых технологий достаточно сложный продукт, разрабатываемый годами и вобравший в себя множество технологий и подходов, бизнес-процессов. На мировом рынке, наверное,

можно насчитать десяток производителей подобных систем. А в России даже пальцев одной руки будет много.

Несмотря на то, что PLM/PDM-системы реализуют общую концепцию управления данными об изделии, тем не менее, каждая из них использует собственные идеи, технологии, структуру данных, на которые еще накладываются возможности производителя, требования пользователей и необходимость сохранения совместимости с ранними версиями системы. Поэтому, несмотря на наличие российских аналогов, сложности с переходом на новое ПО, да и в целом при выборе таких продуктов, на наш взгляд, есть, и весьма значительные.

Новая система САПР и система PDM рождается не каждый день.

Маркетинговые заявления вендоров, создающие представление о широком поле возможностей систем и легкости переноса данных, не выдерживают проверки. Предлагаемые решения не позволяют корректно переносить ранее заведенные данные в подобных западных системах и оказываются сложны для внедрения. Усложняет ситуацию и то, что ПО и необходимость переноса данных – это лишь одна составляющая процесса. Необходимо адаптировать существующие подходы и принципы проектирования, необходимо внести изменения во внутренние стандарты и инструкции, необходимо обучить персонал.

Поэтому каждый переход на отечественное ПО стоит планировать как отдельный проект внедрения.

Может быть, когда-то кто-то из вендоров предложит технологию, услугу «Типовой проект и методология перехода с американской системы Creo,Windchill, Oracle на альтернативную российскую YYY». И тогда маркетинговые заявления станут реальностью, но пока о таком сервисе можно только мечтать.

Выводы.

Не для всех западных решений есть российские аналоги. Поэтому быстрого и бесшовного перехода с импортного ПО на российское не получится.

Переход на новые импортонезависимые системы, разработанные в России, Республике Беларусь - глобальный вопрос в Рамках Республики Беларусь, Министерства промышленности Республики Беларусь, всего научного мира. Эта задача стоит перед всеми ключевыми отраслями промышленности – сельскохозяйственное машиностроение, станкостроение, транспортное машиностроение и другими отраслями промышленности.

Как сегодня в короткий срок перейти (создать) на новые системы тематики PDM/PLM/CAD/CAM? И это вопрос, который актуален на всех предприятиях Республики Беларусь, России, кто ранее работал в системах CREO, Windchill, AutoCad, СУБД Oracle или родственных по функционалу системах.

На ОАО «Гомсельмаш» издан приказ "О проведении пилотного проекта программных средств "АСКОН"" – для изучения вопроса импортозамещения ПО, поиск аналогов программного обеспечения (систем, цифровых технологий) по направлению CAD/PDM/PLM; исследования функционала системы 3D-КОМПАС, ЛОЦМАН:PLM и ТПП ВЕРТИКАЛЬ компаний АСКОН (Россия) для взаимодействия конструктор-технолог.

Как перейти на новые системы 3D-КОМПАС, ЛОЦМАН:PLM и ТПП ВЕРТИКАЛЬ компаний АСКОН (Россия) для взаимодействия конструктор-технолог привязать, адаптировать к современным условиям предприятий, ОАО «Гомсельмаш»?.

Это огромная работа. Для решения вопроса требуется объединение сил, компетенций. Целесообразна коллективная работа, творческие коллективы конструкторских, технологических подразделений, привлечение финансовых, человеческих ресурсов, компетенций по направлениям; адаптация систем для нужд предприятий, сильная команда внедренцев «учителей», помощь со стороны представителей АСКОН, имеющих практический опыт работы, специалистов разрабатывающих СУБД; финансовая помощь и методические рекомендации, поддержка со стороны Министерства промышленности Республики Беларусь и академических сил.

Сегодня главная государственная задача – дать промышленности инструменты, которые позволят проектировать и выпускать самые сложные изделия.

Литература

1. «Указ Президента «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры (КИИ) Российской Федерации». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: file:///C:/Users/325-koltsova-ia/Downloads/0001202203300001.pdf – Дата доступа: 15.09.2023.

2. «Курс на импортозамещение: выбираем российские аналоги иностранного ПО» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://3dnews.ru/1062353/russian-sofware-guide. – Дата доступа: 14.09.2023.

3. «Информационные технологиип завтра. ИТ-шники попросили у Мин цифры поддержки для 17 классов ПО» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cnews.ru/news/top/2022-04-11_it-shniki_poprosili_u_mintsifry.– Дата доступа: 01.09.2023.

4. «Вендор, узнайте что это» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://sendpulse.by/support/glossary/vendor. – Дата доступа: 01.09.2023.

УДК 631.35.008.94

РЕАЛИЗАЦИЯ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА ПО ПОИСКУ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИНЕРГИИ КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ»

И.А. Кольцова[1] , Ж.В. Кадолич[2]
[1]Научно-технический центр комбайностроения
ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь
[2] Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

В НТЦК (Научно-техническом центре комбайностроения) ОАО «Гомсельмаш» активно продвигается тематика цифровой трансформации конструкторских работ.

В НТЦК за 20 лет накоплен опыт работы, знания, компетенции, аккумулирована информация по цифровым 3D-моделям проектируемой техники, прототипам зерноуборочной, кормоуборочной техники. Исторически сложилось выполнение проектирования в данной САПР Creo (системе автоматизированного проектирования Creo).

В НТЦК при взаимодействии САПР Creo (далее – Creo) и системы управления жизненным циклом изделия PDM Windchill (далее-Windchill) разрабатываются, модифицируются современные электронные цифровые 3D-модели зерноуборочных, кормоуборочных и других видов техники. Цифровая электронная 3D-модель сборки верхнего уровня комбайнов в системе CREO состоит из 40-50 тысяч (например, для современных зерноуборочных комбайнов) электронных 3D-моделей деталей, сборочных единиц, 6-7 тысяч по номенклатуре.

На основании данных формируется электронный конструкторский состав изделий (ЭСИ). Данные о составе изделий передаются в систему ERP SAP для планирования и управления производством ОАО «Гомсельмаш».

При проектировании/модернизации моделей должна обеспечиваться оперативная загрузка 3D-моделей при многопользовательском проектировании, взаимодействии групп конструкторов, хранение больших объемов информации, совместной работе (разработки) для создания многодисциплинарных «Цифровых двойников».

В связи с санкциями ряда государств использовать продукты фирмы англ.«PTC» становится рискованно.

Вместе с тем системы Creo и Windchill в НТЦК используются для проектирования, для разработки конструкторской документации и являются основными инструментариями.

Такая сложившая ситуация с санкциями (с санкционными рисками) может продолжаться неопределенно долго.

Какие перспективы нас ожидают на ближайшее и среднесрочное будущее? Необходимо принимать про активные действия, направленные на опережение.

Переход на новые системы – трудоемкий процесс, требующий длительный временной период.

В России вышел Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 № 166 "О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации".

Из указа № 166 следует, что полностью перейти на российский софт в России необходимо до 1 января 2025 года [1]. В России закупки импортного программного обеспечения (далее - ПО) прекращены и в будущем не планируются.

Импортозамещение - это одна из стратегий государственной экономической политики, суть которой заключается в замене на внутреннем рынке товаров, услуг иностранного производства отечественными аналогами. Причем касается это как потребительского рынка, так и продукции производственного сектора [6].

Импортозамещение – государственная политика, направленная на рационализацию импорта товаров и услуг посредством стимулирования отечественных производителей аналогичных продуктов, создание на территории страны новых предприятий для организации выпуска продукции, которая прежде импортировалась [7].

Импортозамещение – это возникающая трансформация народного хозяйства страны, являющаяся следствием реализации стратегии экономических субъектов и предполагающая замещение импортных товаров и услуг отечественными аналогами[7].

Сегодня невозможно закупить новые лицензии Creo и Windchill, обновить новые лицензионные версии.

Нынешняя политическая обстановка диктует необходимость использовать отечественные технологи, без зависимости от санкций, без программных продуктов не дружественных стран.

В НТЦК, в технологических службах ОАО «Гомсельмаш» осуществляется реализация пилотного проекта по тематике -

импортозамещения ПО, исследования функционала системы 3D-КОМПАС, ЛОЦМАН:PLM и ТПП ВЕРТИКАЛЬ, МДМ ПОЛИНОМ (справочник доступ к нормативно-справочной информации) компании АСКОН (Россия) для взаимодействия конструктора-технолога (обучение, техническую поддержку проводит фирма «Pro/TECHNOLOGIES» г.Минск , г.Москва) в деле подбора конкурентоспособного отечественного программного комплекса для сквозного процесса КТПП (конструкторско-технологической подготовки производства).

Функциональность альтернативного ПО представлена на Рисунке 1 «Состав машиностроительных продуктов группы компании АСКОН».



Рис. 1 – Состав машиностроительных продуктов АСКОН (из материалов группы компаний АСКОН)

Краткая характеристика рассматриваемых систем.

Система 3D-КОМПАС - система автоматизированного трёхмерного моделирования и разработки конструкторской документации для проектирования машиностроительных и приборостроительных изделий любой сложности, в технологической сфере, а также для решения специализированных инженерных задач. «КОМПАС-3D» обеспечивает поддержку наиболее распространённых форматов 3D-моделей (STEP, ACIS, IGES, DWG, DXF), что позволяет организовывать обмен данными со смежными организациями и заказчиками, которые используют различные CAD/CAM/CAE-системы в работе. В основе КОМПАС-График лежит российское геометрическое ядро C3D (создано C3D Labs, дочерней компанией АСКОН) и собственные информационные технологии [2].

Система ТПП ВЕРТИКАЛЬ - разработка техпроцессов, расчета режима резания, расчет норм времени и материальных затрат[2]. ТПП ВЕРТИКАЛЬ — система автоматизированного проектирования технологических процессов, решающая большинство задач автоматизации процессов ТПП (технологической подготовки производства) [2].

Система ЛОЦМАН:PLM позволяет управлять данными и процессами, организовывать коллективную работу специалистов. Базовыми функциями программной платформы ЛОЦМАН:PLM являются управление хранением данных и документов; управление структурой и конфигурациями изделия управление коммуникациями и обмен сообщениями, интеграция с САПР и другими программами-инструментами, календарное планирование и управление проектами, управление процессами (WorkFlow), формирование отчетов. Прикладные модули ЛОЦМАН:PLM позволяют решать задачи в таких предметных областях, как технологическая подготовка производства, управление изменениями конструкторской и технологической документации, архивный учет технической документации и др. [2].

Обозначим традиционные цели и задачи автоматизации пилотного проекта.

Ускорение конструкторских разработок, при быстрой загрузке цифровых 3D-моделей зерноуборочной, кормоуборочной техники; быстрой регенерации 3D-моделей при модернизации; технологической подготовки с помощью новых цифровых технологий и решений АСКОН. Эти и многие вопросы надо разрешать в процессе тестирования в рамках пилотного проекта на ОАО «Гомсельмаш».

Необходимо обучить пользователей и специалистов, которые будут выполнять техническую поддержку по продуктам АСКОН. Без обученных специалистов - технологии - это просто технологии.

Технологии АСКОН отличаются от технологии в Creo, Windchill; другие подходы, другой функционал, поэтому надо всех переучивать.

В ходе проекта выполняется ознакомление (презентации) с системами, проработка технологий, определение механизма передачи данных между системами; функциональные возможности для создания на ОАО «Гомсельмаш» единой импортонезависимой среды управления жизненным циклом изделий в целях технологической независимости предприятия при совместной работе конструкторов-технологов.

Сегодня главная государственная задача – дать промышленности инструменты, которые позволят проектировать и выпускать самые сложные изделия [3].

Как заявляют разработчики АСКОН, переход на решения АСКОН, обладает следующими преимуществами (из рекламы производителя [4]):

- Продукты разработаны в России и Республике Беларусь;
- Решения АСКОН входят в Реестр отечественного ПО России не попадают под санкции;
- Геометрическое ядро, ключевой компонент САПР, собственной разработки. (Рисунок 2 .Состав ядра C3D);
- На все приобретенные лицензии ПО АСКОН распространяются техническая поддержка и обновления. Оперативная техническая поддержка в Helpdesk CADIS;
- Поддержка имеющихся наработок, созданных в других CAD-системах;
- Конструкторская, технологическая и проектная документация поддерживает государственные стандарты, оформление по ЕСКД, ЕСТД и СПДС и проверку документов;
- Поддерживает использование САПР в единой связке с PLM-системой или средой общих данных;
- Гибкая система лицензирования: постоянные или временные, локальные или сетевые лицензии;
- Регулярное обновление ПО;
- Системы ЛОЦМАН:PLM, ВЕРТИКАЛЬ, ПОЛИНОМ:MDM поддерживают импортонезависимые СУБД PostgreSQL и Postgres Pro.



Рис. 2 – Состав ядра C3D (из материалов АСКОН)

Сегодня российские разработчики, предлагающие на замену иностранного ПО свои решения, заявляют о наличии всех аналогичных функций и гарантируют безболезненный, легкий переход в каждом своем

выступлении или статье, в Интернете. Так ли это на самом деле? Или это конъюнктурная реклама и удобная маркетинговая фишка?

Для начала необходимо выстроить алгоритм, что, зачем и в каком объеме импортозамещать? Оценить трудоемкость процесса переноса данных. Провести опытную эксплуатацию для выявления всех «подводных камней» при переходе на систему АСКОН.

НТЦК экспортировать из Creo, Windchill следует то, что было наработано НТЦК в течение последних 15-20 лет.

Первоочередные объекты (инженерные данные) систем Creo, Windchill, которые подлежат экспорту в новую систему:

- ассоциативно связанные чертежи и 3D-модели;
- чертежи и атрибуты, 3D-модели и исполнения, атрибуты ДСЕ, версии, состояние ЖЦИ, где расположены «Локация», «Изделие»;
- вспомогательные модели, версии, состояние жизненного цикла изделия (ЖЦИ), где расположены «Локация», «Изделие»;
- составные части и атрибуты, версии;
- механизм переноса справочников. Как справочники из Windchill (стандартные, покупные, типовые, материалы, их версии) экспортировать в МДМ ПОЛИНОМ;
- проекты (контексты) по изделиям, справочники, коллективы;
- классификационные схемы справочников,
- справочники /библиотеки; справочник «Наименований ДСЕ»;
- инфо-объекты;
- листовые 3D-модели и чертежи, версии; таблицы гибки, которые увязаны с листовыми цифровыми моделями;
- уравнения и зависимости;
- состояния жизненного цикла изделия «В работе»/ «Выпущено» для 3D-модели и чертежи; Бизнесс-процессы.

Предлагаемые программные технологии (системы) - аналоги и используемые сегодня по критерию функциональности (Таблица 1 «Сравнительный анализ ПО»).

Распространённое средство 2D-графики, 3D-графики КОМПАС изучают во всех учебных заведениях и школах. Каждый молодой специалист имеет понятия об этой системе, особенно выполнение чертежей 2D-графики КОМПАС, менее проектирование - 3D-моделей КОМПАС.

Для НТЦК приоритетна для цифровой трансформации система проектирования 3D-моделей при совместном взаимодействии системы PDM (+СУБД). В настоящее время приходит понимание, что необходимо (доведется) опираться на отечественные разработки.

Таблица 1. Сравнительный анализ ПО

Вид ПО	Система САПР	Система PDM/ PLM	Разработка тех. процессов	Средства визуализа ции	СУБД
Функциональность	Проекти-рование	Хранение упрвление ЖЦИ	Техпроцессы, режимы резания	Быстрый просмотр	Хранение
Импортозамещаемое ПО Используемая ПО Разработчик PTC США	CREO	PDM Windchill	Старая DOS программа	Creo View	ORACLE
Импортонезависимое ПО Пилотный проект- Аналог ПО Разработчик АСКОН Россия	КОМПАС	ЛОЦМАН	ВЕРТИКАЛЬ	Компас – просмотр	Postgre SQL Postgres Pro

Для выполнения проекта необходим процесс переноса данных (импорт/эскорт, конвертирования данных) из систем Creo и Windchill в пилотную систему КОМПАС, ЛОЦМАН деталей, сборочных единиц, стандартных, покупных изделий и др. справочных материалов с учетом жизненного цикла изделия, атрибутов (параметров). Разные разработчики - разные идейные подходы по информационным технологиям, различные форматы данных; хранение связанных ассоциативных инженерных данных моделей, чертежей в системе ЛОЦМАН.

Далее в процессе пилотного проекта выявлено то, что ТПП ВЕРТИКАЛЬ (компетенции технологических служб ОАО «Гомсельмаш»), работает только с форматами КОМПАС. 3D-модели деталей, сборок, чертежей, спецификаций должны быть только в формате КОМПАС:

- файл 3D-модели детали (*.m3d); -3D-модели сборочной единицы (*.a3d); 3D-модели технологической сборки (*.t3d);

- при создании эскиза на основе чертежа, эскиза или 3D-модели можно указать формат файла создаваемого эскиза КОМПАС Фрагмент (*.frw) или КОМПАС Чертеж. (*.cdw).

Сегодня следует в ходе пилотного проекта наработать технологии (методы) передачи инженерных данных (форматов) Creo в форматы КОМПАСА (*.m3d, *.a3d, *.cdw).

Вопрос принятия решения АСКОН, является очень значимым, подлежит рассмотрению и всем видам тестирования (функционально-модульному, интеграционному, системному, приемочному тестированию) всеми группами специалистов по компетенциям.

При проведении пилотного проекта фирмой «Pro/TECHNOLOGIES» (г. Минск, г.Москва) не рассматривается

возможность систем КОМПАС, ЛОЦМАН для взаимодействия с ERP системой (SAP или альтернативной). Хотя этот вопрос надо будет тоже затрагивать и предвидеть.

Представители АСКОН не дают гарантий, про быстродействие больших сборок верхнего уровня (например, наукоемкие зерноуборочные комбайны КЗК-2124, КЗК1218, КЗК-8-9, КЗК-3219, КЗК 200-2 и кормоуборочные КВК 650-10 и др.).

Все надо тестировать в рамках пилотного проекта своего предприятия. Особое внимание занимают вопросы проектирования изделий из листового металла (комбайны состоят из листовых конструкций), параметризации сборок, создания спецификаций.

Для НТЦК интересен был опыт перехода, внедрения на новые системы КОМПАС, ЛОЦМАН, ВЕРТИКАЛЬ промышленных машиностроительных предприятий России, Республики Беларусь и других регионов, холдингов, кто ранее проектировал в Creo, Windchill. Какие возникают ситуации, вопросы при внедрении. Как рационально работают новые системы? Как в пословице «Одни учатся на опыте других, а иные на своих ошибках»; "Умный учится на своих ошибках, мудрый учится на чужих» [5].

Для улучшения продвижения пилотного проекта фирма «Pro/TECHNOLOGIES» организовывает презентации – обучение. Первоначально презентации-обучения начаты с ТПП ВЕРТИКАЛЬ, затем ЛОЦМАН (администратор-клиент), программирование для ЧПУ ADEM (для УГТ), завершает обучение КОМПАС.

В начале пилотного проекта стало понятно, что 3D-модели из системы CREO с командами (фичерами) «Дерева модели/Дерева построения» в полном объеме не переносятся в КОМПАС. Кроме того необходим процесс для массового производительного импортирования данных, а не по одной 3D-модели. Необходимо их преобразование в системе КОМПАС, либо заказная разработка интеграторов для системы КОМПАС/ЛОЦМАН по преобразованию данных из CREO в КОМПАС/ЛОЦМАН.

Возникает ряд вопросов, которые подлежат рассмотрению и изучению, основные:

- Проверка загрузки 3D-моделей, чертежей и составных частей с атрибутами из Creo, Windchill в ЛОЦМАН;

- Получение и простановка позиций в 3D-моделях/чертежах переданных из Windchill в ЛОЦМАН;

- Выполнение команды «Сохранить как», которая часто используются в Windchill. Какая команда является аналогом в системе ЛОЦМАН. Необходимо проверить возможность подтягивать из Creo, Windchill все входящие 3D-модели и связанные с ними объекты (составная часть, чертеж) и модульно передавать в ЛОЦМАН;

- Передача данных с сохранением геометрии и атрибутов, ассоциативных связей из Windchill в новую систему;

- Множество вопросов, новых технологий и алгоритмов, которые надо изучать в процессе пилотного проекта.

Термин «синергия» - описание в источнике [8].

Выводы. Результатом проекта является изучение новых цифровых технологий для создания на ОАО «Гомсельмаш» единой импортонезависимой среды управления жизненным циклом изделий в целях технологической независимости, цифрового суверенитета по тематике CAE, CAD, PDM.

Главная задача: предстоит наладить сквозную передачу инженерной информации в едином цифровом пространстве ОАО «Гомсельмаш», для достижения современного высокого уровня автоматизации.

Задачи на будущее:

- интеграция на уровне кросс-функционального взаимодействия (совместной работы) с создаваемыми или существующими отечественными решениями класса CAE, CAD, PDM и информационной системы ОАО «Гомсельмаш»;

- штатные настраиваемые механизмы интеграции с ИТ-системами;

- поддержка отраслевых методологий проектирования;

- реализация серверной части программной платформы на импортонезависимом стеке системного программного обеспечения (ОС, СУБД).

В деле развития и внедрения новых цифровых технологий – человек главное действующее лицо. Человеческая интуиция и предвидение, компетенции и опыт, идеи и энергия, потенциал всегда лежали, и будут лежать в основе любой конструкции и системы, новых цифровых возможностей, цифровых технологий.

Литература

1. «Указ Президента «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры (КИИ) Российской Федерации». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: file:///C:/Users/325-koltsova-ia/Downloads/0001202203300001.pdf – Дата доступа: 15.09.2023.

2. «Материалы фирмы АСКОН Россия». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (https://kompas.ru/kompas-3d/about)- Дата доступа: 18.09.2023.

3. «ПРЕИМУЩЕСТВА ПЕРЕХОДА НА РЕШЕНИЯ АСКОН» – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: (https://ascon.ru/special_offers/kompas-3d/))- Дата доступа: 19.09.2023.

4. «Решения АСКОН как основа цифрового суверенитета промышленности. Обзор форума «2023г. Белые ночи САПР: Машиностроение». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=22679 – Дата доступа: 19.09.2023.

5. «Пословицы». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://citaty.su/oshibki-poslovicy-pro-oshibki) – Дата доступа: 23.09.2023.

6. «Что такое импортозамещение и для чего оно проводится». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.finam.ru/publications/item/chto-takoe-importozameshenie-i-zachem-ono-provoditsya-20230510-143900/– Дата доступа: 02.10.2023.

7. «Импортозамещение».- – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.belarp.by/ru/subcontractation/infomat – Дата доступа: 02.10.2023.

8. Кольцова И.А. Синергия в вопросах качества 3D-моделей / И.А. Кольцова, Н.В. Грудина // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: сборник научных статей 6-ой международной научно-практической конференции, Гомель, 2 ноября 2022 года / Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш». – Гомель: НТЦК ОАО «Гомсельмаш», 2022. – С. 9 – 18.

УДК 62-05 338 632

ФОРМАЛИЗАЦИЯ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТЕРЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, КАК ФАКТОРА ПОДДЕРЖАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Н.А. Глечикова[1,2], Р.В. Попова[1], М.В. Козачук[2]
[1]Азово-Черноморский инженерный институт-филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет", г. Зерноград, Российская Федерация
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова», Республика Калмыкия, г. Элиста, Российская Федерация

Аннотация. В статье описана классификация потерь зерновых культур на всех фазах развития растения, раскрыты виды потерь, выделены индикаторы оценки влияния потерь последствий и их последствий, дана характеристика и описание каждого вида потерь, проведена группировка потерь по их содержанию.

Ключевые слова: классификация потерь; зерновые культуры; фазы развития растения; потери биологические, технические, технологические, агрономические, организационные, климатические, механические, экономические.

Введение. В 2022 году сложно было найти такой фактор, который не стал бы вызовом для сельхозтоваропроизводителей, а введенные санкции заставили задуматься об использовании только отечественных оборотных средств – семена, удобрения и запасные части. Поэтому риски и потери различного рода присутствуют в аграрном секторе постоянно. Потери зерновой массы, конечно, присутствовали на всех технологических этапах. Аграрии получили хорошую урожайность, но невероятно сложные погодные условия во время уборки привели к снижению качества продукции. Помимо этого, цены на все составляющие производства и запчасти существенно выросли, а стоимость продукции на внутреннем рынке относительно 2021 года значительно снизилась, и перспективы роста слабые. Особые сложности связаны с импортозамещением производственных ресурсов. Но, формирование технологического меню в России, состоит в том, что у каждой популярной позиции по средствам защиты растений и удобрениям подобрано несколько аналогов. Производителям зерновой продукции пришлось оперативно сделать ряд изменений в технологии в связи с недоступностью некоторых позиций. Ситуация с семенами немного серьезнее. Долгое время отечественной

генетике не уделялось достаточного внимания, и так быстро это направление не перезапустить. Поэтому многие хозяйства все еще вынуждены закупать импортные семена и гибриды.

Поэтому статья об управлении технологий процесса посева и возделывания зерновых культур является очень актуальной. Непроработанным вопросом в данной области являются потери урожайности зерновых культур, на всех фазах развития растения. Потери составляют большой удельный вес, как от урожайности культуры, так и влияют на валовые сборы.

Цель исследования – изучение технологического процесса посева и возделывания зерновых культур с выделением классификационных характеристик и индикаторов влияния потерь.

Результаты исследования: Большая доля потерь наблюдается уже на стадиях посева и возделывания зерновых культур. На это влияет множество факторов. Недополучение урожайности это один из видов потенциальных потерь, зависит от качества районированного сорта или гибрида семян. В дальнейшем это отражается на уровне товарности и рентабельности.

Потери присутствуют на всех технологических стадиях производства, и особое влияние на это оказывает способ и нормы посева, соблюдение технологии обработки и возделывания. Будущий урожай зависит от соблюдения технологии посева, глубины заделки семян, от высеваемой культуры, сроков посева, влажности и механического состава почвы, норм высева и площади питания каждого растения. Как фактор снижения потерь можно рассматривать переход от обычного рядового посева к узкорядному, что позволит равномерно распределять растения по площади, расстояние между радами сократится на 10 мм, но прирост урожайности составит всего до 1%. На 5-6% повысить урожайность можно за счет ленточного посева, с шириной ленты 70 мм и расстоянием между сошниками 125 мм. Сдерживающим фактором здесь выступают современные сошники, которые могут обеспечить качество посева только при надлежащей подготовке посевного слоя и отсутствия растительных остатков.

Другой немаловажный вид потерь урожайности зерновых это предшественники и несоблюдение норм севооборотов. Это прежде всего связано с питанием растений, зольными элементами и азотом, влиянием сельскохозяйственных культур на физические свойства почвы и ее устойчивость к эрозии, а также биологической и экономической составляющей ущерба. Уменьшение и снижение качества гумуса, это основная причин снижения урожайности. В севообороте с многолетними травами, наоборот, количество гумуса увеличивается не только в пахотном, но и в подпахотном слое. Это связано с влиянием на почву

глубокопроникающей корневой системы этих культур, особенно клевера или люцерны.

Засоренность посевов как фактор снижения урожайности и роста потерь возникает при длительном возделывании на одном поле одной культуры приводит к усилению его засоренности. Длительное несоблюдение севооборота приводит к большим потерям и повышает засоренность посевов в 3-5 раз. Даже последующее применение гербицидов не может полностью решить эту задачу. Существенно снизить потери урожайности зерновых культур от заболеваемости позволяет грамотное чередование агрокультур на одном поле – севооборот. Согласно технологическому идеалу, нужно использовать восьмипольный и десятипольный севообороты, то есть агрокультура должна возвращаться на поле, где она возделывалась, только через 8-10 лет - за это время споры патогенов, например, головни или ржавчины, почти полностью исчезают. На практике же аграрии, стараются ориентироваться на более рентабельную агрокультуру, используя трех- или четырехпольные севообороты, не беря во внимание, что нарушение севооборотов может снижать урожайность до 50%. Как правило, крупные сельхозпроизводители соблюдают циклы севооборота, а вот более мелкие хозяйства - нет.

Наибольшие потери зерновых культур от климатического фактора – явление довольно частое и происходит в основном из-за засушливых условий, переувлажнения почвы, ветра или сильных заморозков. На фоне изменения средних климатических условий, ведущих к колебаниям урожая в пределах 10–20 %, влияние экстремальных климатических условий может превышать эту цифру в 2–3 раза и достигать 30–60%.

Таблица 1. Статистическое наблюдение определения индикатора оценки влияния потерь последствий засухи на зерновые культуры по фазам развития (коэффициент потерь от урожайности)

Фазы развития	Биологические		Механические		Технологические		Агрономические		Климатические		Организационные	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Посев	0,01	0,20	0,01	0,10	0,03	0,21	0,01	0,18	0,10	0,15	0,05	0,15
Всходы	0,03	0,18	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01	0,10	0,10	0,35	0,10	0,25
Кущение	0,05	0,15	0,01	0,18	0,03	0,15	0,01	0,15	0,10	0,30	0,10	0,25
Стеблевание	0,05	0,20	0,01	0,20	0,02	0,20	0,01	0,20	0,10	0,30	0,05	0,20
Колошение	0,10	0,25	0,01	0,15	0,02	0,20	0,01	0,10	0,10	0,15	0,05	0,10
Налив	0,15	0,30	0,01	0,15	0,10	0,10	0,01	0,25	0,10	0,25	0,05	0,15
Созревание	0,01	0,10	0,01	0,20	0,10	0,15	0,01	0,10	0,10	0,10	0,05	0,10

*выбрано из данных экологических мониторингов и ФАО

По данным Экологического мониторинга за 12-летнюю динамику лет собраны и обобщены категории и виды потерь на технологических стадиях посева и возделывания зерновых культур по южному федеральному округу. Категории и виды потерь отражены коэффициентами потерь от урожайности зерновых культур.

Таблица 2. Статистическое наблюдение определения индикатора оценки влияния потерь от засоренности поля на посевы зерновых культур по фазам развития (коэффициент потерь от урожайности)

Фазы развития	Биологические		Механические		Технологические		Агрономические		Климатические		Организационные	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Посев	0,01	0,10	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,05	0,01	0,10
Всходы	0,02	0,15	0,08	0,12	0,05	0,10	0,07	0,10	0,01	0,10	0,05	0,15
Куще-ние	0,05	0,20	0,10	0,18	0,08	0,12	0,05	0,15	0,01	0,10	0,05	0,15
Стебле-вание	0,05	0,20	0,12	0,20	0,10	0,15	0,05	0,10	0,01	0,10	0,08	0,18
Коло-шение	0,10	0,14	0,13	0,25	0,12	0,15	0,10	0,15	0,01	0,10	0,08	0,10
Налив	0,10	0,20	0,01	0,05	0,05	0,10	0,02	0,05	0,01	0,05	0,02	0,05
Соз-ревание	0,10	0,10	0,01	0,05	0,05	0,10	0,02	0,05	0,01	0,05	0,02	0,05

*выбрано из данных экологических мониторингов и ФАО

Таблица 3. Статистическое наблюдение определения индикатора оценки влияния потерь на зерновые культуры по фазам развития и качества почвы по содержанию микроэлементов (коэффициент потерь от урожайности)

Фазы развития	Биологические		Механические		Технологические		Агрономические		Климатические		Организационные	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Посев	0,05	0,10	0,03	0,05	0,02	0,08	0,01	0,05	0,01	0,02	0,01	0,05
Всходы	0,05	0,10	0,05	0,10	0,02	0,08	0,01	0,07	0,01	0,02	0,05	0,15
Кущение	0,08	0,20	0,08	0,12	0,05	0,10	0,05	0,20	0,01	0,02	0,05	0,20
Стеблевание	0,08	0,20	0,08	0,12	0,05	0,10	0,05	0,25	0,01	0,02	0,08	0,20
Колошение	0,10	0,20	0,02	0,05	0,05	0,10	0,05	0,20	0,01	0,02	0,03	0,12
Налив	0,10	0,10	0,01	0,08	0,01	0,15	0,03	0,15	0,01	0,02	0,02	0,15
Созревание	0,05	0,10	0,01	0,08	0,01	0,05	0,03	0,05	0,01	0,02	0,02	0,10

*выбрано из данных экологических мониторингов и ФАО

Таблица 4. Статистическое наблюдение определения индикатора оценки влияния потерь на зерновые культуры по фазам развития от объемов и площади внесения видов удобрений (коэффициент потерь от урожайности)

Фазы развития	Биологические		Механические		Технологические		Агрономические		Климатические		Организационные	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Посев	0,01	0,10	0,01	0,05	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01	0,05	0,01	0,10
Всходы	0,02	0,15	0,02	0,10	0,02	0,15	0,02	0,15	0,02	0,08	0,03	0,12
Кущение	0,03	0,20	0,02	0,15	0,05	0,20	0,03	0,18	0,02	0,08	0,05	0,15
Стеблевание	0,03	0,30	0,02	0,20	0,05	0,25	0,05	0,20	0,05	0,12	0,05	0,15
Колошение	0,04	0,15	0,02	0,20	0,05	0,15	0,05	0,12	0,05	0,12	0,03	0,12
Налив	0,01	0,15	0,01	0,15	0,01	0,10	0,05	0,12	0,05	0,12	0,01	0,10
Созревание	0,01	0,10	0,01	0,10	0,01	0,05	0,02	0,10	0,01	0,10	0,01	0,10

*выбрано из данных экологических мониторингов и ФАО

Таблица 5. Статистическое наблюдение определения индикатора оценки влияния потерь на зерновые культуры по фазам развития от нарушения сроков сева (коэффициент потерь от урожайности)

Фазы развития	Биологические		Механические		Технологические		Агрономические		Климатические		Организационные	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Посев	0,01	0,10	0,03	0,10	0,05	0,30	0,05	0,15	0,10	0,30	0,05	0,30
Всходы	0,01	0,20	0,02	0,10	0,08	0,25	0,08	0,20	0,10	0,30	0,05	0,20
Кущение	0,02	0,15	0,02	0,10	0,08	0,20	0,08	0,15	0,08	0,25	0,05	0,20
Стеблевание	0,02	0,12	0,03	0,12	0,05	0,15	0,05	0,12	0,08	0,25	0,06	0,20
Колошение	0,01	0,05	0,03	0,10	0,05	0,15	0,05	0,12	0,05	0,15	0,06	0,15
Налив	0,01	0,10	0,01	0,05	0,03	0,25	0,02	0,20	0,10	0,18	0,08	0,20
Созревание	0,02	0,10	0,01	0,05	0,03	0,10	0,02	0,10	0,05	0,10	0,08	0,20

*выбрано из данных экологических мониторингов и ФАО

Классификация видов потерь зерновых культур на технологической стадии посева и возделывания, и их описание и характеристика представлены в таблице 6.

Таблица 6. Классификация видов и характеристика потерь зерновых

Классификация видов потерь	Описание вида потерь	Характеристика вида потерь
Биологические	Потери зерновой массы, обусловленные ее убылью из-за биологических особенностей, требования к диапазону выращивания, температурному, световому и почвенному режиму;	дыхания, аэрации, усушки, утряски, качество семенного материала, риски солевого эффекта и химического ожога при внесении удобрений;
Механические	Потери зерновой массы, обусловленные травмированием зерна и растений на всей технологической цепочке производства;	уплотнение почвы техникой, прикатывание растений, повреждение стеблей;
Технологические	Потери зерновой массы от нарушения технологии производства, обусловленные особенностями производственного цикла, а также физико-химическими характеристиками применяемого сырья;	сроков посева или уборки, несоблюдением севооборотов, нарушение норм высева, необеспеченность оптимальной площади питания, неравномерность глубины заделки семян, нарушение геометрии размещения семенного материала, нарушение структуры почвы;
Агрономические	Потери, обусловленные нарушением внесения объемов и сроков удобрений и средств защиты, а также некачественным сырьем и материалами;	некачественным семенным материалом, нарушением внесения объемов гербицидов, пестицидов, удобрений и качественным составом почвы (гумус, влажность), засоренность посевов, несвоевременное внесение или в недостаточном объеме доз гербицидов и пестицидов;

Продолжение таблицы 6.

Климатические	Потери, вызванные неблагоприятным для растений температурным режимом, увеличением или недостатком объемов осадков;	колебанием влажности и ветрового потока, задержка фаз развития растений, повышенный или пониженный температурный режим;
Организационные	Потери, вызванные деятельностью работников недостаточного уровня квалификации при посеве и возделывании зерновых культур;	простоем техники и работников, недостаточным уровнем квалификации работников, неотрегулированность техники, нарушение агросроков, хищения и недостачи;
Экономические	Потери, обусловленные условиями труда и производства продукции, в зависимости от того, подлежат ли они изменению с точки зрения экономики;	недополучение прибыли и продукции, снижение цены, плохая информированность о рыночных ситуациях, рост цен на ресурсы, брак, некондиция;
Прочие	Непредусмотренные потери.	Вызванные грызунами, птицами и насекомыми.
Качественные – потери качества продукции зерновой массы		Количественные – потери объемов зерновой массы
Нормативные – неизбежные потери, являющиеся частью производственного процесса и которые невозможно избежать		Сверхнормативные – потери, превышающие уровень допустимых потерь зерновой массы

В современной теории классификационных потерь и рисков существует следующая группировка: по характеристикам субъектов и объектов потерь, по условиям возникновения, по содержанию, по возможным последствиям и по степени передачи и снижения. [3]

В аграрном производстве учет потерь и их прогнозирование практически не ведутся, за исключением случаев массой гибели урожаев или падежа животных. И поэтому на практике принято выделять две основные группы потерь. Первая группа – это вспомогательные отрасли машиностроения, химической промышленности, строительства и другие отрасли, производящие средства производства. Вторая группа – это

именно производственные потери на всех стадиях и циклах технологии (производство, реализация, транспортировка, хранение и т.д.).

Группировка потерь и их содержание представлены в таблице 7.

Таблица 7. Группировка потерь и их содержание

Группы потерь	Содержание групп потерь
по характеристикам субъектов и объектов потерь	- индивидуальные и коллективные или групповые потери;
по условиям возникновения	- институционализированные и не институционализированные; - с учетом степени свободы субъекта: добровольные и недобровольные; - по наличию или отсутствию аналогов решений: ординарные и неординарные; - по источникам возникновения: внешние и внутренние; - по природе возникновения: объективные и субъективные;
по содержанию	- по направленности: действия и бездействия; - по степени обоснованности: обоснованные и необоснованные;
по возможным последствиям и	- по виду потерь: материальные, трудовые, финансовые, временные, специальные; - по возможности предвидения: прогнозируемые и непрогнозируемые; - по времени существования: постоянные и временные: - по месту проявления последствий: в процессе принятия или реализации решений; - по возможному результату: аддитивные или мультикативные; - по характеру воздействия на результаты производства: чисты и спекулятивные; - по уровню потерь: допустимые, критические, катастрофические; - по масштабу: отраслевые, производственные, участка, цеха.
по степени передачи и снижения	- по возможности страхования: страхуемые и не страхуемые; - по возможности диверсификации: систематические и специфические.

В чистом виде при производстве зерновых культур потери выделить практически невозможно, так как на уровень потерь большое влияние оказывают ресурсы, производимые за пределами предприятий. Если учитывать все стадии технологического процесса, то потери можно найти на всех стадиях движения продукта и определить уменьшение его объемов для конечного потребления.

Вывод. В аграрной сфере вся экономическая деятельность и результативность завязана на производстве урожая, в частности пшеницы, но потери есть на всех уровнях и сферах производства, оказывающих свое конечное влияние в уровне себестоимости производимой продукции.

Литература

1. Гарькавый В.В., Глечикова Н.А. Экономика и прогнозирование потерь зерна в сельскохозяйственном предприятии / Гарькавый В.В., Глечикова Н.А. – Ростов на Дону: ГНУ ВНИИЭиН, 2005. – 154 с.

2. Растениеводство /Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др.; Под ред. Г.С. Посыпанова / М.:Колос, 2007.

3. Растениеводство / Г.С. Посыпанов, В.Е. Долгодворов, Б.Х. Жеруков и др.; Под ред. Г.С. Посыпанова. — М.: КолосС, 2016. — 612 с: ил.

4. Растениеводство / П.П. Вавилов, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов и др.; Под ред. П.П. Вавилова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 2002. — 512 с.: ил. — (Учебник и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).

5. Растениеводство / П.П. Вавилова, В.В. Гриценко, В.С. Кузнецов и др.; под ред. П.П. Вавилова – 5-е изд.перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 2009.

6. https://agbz.ru/articles/otsenka-tehnologiy-vozdelyivaniya-zernovyih-kultur/

УДК 631.171:004

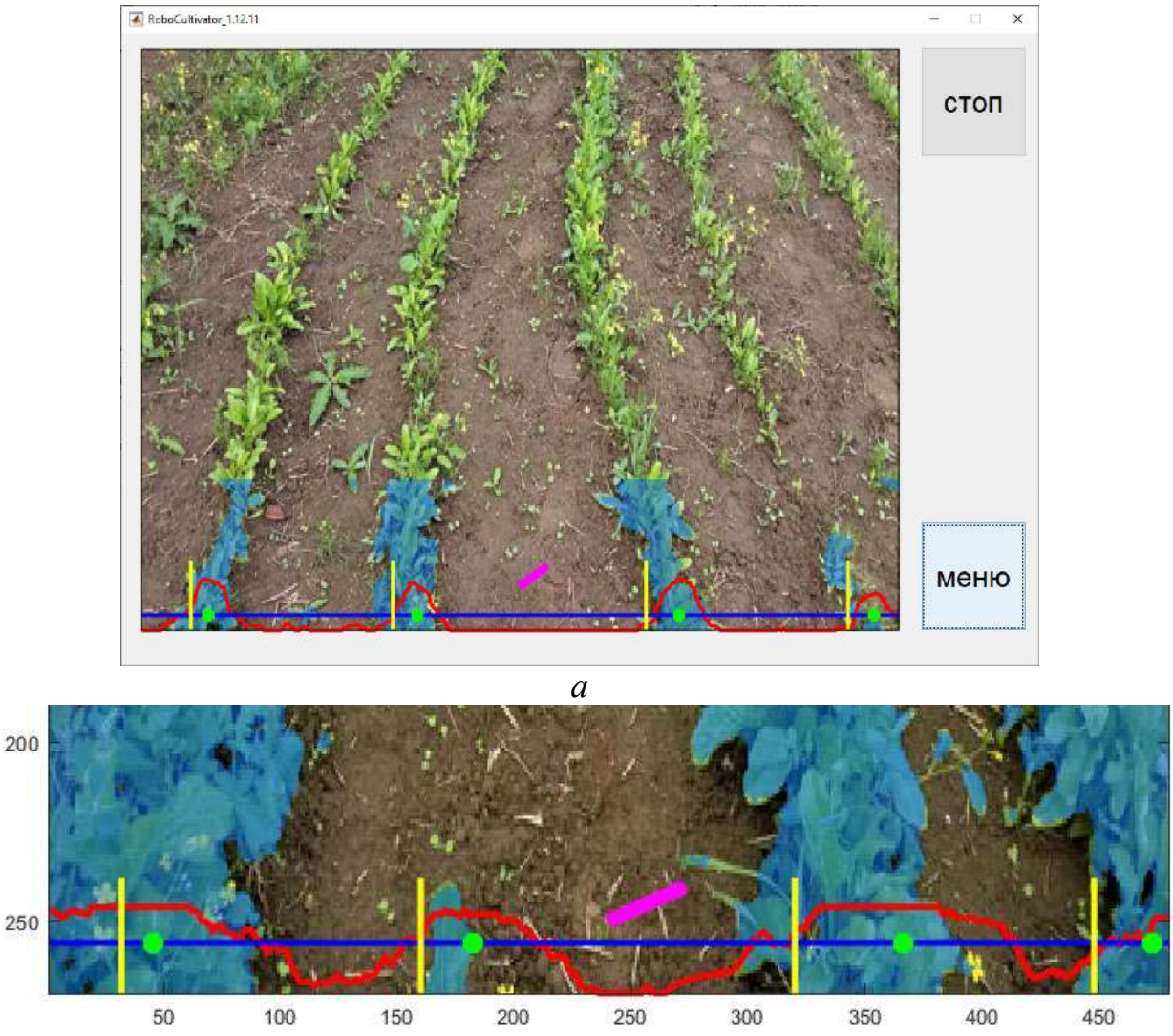
СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ

В.А. Сычёв, Г.А. Прокопович, Т.Ю. Ким
Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Системы технического зрения (СТЗ) находят применение в задачах контроля качества сельхозпродукции, а также в задачах управления. Совершенствование аппаратной базы и технологий искусственных нейронных сетей (ИНС) позволяют автоматизировать всё новые операции с помощью СТЗ. В то же время, встречается ряд трудностей, который требует разработки новых подходов к предобработке изображений, обучению ИНС и проектированию её архитектуры. Далее рассмотрено два варианта СТЗ, использованные для автоматизированного управления пропашным культиватором и для оценки качества картофеля [1].

Система управления пропашным культиватором. Задачей системы является поддержание заданного положения культиватора относительно рядков обрабатываемой сельскохозяйственной культуры для сохранения минимального расстояния до рядка. Для этого выполняется определение центра междурядья на основе визуального анализа видео последовательностей кадров от видео камеры, жёстко зафиксированной на культиваторе оптической осью в сторону движения трактора [2].

Изображение, получаемое с камеры, представлено на рисунке 1, *а*. Принцип действия системы проиллюстрирован рисунком 1, *б*. На приведённом рисунке вычисленные центры плато обозначены зелёными кружками, синяя линия – значения вычисленного динамического порога, жёлтые линии – идеальное расположение центров двух соседних рядков, между которыми должна находится видео камера. Таким образом, если центры рядков находятся справа от их ожидаемых расположений, то требуется подать управляющий сигнал таким образом, чтобы подвижная часть культиватора перемещалась в ту же сторону до того момента, пока вычисленные центры не совпадут с ожидаемыми. На главном экране есть сиреневая стрелка, которая дублирует вычисленное направление движения подвижной части культиватора.



а

б

Рис. 1 – Графический интерфейс разработанной системы управления: *а* – работа программы; *б* – проекция центров вычисленных плато на исходное изображение

Система контроля качества картофеля. При производстве картофеля одной из важнейших задач является сортировка клубней для исключения тех из них, которые были повреждены. Система технического зрения позволяет эффективно решать эту задачу. Было разработано устройство, которое позволяет сделать несколько снимков каждого из клубней с нескольких сторон, и далее оценить качество клубня. В том случае, если его качество не соответствует требованиям, клубень сбрасывается с конвейерной ленты.

Макетный образец автоматической сортировальной машины способен отделять бракованные клубни по следующим дефектам: механические повреждения, поражение болезнями и вредителями, в том числе подмороженные, запаренные с признаками «удушья», позеленевшие,

с израстаниями и наростами. При проектировании ПО применен класс методов глубокого обучения (ГО), в котором признаки для классификации образов определяются и записываются в виде матриц весовых связей ИНС автоматически. Для этого необходимо иметь достаточно большой набор обучающих данных, собрать реальные фото картофеля (с повреждениями и без) и, если их окажется недостаточно, сгенерировать синтетические правдоподобные изображения. В результате совместной работы двух лабораторий была сформирована обучающая выборка, содержащая около 6 тыс. изображений некондиционного и около 1500 – допустимого картофеля. На ее базе построена соответствующая архитектура свёрточной ИНС. В результате процесса обучения на вход ИНС поступает изображение, а на выходе выдается список повреждений картофеля вместе с их координатами, если таковые имеются. Предварительные испытания на прототипе экспериментального образца технологической линии сортировки и фасовки картофеля показали достаточно хороший эффект как самих алгоритмов распознавания, так и оптимально подобранного состава комплектующих системы технического зрения.

Литература

1. Прокопович Г.А. Электронные инновации для сельского хозяйства / Г.А. Прокопович // Наука и инновации. – 2021, №5. – С. 35 – 40.

2. Азаренко В.В. Разработка навесной системы для управления пропашным культиватором в автоматическом режиме / В.В. Азаренко, Д.И. Комлач, В.В. Голдыбан, И.А. Барановский, Г.А. Прокопович // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2021, Том 59, №2. – С. 232 – 242.

УДК 631.35

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СБОРА БИОЛОГИЧЕСКИ ЦЕННОГО ЗЕРНА

Ж.С. Садыков Ж.С., Е.Д.Макашева
НАО «Казахский Национальный Аграрный Исследовательский университет», ТОО «НПЦ РТ «САПА»
г.Алматы, Республика Казахстан

Производство и переработка масличных культур является перспективным направлением развития агропродовольственного сектора РК. Известно, что семена масличных культур являются, во-первых, сырьем для производства растительного масла, которое широко используется в изготовлении пищевых продуктов, в легкой промышленности, производстве лаков и красок, фармацевтической продукции и т.д. Во-вторых, растительное масло является исходным сырьем для производства биодизеля, являющегося заменителем органического дизельного топлива. В-третьих, в процессе переработки масличных культур получают жмыхи и шроты, которые являются ценным белковым компонентом в рационе кормления животных. К этому можно добавить высокие цены реализации семян масличных и, главное, растущий неудовлетворенный спрос на масличное сырье в связи с интенсивным развитием экологических видов топлива. Природные и почвенные условия Казахстана позволяют выращивать различные масличные культуры, которые могут успешно конкурировать на международных рынках. Это касается как традиционных для Казахстана культур – подсолнечника, хлопчатника, так и пока занимающих небольшие площади, но активно развивающихся – сои, рапса, сафлора и др. Однако производимые объемы масличных семян пока не обеспечивают потребности населения и промышленности Казахстана. Как по семенам масличных, так и по растительным маслам Казахстан в настоящее время является нетто-импортером.

Если сравнивать потребление растительного масла в Казахстане (21,8 кг на душу населения) с развитыми странами мира, то здесь имеются еще довольно значительные резервы роста. В частности, потребление растительного масла на душу населения в США составляет примерно 31,4 кг, ЕС – 37,8 кг, Канаде – 24,3 кг. Если в мире будет увеличиваться использование биодизеля в качестве топлива для автомобилей и сельскохозяйственной техники, то у Казахстана имеются довольно большие резервы неудовлетворенного спроса в растительном масле как на внутреннем рынке, так и в поставках его на экспорт. Вместе с тем, сохраняются проблемы с качеством масла, получаемого из отечественного сырья. Выращиваемые в республике семена подсолнечника имеют низкое качество. Соответственно, и масло из них вырабатывается не самое лучшее.

Рынок растительного масла в Казахстане имеет свои сильные и слабые стороны. К первым относится, например, государственное субсидирование до 80% ставки вознаграждения по кредитам, выдаваемым БВУ предприятиям по переработке сельхозпродукции на пополнение их оборотных средств. Получает развитие производство замкнутого цикла, предусматривающее выращивание и переработку масличных как на пищевые, так и на технические цели. И очень кстати, что цены на растительные масла как в стране, так и на мировом рынке продолжают расти.

К отрицательным моментам относится то, что перерабатывающие предприятия испытывают дефицит местного сырья. Поэтому производственные мощности перерабатывающих предприятий используются не на полную мощность. Сохраняется высокий уровень износа основных фондов перерабатывающих предприятий. Доля импортного масла в потреблении достигает 33%. Значительная часть сырья перерабатывается мелкими маслобойными цехами, которые не обеспечивают удовлетворительную очистку масла. В результате масло имеет малые сроки хранения, плохие вкусовые качества, иногда содержит вредные для здоровья вещества. К тому же отечественная продукция слабо конкурентоспособна по цене на внутреннем рынке и совсем неконкурентоспособна на внешнем. Казахстан в среднесрочной перспективе сможет отстоять свой рынок от импорта, а также выйти на региональные рынки (такие как Киргизия, Иран и т.п.). Все природные компоненты для хороших урожаев у страны имеются.

Несмотря на высокий уровень механизации возделывания, существующие технологии уборки и послеуборочной обработки масличных культур пока не позволяют получать качественное зерно и семена – дробление зерна составляет 6-15%, микроповреждение – 14-26%, которое связано со сложностью выбора, установки и постоянного поддержания оптимального режима работы рабочих органов молотильно-

сепарирующего устройства уборочных машин. Большое значение на качество обмолота оказывает равномерность подачи скошенной массы в молотильный аппарат. Так как подача зависит от многих факторов (урожайность, рельеф поля, скорость движения), то она в процессе уборки постоянно изменяется. Определенному значению подачи должны отвечать зазоры между барабаном и подбарабаньем, которые трудно обеспечить. Это требует усовершенствования существующих и разработку новой конструкции приемных и транспортирующих устройств.

В Казахском Национальном Аграрном Исследовательском университете непрерывно ведутся работы по совершенствованию рабочих органов уборочных машин, направленных на снижение потерь и травмирования зерна, повышение производительности и надежности машин. Одним из важных резервов увеличения производительности молотилки уборочных машин является совершенствование процесса подачи растительной массы на обмолот. Здесь установлено, что при равномерной подаче, кроме экономии мощности, достигается уменьшение недомолота и количества зерна, выходящего на соломотряс, то есть улучшаются технологические показатели работы молотильного устройства; определены основные источники неравномерности подачи урожайной массы во времени, ее величина и пути ее устранения. Неравномерность подачи хлебной массы во времени определяется неравномерностью урожайности культуры на поле (низкочастотные колебания подачи), а также неравномерностью, создаваемой рабочими органами жатки и наклонной камеры (высокочастотные колебания подачи). При этом, коэффициент вариации подачи при обычных условиях работы уборочных машин в среднем равен 20%, т.е. при средней подаче 4 кг/с она может принимать значение от 1,6 до 6,8 кг/с. Существует разнообразие методов и способов подхода к изучению данной проблемы, а также разнообразие полученных результатов.

С целью устранения неравномерности подачи хлебной массы во времени исследователями и конструкторами были предложены различные системы автоматического регулирования загрузки уборочных машин, лучшие из которых рекомендованы к производству. Особенностью таких систем регулирования подачи растительной массы является то, что регулируемым параметром здесь является не подача q(t), а другой параметр (толщина слоя массы на наклонном транспортере жатки, крутящий момент на валу молотильного барабана и др.), так как измерить непосредственно регулируемую величину – подачу q(t) невозможно. Предложено несколько типов регуляторов толщины слоя массы на наклонном транспортере, отличающихся между собой устройством главным образом датчика и управляющего элемента. Несмотря на простоту датчика, замеряющего толщину слоя, выбор этого параметра нельзя признать наилучшим, так как растительная масса неравномерно

распределена по ширине, что искажает установленное соотношение между толщиной слоя и подачей. В таких условиях работы значительно возрастает роль наклонного транспортера, который принимает, формирует и подает поток растительной массы в молотильный барабан.

Обзор по наклонным транспортерам и наклонным камерам, позволяет разделить проводимые изыскания по следующим направлениям: 1) использование наклонного транспортера для равномерной подачи растительной массы к молотильному аппарату, 2) частичный обмолот зерна в наклонной камере. Анализ литературных и патентных источников показывает, что количество и характер механических повреждений зерна и семян масличных зависят от комплекса механических свойств зерна, а также от степени силовых воздействий, обуславливаемых режимом работы рабочих органов наклонной камеры и МСУ, которые не в полной мере отвечают особенностям культуры. Также на степень повреждения зерен и семян масличных оказывает влияние неравномерная подача срезанной массы наклонным транспортером в молотильный аппарат. Снижения степени механического повреждения, улучшения качества семян и соответственно повышения урожайности масличных – можно добиться за счет применения устройства для разравнивания биомассы масличных в наклонной камере. Различные технические решения по разравниванию подаваемой наклонной камерой биомассы в молотилку не нашли применения из-за увеличения удельных затрат и усложнения конструкции машины.

В предложенном методе обработки скошенной зерновой массы в уборочной машине, включающем подачу исходной массы, разравнивание, сбор отделившегося зерна с использованием активных элементов в наклонной камере, проводят обработку зерновой массы в наклонной камере уборочной машины с использованием установленных в днище камеры активных элементов в виде модулей с винтовыми поверхностями. Метод обработки зерновой массы в наклонной камере уборочной машины проводят с использованием модулей с винтовыми поверхностями, выполненными на 3D принтере [1].

В настоящее время в республике существуют следующие проблемы при уборке урожая масличных культур: высокое травмирование зерна; низкая производительность при обмолоте; высокие потери при уборке. Для решения данных проблем нами предлагается вывести на отечественный и зарубежный рынки инновационный модуль распределитель для обработки зерновой массы в комбайне, согласно Евразийскому патенту 044624.

Предлагаемая технология обработки зерновой массы и устройство для его осуществления позволяют достичь следующих преимуществ: снизить травмирование зерна и уменьшить количественные и качественные потери зерна; повысить производительность уборки зерна, качества обмолота за счет эффективной подачи тонкого слоя зерновой

массы; обеспечить сменяемость активных элементов, улучшить и ускорить ремонт техники, обеспечив менее трудоемкую работу по ремонту, и снабдить технических сотрудников набором модулей; снизить металлоемкость оборудования; повысить надежность оборудования; процесс моделирования с распечаткой набора устройств-модулей, упакованных в кейск для его производства и продажи будет также использован для обучения в учебных заведениях, в качестве инноваций в производстве, развитие softskills–«мягких навыков» интерактивного процесса обучения, для упрочения взаимосвязи науки, инженерного образования и бизнеса.

Анализ рынка показал, что наш реально достижимый объем рынка при производительности в 4 ед. МРБ в сутки составляет 1 000 ед. в год или 320 млн тенге, что составляет 2,5% от общего рынка наклонных камер в Казахстане. Сравнительный анализ с конкурентами показал следующие конкурентные преимущества нашей продукции при уборке: низкая цена; повышает производительность при обмолоте зерна на 10-15%; снижает потери до 10-20%; уменьшает макро и микротравмирование семян в 2 - 3 раза, и за счет этого увеличивает всхожесть семян и дополнительную прибавку к урожаю 1-3 ц/га. Получать доход планируем от: продажи продукции – МРБ и модернизированной МРБ; услуги по модернизации действующих наклонных камер уборочных машин; от продажи технологии действующим отечественным и зарубежным машиностроительным компаниям. За 3 года реализации проекта общий доход составит 150,6 млн тенге, в том числе прибыль составит 75,3 млн тенге в год. На 6-ой год планируем выйти на 100%-ную мощность и получить годовой доход в размере 493,5 млн. тенге.

Заключение. Безинновационное развитие экономики – это тупиковая экономика. Необходим доступ к международным коллективным инновациям, нужно уметь самим технологически совершенствовать в определенных сферах. Одним из них является международное взаимодействие в рамках научных и технологических исследований, а для этого, в свою очередь, нужны собственные компетенции, технологические исследования, интересные в том числе для международного научного сообщества и промышленности.

Метод обработки зерновой массы в уборочной машине для уборки семян трав и других сельскохозяйственных культур может быть использовано также при уборке зерновых, зернобобовых, кормовых, масличных, технических культур, продуктивной части лекарственных растений. Кроме того, может быть использовано при уборке кукурузы на силос, корнеплодов, а также других культур, где есть необходимость выравнивания собранной массы в уборочной машине. Метод сбора биологически ценного зерна путем обработки зерновой массы и устройство для его осуществления позволяют достичь следующих

преимуществ: снизить травмирование зерна и уменьшить количественные и качественные потери зерна; повысить производительность уборки зерна, качества обмолота за счет эффективной подачи тонкого слоя зерновой массы; обеспечить сменяемость активных элементов, улучшить и ускорить ремонт техники, обеспечив менее трудоемкую работу по ремонту, и снабдить технических сотрудников набором модулей; снизить металлоемкость оборудования; повысить надежность оборудования; процесс моделирование с распечаткой набора устройства, упакованных в кейсе для его производства и продажи будет использована также как, кейс метод обучения в учебных заведениях (содержащее: инновации в производстве, практическую направленность; развитие soft skills - «мягких навыков»; интересный, интерактивный процесс обучения), что способствует упрочению взаимосвязи науки, инженерного образования и бизнеса.

Литература

1. Евразийский патент № 044624. Способ обработки скошенной зерновой массы в уборочной машине и устройство для его осуществления.

УДК 631.3-181.4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МАЛОГАБАРИТНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ УБОРКИ КОРМОВ

А.Г. Вабищевич, Н.Д. Янцов, М.А. Курмыса
Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Одной из целей государственной программы развития «Аграрный бизнес» в Республике Беларусь на 2021-2025 гг. является задача повышения продуктивности кормовых угодий, общая площадь которых составляет до 3 млн. га. Согласно Государственной программе в Республике Беларусь функционирует около 3-х тысяч организаций малого агробизнеса, которые занимают свыше 15% общего количества посевных площадей под кормовые культуры. При этом, значительный вклад в решение данной задачи вносят также личные подсобные хозяйства граждан республики, обеспечивая производство около 20% сельскохозяйственной продукции, в том числе: картофеля — 80%, овощей – 65%, плодов и ягод – 85%, молока, скота и птицы в живом весе до 6% [1].

В Республике Беларусь наряду с сельскохозяйственными предприятиями определенный вклад в производство отдельных видов сельскохозяйственной продукции вносят крестьянские и личные подсобные хозяйства, особенно по производству картофеля 85,6%, овощей 78,6%, молока 40,4%, яиц 37,1% и мяса 25,9% от общего объема производства.

Для выполнения различных видов работ в личных подсобных хозяйствах, приусадебных участках используются и мотоблоки с соответствующими орудиями на многих сельскохозяйственных операциях, проводимых на подворье, – это боронование, культивация, посадка, уход за посевами, заготовка сена, внесение удобрений, перевозка грузов, заготовка и измельчение кормов.

Заготовка кормов для крестьянских подворий также является актуальной задачей поскольку обеспечивает продовольственную безопасность не только сельских, но и жителей городов.

Заготовка кормов (сена, травянистых кормов) складывается из последовательного выполнения операций скашивание, ворошение, сгребание в валки, сволакивание, прессование.

Скашивание трав и стеблей травянистых растений механизированным способом в личных подсобных хозяйствах на малых

участках выполняется механизированным способом с использованием малога-баритных ножевых сегментных и роторных косилок.

В статье ниже предлагаются экспериментальные образцы малогабаритных машин и комбинированных агрегатов для заготовки кормов.

На рис. 1 представлен экспериментальный образец мини-трактора с сегментной косилкой, расположенной справа сбоку.



Рис. 1 – Косилка с двухножевым режущим аппаратом

Сегментная косилка с двухножевым режущим аппаратом состоит из рамы, механизма привода, бруса с сегментными ножами. Брус закреплен таким образом, что при работе сегменты одного ножа двигаются влево и вправо, а второй стоит на месте. Траву сегментная техника срезает по подобию ножниц.

Ворошение – переворачивание скошенной зеленой массы трав, находящейся в прокосах или в валках и выполняется для более быстрого и равномерного ее высыхания. Для ворошения скошенной зеленой массы трав и сгребания сухой массы используются грабли двух типов колесно-пальцевые и роторные.

На рис. 2 представлен экспериментальный образец мини-трактора с колесно-пальцевыми граблями на основе секции промышленных граблей.



Рис. 2 – Мини-трактора с колесно-пальцевыми граблями

Сволакивание и укладка рассыпного или прессованного сена для хранения в плотные кучи производится в виде параллелепипеда с двускатной вершиной (скирда) или в виде цилиндра с конической вершиной (копны и стога). Для формирования копен предлагается использовать экспериментальный образец малогабаритной волокуши вилочного тип (рис. 3).



Рис. 3 – Мини-трактора с волокушей

Волокуша состоит из сварной рамы, задней и боковых стенок, выполненных в виде сварной конструкции из труб диаметром 24…32 мм. К задней стенке волокуши крепится механизм уравновешивания и навесное устройство. Для обеспечения жесткости конструкции применены боковые раскосы.

При движении агрегата пальцы волокуши забирают травяную массу из валка, копну сена или рулон. По мере накопления масса упирается в заднюю стенку, а боковые стенки препятствуют разбрасыванию массы в стороны. Разгрузка осуществляется при опускании волокуши на почву, при движении агрегата задним ходом за счет сцепления травяной массы с почвой.

Также предлагается использовать для заготовки кормов в крестьянских фермерских хозяйствах экспериментальный образец малогабаритного агрегата (рис. 4), состоящего из мини-трактора, навесной волокуши, расположенной спереди и колесно-пальцевых граблей, расположенных сзади и смещенных к правому боку мини-трактора.



Рис. 4 – Комбинированный агрегат для заготовки кормов

В составе агрегата возможно навешивание на мини-трактор косилки, расположенной справа и сбоку между передними и задними колесами мини-трактора. При работе агрегата возможно ворошение или сгребание скошенной травы колесно-пальцевыми граблями и сволакивание высушенной массы трав в валки или копны.

Приведенная выше компоновка комбинированного агрегата может быть дополнена однобрусной косилкой прикрепленной сбоку мини-трактора с целью усовершенствования.

По аналогии с экспериментальным образцом выполнена 3D модель усовершенствованного комбинированного агрегата в собранном виде.

Для выполнения 3D модели агрегата вначале создается библиотека, (банк данных) из деталей, узлов, входящих в сборочные единицы к 3D модели волокуши вилочного типа, а также навесной косилки с двухножевым режущим аппаратом, редуктором, механизмом навески и привода (рис. 5), колесно-пальцевых граблей (рис. 6).



Рис. 5 – Библиотека деталей, узлов к 3D модели косилки и волокуши

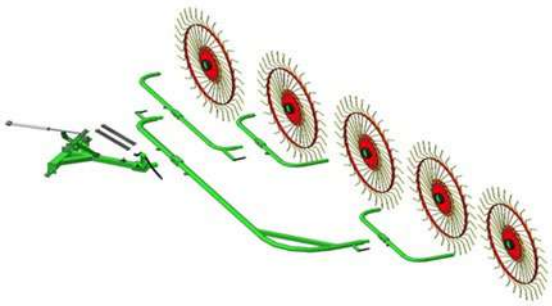


Рис. 6 – Библиотека деталей, узлов к 3D модели колесно-пальцевых граблей

На основании банка данных библиотек методами компьютерного 3D моделирования выполнены в собранном виде 3D модели малогабаритных граблей, волокуши, косилки.

По методике моделирования изложенной выше, выполнена 3D модель усовершенствованного комбинированного агрегата в собранном виде. В состав комбинированного агрегата входит мини-трактор, волокуша, грабли и дополнительно установлена косилка между передними и задними колесами (рис. 7). Данная компоновка агрегата не имеет аналогов и может претендовать как изобретение.



Рис. 7 – 3D модель комбинированного агрегата для заготовки кормов

Таким образом, предложены экспериментальные образцы одно операционных малогабаритных машин (косилки, граблей, волокуши), а также комбинированного агрегата для заготовки кормов и его 3D модели с дополнительно расположенной косилкой.

Использование малогабаритных машин и комбинированного малога баритного агрегата для заготовки кормов весьма удобно и рентабельно для работы в личных подсобных хозяйствах и позволяет решить задачу по обеспечению продовольственной безопасности.

УДК 631.354.2.076:005

СИМВОЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ КОМПОНЕНТОВ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ КАК ЭЛЕМЕНТ ПОИСКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

В.К. Липская
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Современный рынок зерноуборочной техники представлен большим многообразием машин, отличающихся по огромному числу параметров. Учитывая, что модельные ряды постоянно обновляются и расширяются, в таком множестве зачастую приходится сложно ориентироваться как потребителям, так и производителям сельскохозяйственной техники. В ряде случаев возникают путаницы, которые в конечном итоге приводят к неправильным решениям. Отчасти, это связано с тем, что по внешнему виду комбайнов практически нереально определить какими характеристиками они обладают, а большой объем технической информации редко кто держит в голове. Для решения этой проблемы удобно пользоваться символьным описанием основных компонентов рассматриваемых технических средств. В таком виде информация более компактная, краткая, наглядная, ее легко запомнить и разместить даже на небольших табличках к машинам, в том числе, в выставочных центрах. Кроме того, как показывает практика, это является хорошей возможностью для поиска направлений развития, так как облегчает обнаружение новых технических решений, зачастую лежащих на поверхности, особенно при представлении информации в виде морфологических матриц, которые являются частью методики морфологического анализа и синтеза и используются для поиска технических решений.

Символьное описание чего-либо предполагает использование определенных обозначений, схем, изображений и т.п. Так, под обозначением в толковом словаре русского языка Ушакова понимается знак, посредством которого что-нибудь обозначено, обозначается. Например, условные обозначения на географических картах [1]. В технике этот термин имеет несколько иное определение – комбинация буквенных и цифровых символов, предназначенная для однозначной идентификации изделия в производстве и эксплуатации [2]. Заметим, что при символьном описании, должно быть отражено самое существенное, принципиальное в изучаемом объекте, но зависит оно от аспекта изучения объекта. В этой связи каждый технический объект может быть представлен различными

символами или схемами. Таким образом, для идентификации зерноуборочных комбайнов в первую очередь стоит выделить существенный признак, который будет положен в основу разработки системы его символьного описания.

Принимая во внимание, что у зерноуборочного комбайна системообразующим органом, определяющим его основные показатели и параметры других составных частей, является молотильно-сепарирующее устройство (далее МСУ), его стоит определить в качестве существенного признака. Кроме того, поиск новых решений целесообразно вести в направлении совершенствования именно этого органа.

Стоит отметить, что в настоящее время различные фирмы используют собственные оригинальные обозначения систем МСУ или их частей, что вызывает трудности при сопоставлении и выборе комбайна. Учеными предпринимались неоднократные попытки ввести обозначения, позволяющие отличать различные компоновочные схемы МСУ. Например, для обозначения типов МСУ зерноуборочных комбайнов российским ученым В.Я. Гольтяпиным было предложено использовать следующие буквенные обозначения [3]:

Т – традиционная схема;

ББС – молотильный барабан + молотильный битер с сепарирующей решеткой + сепарирующий барабан;

УББ – барабан-ускоритель + молотильный барабан + отбойный битер;

ББВ – молотильный барабан + молотильный барабан с сепарирующей решеткой;

ББО – молотильный барабан + два отбойных битера;

ББР – молотильный барабан + битер + очесывающий барабан + роторный двухпоточный сепаратор;

АР – аксиальный ротор;

ТР – поперечно расположенный ротор;

БСС – молотильный барабан + система сепарирующих роторов;

АРР – два аксиальных ротора;

ББС – молотильный барабан + выравнивающий битер + два (расположенных продольно) сепарирующих ротора;

ДБД – приемный битер + молотильный барабан + промежуточный битер + молотильный барабан + отбойный битер.

Заметим, что данная система не получила широкого распространения, поскольку не охватывает всю совокупность известных МСУ, кроме того, для обозначений использованы сложно запоминающиеся аббревиатуры, имеющие слабую логическую и семантическую связь с конструктивным исполнением МСУ.

Белорусским ученым Клочковым А.В. для обозначения типов МСУ предлагалось применять конструктивные схемы классических молотильных устройств зерноуборочных комбайнов (рисунок 1) [4, с. 10]:

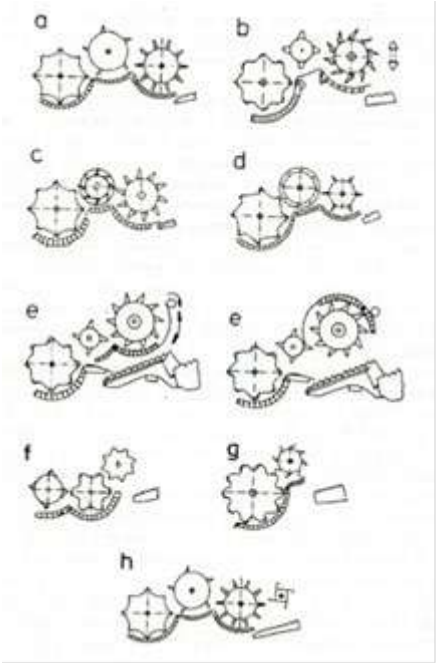


Рис. 1 – Конструктивные схемы классических молотильных устройств зерноуборочных комбайнов: a) «Ford New Holland»; b) «Deutz-Fahr»; c) «MDW», «Case IH»; d) «Dronningbord», «Massey Ferguson»; e) «Fiatagri»; f) «Claas»; g) «John Deere»; h) «Ford New Holland», «Case CF 80»

Анализ показал, что, несмотря на то, что такие схематические изображения позволяют наглядно представить конструктивно-компоновочные решения различных молотильных устройств комбайнов, их изображение трудоемко и не отражает всего многообразия существующих МСУ. Кроме того, эти схемы следовало бы дополнить схематическим изображением сепарирующих устройств, поскольку МСУ комбайнов различаются не только конструкцией молотильных аппаратов, но и устройствами для сепарации грубого вороха.

Специалистами из Аргентины INTA PRECOP также предложены изображения МСУ комбайнов в виде схем. Ими отмечается, что все представленные на рынке Аргентины зерноуборочные комбайны «фундаментально различаются по системе обмолота и сепарации». До 2009 г. приводилось 11 схем МСУ, а в 2009 г. добавили еще одну – МСУ роторного типа [5]. Для примера одна из схем, представлена на рисунке 2.

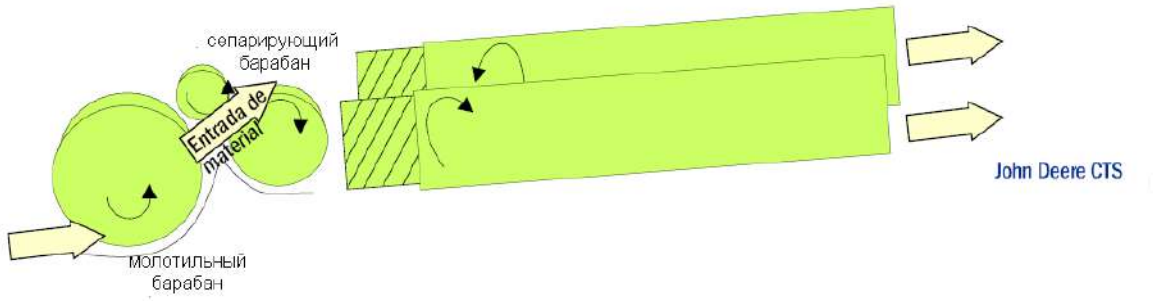


Рис. 2 – МСУ барабанного типа с роторным соломосепаратором

В качестве недостатка предложенных схем можно выделить то, что они громоздки и неудобны для представления информации в компактной форме. Кроме того, трудоемко изображение самих схем МСУ.

Ассоциацией испытателей сельскохозяйственной техники и технологий представлена система обозначений, в которой помимо символьного описания составных частей компонентов МСУ включены их характеристики, которые изображаются как с помощью буквенных обозначений, так и цифр. Например, M_g – молотильный барабан g-го исполнения (g=число – диаметр барабана в миллиметрах: M_{500}, M_{800} и т.д., g=Б – бильный барабан; g=Z – зубовый барабан); P_j – ротор J-го исполнения (j=мг – молотильный, горизонтальный; j=мн – молотильный, наклонный; j=мп – молотильный, поперечный; j=сг – сепарирующий, горизонтальный; j=сн – сепарирующий, наклонный; j=сп – ротор сепарирующий поперечный; j=пс – ротор поперечный для выгрузки из комбайна соломы); $Ш_i$ – шнек i-го назначения (i=Д – делитель вороха; i=К – концентратор вороха ; i – В – выгрузка или подача вороха) и д.р. [6].

Отметим, что авторами предложено излишне подробное описание компонентов, которое необходимо потребителям лишь при более детальном изучении рассматриваемого технического средства.

Кроме того, в том же источнике отражены структурные формулы зерноуборочного комбайна в целом, включающие жатку, где указывается ширина захвата и присущая этому значению граничная урожайность; двигатель; МСУ, которое содержит кроме названий компонентов еще и величину диаметра барабанов, ширину молотилки и площадь подбарабанья; очистку. Учитывая, что зачастую у разных зерноуборочных комбайнов, относящихся к одному классу, совпадают или близки по значению параметры жаток, двигателя и т.д., а основным системообразующим органом, как уже отмечалось выше, определяющим основные показатели и параметры других составных частей машин этого типа, является МСУ, то и структурные формулы стоит стоить в отношении этого органа.

Для упрощения представления и соотнесения типов МСУ разработана простая и удобная система обозначений, позволяющая в

компактной форме достаточно полно описать все многообразие структурных схем МСУ серийно выпускающихся или выпускавшихся ранее комбайнов минимальным количеством символов и упрощенно представить их в виде структурной формулы. Предлагается использовать следующие обозначения:

БМ – барабан молотильный;

БС – барабан сепарирующий;

БУ – барабан ускоритель;

⚙ – битер;

⚙/2 – битер, разделяющий поток вороха на два;

РС – роторное соломосепарирующее устройство (перемещение грубого вороха по спирали);

РМС – роторное молотильно-сепарирующее устройство (перемещение хлебного вороха по спирали);

С – клавишный соломотряс (СП – соломотряс с пассивными интенсификаторами, СА – соломотряс с активными интенсификаторами);

А – аксиальная подача вороха;

Т – тангенциальная подача вороха и т. п.

Структурная схема молотильного блока комбайнов, для машин, оснащенных соломосепаратором, выполненным в виде отдельного конструктивного блока, составляется по следующему принципу:

$$a\text{БУ} + b\text{БМ} + c⚙ + d\text{БС}, \qquad (1)$$

где a,b,c и d – количество барабанов-ускорителей, молотильных барабанов, битеров и сепарирующих барабанов ($b \geq 1$; a, c и $d \geq 0$).

Тогда структурная схема сепарирующего блока в зависимости от конструктивной особенности выделения зерна из грубого вороха составляется по одной из трех форм:

а) клавишный соломотряс:

$$nmC^p, \qquad (2)$$

где n, m и p – соответственно количество клавиш, каскадов и интенсификаторов процесса сепарации (n, $m \geq 1$; $p \geq 0$).

б) сепарирующие барабаны:

$$z\text{БС}, \qquad (3)$$

где z – количество последовательно расположенных сепарирующих барабанов ($z \geq 1$).

в) роторный соломосепаратор:

$$f\text{АРС или } g\text{ТРС}, \qquad (4)$$

где *f, g* – количество соломосепарирующих роторов с аксиальной или тангенциальной подачей грубого вороха соответственно (*f, g* ≥ 1).

Структурная формула комбайнов, МСУ которых выполнены в виде совмещенных блоков обмолота и сепарации, в зависимости от направления подачи хлебной массы будет выглядеть следующим образом:

$$f\text{АРМС или } g\text{ТРМС}, \quad (5)$$

где *f, g* – количество молотильно-сепарирующих роторов с аксиальной или тангенциальной подачей хлебной массы соответственно (*f, g* ≥ 1).

Ниже приведены примеры структурных схем отдельных моделей зерноуборочных комбайнов с различными МСУ. Для разделения в одной формуле структурной схемы молотильного блока комбайна и сепарирующего использован знак «^» между этими блоками. Например, структурные формулы комбайнов с молотильным аппаратом барабанного типа и клавишным соломотрясом выглядят следующим образом:

– GS8 ОАО «Гомсельмаш» – БМ + ^4 × 7С0 (МСУ с последовательно расположенным молотильным барабаном, отбойным битером и клавишным соломотрясом без интесификатора с 4-мя клавишами и 7-ю каскадами);

– GS10 ОАО «Гомсельмаш» – БМ + ^5 × 7С0 (МСУ с последовательно расположенными молотильным барабаном, отбойным битером и клавишным соломотрясом без интесификатора с 5-ю клавишами и 7-ю каскадами);

– GS12 ОАО «Гомсельмаш» – БУ + БМ + ^5 × 7С0 (МСУ с последовательно расположенными барабаном-ускорителем, молотильным барабаном, отбойным битером и клавишным соломотрясом без интесификатора с 5-ю клавишами и 7-ю каскадами);

– «Lexion 6700-6800» «Claas»– БУ + БМ + БС + ^6 × 5$\mathbf{C_A^2}$ (МСУ с последовательно расположенными барабаном-ускорителем, молотильным барабаном, барабаном сепарирующим, отбойным битером и клавишным соломотрясом с 6-ю клавишами, 5-ю каскадами и 2-мя активными интесификаторами).

Структурные формулы комбайнов с молотильным аппаратом барабанного типа и соломосепаратором, выполненным в виде сепарирующих барабанов, выглядят так:

– «BIZON BS Z 110» «Agromet» – БМ + + БС^5БС (МСУ с последовательно расположенными молотильным барабаном, промежуточным битером, сепарирующим барабаном и соломосепаратором с 5-ю сепарирующими барабанами);

– «Commandor 228 cs» «Claas» – ⚙ + БМ^8БС (МСУ с последовательно расположенными подающим битером, молотильным барабаном и соломосепаратором с 8-ю сепарирующими барабанами).

Структурные формулы комбайнов с молотильным аппаратом барабанного типа и роторным соломосепаратором (гибрид) приведены ниже:

– МСУ зерноуборочных комбайнов GS16, GS2124, GS3219, GH 800 и GH810, производства ОАО «Гомсельмаш», а также машин фирмы «Lexion 8000-7000» «Claas» описываются следующей формулой: БУ + БМ + ⚙/2^2АРС (МСУ с последовательно расположенными барабаном-ускорителем, молотильным барабаном, отбойным битером, разделяющим поток вороха на два, и двумя аксиально расположенными сепарирующими роторами).

Структурные формулы зерноуборочных комбайнов с роторным МСУ выглядят так:

– GR700 ОАО «Гомсельмаш», TORUM 750 ООО «КЗ «Ростсельмаш», «S 770-790» фирмы «John Deere» – АРМС (роторное МСУ с аксиальной подачей вороха);

– «МХ 300» компании «Laverda», «CROP TIGER 30-40» «Claas» – ТРМС (тангенциально-роторное МСУ).

Как уже отмечалось выше, символьное описание компонентов МСУ зерноуборочных комбайнов облегчит осуществление поиска новых технических решений. Появится возможность представлять их в виде морфологической матрицы (методика морфологического анализа и синтеза), включающей все возможные варианты исполнений.

Выводы. Для упрощения представления и соотнесения типов МСУ зерноуборочных комбайнов разработана простая и удобная система обозначений, позволяющая в компактной форме достаточно полно описать все многообразие структурных схем МСУ серийно выпускающихся или выпускавшихся ранее машин минимальным количеством символов и упрощенно представить их в виде структурной формулы.

Предложенная система обозначений является хорошей возможностью для поиска направлений развития зерноуборочной техники, так как облегчает обнаружение новых технических решений, зачастую лежащих на поверхности. Так, представление МСУ комбайнов в матричной форме позволит компактно описать все многообразие серийных конструкций МСУ и рассмотреть возможные варианты сочетаний их основных элементов для формирования новых оригинальных и эффективных исполнений систем обмолота и сепарации.

Литература

1. Толковый словарь русского языка Ушакова [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://kakoeslovo.ru/dic/%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D0%B7%D0%BD%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5?ysclid=lmhfxbamd306928729. – Дата доступа: 15.09.2023.

2. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения: ГОСТ Р 53394–2009. – Введ. 01.07.2010. – М.: Стандартиформ, 2010. – 24 с.

3. Гольтяпин В.Я. Характеристика современных зерноуборочных комбайнов / В.Я. Гольтяпин // Техника и оборудование для села. – 1999. – Март-апрель. – С. 24 – 37.

4. Комбайны зерноуборочные зарубежные / А.В. Клочков [и др.]. – Минск: УП «Новик», 2000. – 192 с.

5. Bragachini Mario. Clasification International de Cosechadoras / Mario Bragachini, Jose Pieretti, Daniel Damen // PROYECTO EFICIENCIA DE COSECHA Y POSTCOSECHA DE GRANOS, Actuallizacion tecnica. – 2007. – Febrero. – № 38. – 15 p.

6. Сравнительные испытания сельскохозяйственной техники: науч. издание – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. – 416 с.

УДК 62-05 338 632

ИСТОЧНИКИ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ, КАК ФАКТОР ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ПРИ ПОСЕВЕ И ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Н.А. Глечикова[1,2], Р.В. Попова[1], М.В. Козачук[2]
[1]Азово-Черноморский инженерный институт-филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет", г. Зерноград, Российская Федерация
[2]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова», Республика Калмыкия, г. Элиста, Российская Федерация

Аннотация. В статье выделены источники агротехнологических нарушений и описаны факторы возникновения потерь зерновых культур при посеве возделывании, описаны критерии воздействия потерь на объемы зерновой массы, описана идентификация факторов воздействия потерь и влияние каждого вида потерь в общей структуре ущерба хозяйственной деятельности.

Цель исследования: изучить факторы агротехнологических нарушений при посеве и возделывании зерновых культур как меры воздействия на объёмы зерновой массы с учетом различных видов потерь.

Введение. Результаты хозяйственной деятельности зависят не только от знания природы возникновения потерь и умения идентифицировать их принадлежность к факторам, согласно агротехнологическим нарушениям. Идентификация поможет установить область деятельности, для определения вида потерь и его категории. Это позволит принять заранее комплекс мер, с целью ослабления степени риска возникновения этих потерь.

Результаты исследования. В сельском хозяйстве факторы возникновения потерь проявляются по-разному, и носят специфический характер, и роль одних и тех же потерь не одинакова. Например, поражение семенного материала, оказывает существенное влияние на всхожесть и качество колоса. Идентификация потерь может осуществляться и в рамках одной сельскохозяйственной операции – это простые рисковые события, вызывающие потери или отрасли деятельности – это уже сложные события, которые могут включать несколько этапов своего формирования.

Таблица 1. Формализация агротехнологических нарушений по степени воздействия потерь на объемы зерновой массы на стадиях посева и возделывания

№ п/п	Наименование агромероприятия согласно технологической карте	Потери урожайности к среднему уровню, %%		
		min	midi	max
Биологические	Обработка семян	1,5	8,5	20,0
	Качество семенного материала (репродукция)	2,0	12,0	21,5
	Риск солевого эффекта и ожога	0,05	4,5	10,0
	Поражение семян	0,05	7,0	20,0
	Семенные примеси	1,0	9,0	20,0
	Фитосанитарное состояние посевов	2,0	11,5	25,0
Механические	Уплотнение почвы	3,5	14,0	30,0
	Прикатывание растений	3,0	12,0	25,0
	Повреждение стеблей	2,5	5,0	11,0
	Нарушение агрофизиологических характеристик почвы	0,5	15,0	30,0
Технологические	Нарушение норм высева	0,5	8,5	18,0
	Несоблюдение севооборота	10	22,5	45,0
	Необеспеченность оптимальной площади питания	5,0	12,5	20,0
	Неравномерная глубина заделки семян	0,05	5,0	10,0
	Нарушение геометрии размещения семян	0,05	5,0	10,0
	Отсутствие прикатывания почвы до посева, после отвальной вспашки стерневого предшественника	1,0	8,0	15,0
	Посев после оптимальных сроков на 5-10 дней	5,0	12,5	30,0
	Отсутствие ранневесеннего боронования	2,5	3,5	8,0
	Деградация структуры почвы	0,05	16,0	32,0
Агрономические	Засоренность посевов	0,05	12,0	26,0
	Качество почвы (гумус, влажность)	1,5	9,0	18,0
	Нарушение внесения доз удобрений	1,0	7,5	15,0
	Нарушение внесения объемов доз гербицидов и пестицидов	0,5	10,0	20,0
Климатические	Задержка фаз развития	0,5	18,0	38,0
	Засуха	2,0	28,0	60,0
	Повышенный температурный режим	0,5	23,5	48,0
	Ветровые полеглости растений	0,05	5,0	12,0
	Вымывание растений	0,05	10,0	20,0
	Вымерзание растений	0,05	15,0	30,0
Организационные	Нарушение агросроков	1,0	8,0	16,0
	Невыровненность почвы	0,05	4,0	8,0
	Низкая квалификация работников	1,0	5,0	10,0
	Неотрегулированность рабочих органов	1,0	6,0	12,0
	Вынужденные простои	0,5	6,0	12,0
	Техника за амортизационными сроками эксплуатации	0,5	4,5	9,0

В процессе распознавания потерь необходимо выяснить принадлежность потерь к виду деятельности и определить степень минимизации и управления ими. При отсутствии необходимой информации следует определить сценарий хозяйственной среды, где придется принимать решение. Затем целесообразно определить набор ситуаций, вызывающих потери и установить отклонение от намеченной нормы. Конечным этапом будет установление изменения уровня себестоимости, рентабельности, прибыльности и экономической устойчивости предприятия.

Основная цель идентификации при решении задач хозяйственной деятельности состоит в возможности сужения круга факторов возникновения потерь еще на начальной стадии.

Завершением идентификации факторов возникновения потерь выступает принадлежность к определенной категории:

1) Достоверные – потери, последствия которых могут быть оценены с высокой вероятностью наступления. Например, нарушение сроков сева, потери из-за хищений, потери материальных ресурсов. Это потери, которые можно выявить в бухгалтерской отчетности. Управление этими потерями принимается в условиях полной определенности.

2) Предполагаемые – потери, возникновение которых диктуют статистические наблюдения и опыт ведения хозяйственной деятельности. Например, к этой категории можно отнести потери заключения договоров с потребителями, снижение квалификационного уровня работников. Решения по управлению данным видом потерь принимаются в условиях частичной неопределенности.

3) Непредполагаемые – потенциальные потери, нанесения ущерба, в отношении которых сложно предположить время, вероятность и масштабы возникновения. Это потери связанные, например с изменениями политической (санкции) ситуации, изменение состава акционеров. Решение по управлению данного рода потерями принимается в условиях полной неопределенности.

Роль каждого вида потерь в общей структуре ущерба хозяйственной деятельности предполагает необходимость построения общей формализации агротехнологических нарушений по степени воздействия на потери зерновой массы на стадии посева и возделывания в зависимости от специализации хозяйственных структур и специфики деятельности предприятия.

В представленной таблице формализации агротехнологических нарушений по степени воздействия на потери зерновой массы на стадии посева и возделывания в зависимости от этапов возникновения можно разграничить агромероприятия на регулярно возникающие потери и нерегулярно возникающие потери. Регулярно возникающие очень сложно поддаются управлению и связаны с воздействием различного рода рисков,

которые в основном не зависят от субъекта ведения хозяйственной деятельности. Нерегулярно возникающие потери, наоборот, зависят от субъекта ведения хозяйственной деятельности и дают возможность по использованию мероприятий по минимизации потерь.

Четко отобранная система факторов возникновения потерь дает возможность прогнозирования их определить необходимые взаимосвязи для разработки классификационных видов с учетом специализации и специфики ведения хозяйственной деятельности.

Необходимость определения и классификации потерь связана с тем, что хозяйствующий субъект действует в условиях иногда высокого уровня неопределенности. Как можно более детальная классификация потерь дает возможность распределить их по группам, что позволит провести анализ и оценку и принять меры по управлению ими.

Классификация помогает определить свод возможных потерь применительно к конкретному виду деятельности и конкретной технологической операции. В настоящее время в экономической науке не разработано и не утверждено общего исчерпывающего классификационного подхода к выявлению и оприходованию потерь на всех технологических стадиях. Это связано с тем, что при ведении хозяйственной деятельности, а именно на практике существует очень большое количество проявление ситуаций, вызывающих неучтенные потери. И иногда сложно разграничить их виды, уровень и индикаторы. В общей картине это будет представлять собой совокупные убытки предприятия.

1. Рациональная эффективность инвестиций в современные технологии и средства защиты растений с заданной результативностью прибыли и урожайности зерновых культур. Соблюдение всех технологий снижает потери не только падения урожайности, но и улучшает качественные характеристики зерна, следовательно, ожидается увеличение доходности хозяйств, так как потребители готовы доплачивать за высокое качество продукции.

2. Учитывать материалоемкость техники. Трактора мощностью 250-300 л.с. и более использовать только со сдвоенными колесами, такого рода проходы позволяют поднять урожайность до 10-12%. Перенести внесение фосфорно-калийных удобрений тяжелыми агрегатами с весеннего периода на осеннюю зябь, обеспечить увеличение опорной поверхности со сниженным давлением в колесах трактора до уровня 1,0-1,1 г/см^3.

3. Ранневесеннее боронование посевов озимых зерновых культур с подкормкой азотными удобрениями по таломёрзлой почве при наличии количества максимальной влаги в почве (по возможности специальным бороновально-прополочным агрегатом). В этом случае удобрения будут хорошо растворяться и с первых дней роста и развития усваиваться

растениями. Такого рода подкормка с влагозадержанием дает возможность растению хорошо куститься и повышать число репродуктивных стеблей. Это позволяет не только качественно разрыхлить верхний слой почвы, но и в результате позволит снизить потери влаги, уничтожить розетки перезимовавших и взошедших сорняков, очистить растения от плесени и повысить микробиологические процессы в почве. Повышение урожайности до 2% и снижение засоренности посевов от 20-44% будет происходить за счет увеличения размера колоса, количества колосков и увеличению размере зерен. Но, при этом не начинать работы слишком рано, когда присутствует избыточная влага в почве и могут остаться глыбы или колея после прохода техники.

4. При подготовке почвы «на зябь» осенью для предотвращения потерь урожая зерновых проводить глубокое рыхление на глубину 30-50 см. Рыхление плужной подошвы на глубину до 40 см на старопахотных почвах дает возможность повышения урожайности до 25%, на мелиоративных почвах при рыхлении на глубину до 65 см прирост урожайности можно получить от 10 до 40%.

5. Совершенствование требований к технологическому процессу и рабочим органам для формирования семенного ложа. Технологический процесс будет состоять: рыхление посевного слоя почвы, подуплотнение его колесными или катковыми почвоуплотнителями перед каждым сошником, укладка семян в бороздки и раскрытие сошником, прикатывание бороздок с семенами обрезиненными каточками ширина обода которых немного больше ширины дна бороздки, благодаря чему семена полностью закрываются обжатой почвой. Прикатанные бороздки закрываются рыхлой почвой (загортачи за сошниками). Обоснование параметров посевного слоя, при котором факторы внешней среды должны сочетаются наиболее оптимально. Чтобы влага поступала по капиллярам к высеянным семенам посевная бороздка должна создаваться с плотным дном, так как скорость набухания и прорастания зависит от того насколько обеспечен контакт семян с влажным дном посевной бороздки. Влажная и уплотненная почва с семенами должна быть закрыта слоем рыхлой почвы, снижающей испарение влаги. Снижение потерь будет составлять до 10%.

6. Рациональность соблюдения севооборота, как борьба с засоренностью посевов сорняками, здесь большую роль могут сыграть промежуточные культуры, которые глушат их, да и у большинства подсеваемых в междурядья растений короткий вегетационный период. Именно поэтому убирают их еще до того, как сорняки дадут семена. При построении рациональных севооборотов для предприятия необходимо руководствоваться следующими основными агроэкономическими принципами: а.) соответствие почвенным условиям и достижение наибольшего экономического эффекта за счет подбора наиболее продуктивных и эффективных культур и сортов с учетом особенностей

почв. б.) соответствие условиям хозяйствования, специализации и уровню материально-технического обеспечения, ценовой политике на производимую продукцию и закупаемое сырье. в.) соблюдение условий для обеспечения биологически правильного и агрономически выдержанного чередования культур во времени и пространстве на каждом поле. Рациональность концентрации посевов возделываемых культур и создание оптимальных фитосанитарных условий в посевах и почве для развития растений, защиты их от болезней, вредителей и сорняков. г.) формирование условий для обеспечения положительного баланса органического вещества в почве, за счет корневых и пожнивных растительных остатков возделываемых культур. д.) создание кормовой базы для животноводства на основе собственного производства, обеспечение зоотехнически обоснованной их структуры (если предприятие специализируется на отрасли животноводства).

7. Принятие решения о применении различного рода современных технологий в сельском хозяйстве всегда лимитируется границами стоимостных показателей. Чтобы соблюдать все требуется необходима дорогостоящая техника, оснащенность которой могут позволить себе ее только крупные хозяйства. Но, даже при наличии достаточного уровня финансовых ресурсов, не все аграрии верят в эффективность применения разных мер. Например, современный ассортимент фунгицидов, борющихся с фузариозом, очень ограничен, и часто действие препаратов бывает невысоким. И вопрос стоит не только в эффективности применяемых препаратов, сколько в их стоимости. Хороший фунгицид, который будет бороться с фузариозом, стоит не меньше 1 тыс. руб./га, то есть даже в небольшом хозяйстве, где посевы зерновых составляют около 1 тыс. га, обработка растений обойдется в 1 млн руб. В условиях, когда невозможно предугадать, будет развиваться заболевание или нет, многие аграрии предпочитают экономить. Стоимость гектарной нормы фунгицида начинается от 600 руб., однако при средней урожайности 35 ц/га и цене пшеницы 10 тыс. руб./т потери десятой доли урожая составят 3,5 тыс. руб./га. При большем снижении урожайности убытки будут еще более значительными, поэтому вложения в обработку посевов будут значить снижение эти потерь.

Для современного сельхозтоваропроизводителя необходимым условием является необходимость наращивания производства продукции растениеводства в условиях ограниченности ресурсов и воздействия санкций, это предполагает задействование малозатратных технологий. Сюда можно отнести не только рациональное ведение севооборотов, опирающихся на максимальную пригодность почвы, но и оптимальную структуру использования посевных площадей. Увеличение доз внесение минеральных удобрений, гербицидов и пестицидов показывает положительную динамику, но приводит к застою развития агрокультуры.

Предшественник оказывает влияние на урожай главным образом через фактор питания, прежде всего через азот и вносимые органические удобрения, то в условиях достаточного применения удобрений и химических средств защиты севооборот выполняет главным образом фитосанитарную роль в борьбе с болезнями, вредителями и сорняками, а также является биологическим средством повышения окультуренности почв.

Норма высева оказывает большое влияние на густоту продуктивного стеблестоя, а также на полноту всходов, степень кущения зерновых и удельного веса сохранности стеблестоя в период возделывания и созревания. Многолетний опыт, полученный в процессе производства зерновых культур говорит о том, что рост количества растений на единицу площади до оптимального предела ведет к повышению урожайности. Под оптимальным стеблестоем нужно понимать такое количество продуктивных стеблей на единицу площади, при котором достигается полное смыкание растений, обеспечивается наивысшая продуктивность фотосинтеза, эффективно используется площадь питания и обеспечивается максимальная урожайность. Оптимальное количество растений обеспечивает повышенное число продуктивных стеблей, лучшее формирование зерна и более высокую озерненность колоса. При изреженности стеблестоя растения, яровой пшеницы больше повреждаются вредителями, из-за неравномерного кущения затягивается созревание зерна, ухудшается его качество, больше испаряется влаги с поверхности почвы, посевы сильно засоряются сорняками. Излишняя загущенность посевов, вызывает полегание, приводит к недостатку питательных веществ и влаги, в силу взаимного затенения снижается интенсивность фотосинтеза, из-за недостатка света растения сильно вытягиваются (особенно третье и четвертое междоузлие). В наших исследованиях густота стеблестоя к моменту уборки по чистому пару составила 345,8 шт./м2 [1, 4, 7].

Таблица 2. Минимизация потерь урожайности зерновых культур (озимая пшеница) при влиянии предшественника

№ п/п	Предшественник (рационализация севооборота)	Прибавка урожайности		
		%	ц/га	руб.
1.	Клевер	100	54,4	71856
2.	Люпин на з/м	100	54,2	71593
3.	Однолетние бобово-злаковые травы	96,0	52,6	69479
4.	Горох на зерно	97,0	52,0	68687
5.	Овес	92,0	50,1	66177
6.	Многолетние злаковые травы	78,0	42,3	55874
7.	Озимая рожь	64,0	34,7	45835
8.	Ячмень	62,0	33,6	44382
9.	Озимая пшеница	61,0	33,1	43722
10.	Озимая пшеница бессменно	26,0	14,2	18757

Изучая зависимость уровня потерь зерновых от предшественника, особое значение необходимо уделять почвозащитной и экологически безопасной системе ведения земледелия. В данном случае большое значение имеют ведение и освоение эффективных севооборотов. Продуктивность сельскохозяйственных культур, в первую очередь, зависит от того, по каким предшественникам они размещаются, так как от этого зависит: максимальное накопление и сохранение продуктивной влаги, чистота полей от сорняков, вредителей и болезней, наличие в пахотном слое питательных веществ, соответствующая подготовка почвы. При этом, необходимо оценивать предшественники с точки зрения оставляемого ими в почве органического вещества и влияния на микробиологические процессы. Роль предшествующей культуры в севообороте изменяется в зависимости от почвенно-климатических условий.

Таблица 3. Влияние предшественника на количество продуктивных растений, густоту стояния и процент сохранности растений к моменту уборки, шт./м^2

№ п/п	Предшественник (рационализация севооборота)	Прибавка урожайности		
		Количество растений во время всходов, шт./м2	Количество продуктивных стеблей, шт./м2	Процент сохранности растений к моменту уборки, %
1.	Клевер	387	345	77,8
2.	Люпин на з/м	385	362	76,4
3.	Однолетние бобово-злаковые травы	344	331	75,3
4.	Горох на зерно	388	376	74,8
5.	Овес	301	270	69,5
6.	Многолетние злаковые травы	288	261	72,4
7.	Озимая рожь	273	236	68,9
8.	Ячмень	271	221	71,1
9.	Озимая пшеница	259	219	72,6
10.	Озимая пшеница бессменно	237	198	62,2

Таблица 4. Влияние отдельных агроприемов и технологических мероприятий на минимизацию потерь и повышение урожайности зерновых культур

№ п/п	Наименование агроприема и/или технологического мероприятия	Прибавка урожайности		
		%	ц/га	руб.
1	Зябь по сравнению с весновспашкой	20-30	3-4,5	13420,8
2	Ранневесеннее боронование зяби в зоне недостаточного увлажнения	10	1,5	6710,4
3	Сев в сжатые сроки (4-5 суток от начала посевных работ)	15-20	3,0	10065,6
4	Прикатывание предпосевное или довсходовое	15	1,5	10065,6
5	Применение средств защиты	10	2,5	6710,4

Выводы. В сельском хозяйстве есть особенность, которая при определении агротехнологических нарушений по степени воздействия на потери зерновой массы на стадии посева и возделывания будет относиться одновременно к группе чистых (выражается в натуральных единицах измерения) и спекулятивных (финансовых единицах измерения) видов потерь. Финансовые можно разделить н авансовые и оборотные потери. Авансовые будут возникать при заключении любого договора, если по нему предусматривается поставка продукции. Носителем потерь буде выступать предприятие-реализатор, если предприятие не имеет отлаженного оборота, то риск несения ущерба будет присутствовать всегда. Оборотные потери предполагают наступление дефицита финансовых ресурсов, и зависят от скорости оборота денежных средств.

Литература

1. Алямовский Н.И. Известковые удобрения / Н.И. Алямовский, А.В. Петербургского, С.Г. Шедерова. – М.: Колос, 2001.

2. Агробиологические основы производства, хранения и переработки продукции растениеводства / В.И. Филатов, Г.И. Баздырев, М.Г. Объедков и др.; под ред. В.И. Филатова / М.:Колос, 2003.

3. Верещаген Н.И., Организация и технология механизированных работ в растениеводстве. М. Преф. Обр. Издат. 2012 г.

4. Гарькавый В.В., Глечикова Н.А. Экономика и прогнозирование потерь зерна в сельскохозяйственном предприятии / Гарькавый В.В., Глечикова Н.А. – Ростов на Дону: ГНУ ВНИИЭиН, 2005. – 154 с.

5. Горняк А.М. Организация и технология мелиоративных работ / А.М. Горнак, Я.Е. Шостак. Минск, 2012.

6. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия дефектного зерна и пути его использования. М.: Наука, 2002.

7. Каштанов А.Н. Научные основы современных систем земледелия / А.Н. Каштанов, И.И. Карманов, М.И. Сидоров, В.Г. Минеев, В.Д. Панников, И.П. Макаров и др. – М.: ВО Агропромиздат, 2002. – 255 с.

8. Новоселов С.И. Эффективность использования биологического азота в земледелии Нечерноземья: монография / С.И. Новоселов, Е.С. Новоселова, А.А. Завалин. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2019. – 149 с.

9. Казаков Е.Д., Кретович В.Л. Биохимия дефектного зерна и пути его использования. М.: Наука, 2006.

10. Практическое руководство по освоению интенсивной технологии возделывания озимой пшеницы. – М.: Министерство сельского хозяйства РФ, ВАСХНИЛ, 2002. 64 с.

11. Растениеводство с основами селекции и семеноводства; под. Ред. Г.В. Коренева, ВО «Агропромиздат» 2012г.

УДК 631.354.2.076

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ С РОТОРОНОЙ И КЛАСИЧЕСКОЙ СХЕМОЙ ОБМОЛОТА И СЕПАРАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УБОРКИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

О.В. Прядко[1], Ю.М. Поздняков[1], Н.В. Прядко[1], М.О. Прядко[2]
[1]Научно-технический центр комбайностроения
ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь;
[2]Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Актуальным направлением при проектировании зерноуборочных комбайнов является снижение потерь и повышение качестве зерна на различных агрофонах. В частности, заготовка кукурузы на зерно обусловлена рядом требований к сельскохозяйственной уборочной технике, позволяющей нивелировать негативные природные факторы, такие как повышенная влажность из-за осадков, заморозки, туманы и т.д.

В Республике Беларусь уборка кукурузы на фуражное зерно осуществляется в периоде с третьей декады сентября для юго-западных регионов и по ноябрь для остальных, при этом влажность зерна составляет от 20% до 40%, урожайность - от 40 ц/га до 140 ц/га. При уборке зерна повышенной влажности при применении комбайнов с классическими барабанными молотильными устройствами часто отмечают повышенные показатели по дроблению зерна и частичную потерю дробленых фракций за счет выдува их вентилятором. В комбайнах с роторной схемой обмолота и сепарации за счет обмолота при большом молотильном зазоре и на большей дистанции проката початка по сепарирующим декам с учетом воздействия центробежных сил в системе вымолота и сепарации, происходит щадящее воздействие на зерно, извлекаемое из початка.

Ранее авторами в работе [1] были приведены отличительные конструктивные особенности комбайна зерноуборочного самоходного с роторной схемой обмолота и сепарации, позволяющие обеспечивать высокую производительность без ухудшения качества зерна и соломы. С целью получения реальных результатов и показателей были проведены сравнительные испытания двух комбайнов с принципиально разными системами обмолота и сепарации при одинаковом агрофоне, урожайности, с целью получения оптимальных настроек и сравнительных характеристик указанных сельскохозяйственных машин.

Для сравнения были выбраны современные комбайны, из линейки сельскохозяйственной техники открытого акционерного общества «Гомсельмаш».

Результаты сравнительных испытаний комбайнов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты сравнительных испытаний зерноуборочных комбайнов

Наименование показателя	Комбайн с роторной схемой обмолота и сепарации	Комбайн с классической схемой обмолота и сепарации
Состав молотильно-сепарирующего устройства	Барабан-ускоритель Молотильный барабан-ротор	Барабан-ускоритель, молотильный барабан, отбойный битер
Конструктивная ширина захвата жатки, м	5,6	5,6
Рабочая скорость, км/ч	7,1	6,3
Урожайность, ц/га	70,0	70,0
Производительность за час сменного времени, т/га	21,42	18,83
Удельный расход топлива, кг/т	1,39	2,06
Потери зерна за комбайном, % (по ТНПА не более 1,5)	0,78	0,55
Дробление зерна, % (по ТНПА не более 4,0)	2,8	3,6
Содержание сорной примеси в зерновой массе бункера, % (по ТНПА не более 3,0)	0,7	0,8

При проведении испытаний были созданы максимально одинаковые условия, как конструктивные (ширина жатки 5,6 м) так и агротехнические (урожайность, влажность и т.д.).

В результате проведенных сравнительный испытаний с определением агротехнических показателей очевидно, что у комбайна с классической схемой обмолота и сепарации, дробление зерна приближается к верхнему пределу 3,6% при норме не более 4%, тогда как для комбайна с роторной схемой дробление составляет 2,8%. Производительность роторного комбайна превышает производительность классического комбайна на 12-20%, при этом удельный расход топлива на тонну зерна меньше на 20-32%.

Кроме того, у комбайна с роторной системой обмолота и сепарации при повышении рабочей скорости свыше 7,1 км/ч, качество убираемого зерна остается в пределах нормы, при этом потери зерна возрастают на 12%. В то время, как комбайн с классической схемой обмолота и сепарации при одинаковых условиях с рабочей скоростью 6,3 км/ч и выше, показывает значение производительности ниже, но выше процент дробления зерна и содержание сорной примеси в бункерном зерне.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в зоне рискованного земледелия к которым относятся часть регионов Республики Беларусь и Российской Федерации, при возделывании кукурузы на зерно на сложных агрофонах и с постоянно меняющимися погодными условиями, при решении проблемы быстрой уборки фуражной кукурузы на зерно, предпочтение при выборе уборочной техники, следует отдавать зерноуборочным комбайнам с роторной схемой обмолота и сепарации.

Литература

1. Садов П.П., Поздняков Ю.М., Прядко О.В., Прядко Н.В. Конструктивные особенности зерноуборочного комбайна с роторной схемой обмолота и сепарации КЗС-1119Р (GR700) / Садов П.П., Поздняков Ю.М., Прядко О.В., Прядко // сб. IV межд. н.-п. конф. «Инновационные технологии в агропромышленном комплексе сегодня и завтра – Гомель: Научно -технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш» – 2020. С. 76 – 77.

УДК 631.354.2

РОТАЦИОННЫЙ СЕПАРАТОР ОЧЕСАННОГО ЗЕРНОВОГО ВОРОХА

В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный аграрный университет», Брянская область, Российская Федерация

Внедрение в производство очесывающих адаптеров сдерживается тем, что конструкция молотилки зерноуборочного комбайна не приспособлена к работе с очесанным зерновым ворохом. Проблема заключается в том, что в нем содержится порядка 80% свободного зерна, а недомолоченные колосья с остатками зерен имеют слишком короткие соломины средней длиной около 125 мм. При этом свободное зерно поступает в молотильное пространство, в котором оно подвергается избыточному воздействию бичей барабана, что приводит как к его дроблению и иным повреждениям, так и излишнему расходу энергии.

Для исключения этого негативного явления целесообразно производить предварительную сепарацию очесанного вороха с целью выделения из него свободного зерна и направления последнего на очистку минуя молотильное устройство. При сложившейся компоновочной схеме зерноуборочного комбайна разместить дополнительное сепарирующее устройство можно либо в наклонной камере [1], либо непосредственно перед молотильным барабаном [2]. В последнем варианте комбайн должен подвергнуться коренной перекомпоновке в виде сдвига барабана назад и укорачивания клавиш соломотряса.

Ввиду отсутствия необходимых финансовых возможностей на практике мы реализовали только первый вариант, разместив сепарирующее устройство в наклонной камере очесывающей жатки ОЗОН. Полевые испытания модернизированного очесывателя, навешенного на комбайн СК-5 «Нива», подтвердили работоспособность выбранной схемы и наличие значимого положительного эффекта с точки зрения радикального уменьшения степени дробления зерна [3, 4]. Тем не менее, резервы совершенствования конструкции нельзя считать исчерпанными. В частности, это касается выбора типа сепаратора, который мог бы выполнять технологический процесс с наибольшей интенсивностью.

На предыдущем этапе исследований мы пошли наиболее очевидным путем, снабдив наклонную камеру решетчатым днищем и наклонными шнеками для отвода зерна на транспортную доску системы очистки комбайна [5]. Механизм сепарации был тщательно исследован, вследствие чего удалось обосновать оптимальные параметры отверстий

решетчатого днища. Параллельно с этим изыскивались возможности синтеза конструкции сепаратора более совершенного типа. В результате, к числу наиболее перспективных направлений совершенствования технологического процесса отнесен переход на сепаратор ротационного типа.

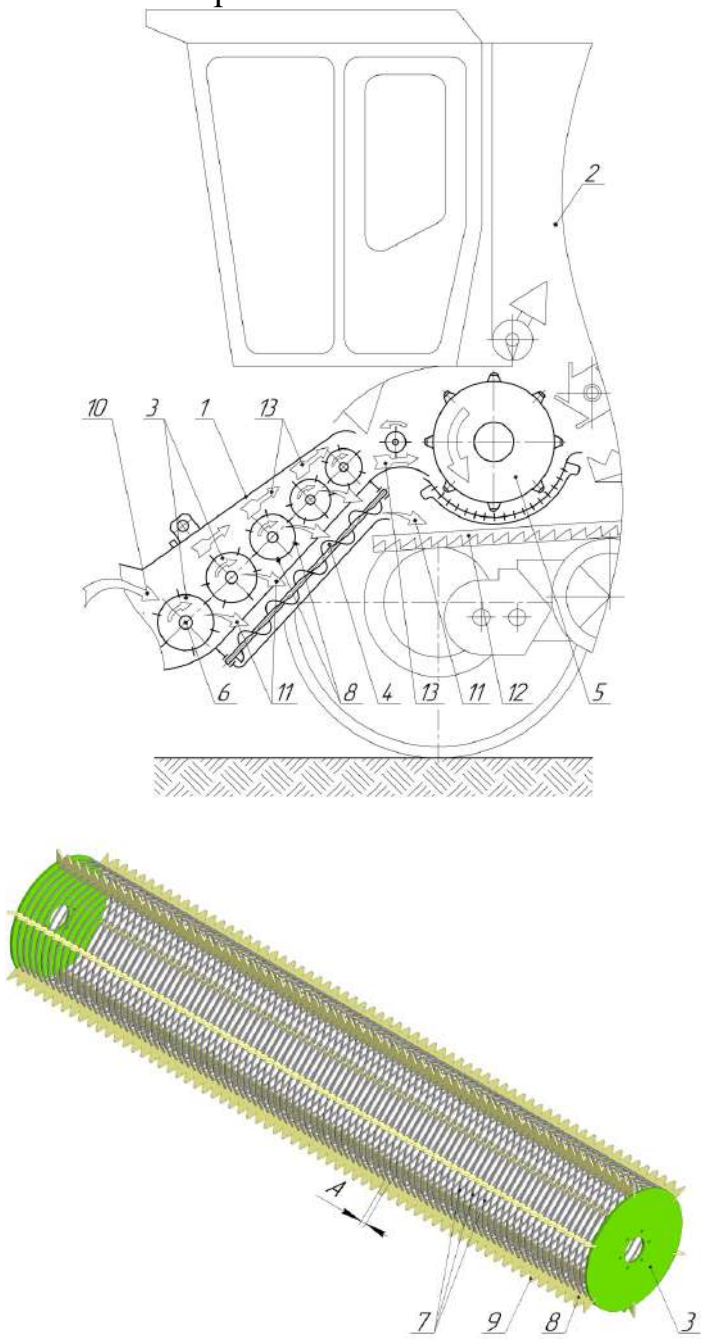
Такой вывод был обусловлен тем, что на комбайнах многих фирм практикуются активаторы процесса сепарации зерна из соломы, движущейся по соломотрясу. Да и сам соломотряс клавишного типа является активным рабочим органом, обеспечивающим интенсивное встряхивание стебельчатой массы, за счет чего она рассредоточивается, и сепарация зерна ускоряется. При использовании решетчатого днища наклонной камеры характер процесса иной. В результате торможения массы, перемещаемый скребком наклонного транспортера, о поверхность днища ее объем уплотняется, что существенно уменьшает скорость сепарации.

Таким образом, гипотеза исследования заключается в том, что если очесанный зерновой ворох перемещать по поверхностям сетчатых (прутковых) роторов, вращающихся вокруг горизонтальных осей то, за счет рассредоточения массы, интенсивность сепарации должна существенно возрасти.

Идея реализована в следующем конструктивном исполнении (рис. 1). В корпусе наклонной камеры 1 вместо наклонного плавающего транспортера на горизонтальных осях 6 смонтирован каскад из пяти прутковых роторов 3, снабженных приводом. При этом каждый ротор образован боковыми дисками, между которыми смонтированы радиальные планки 8, имеющие зубчатые наружные кромки 9. В планках 8 выполнены отверстия, сквозь которые установлены прутковые кольца 7, образующие цилиндрическую поверхность ротора. Кольца выполнены из пружинной стали, а расстояние A между ними больше максимального размера зерна, но меньше колоса, поэтому последний не может проскочить внутрь ротора.

Модернизированная таким образом наклонная камера зерноуборочного комбайна 2 работает следующим образом. При его перемещении по полю адаптер (на схеме не показан) очесывает растения. Полученный таким образом ворох 10, состоящий из свободного зерна, мелких примесей и недомолоченных колосьев с частью стеблей (с соломой), поступает на верхнюю часть битера 3. Поскольку битеры 3 выполнены прутковыми и их цилиндрические поверхности представляют собой набор перпендикулярных оси вращения 6 колец 7, установленных с зазором (параметр A) по отношению друг к другу вдоль образующих цилиндра, величина которого превышает размеры свободного зерна, но меньше ширины колосьев, то забивание рабочего пространства между кольцами 7 не происходит. Кроме того, в результате того, что в верхней точке траектории вращения планки 8 перемещаются по направлению к

выходному отверстию наклонной камеры 1, то происходит подбрасывание вороха 10 и его интенсивное расслоение.



1 – наклонная камера; 2 – молотилка комбайна; 3 – сетчатые роторы; 4 – шнек; 5 – барабан; 6 – ось; 7 – кольца прутковые; 8 – радиальная планка; 9 – наружная кромка планки; 10 – очесанный ворох; 11 – свободное зерно; 12 – транспортная доска; 13 – недомолоченные колосья

Рис. 1 – Принципиальная схема сепаратора очесанного вороха ротационного типа

Свободное зерно и наиболее мелкие примеси 11 проходят сквозь зазоры между прутковыми кольца 7 роторов 3 и поступают на устройство для отвода свободного зерна (шнек) 4. Далее свободное зерно и мелкие примеси 11 подаются шнеком 4 на транспортную доску 12, а оставшаяся часть вороха 13 (солома и частично недомолоченные колоски) подается планками 8 роторов 3 в молотильный барабан 5 комбайна 2 на домолот. В результате исключается избыточное воздействие на свободное зерно бичей барабана 5, а его потребность в мощности на привод сокращается на 10 кВт. При этом доля дробленного зерна в бункере уменьшается в три раза.

В настоящее время конструкция реализована в виде действующего макета, подготовка к всесторонним исследованиям которого производится в настоящее время в проблемной лаборатории инженерно-технологического института Брянского ГАУ. В результате экспериментов предполагается осуществить оптимизацию основных параметров роторного сепаратора: диаметра роторов, расстояния между их прутковыми кольцами, частоты вращения и дугового расстояния между радиальными пластинами.

Литература

1. Perspectives of grain pile separation before it enters the thresh-ER / V. Ozherelyev, V. Nikitin, N. Belous, V. Torikov // International Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. Vol. 7, No. 2.13. P. 114 – 116.

2. Исследование процесса сепарации очесанного зернового вороха на сетчатой ячеистой поверхности / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин, В.М. Кузюр, А.Е. Кузнецов // Вестник НГИЭИ. 2019. № 3 (94). С. 18 – 28.

3. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Результаты адаптации конструкции комбайна к работе с очесывающей жаткой // Инженерные технологии и системы. 2022, Т. 32, №2. С. 190 – 206.

4. Ожерельев В.Н., Никитин В.В. Сепарация очесанного зернового вороха на решетчатом днище наклонной камеры комбайна // Агроинженерия. 2023. Т. 25, №3. С. 35 – 40. https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-3-35-40.

5. Пат. №2566015 (РФ) МПК[7] A01D 41/12. Наклонная камера зерноуборочного комбайна / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин. – Опубл. 20.10.15, Бюл. №29.

УДК 631.3

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ

И.Н. Глушков[1], И.В. Герасименко[1], И.И. Огнев[2], А.Н. Зубцова[1]
[1]Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет»,
г. Оренбург, Российская Федерация;
[2]Федеральное государственное автономное учреждение высшего профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»,
г.Екатеринбург, Российская Федерация

Сельское хозяйство является важнейшей частью экономики всех стран мира, так как дает людям продукты питания, сырье для изготовления одежды и текстильных материалов. Однако, кроме пользы, сельское хозяйство оказывает еще и определенное воздействие на окружающую среду, и отчасти негативное. Для этого вида деятельности основное благо – это почвенные ресурсы, а именно поверхностный плодородный слой земли, который способен давать значительные урожаи. Плодородный грунт обеспечивает растениям питание водой, воздухом и полезными элементами, что способствует богатому сбору различных культур [1].

Антропогенное воздействие на экологию агропромышленного комплекса состоит в том, что деятельность людей влияет на среду, так же, как и сама отрасль влияет на природные процессы и жизнедеятельность самих людей. Поскольку продуктивность сельского хозяйства зависит от плодородия почвы, ее обрабатывают всякими средствами, применяя всевозможные агротехнологии. И зачастую это приводит к эрозии почв, их опустыниванию и токсификации. Кроме нерационального использования земель, сельское хозяйство обеспечивает загрязнение окружающей среды пестицидами, гербицидами и другими агрохимикатами. Немалый вред наносится лесам, так как ради ведения хозяйства вырубаются деревья [3].

Поскольку в агропромышленном секторе используются различные мелиоративные системы и осушение земель, то нарушается режим всех близлежащих водоемов. Также уничтожаются привычные мест обитания многих живых организмов, и меняется экосистема в целом. Таким образом, сельское хозяйство привносит значительные изменения в окружающую среду. Это касается всех компонентов экосистем, от видового разнообразия растительности до круговорота воды в природе.

В современных реалиях население планеты не может отказаться от выращивания сельскохозяйственных культур, поскольку сельское

хозяйство является важнейшей частью экономики любой страны. На данный момент уже существует реальная проблема с голодом, а учитывая то, с какой скоростью увеличивается процент населения земли, сельское хозяйство – один из наилучших способов для борьбы с данной ситуацией. Государства, входящие в ЕАЭС, в первую очередь Российская Федерация, занимают все более важное место в мире в вопросе обеспечения продовольствием населения планеты.

Зерновые культуры являются одними из главных источников питательных веществ для человека. Пшеница, рожь, рис, овес и другие хлебные культуры содержат в себе много углеводов, белков и витаминов группы В, которые необходимы для полноценного питания. И поскольку человечество не может отказаться от их выращивания, приходится искать пути минимизации рисков при возделывании зерновых культур [6].

Технология возделывания зерновых включает несколько этапов:

1. Обработка почвы. При обработке первым делом производится вспашка поля, которую обычно проводят вместе с внесением минеральных удобрений и последующим рыхлением верхнего слоя грунта.

2. Внесение удобрений. В зависимости от климатических условий и почвы для определенного типа зерновых применяется своя органика.

3. Подготовка семян к посеву. Для посева используют тщательно очищенные от примесей и отсортированные по размеру семена. Лучшие урожай получают после посева крупных, неповреждённых семян, собранных с высоко урожайных участков. До посева семена протравливают. Чтобы справиться с твёрдой головнёй используют сухое протравливание, с пыльной метод термохимического протравливания. Также над семенами проводят инкрустацию, что предупреждает развитие корневой гнили, головни и заплесневения семян.

4. Посев. Процесс довольно простой – равномерно распределить семена по площади и высеять их на оптимальную глубину. Тем не менее, технология выполнения этого агротехнического мероприятия часто нарушается, что приводит к уменьшению полноты всходов и угнетению растений. Поэтому важен правильный выбор способа и технологии посева.

5. Уход за посевами. На данном этапе происходит несколько мероприятий, из которых можно выделить: боронование – метод обработки почвы, позволяющий уничтожить сорняки и создать благоприятные условия для циркуляции воздуха и влаги в почве; дополнительное удобрение и уничтожение нежелательных растений.

6. Уборка. Для уборки зерновых культур используют два способа: прямое комбайнирование (однофазная уборка) и раздельную уборку – скашивание стеблестоя с укладкой в валки, подбор и обмолот валков [10].

Естественно, все эти этапы проводятся с использованием технических средств, которые с каждым днем усовершенствуются [9].

Сельскохозяйственная техника плотно вошла в жизнь человечества с тех пор, как люди стали осваивать выращивание культур, совершенствовать способ посадки растений и сбора готового продукта. Эти машины повышают эффективность растениеводства, экономят рабочее время и трудозатраты. Классификация сельскохозяйственной техники в зависимости от функций представлена на рисунке 1 [4].

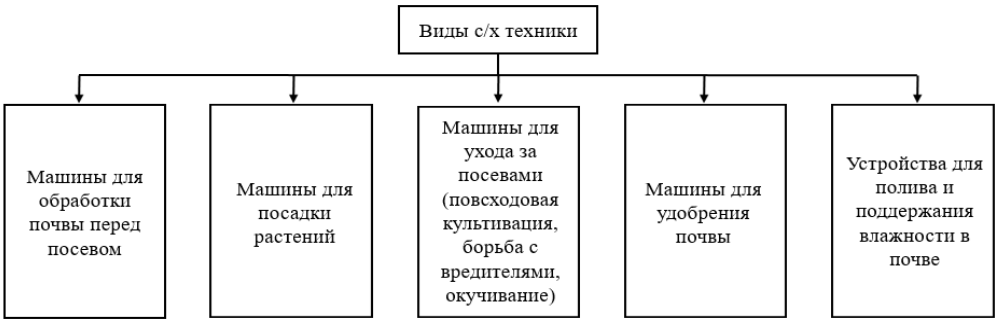


Рис. 1 – Технические средства, взаимодействующие с агроландшафтом в ходе сельскохозяйственного производства

Обработка почвы перед посевом яровых культур решает ряд необходимых задач: выравнивание поверхности поля, создание благоприятных условий для прорастания семян, обеспечение чистоты поля и предупреждение появления сорняков, сохранение от потерь почвенной влаги, предотвращение эрозии почвы. Тип почвообрабатывающих машин и их количество зависит от различных факторов, поэтому качество обработки напрямую зависит от задействованных в работе орудий. Предпосевная обработка проводится в три этапа – применение дисковых борон, культиваторов и прикатывающих катков (рис. 2,а).

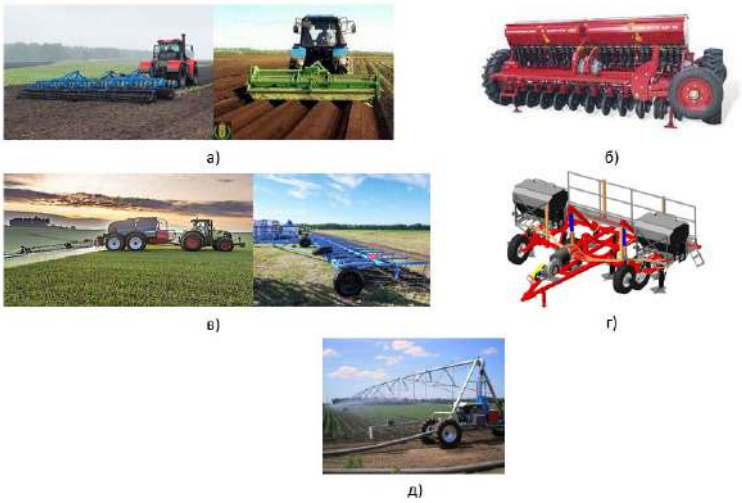


Рис. 2 – Технические средства, используемые в ходе сельскохозяйственного производства: а – почвообрабатывающие машины; б – сеялка; в – культиваторы, ухаживающие за посевами; г – комплекс для культиваций и внесения удобрений; д – дождевальная машина

Для посадки растений используют специальные сеялки, которые подразделяются на механические и пневматические, рядовые, гнездовые и однозерновые, универсальные и пропашные, с внесением удобрений, ручные и тракторные, навесные и прицепные (рис. 2,б) [8].

Для ухода за посевами используют культиваторы, которые занимаются междурядной обработкой, окучиванием и поперечным прореживанием посевов (рис. 2,в). Для внесения минеральных удобрений используются машины со сплошным поверхностным рассевом, распределители для удобрений в гранулированном и кристаллическом виде, а также для пылевидных химикатов (рис. 2,г). Для полива применяют дождевальные машины, которые, в свою очередь, подразделяются на фронтальные, широкозахватные и круговые (рис. 2,д) [5].

В сельском хозяйстве постепенно происходят улучшения в проектировании сельскохозяйственных машин и агрегатов. Основными характеристиками уже не являются долговечность и низкая себестоимость машины, сейчас важно чтобы агрегат был многофункциональным и мог выполнять различные виды работ за короткий период времени, однако подстроить агротехнику под различные природные условия остается проблематичным, из-за этого мы не можем назвать её универсальной.

Также, существенной проблемой является вредное воздействие ходовых систем машинно-тракторных агрегатов на пахотные участки, которое зачастую снижает урожайность культур в следах тракторов. При этом суммарная площадь отпечатков движителей МТА обычно почти вдвое превышает размеры обрабатываемой поверхности [7].

Повышение плотности почвы, вызванное воздействием тяжелой техники, приводит к увеличению ее твердости в 2–3 раза. Кроме того, удельное сопротивление при обработке пахотного слоя после прохода агрегатов возрастает на 15–65%, а транспортных средств и комбайнов – на 60–90%. При этом в результате многократных вспашек уплотнение накапливается как в пахотном, так и в подпахотном горизонте [9].

В результате проделанной работы, нами были выявлены операции в сельском хозяйстве, которые наносят наибольший вред почве, а именно – почвообрабатывающие мероприятия, влекущие за собой колоссальное количество проблем. Сильное спрессовывание грунта и образующиеся после прохода аграрных машин колеи могут приводить к плохой заделке семян, по причине чего значительно снижается биологический урожай сельскохозяйственных культур. Исходя из этого, необходимо провести полную корректировку технологии почвообрабатывания. Также наиболее характерной проблемой является нарушение ландшафтов, которое впоследствии приводит к ухудшению его экологического состояния, а также ослаблению ресурсовоспроизводящих и средозащитных функций. Ввиду этого, одним из направлений повышения конкурентоспособности,

разработки и обоснования техники является снижение массы сельскохозяйственных машин.

Литература

1. Глушков И.Н., Герасименко И.В., Курамшин М.Р., Бабенышева Н.В., Грецов А.С. Негативное влияние сельскохозяйственной техники на почву в аспекте землеустройства и механизации сельского хозяйства // Тенденции развития науки и образования. – 2023. №93-8 – С. 91 – 93.

2. Глушков И.Н., Герасименко И.В., Панин А.А., Огнев И.И., Уперенко Д.А. Выбор приоритетного способа механизированной уборки зерновых культур для Оренбургской области с точки зрения ландшафтно-климатических территориальных особенностей // Тенденции развития науки и образования. – 2023. №97-2 – С. 49 – 51.

3. Глушков И.Н. Технико-технологический способ почвосбережения и сохранности агроландшафтов в процессе уборки зерновых с помощью валковой порционной мульчирующей жатки / И.Н. Глушков, И.И. Огнев, И.В. Герасименко и др. // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. № 62. – С. 25 – 29.

4. Старцев А.С. Технологические недостатки процесса уборки подсолнечника / А.С. Старцев, М.Ю. Попов // Материалы Междунар. научн.-практ. конф., посвящённой 120-й годовщине со дня рождения Н.И. Вавилова. Ч. 3.: «Научная книга». – Саратов, 2007. С. 216 – 218.

5. Демин Е.Е., Хакимзянов Р.Р., Старцев С.В., Старцев А.С. Шардина Г.Е., Данилин А.В., Нестеров Е.С. Сельскохозяйственные тракторы и зерноуборочные машины // Учебное пособие. – 2018. С. 180.

6. Ряднов А.И., Федорова О.А. Выбор показателей оценки эффективности уборки зерновых культур // Парадигма аграрного образования в условиях цифровой экономики. – 2018. – С. 294-299.

7. Ряднов А.И., Федорова О.А., Поддубный О.И. совершенствование методики выбора зерноуборочных комбайнов // Научный журнал российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – С. 163-178.

8. Ожерельев В.Н., Никитин В.В., Кузнецов В.В. Назначение и общее устройство зерноуборочного комбайна // Учебное пособие. – 2021. – С. 130.

9. Влияние сельхозтехники на плотность почвы // Агробизнес URL: https://www.agbz.ru/articles/vliyanie-selhoztehniki-na-plotnost-pochvyi/ (дата обращения: 01.10.2023).

10. Konstantinov M., Glushkov I., Ognev I. Justification optimal operating parameters of the conveyor, which is the mechanism of the header for two-phase harvesting by batch method, taking into account the minimization of losses of grain // E3S Web of Conferences 2019. C. 00046.

УДК 631.55: 631.354: 502.171

ЗОНИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ

И.Н. Глушков, Ю.А. Ушаков, И.В. Герасименко, В.В. Иванцова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет»,
г. Оренбург, Российская Федерация

Зонирование представляет собой проектирование сопряжений с однотипным взаимодействием природных, социальных и производственных систем (рис.1). Возделывание зерновых делится на Нечерноземную, Южно-Степную и Урало-Сибирскую зоны [1, 9].

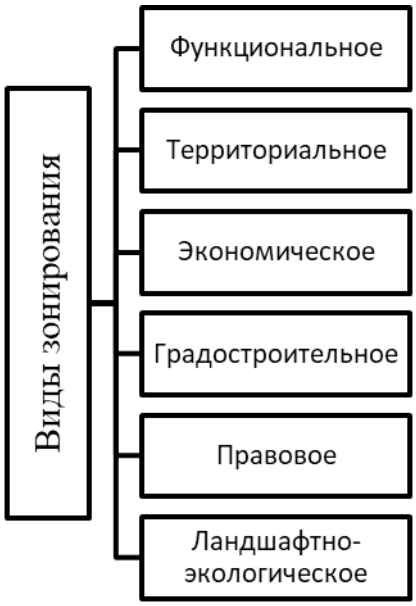


Рис. 1 – Виды зонирования территории

В Нечерноземной зоне плохие погодные условия с высокой влажностью и низкими температурами. Требуется сушка 50-70% урожая.

В Южно-Степной зоне условия благоприятнее, сушка необходима для 30-40% урожая. В Урало-Сибирской зоне вероятность благоприятной погоды колеблется от 40% до 60%. Влажность и урожайность зерна различаются в Сибири и на Урале [9, 10]. Уборочный сезон длится около 40 дней. Прямое комбайнирование предпочтительно для Урало-Сибирской зоны, а раздельный способ – в благоприятные годы [1, 3]. Главным фактором, влияющим на потери урожая, являются сроки и продолжительность уборки, а также спелость зерна. Идеальное время для

уборки – фазы восковой и полной спелости, чтобы сохранить питательные свойства зерна и снизить потери [4, 5, 7].

При раздельной уборке зерновых культур можно начинать уборку косовицы на несколько дней раньше полной спелости зерна, что помогает избежать потерь от осыпания. Трехфазная уборка, которая предполагает обмолот колосьев в стационарном положении комбайна, позволяет снизить энергозатраты и стоимость работ, а также предотвращает рассеивание семян сорняков по полю (рис.2). Но из-за сложностей в технической реализации этот метод пока используется не широко. Существуют электронные методы для оценки спелости зерна, основанные на измерении удельного сопротивления зерен их влажности. Чрезмерно затяжная уборка после полной спелости может привести к значительным потерям. Потери урожая могут быть вызваны различными причинами, такими как погодные условия, организационные факторы и др. Такие потери считаются неоправданными и недопустимыми [3, 5, 6].



Рис. 2 – Задачи организационных мероприятий

Современные технологии в сельском хозяйстве, включенные в Федеральный регистр технологий, позволяют производить приоритетные продукты с заданными качественными и рыночными показателями. Они направлены на повышение продуктивности и снижение затрат производства, включая труд, энергию и финансы. Уборка зерна может осуществляться двумя способами – прямым комбайнированием, где все операции выполняются одновременно, и двухфазно, где растения срезают и обмолачивают отдельно. Прямое комбайнирование эффективно при равномерной и малозасоренной хлебной массе. Раздельная уборка подходит для густого и длинного стеблестоя, но требует дополнительной техники и может негативно сказываться на состоянии почвы [8, 11].

Рекомендуется использовать двухфазный подход к уборке для определенных культур, поскольку он обеспечивает максимальный урожай зерновых в период их восковой спелости, при влажности от 25 до 35% (рис. 3). Многие сорта зерновых имеют тенденцию к осыпанию при снижении влажности, поэтому оптимальное время для уборки не должно превышать шести дней. Раздельный метод также рекомендован для сортов с высокими стеблями, неравномерным созреванием или осыпанием зерна, а также при наличии обильного количества сорной травы. На первой фазе сорняки быстро высыхают и не создают помех при обмолоте.

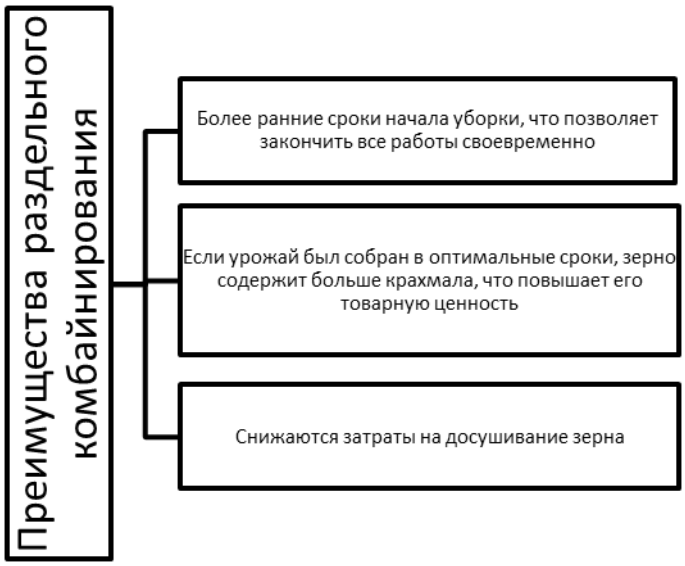


Рис. 3 – Преимущества раздельного комбайнирования

Проведенный в работе анализ показал, что изначально не связанные напрямую направления научной и практической деятельности в современных реалиях могут быть применимы совместно, что видно на примере землеустроительного зонирования и уборки зерновых. Учитывая сегодняшнюю мировую продовольственную ситуацию и ощутимо возросшую в данном аспекте роль Российской Федерации, отмеченная комбинация двух различных научно-практических направлений выглядит перспективной и имеющей смысл для дальнейшего исследования.

Литература

1. Глушков И.Н. Совершенствование процесса раздельной уборки зерновых культур посредством применения порционной жатки с выявлением ее оптимальных режимных и конструктивных параметров / И.Н. Глушков // В сборнике Всероссийской научно-практической конференции «Молодые ученые и специалисты – науке и практике страны». 2019. С. 97 – 102.

2. Konstantinov M., Glushkov I., Mukhamedov V., Lovchikov A. Increase in Soil Moisture Reserves Due to the Formation of High Stubble

Residues for the Accumulation of Snow Precipitation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, P. 666 (2021).

3. Глушков И.Н. Оценка особенностей методики обоснования режимно-конструктивных параметров транспортера валковой порционной жатки / И.Н. Глушков, А.С. Грецов, И.В. Герасименко, М.Р. Курамшин, С.С. Пашинин, И.И. Огнев // Аграрный научный журнал – 2023. №5. – С. 112 – 119.

4. Konstantinov M., Gluchkov I., Mukhamedov V., Nuralin B., Drozdov S. Promising Areas for Reducing Energy Costs Indicators of Soil Tillage AIP Conference Proceedings. INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT 2021. 2022. С. 030018.

5. Жалнин Э.В. Классификация потерь зерна и их оценка. Сельский механизатор, 2014. № 9. С. 4 – 6.

6. Konstantinov M.M., Glushkov I., Gerasimenko I.V., Ognev I.I., Gretsov A.S. Justification of the parameters and operating modes of the fan of the device for collecting grain, which is part of the reaper designed for two-phase harvesting in a batch way AIP Conference Proceedings. INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT 2021. 2022. С. 030019.

7. Старцев А.С. Экспериментально-теоретическое обоснование конструкции и диаметра трубного вала шнека-мотовила жатки для уборки подсолнечника // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 70 – 74.

8. Старцев А.С. Системный анализ работы зерноуборочного комбайна на уборке подсолнечника // Аграрный научный журнал. 2018. № 12. С. 78 – 80.

9. Пугачев А.Н. Контроль качества уборки зерновых культур. М.: Колос, 1980. – 255 с.

10. Фролов, А.Н. К вопросу зонирования земель сельскохозяйственного назначения / А.Н. Фролов, О.А. Зарубин, Д.Д. Машкова. – Текст: электронный // Научное обозрение. Международный научно-практический журнал. – 2020. – № 3.

11. Konstantinov M., Glushkov I., Nesvat A., Gerasimenko I. and Ognev I. Features of snow retention and counteraction to wind erosion of soils due to high stubble residues formed by a reaper designed for two-phase harversting by batch method // E3S Web of Conferences 2020. С. 01016.

УДК 631.55: 631.354: 502.171

ОСОБЕННОСТИ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОЙ АГРОТЕХНИКИ

И.Н. Глушков, Н.В. Бабенышева, В.В. Лемешкина, А.С. Шарова
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет», г. Оренбург, Российская Федерация

Различают несколько методов уборки урожая зерновых, крупяных и бобовых культур [10] (рис. 1).

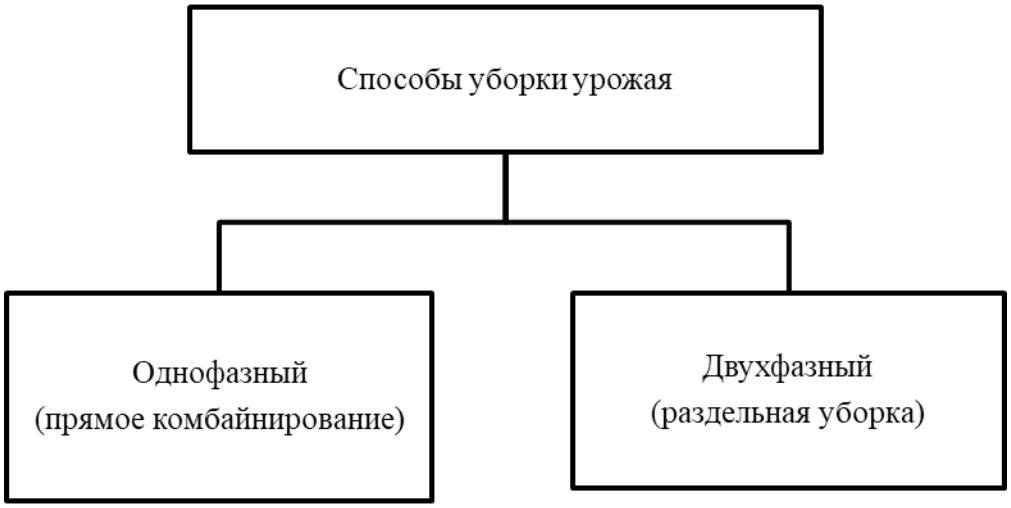


Рис. 1 – Методы уборки урожая

При прямом комбайнировании зерновые убирают в фазе полной спелости зерна (при 10-16% влажности) [12], сразу обмолачивают, а солому складывают в копны, либо измельчают (рис. 2).



Рис. 2 – Уборка масличного льна прямым комбайнированием

Двухфазная уборка (раздельная уборка), метод уборки

сельскохозяйственных культур, состоящий из двух самостоятельных, но связанных между собой фаз [13]:

- скашивание хлебной массы с укладкой её в валки для сушки и дозревания зерна;
- подбор валков и обмолот массы (рис. 3) комбайнами.



Рис. 3 – Раздельная уборка пшеницы

Ее широко применяют при уборке зерновых (зернобобовых и крупяных культур), а также семенников трав [1]. Целесообразность двухфазной уборки определяется исходя из биологических особенностей созревания зерновых культур, при этом наибольшая, урожайность зерна достигается в фазу середины восковой спелости. По мере высыхания зерно склонно к осыпанию. Поэтому оптимальный срок уборки (в зависимости от культуры и сорта) должен быть кратковременным (не более 4-6 суток).

Данный способ характерен для уборки высокостебельных, неравномерно созревших и склонных к полеганию и осыпанию сортов, а также на засорённых посевах. Скашивать растения следует поперек рядков, чтобы обеспечить лучшую укладку стеблей в валки [7].

Раздельная уборка даёт возможность раньше приступить к процессу сбора и своевременно его закончить, позволяет предотвратить потери от осыпания и получать сухое зерно без дополнительной обработки, что сокращает объём работ по очистке и сушке зерна [11, 14]. При скашивании в оптимальные сроки в зерне увеличивается также содержание белка и крахмала. Особенно большое значение раздельная уборка имеет в районах с длительным, периодом созревания хлебов и коротким сроком уборочных работ [8, 15]. Для скашивания и укладки массы в валки применяют валковые жатки, а также косилки с приспособлениями. Раздельную уборку следует рационально сочетать с однофазной. Например, при неблагоприятной погоде в период уборки предпочтительно прямое комбайнирование, так как в этих условиях колосья на корню просыхают быстрее, чем в валках [4].

Комбайнами можно проводить уборку также челночным способом,

который обычно применяют на полеглых хлебах. При уборке полеглых хлебов важно правильно выбрать направление движения комбайна. Если полеглость незначительная, загоны для уборки комбайнами делают под углом 45° к направлению полеглости так, чтобы агрегат мог двигаться вкруговую [9]. При сильном полегании хлебов ширина загона должна совпадать с направлением полеглости. Уборку ведут с двух длинных и третьей короткой стороны полеглости хлебов. Скорость ножа увеличивают, жатку устанавливают на самый низкий срез [3].

Уборку комбайнами следует организовать так, чтобы по возможности обойти техническую сушку. Финансовые затраты на сушку, как правило, значительно выше, чем финансовая выручка при использовании комбайнов в неоптимальных условиях [2].

Уборка пшеницы и других зерновых культур осуществляется также индустриально-поточными методами:

1. Ленточный. После скашивания стеблей их укладывают на специальные прочные полиэтиленовые ленты. Далее наполненный полиэтилен перетягивается на край участка, где происходит обмолот наполняющей его массы. Затем продукты этого процесса транспортируются к пунктам послеуборочной обработки, а также хранения или дальнейшей переработки [5].

2. Сноповой. При этом способе стебли скашиваются, после чего их формируют в снопы (цилиндрические кипы). Далее эти кипы обвязываются шпагатом, после чего их отправляют на пункты обработки (рис. 4). Здесь урожай проходит через обмолот, затем продукты этого процесса доставляются на склады или к пунктам переработки [8].



Рис. 4 – Сноповая уборка урожая

3. Трехфазный. Уборка проходит по следующему алгоритму: скашивание (или подбор массы из валков), процедура измельчения массы (иногда процесс обходится и без нее), транспортировка на пункты обработки, подсушка, доставка на склады, обмолот и дальнейшая транспортировка зерна и соломы к местам переработки или хранения [6].

Уборка зерновых культур – сложный и ответственный процесс, состоящий из нескольких этапов, различный для разного вида посевов. Зерноуборочные комбайны и машины для уборки зерновых культур

обеспечивают своевременную и полную уборку урожая. Важно правильно оценить объем и разнообразие посаженных сельскохозяйственных культур и исходя из этого подобрать необходимую сельскохозяйственную технику. При точном определении агротехнических сроков созревания зерна и полноценной подготовке автопарка срок уборки не растягивается, и вероятные потери сводятся к минимуму. Немаловажным действием является очистка комбайна сразу после уборки от остатков зерна, чтобы избежать его прорастания. Это также предотвращает активизацию грызунов. При комбайновых способах уборки следует максимально быстро и объективно проверять состояние и самих машин, с помощью которых будет проводиться сбор урожая во избежание тех же материальных потерь, времени и рабочей силы. Также очень важно иметь квалифицированный персонал, на обучение и усовершенствование навыков которого опять же нужно выделять конкретную часть финансов. Все это и ряд вытекающих отсюда мероприятий совместно влияет на реализацию процесса уборки зерновых культур и, как следствие, на, конечный результат в виде количества и качества собранного урожая.

Литература

1. Бердышев В.Е., Валиев А.Р., Дмитриев А.В. Сельскохозяйственные машины. Почвообрабатывающие машины: Учебное пособие / В.Е. Бердышев, А.Р. Валиев, А.В. Дмитриев [и др.]. – Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 292 с.

2. Демин Е.Е., Старцев А.С., Серебряков А.А. Результаты анализа мощности двигателя и массы зерноуборочных комбайнов // Новые технологии и технические средства в АПК: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию со дня рождения профессора Красникова В.В. – Саратов. – 2013. – С 40 – 43.

3. Глушков И.Н., Герасименко И.В., Огнев И.И., Анализ устойчивости движения автотранспортного поезда при транспортировке порционной жатки // В книге: Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. Тезисы докладов 81-й международной научно-технической конференции. – 2023. С. 219.

4. Ловчиков, А.П. К разработке математической модели технологического процесса уборки зерновых культур / А.П. Ловчиков, И.И. Огнев // Известия Всемирной академии аграрного образования. – 2021. – № 53. – С. 10 – 13.

5. Раднаев Д.Н. Повышение эффективности работы комбинированных машин и комплексов / Д.Н. Раднаев, Б.Е. Дамбаева // Вестник ВСГУТУ. – 2021. – № 1(80). – С. 55 – 60.

6. Старцев А.С. Системный анализ работы зерноуборочного комбайна на уборке подсолнечника // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 12. – С. 78 – 80.

7. Старцев А.С. Результаты аналитических исследований технических параметров зерноуборочных комбайнов / Е.Е. Демин, А.С. Старцев, Е.С. Нестеров, Р.В. Бровкова // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 9. – С. 56 – 60.

8. Старцев А.С., Куньшин А.А. Совершенствование технологических процессов и технических средств для уборки подсолнечника // В книге: Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра. Сборник тезисов докладов 2-ой международной научно-практической конференции. Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш». – Беларусь. Гомель. – 2018. – С. 28 – 30.

9. Ресурсосберегающая технология возделывания и уборки сельскохозяйственных культур: учеб.-метод. пособие / сост. А.С. Старцев, Г.Е. Шардина, Р.Р. Хакимзянов и др. Саратовский государственный университет имени Н.И. Вавилова. – Саратов. – 2017. – 68 с.

10. Тракторы сельскохозяйственного назначения: учеб. пособие / сост. Демин Е.Е., Старцев С.В., Соколов В.Н. и др. Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. – Саратов. – 2014. – 70 с.

11. Филиппова А.В. Инновационный опыт ученых Оренбургского ГАУ / А. В. Филиппова // АРК News. – 2019. – № 15. – С. 26 – 31.

12. Konstantinov M., Glushkov I., Ognev I. Justification optimal operating parameters of the conveyor, which is the mechanism of the header for two-phase harvesting by batch method, taking into account the minimization of losses of grain // E3S Web of Conferences 2019. С. 00046.

13. Konstantinov M., Glushkov I., Nesvat A., Gerasimenko I. and Ognev I. Features of snow retention and counteraction to wind erosion of soils due to high stubble residues formed by a reaper designed for two-phase harversting by batch method // E3S Web of Conferences 2020. С. 01016.

14. Konstantinov M., Glushkov I., Mukhamedov V., Lovchikov A. Increase in Soil Moisture Reserves Due to the Formation of High Stubble Residues for the Accumulation of Snow Precipitation // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, P. 666, (2021).

15. Konstantinov M.M., Glushkov I., Gerasimenko I.V., Ognev I.I., Gretsov A.S. Justification of the parameters and operating modes of the fan of the device for collecting grain, which is part of the reaper designed for two-phase harvesting in a batch way //AIP Conference Proceedings. INTERNATIONAL CONFERENCE ON MODERN TRENDS IN MANUFACTURING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT 2021. 2022. С. 030019.

УДК 62-8:531.3

СНИЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДА НОЖЕЙ НА ОСНОВЕ РЕКУПЕРАЦИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

С.Н. Поддубко, Д.А. Дубовик, Н.П. Першукевич, А.С. Климук
Государственное научное учреждение «Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси»,
г.Минск, Республика Беларусь

Режущие аппараты подпорного резания с колебательным движением ножей положили начало механизированной уборке сельскохозяйственных культур и до сих пор имеют наиболее широкое распространение в жатках уборочной сельхозтехники. Это объясняется пониженной энергоемкостью и высоким качеством среза по сравнению с ротационными режущими аппаратами бесподпорного резания. Их недостатком являются силы инерции колебательного характера от движущихся возвратно-поступательно масс ножей и связанных с ними деталей, которые нагружают привод режущего аппарата, а также несущие конструкций и раму самоходной машины, вызывая вибрации. Привод ножа включает элементы кинематической связи для передачи вращательного движения от двигателя к механизму, преобразующему вращательное движение в возвратно-поступательное движение ножа (преобразователю). Величина сил инерции пропорциональна квадрату частоты колебаний ножа и является фактором, ограничивающим показатели надежности элементов привода режущего аппарата и, в конечном итоге, производительность уборочной машины. С другой стороны, увеличение частоты и, соответственно, скорости резания снижает удельные затраты энергии на уборку растений [1]. В связи с этим при уборке сельскохозяйственных культур используют номинальную (изменяющуюся в узких пределах) частоту работы режущего аппарата, которая близка к максимальной, обеспечивающей приемлемые надежность привода и потребляемую мощность.

Кроме неуравновешенных сил инерции ножа, источником вибрации несущей конструкции может являться переменный крутящий момент в приводе режущего аппарата, возникающий, в том числе в результате действия сил инерции колеблющихся масс ножей. На опорах валов ременных, цепных, зубчатых передач, а также на опорах двигателя он преобразуется в переменные силовые воздействия, вызывающие деформацию элементов несущей конструкции и привода и, соответственно, вибрацию. Величина вибрации может значительно увеличиваться вследствие резонансных явлений. Это характерно особенно для машин со сложной структурой силового привода рабочих органов и

массивной несущей конструкцией, например, самоходных уборочных комбайнов.

В [2] приведены результаты испытаний одноножевого режущего аппарата с приводом колебаний ножа от механизма качающейся шайбы, выполненного в соответствии со способом [3]. В [4] показано, что основной причиной снижения эффективности технического решения [3] относительно ожидаемой является наличие ряда гармоник различных порядков в законе движения ножа.

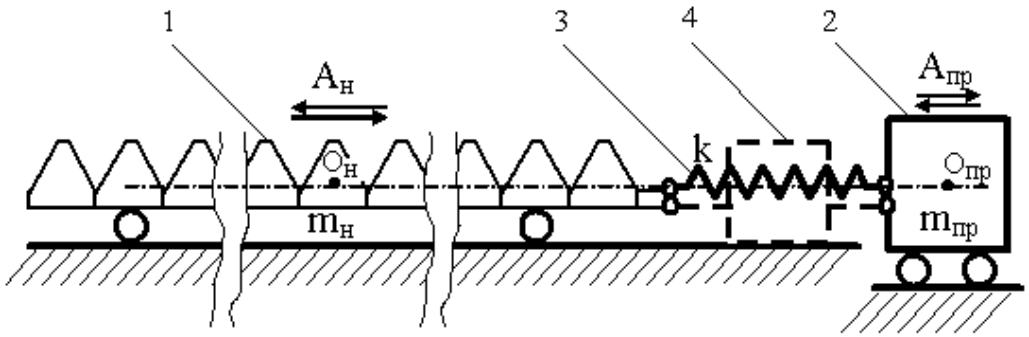
Целью настоящей работы является дальнейшее развитие разработанного в Объединённом институте машиностроения НАН Беларуси метода для уравновешивания инерционных сил одноножевого режущего аппарата с гармоническим законом движения ножа.

В связи с этим целесообразно выполнить сравнительную оценку эффективности использования разработанного в Объединённом институте машиностроения НАН Беларуси метода для снижения обусловленных силами инерции ножа динамической нагруженности привода и вибрации несущих конструкций машины с одноножевым режущим аппаратом.

С этой целью рассматриваются различные варианты привода ножа одноножевого режущего аппарата жатки, обеспечивающие снижение его динамической нагруженности и виброактивности. Преобразователем вращательного движения ведущего вала в линейное колебательное движение ножа по гармоническому закону могут быть, например, планетарный механизм, Шотландский механизм или др.

Исследуются следующие варианты приводов:

- традиционный привод, не использующий рекуперацию;
- традиционный привод с уравновешиванием инерционных сил от масс ножа, действующих на раму машины;
- рекуперативный привод с упругим элементом, связывающим нож с рамой машины;
- рекуперативный привод на основе двухмассовой колебательной системы, обеспечивающий уравновешивание инерционных сил от масс ножа, действующих на раму машины, и динамические нагрузки от сил инерции ножа на привод. Схема привода показана на рис. 1.

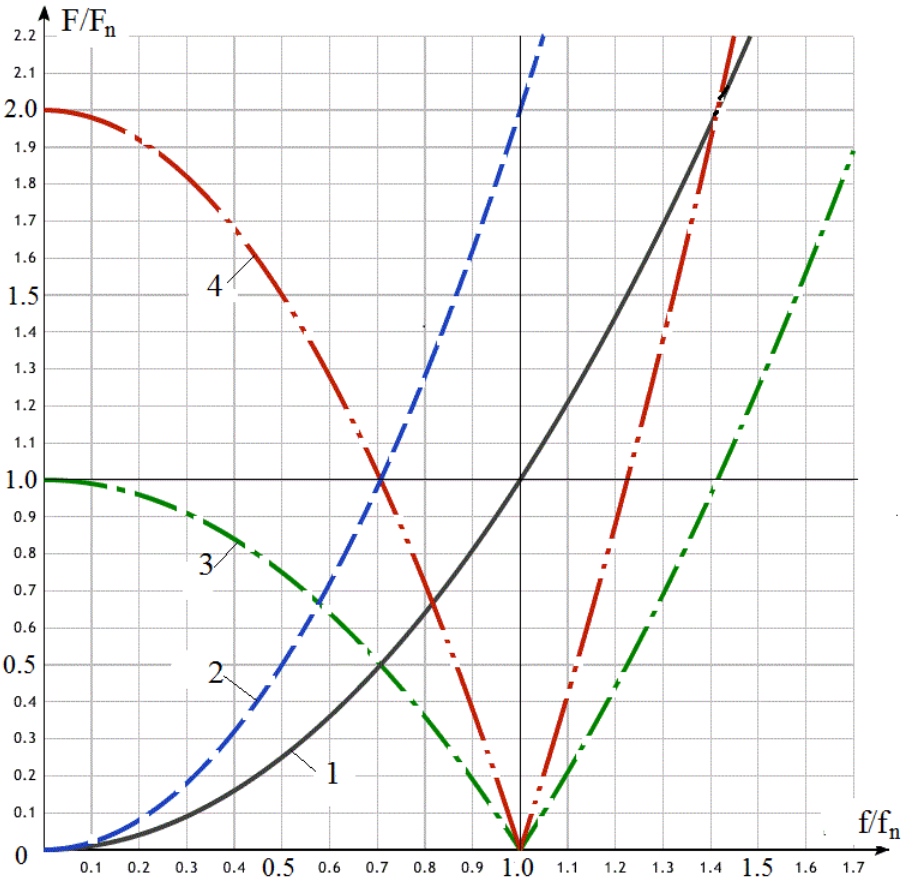


1 – нож; 2 – противовес; 3 – упругий элемент; 4 – привод ножа и противовеса

Рис. 1 – Схема рекуперативного привода одноножевого режущего аппарата на основе двухмассовой колебательной системы:

Учитывая, что динамические нагрузки на привод пропорциональны действующим на него силам, сравниваются амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) результирующей сил инерции, действующих на привод со стороны колеблющихся масс (ножа и противовесов), и силы упругости пружины рекуператора для указанных выше вариантов привода. Другие силы, действующие на привод, по отношению к силам инерции являются незначительными и во внимание не принимаются.

На рис. 2 приведены АЧХ, полученные расчетным путем. Для удобства сравнения характеристик вариантов и анализа результатов проведенных исследований оси абсцисс и ординат проградуированы в относительных величинах. По оси абсцисс приведены значения отношения текущей частоты к номинальной f/f_n. По оси ординат показаны отношения соответствующей текущей частоте результирующей (суммы сил инерции и силы упругости) к ее значению при номинальной частоте для традиционного привода F/F_n.



1 – традиционный; 2 – традиционный привод с уравновешиванием инерционных сил от масс ножа, действующих на раму машины; 3 – рекуперативный привод с упругим элементом, связывающим нож с рамой машины; 4 – рекуперативный привод на основе двухмассовой колебательной системы

Рис. 2 – Амплитудно-частотные характеристики различных вариантов привода одноножевого режущего аппарата:

Кривая 1, изображающая АЧХ сил, действующих на привод, для традиционного привода, представляет собой квадратную параболу. Следует отметить, что силы, действующие на привод, передаются также и на раму, вызывая ее вибрацию. Кроме того, динамическая нагруженность привода дополнительно повышает виброактивность привода.

Кривая 2 – АЧХ традиционного привода с уравновешиванием инерционных сил от масс ножа, действующих на раму машины. Силы, действующие на привод, приблизительно удвоены по сравнению с традиционным приводом без уравновешивающего устройства (кривая 1). Это обуславливает виброактивность привода за счет деформации элементов несущей конструкции машины и привода.

Кривая 3 представляет собой АЧХ рекуперативного привода с упругим элементом, связывающим нож с рамой машины. Как видно, рекуперативный привод обеспечивает снижение суммарной силы,

действующей на привод, относительно традиционного в диапазоне частот от 0,7 f_n до бесконечности. Кроме того, до частоты около 1,4f_n амплитуда результирующей не превышает амплитуду силы на номинальной частоте F_n для традиционного привода. Силы инерции передаются на раму машины через упругий элемент, вызывая вибрацию несущей конструкции. При этом виброактивность вблизи номинальной частоты f_n будет пониженной за счет снижения динамической нагруженности привода.

Более подробно анализируется АЧХ привода с двухмассовой колебательной системой, так как его применение обеспечивает снижение одновременно динамической нагруженности привода и вибрации несущей конструкции машины, вызванной неуравновешенностью сил инерции колеблющихся масс. Как видно из зависимости кривой 4, этот вариант обеспечивает снижение динамической нагруженности привода относительно F_n приблизительно в диапазоне частот $f = (0{,}8\ldots 1{,}2)f_n$. Уравновешивание сил инерции, действующих на раму, обеспечивается во всем диапазоне частот.

Недостатком этого привода по сравнению с остальными является повышенная нагрузка на привод при пуске и частоте работы ножа ниже 0,8 f_n. Эта проблема может явиться одной из задач, решаемой при создании конструкции рекуперативного привода.

С другой стороны, пуск режущего аппарата осуществляется ограниченное количество раз за все время эксплуатации. Запаса энергии и мощности у современных энергонасыщенных сельхозмашин для пуска привода достаточно. Кроме того, запасы прочности элементов привода могут предусматривать кратковременные повышения нагрузок при работе. Поэтому проблема пуска для современных сельскохозяйственных агрегатов может оказаться неактуальной.

Для машин с ограниченными запасом энергии, мощности и прочности могут быть предложены следующие пути снижения пусковых нагрузок:

- обеспечение плавного увеличения амплитуды колебаний (может быть реализовано при применении Шотландского механизма);
- плавное или поэтапное увеличение жесткости упругого элемента после пуска (может быть реализовано при применении плоских пружин);
- поэтапное включение приводов рабочего органа и противовеса;
- применение пускового устройства для «взведения» пружин.

Также могут быть разработаны и другие решения. Основными требованиями к ним должны быть простота устройства и надежность его работы.

Таким образом, предложен метод снижения динамической нагруженности привода ножей на основе рекуперации кинетической энергии их масс в механической колебательной системе. На основе исследований, проведенных в рамках данной работы, выявлен недостаток

рекуперативных приводов ножа, заключающийся в увеличении нагрузок при пуске режущего аппарата. Предлагаются пути устранения этого недостатка.

Учитывая вышеизложенное, представляется целесообразным проведение работ по практической реализации рекуперативного привода одноножевого режущего аппарата с планетарным механизмом, обеспечивающим гармонический закон колебаний ножа. Технико-экономическим и социальным эффектом технического решения ожидаются снижение воздействия вибрации на раму машины и обслуживающий персонал, снижение потерь при уборке урожая, повышение надежности привода режущего аппарата за счет снижения его динамической нагруженности, возможность повышения производительности машины, упрощение уравновешивающего устройства.

Литература

1. Сабликов М.В. Сельскохозяйственные машины. Ч. 2. Основы теории и технологического расчета / М.В. Сабликов. – М.: «Колос», 1968. – 296 с.

2. Вырский А.Н. Снижение нагруженности привода одноножевого режущего аппарата зерноуборочного комбайна / А.Н. Вырский, А.С. Шантыко, Д.А. Дубовик, Н.П. Першукевич // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: Сб. тез. докл. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2019. – С. 72 – 73.

3. Способ уравновешивания одноножевого режущего аппарата: заявка 201800098 Евразийского патентного ведомства, МПК7 A 01D 34/30, A 01D 34/13 / Н.П. Першукевич [и др.]; заявитель Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси. – № 201800098; заявл. 28.12.2017; опубл. 28.06.2019 // ЕАПО. – 2019. – Бюл. № 6.

4. Экспериментальная оценка эффективности рекуперативного привода рабочих органов зерноуборочного комбайна / Д.А. Дубовик [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2020. – № 1. – С. 30 – 38.

УДК 669.056.017;621.365.53

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ И ИНДУКЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В С/Х МАШИНОСТРОЕНИИ

В.С. Голубев, И.И. Вегера, В.Е. Ходюш
Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

Современному производству в условиях все возрастающей конкуренции и высоких требований к качеству выпускаемой продукции крайне необходима разработка новых технологий и материалов для комплексного решения задач повышения качества, надежности и ресурса работы машин и механизмов, придания металлическим изделиям регламентированных и специальных свойств, таких как повышенная твердость и прочность, износо- и коррозионная стойкость, термостойкость и т.п. Для этих целей зачастую целесообразно использовать методы лазерного поверхностного модифицирования и обработки токами высокой частоты (ТВЧ). В настоящее время как лазерные, так и технологии индукционного нагрева ТВЧ прочно заняли свои передовые позиции на промышленных предприятиях ведущих стран мира. Воздействию ТВЧ присущи высокая скорость нагрева, возможность получения мелкозернистых и равнозернистых структур, обеспечивающих высокие физико-механические свойства, отсутствие окалины и обезуглероживания поверхности. Это дает возможность широко применять скоростной ТВЧ нагрев для упрочнения сложнопрофильных деталей машин путём бездеформационной контурной закалки, непрерывно-последовательной локальной закалки, операций скоростного местного отпуска и отжига, быстрого равномерного по сечению нагрева металлов перед операциями обработки давлением (прокатка, штамповка, выдавливание и т.д.), плавки черных и цветных металлов в индукционных, в том числе и вакуумных печах, пайки и наплавки различного инструмента и оснастки.

В свою очередь, использование технологических лазеров обусловлено следующими качествами сфокусированного лазерного излучения: локальность и бесконтактность воздействия, высокие скорости нагрева и охлаждения, снижение уровня остаточных напряжений, минимальные зоны термического влияния, повышение дисперсности структуры, отсутствие коробления и т.д. С развитием таких методов, как лазерное модифицирование, легирование и наплавка возникают новые перспективные возможности и пути для повышения долговечности и надежности быстроизнашивающихся деталей и всевозможного инструмента. Благодаря данным технологиям удается придавать

поверхностным слоям заранее заданные и легко прогнозируемые свойства. Данные методы расширяют область применения простых и недорогих сталей для изготовления деталей и изделий, работающих в тяжелых и экстремальных условиях и в агрессивной среде, сопровождающихся нагревом. Наиболее простыми и приемлемыми являются методы лазерной поверхностной обработки с использованием шликерных обмазок. Данные методы обеспечивают экономный расход легирующих компонентов и наплавочных материалов, возможность получения в поверхностном слое большой концентрации легирующих элементов, что легко регулируется толщиной слоя обмазки. Помимо этого, данными методами можно наносить многокомпонентные и многослойные композиции, которые другими способами зачастую нанести невозможно. Необходимо отметить, что большие потенциальные возможности этих способов обработки во многих случаях сложно реализовать на практике. Это является следствием не всегда верного выбора технологических условий и энергетических характеристик лазерного луча, таких как интенсивность и модовый состав излучения, частота импульсов воздействия и т.д. Кроме этого, сложности правильного выбора легирующих и наплавочных компонентов, связующих материалов, отсутствие достаточной информации, касающейся количественных и качественных показателей составов, достигаемых физико-механических и эксплуатационных свойств до сих пор серьезно сдерживают развитие технологий лазерного модифицирования-легирования- наплавки, как весьма перспективных методов лазерной поверхностной обработки .

На сегодняшний день для изготовления конструктивных элементов машин и механизмов широко используются среднеуглеродистые легированные стали типа 40Х, 50ХН, 51CrV4 и др. Однако после термообработки в виде закалки и низкого отпуска максимальная их твердость находится в диапазоне 50–56 HRC, что недостаточно для работы, например, в условиях абразивного износа. Повышение твердости и износостойкости конструкционных элементов может быть достигнуто благодаря применению комбинированных методов обработки, включающих индукционную и лазерную обработку. Применение высокочастотного и лазерного нагревов или их сочетание с традиционными технологиями термообработки является наиболее эффективным в целях повышения эксплуатационных свойств изделий, работающих на износ и претерпевающих ударные и циклические нагрузки. Данные методы менее трудоемки, более экономичны, при их применении снижаются энергозатраты и сокращается длительность процесса термообработки, а по качеству упрочнения они зачастую не уступают, а в ряде случаев и могут превосходить процессы печной обработки.

Темпы расширения сферы применения скоростных индукционных методов нагрева сегодня сдерживаются проблемами, связанными с

выбором оптимальных режимов термообработки, рациональным конструированием нагревательных и охлаждающих конструкций, сложностью осуществления операции упрочнения деталей с нелинейными поверхностями. Вследствие этого при разработке технологий электротермического упрочнения необходим индивидуальный подбор технологических режимов обработки, расчет и конструирование специальных устройств под каждую деталь. Это возможно реализовать на основании экспериментального изучения особенностей фазовых и структурных превращений в сталях и сплавах при высокоскоростных и комбинированных методах обработки, исследовании их свойств. Поверхностный нагрев и закалку листовых образцов из стали перспективно осуществлять непрерывно-последовательным индукционным методом с использованием установок индукционного нагрева типа ФТИ 3.148.1, ФТИ 3.148.2 в комплекте с высокочастотными преобразователями в различных диапазонах частот и специальных индукторов, проектируемых и изготавливаемых в лаборатории скоростных методов термической обработки ФТИ НАН Беларуси.

Лазерное легирование. Оплавление при лазерной обработке поверхностного слоя дает возможность проведения лазерной наплавки, легирования и модифицирования (как промежуточного процесса между легированием и наплавкой) элементами, которые наносятся на поверхность инжекцией порошка в ванну расплава, наводимою лазерным лучом, напылением покрытия или в виде шликерной обмазки. Указанные методы позволяют формировать широкий спектр поверхностных структур, насыщать поверхностные слои изделий простыми и сложными материалами. Процесс лазерного легирования осуществляется за счет конвективного массопереноса в расплавленной ванне металла и диффузионного перераспределения внедренных элементов. При лазерном легировании, в отличие от стандартной химико-термической обработки, можно обеспечивать достаточно высокое насыщение основы легирующими элементами за короткое время на значительную глубину (≤ 1 мм). Введение различных легирующих материалов при лазерной обработке может приводить к существенному изменению эксплуатационных характеристик поверхностного слоя материала (твердость, износостойкость, жаропрочность, контактная прочность и другие). Установлено, что размеры зоны легирования зависят в большой степени от энергетических параметров лазерного излучения, окружающей газовой атмосферы, фокусирующей системы. При оптимальных режимах лазерной обработки вся область поверхностного легирования может быть достаточно однородной, зависящей в своем составе в основном от глубины оплавления и толщины предварительно нанесенного слоя материала. В то же время при легировании рядом других порошков и в зависимости от режимов лазерного воздействия структура может быть неоднороной с нерастворившиеся до

конца остаточными включениями (рис. 1). Микротвердость таких включений при этом могла достигать уровня 16000–25000 МПа, что может быть весьма перспективным при эксплуатации деталей в условиях абразивного износа.

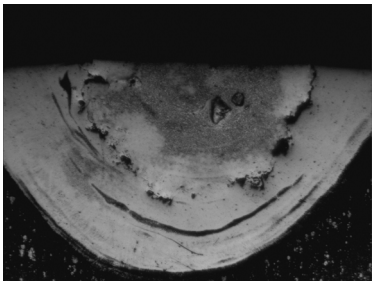
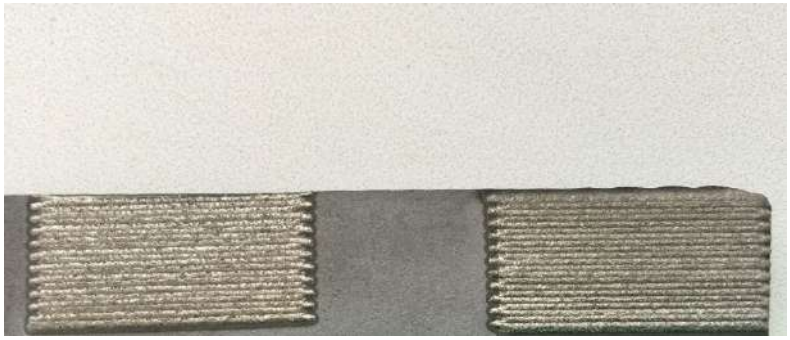


Рис. 1 – Микроструктура поверхностного слоя при использовании для лазерного поверхностного легирования порошка WC.

Лазерная наплавка. Применение лазерного излучения является также весьма перспективным в технологии нанесения износостойких покрытий. В этих случаях обеспечивается высокая прочность соединения непосредственно покрытия с основой вследствие частичного ее проплавления и минимального термического воздействия на обрабатываемые детали (рис.2).



а б

Рис. 2 – Внешний вид зон износостойкой наплавки порошка Т-Термо 655 толщиной: а) 200 мкм и б) 400 мкм на рабочей поверхности кормоуборочного ножа с использованием волоконного лазера и порошкового питателя

Появляется вполне реальная возможность эффективного создания износостойких слоев на рабочих поверхностях деталей, изготовляемых из недефицитных и недорогих марок сталей и сплавов. Помимо этого, использование энергии лазера дает возможность восстанавливать отдельные изношенные места, при необходимости с повышенным комплексом физико-механических свойств поверхности.

Лазерное модифицирование. Протекание процесса модифицирования поверхностного слоя представляет собой особый интерес. По своей сути, этот процесс осуществляется при пограничных режимах протекания процессов наплавки - легирования. Размеры заглубления в основу при этом процессе приблизительно равны величине толщины наращенного слоя. При этом общая толщина упрочняемого слоя составляет порядка 0,3–0,4 мм. Причем размеры предварительно наносимой шликерной порошковой обмазки составляют ~ 0,2 мм.

Такого рода эксперимент был проведен с применением порошков на основе никеля ПГ-10Н-01 и Т-Термо 655. Обработка осуществлялась как на воздухе, так и в инертной среде, при подаче в область наплавки аргона. Было обнаружено, что в наплавленном материале могло наблюдаться порообразование, что связывается с парообразованием вследствие взаимодействия частиц карбида вольфрама WC с воздухом и протеканием соответствующих экзотермических реакций. При этом при обработке в инертном аргоне порообразование было менее выражено, чем на воздухе. Было замечено, что с уменьшением скорости движения лазерного луча возрастает как глубина оплавленного слоя, так и его микротвердость. Это свидетельствует о том, что наряду с перемешиванием материала порошка и основы в самом расплаве происходит непосредственно растворение частиц карбида вольфрама, что в свою очередь дополнительно приводит к формированию упрочненного слоя. Необходимо отметить, что в этом случае картина несколько отличается от экспериментов с лазерным оплавлением самофлюсующегося порошка ПГ-10Н-01. Отличия в ходе поведения значений микротвердости по глубине слоев для различных скоростей обработки также свидетельствуют о том, что определенную роль в случае лазерного воздействия играют коэффициенты поглощения падающего излучения. Это связывается как непосредственно с самим порошковым материалом при нагреве, так и в дальнейшем с началом плавления с изменением отражательной способности поверхности расплава. Установлено, что применение лазерного модифицирования или лазерной закалки дает возможность получать на поверхности указанных сталей слои с повышенной твердостью и износостойкостью. Полученные данные по итогам проведенных исследований создают основу для разработки технологических процессов комбинированного упрочнения, которое включает в себя объемную закалку, лазерную и индукционную обработку деталей, работающих в условиях как абразивного износа, так и испытывающих ударные и циклические нагрузки. Разработанные технологии могут быть использованы при термической обработке, например, рабочих поверхностей режущих и измельчающих элементов зерноуборочной и кормоуборочной техники отечественного и импортного производства.

УДК 631.354.23

РАЗРАБОТКА ПОЛОВОРАЗБРАСЫВАТЕЛЯ ДЛЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ С ШИРИНОЙ ЖАТКИ ДО 9 М

А.В. Ермак, А.С. Сахвон, И.А. Баран
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В работе представлена и рассмотрена новая конструкция половоразбрасывателя, которая обеспечивает равномерное разбрасывание половы на ширину захвата жатки – до 9м. При этом не перекрывает доступ для контроля и техобслуживания очистки и ротора. Энергопотребление не более 2-2,5 кВт.

Введение. Ширина захвата жаток современных комбайнов становится всё больше, системы обмолота комбайнов – всё агрессивней (всё больше мелкой растительной фракции). Солому и полову необходимо убирать в первую очередь для того, чтобы освободить поля и посеять озимые, а также для внесения препаратов, уничтожающих многолетние сорняки. Полова и солома должны равномерно распределяться на всю ширину захвата жатки.

Объект исследования. Половоразбрасыватель.

Цель исследования. Разработать конструкцию половоразбрасывателя, при котором будет равномерное разбрасывание половы на ширину захвата жатки – до 9м. При этом не должен перекрывать доступ для контроля и техобслуживания очистки.

Методы исследования – теоретический, расчетно-конструктивный, метод сравнительного анализа.

Результаты исследования. Так как скорость витания половы не превышает 2-3 м/с, а скорость воздушно-половистой смеси на выходе из торца очистки в подкапотное пространство составляет около 4-5 м/с, то для половоразбрасывателя целесообразно использовать принцип инжекционного сбора и дальнейшего транспортирования половы путем её разбора поперек движения комбайна.

Для этих целей подходит центробежный вентилятор типа ВЦП 6-46-3,15 с диаметром ротора 315 мм, который используют для отсоса и пневмотранспортирования древесной стружки в циклон. Так-как длина трубопроводов таких пневмотранспортеров достигает несколько десятков метров, полное давление ~ 1400 Па при расходе воздуха 3000 $м^3$/г и скорости входа и выхода из вентилятора 21,9 м/с, для чего необходима скорость ротора 2850 об/мин, а энергопотребление 2,2 кВт.

Учитывая, что скорость витания половы ниже, чем у станочной стружки, а длина лотка-пневмотранспортера не превышает 0,6 м, то для транспортировки половы 3 т/ч при коэффициенте 0,5 концентрации воздушно-половистой смеси расход воздуха для двух вентиляторов составит около 6000 $м^3$/г.

При скорости входа и выхода воздуха около 11 и 15 м/с соответственно (скорость витания половы менее 3 м/с) таким условиям удовлетворяет предполагаемый вентилятор с параметрами (см. Рисунок 1):

$D_{ротора}$= 315 мм, n =2000 об/мин, N=1,06 кВт (около 2,2 кВт для двух вентиляторов).

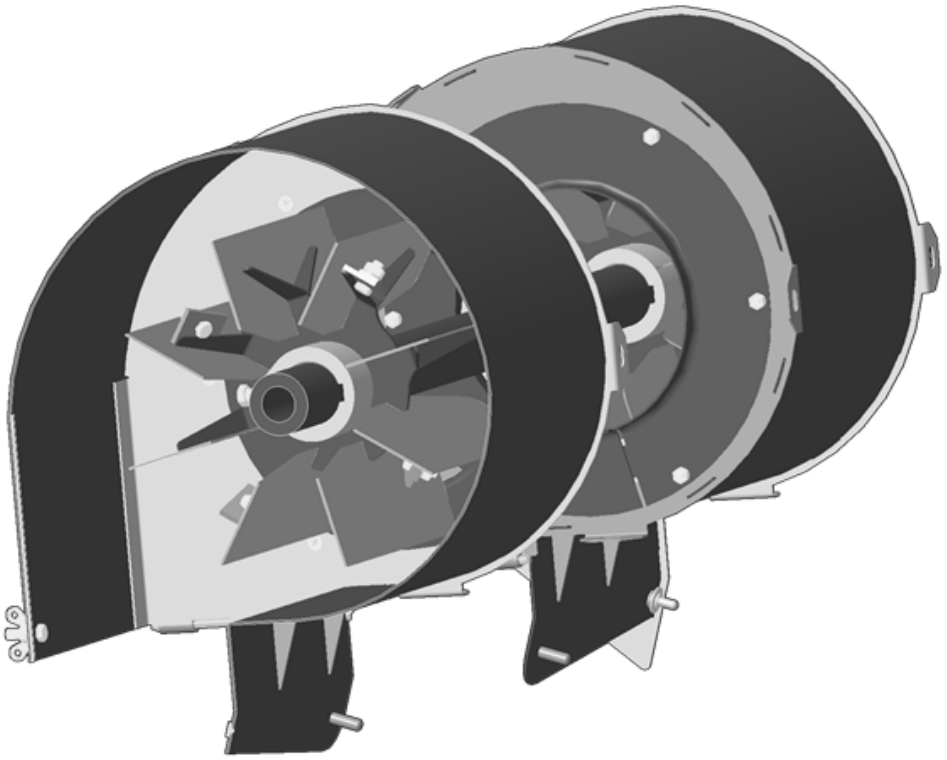


Рис. 1 – Корпус и крыльчатка половоразбрасывателя

Для более равномерного распределения половы по всей ширине захвата жатки, лоток на выходе из вентилятора выполнен с цилиндрической рабочей поверхностью, торцы которой не параллельны. По мере продвижения половы по цилиндрической поверхности лотка, от начала к его концу, с открытой скошенной кромки лотка будут непрерывно сходить порции половы, векторы скоростей которых изменяют направление от вертикального (вниз) до 20° наклонного к горизонту.

Кроме того, лоток на кожухе вентилятора закреплен шарнирно и может устанавливаться под различным углом к горизонту (рисунок 2).

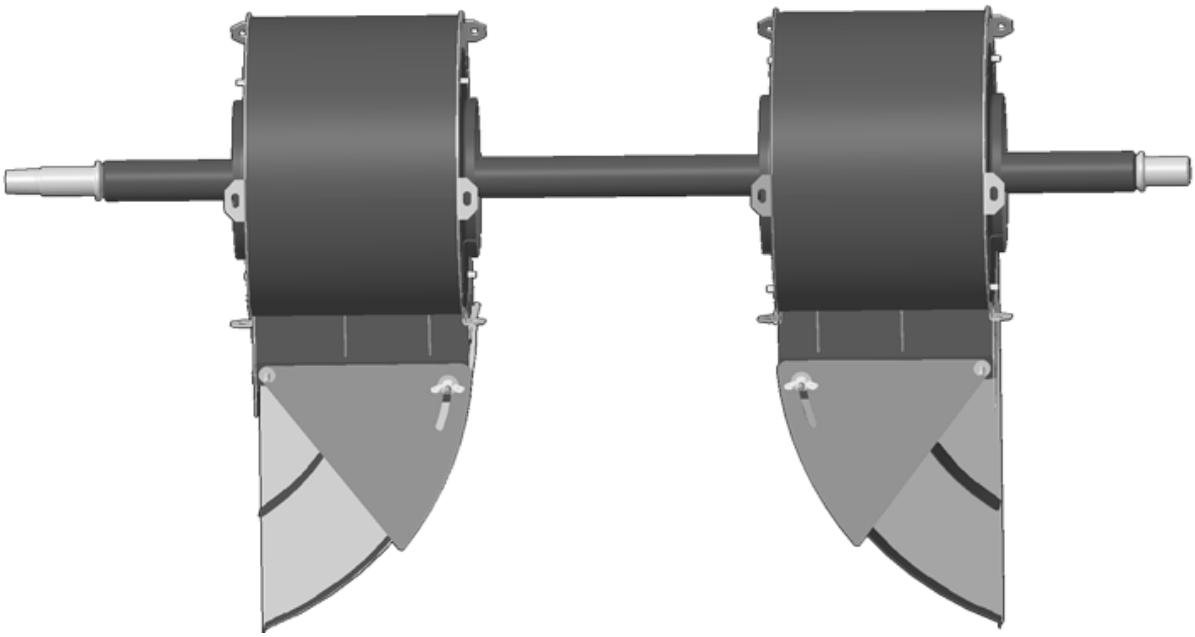


Рис. 2 – Направители половоразбрасывателя

Поля распределения скоростей воздушных потоков в проточной области системы очистки КЗС-3219КР для исходной конструкции без установленного половоразбрасывателя приведены на рисунке 3.

На Рисунке 4 представлены поля распределения скоростей воздушных потоков в проточной области системы очистки КЗС-3219КР с установленным половоразбрасывателем.

Как показали расчеты, установленные половоразбрасыватели увеличивают скорости воздушных потоков в системе очистки на 10-20%, не оказывая значительного влияния на распределение скоростей воздушного потока.

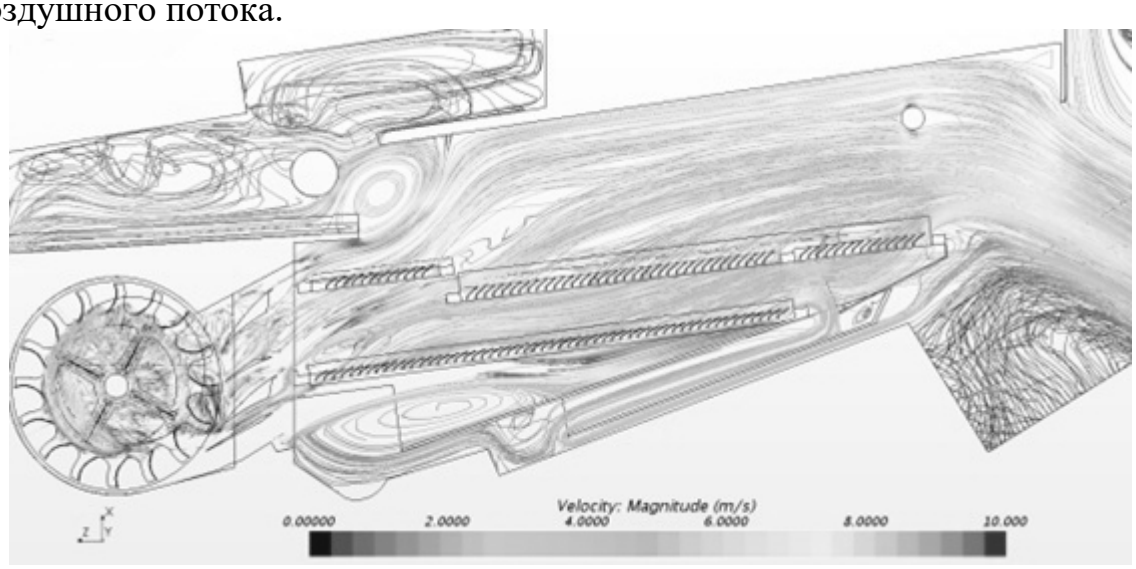


Рис. 3 – Линии тока скоростей аэродинамического потока системы очистки комбайна КЗС-3219КР без половоразбрасывателя

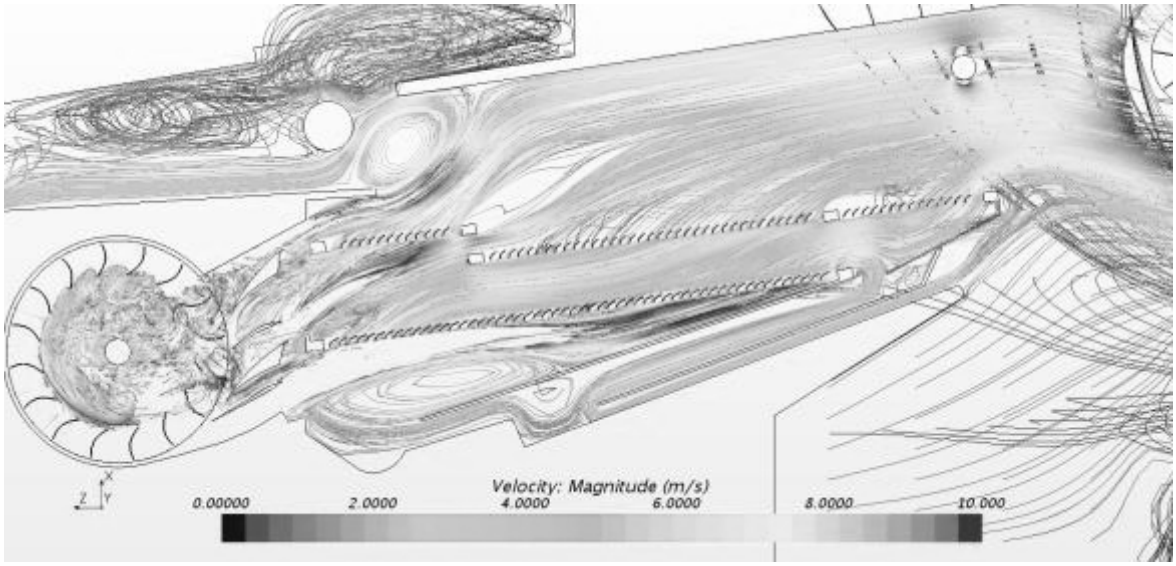


Рис. 4 – Линии тока скоростей аэродинамического потока системы очистки комбайна КЗС-3219КР с исходной конструкцией половоразбрасывателя (вентилятор очистки 725об/мин, половоразбрасыватель 2000 об/мин)

На рисунках 5-7 приведены вектора распределения скоростей и линии тока аэродинамического потока для исходной конструкции половоразбрасывателя.

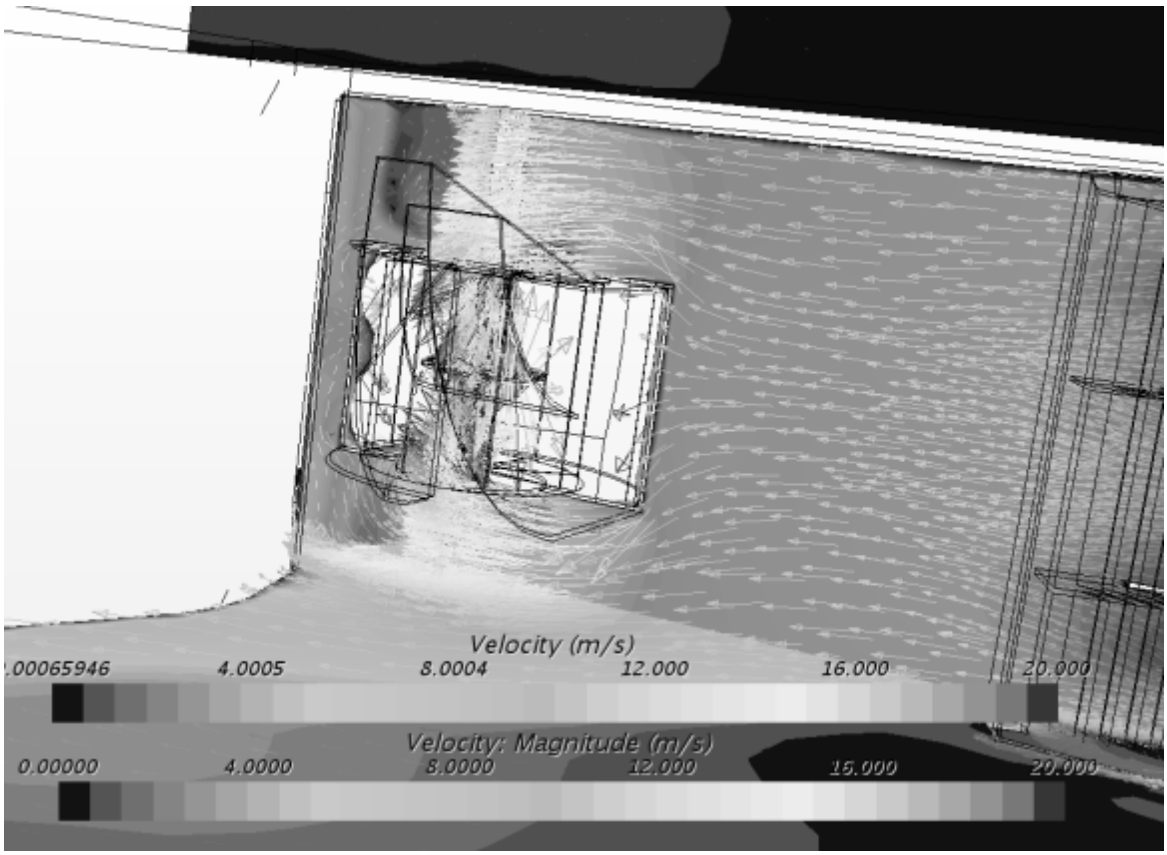


Рис. 5 – Вектора распределения скоростей аэродинамического потока по сечению вентилятора половоразбрасывателя

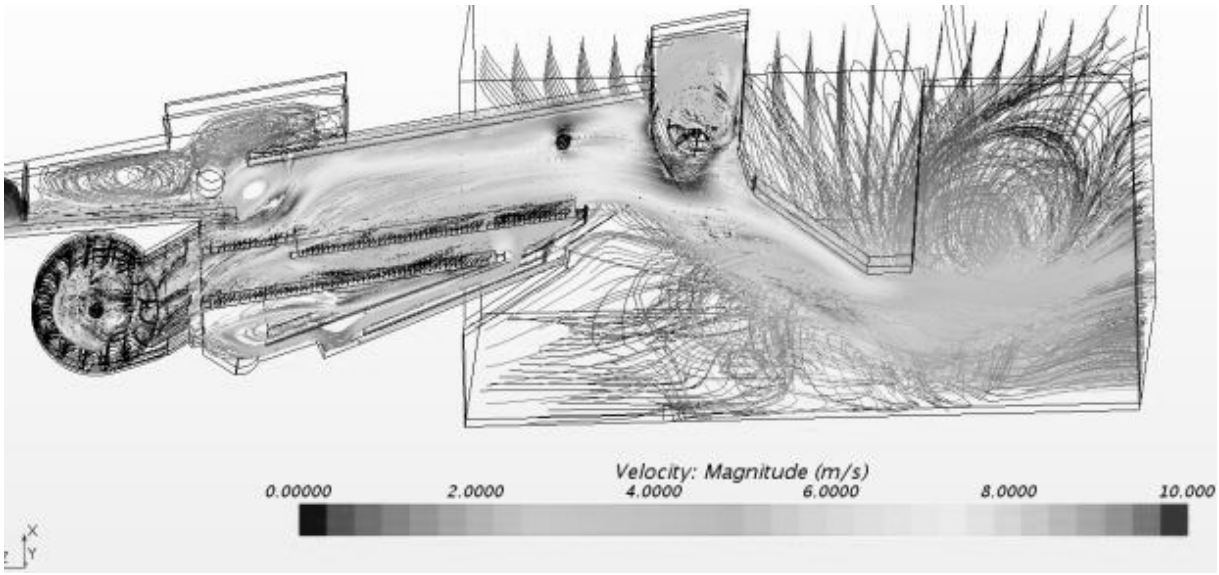


Рис. 6 – Линии тока скоростей аэродинамического потока на выходе из системы очистки комбайна КЗС-3219КР половоразбрасывателя (вид сбоку)

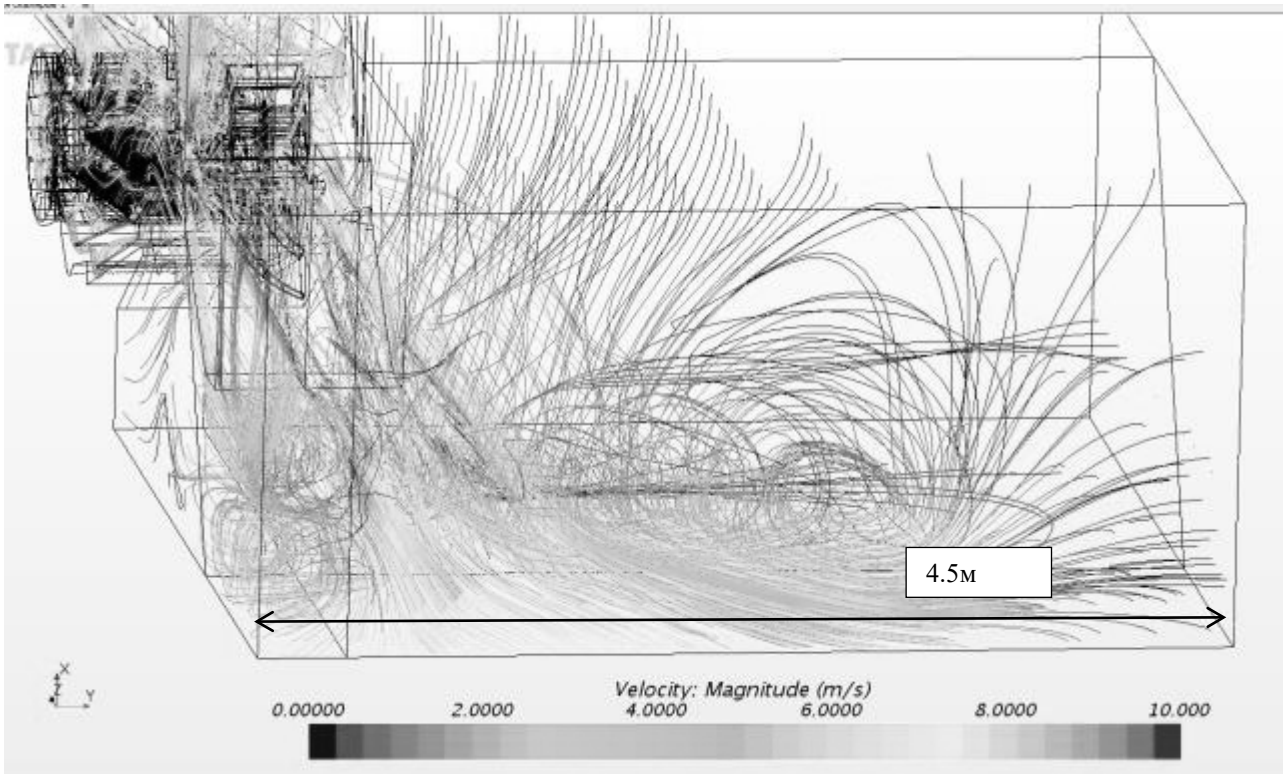


Рис. 7 – Линии тока скоростей аэродинамического потока на выходе из системы очистки комбайна КЗС-3219КР половоразбрасывателя (вид сзади)

Как показали расчеты, половоразбрасыватель дает воздушный поток, который забирает воздух в верхней части системы очистки вместе с половой (основная часть половы, легкой фракции, идет по верху) и распределяет его. Также половоразбрасыватель создает аэродинамический

поток, который будет подхватывать полову и мелкие соломистые части и равномерно распределять их на поле.

Корпуса половоразбрасывателя устанавливаем через швеллера к боковинам очистки. Гидромотор привода половорозбрасывателя крепим через кронштейн боковине очистке, при этом обороты от гидромотора на валу половоразбрасывателя передаются через муфту (рисунки 8-9).

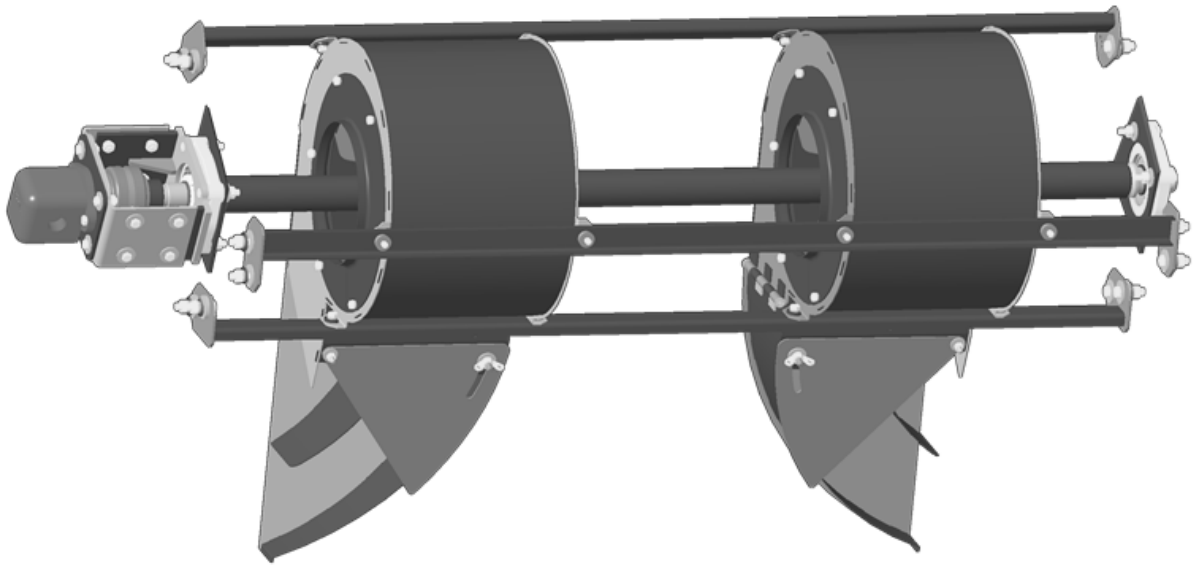


Рис. 8 – Установка половоразбрасывателя

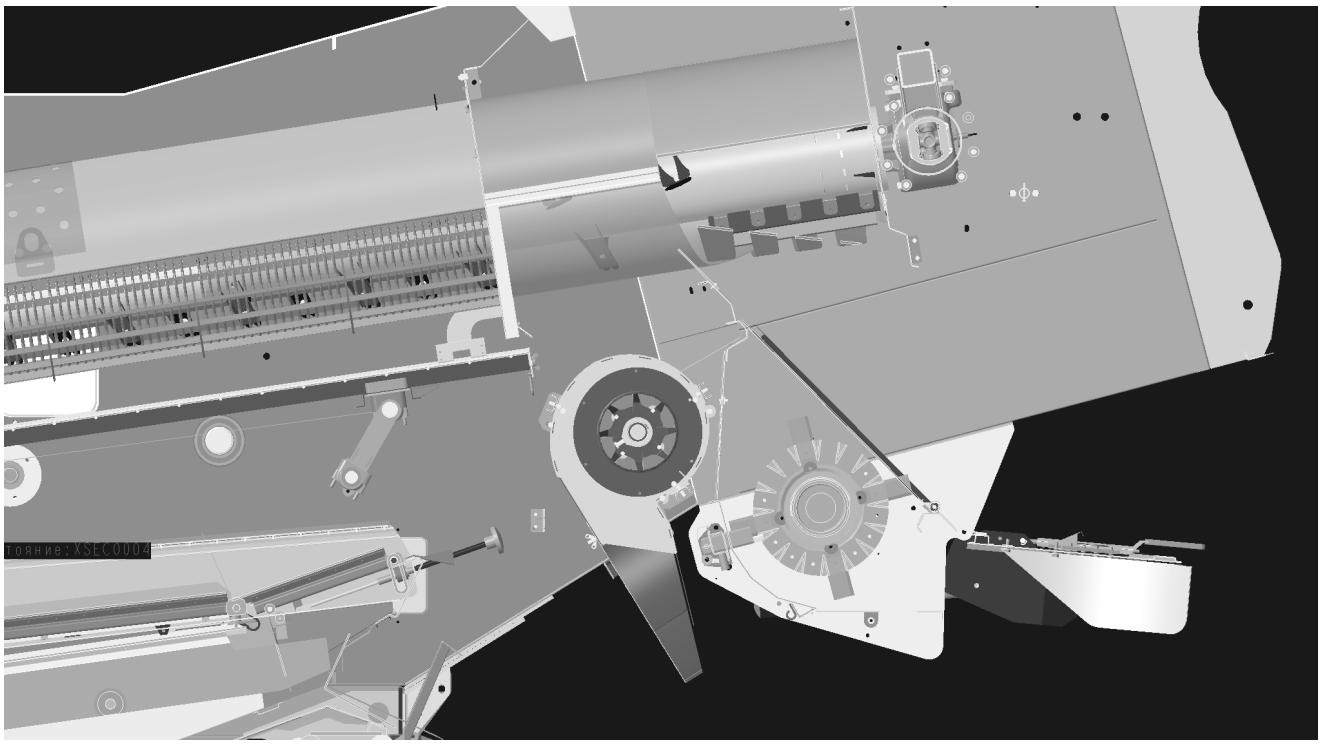


Рис. 9 – Установка половоразбрасывателя системы очистки комбайна КЗС-3219КР

Заключение. Разработали конструкцию аэродинамического половоразбрасывателя, который обеспечивает равномерное распределение половы на ширину жатки до 9 м и обеспечивает доступ для обслуживания очистки комбайна.

Благодаря такой конструкции, эффективное распределение половы достигается при минимальных затратах энергии.

Литература

1. Портнов М.Н. Зерноуборочные комбайны.М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с, ил.- (Учебники и учеб.пособия для подгот.кадров массовых профессий).

2. Казанский В.В. Справочное пособие по зерноуборочнм комбайнам.- Гомель: РПУП «Полеспечать», 2000. – 388 с.

УДК. 62-776.2

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СЕТКИ ВОЗДУХОЗАБОРНИКА ОТ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ЧАСТИЦ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ

Т.П. Слепенок, А.А. Дакука, В.С. Шиш, О.В. Карбышева
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г.Гомель, Республика Беларусь

В работе рассмотрена одна из проблем, связанная с эксплуатацией сельскохозяйственной техники – загрязнение сетки воздухозаборника радиатора. Предложены пути решения проблемы очистки сетки воздухозаборника радиатора от измельченных частиц растительной массы при работе уборочной сельскохозяйственной техники в условиях высокой запыленности.

Введение. Условия эксплуатации самоходной сельскохозяйственной техники характеризуются высокой запыленностью и наличием витающих частиц убираемых культурных растений и сорняков, образующихся во время выполнения технологического процесса уборки в рабочих органах жатки, молотильно-сепарирующего устройства, очистки, соломосепаратора. Активно применяемые в последнее время соломоизмельчители и половоразбрасыватели при неблагоприятных направлениях ветра значительно увеличивают количество частиц растений, находящихся в зоне расположения моторных установок самоходных комбайнов (см. рисунок 1).

Объект исследования – активная система очистки сетки воздухозаборника блока радиаторов.

Цель исследования - определение оптимальной конфигурации системы очистки сетки воздухозаборника блока радиаторов в условиях повышенной запыленности.

Методология исследований: системный анализ, сравнительный анализ.

Результаты исследований. При работе вентилятора охлаждения двигателя создается воздушный поток, проходящий через соты радиатора, благодаря чему и происходит охлаждение блока радиаторов. С целью увеличения интервала очистки сот блока радиаторов, используют крупные размеры ячейки между охлаждающими пластинами. Так на КЗС-1218А-1 в радиаторе применены охлаждающие пластины которые образуют прямоугольную ячейку размером 3,5х9,4 мм (32,9мм^2)



Рис. 1 – Образовавшаяся запыленность в зоне работы самоходного зерноуборочного комбайна в реальных полевых условиях

Для защиты радиатора от засорения, перед ним устанавливается воздухозаборник с сеткой, которая представляет собой плетеную сетку. В плетеной сетке ячейка на просвет составляет 1,6х1,6 мм (2,56 мм^2) и диаметром проволоки 0,4мм[1], или перфорированное полотно в котором отверстия выполнены в виде окружности диаметром 2мм (3,14 мм^2) или соразмерным шестигранником[2], при этом процент пропуска воздуха через такой экрана составляет 64%, 50% и 58% соответственно.

В процессе работы машины на сетке воздухозаборника скапливается пыль и растительная масса, которая снижает объем воздуха проходящий через соты блока радиатора, что может привести к перегреву комбайна. Для того чтобы не допустить перегрев комбайна необходима своевременная очистка сетки воздухозаборника. Для очистки сетки воздухозаборника на зерноуборочных комбайнах, на примере КЗС-1218А-1 производства ОАО «Гомсельмаш» применяется система с вращающимся пылесъемником. В которой вращение пылесъемника осуществляется от лопастей установленных на воздухозаборнике, на которые действует поток воздуха, создаваемый вентилятором охлаждения двигателя. Снятие, отвод пыли и растительной массы с сетки воздухозаборника осуществляется по средствам работы вентилятора установленного в пылеотводящем шланге, который приводится в действие ременной передачей от шкива рабочих органов комбайна.

В некоторых регионах РФ в виду особенности климата имеются случаи остановки вращения пытесъемника ввиду того, что одномоментно порывом ветра на сетку воздухозаборника набрасывается большой объем растительных частиц, происходит залипание сетки (см. рисунок 2), резко падает скорость воздушного потока и как следствие остановка пылесъемника. С целью предотвращения подобных ситуаций проведен ряд

работ по повышению надежности технологического процесса очистки сетки воздухозаборника от измельченных частиц растительной массы.



Рис. 2 – Залипание сетки

1. Для предотвращения остановки пылесъемника, вращение которого происходило за счет потока воздуха проходящего через соты радиатора, на ось пылесъемника установлен электромотор, который поддерживает постоянные обороты вращения пылесъемника. Также это позволило отказаться от лопастей на пылесъемнике и снизить массу узла.

2. На ограждение, установленное перед воздухозаборником, закреплена дополнительная сетка, которая берет на себя часть растительной массы. Открытую полость в полу под воздухозаборником закрыта зашивкой, для недопущения попадания пыли на воздухозаборник из-под площадки обслуживания.

3. На пылесъемник с одной стороны, сзади по ходу вращения, установлена щетка, которая касается сетки и сдвигает залипшие растительные частицы поднося их к заборному окну пылесъемника.

4. Для расширения зоны противодавления в месте перекрытия всасывающего дефлектора пылесборника затенителем, выполнено уменьшение площади его заборной части в 2,5 раза с помощью дополнительно изготовленных и установленных щитков, (см. рисунок 3).

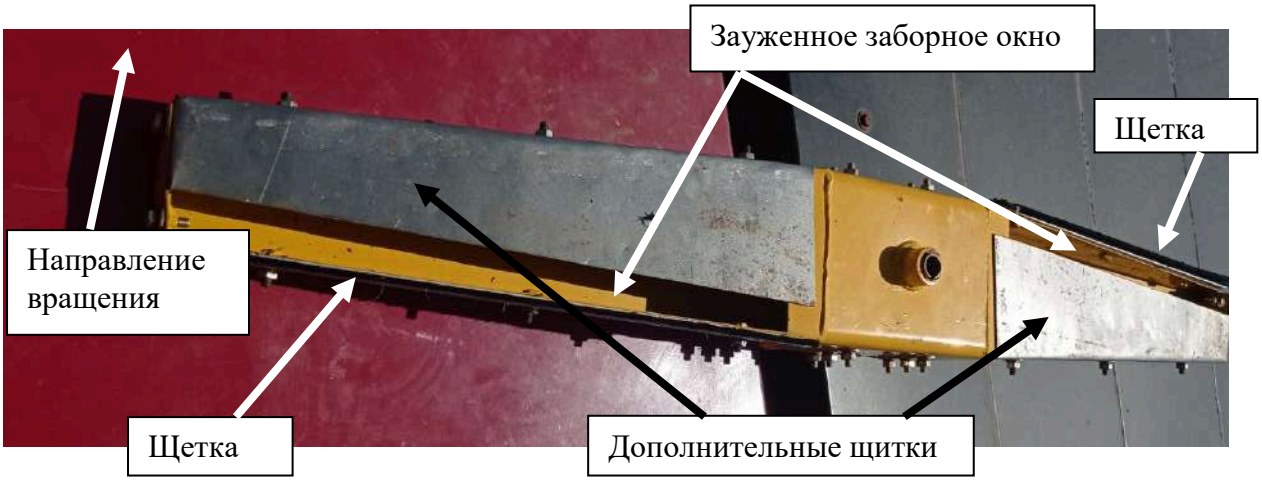


Рис. 3 – Установлены щитки для уменьшения площади заборной части дефлектора

5. При работе машины с выключенной молотилкой не работает и вентилятор отсоса пыли, т.к. имеет ременной привод от шкива молотилки [3]. При этом воздушный поток, создаваемый вентилятором охлаждения двигателя, набрасывает на сетку растительную массу через рукав отвода пыли, поднимающуюся от колес комбайна при его движении и (или) от вблизи работающей техники. Для предотвращения такой ситуации в рукав отвода пыли установлен обратный клапан (см. рисунок 4), который препятствует попаданию пыли на сетку воздухозаборника при выключенном вентиляторе отсоса пыли.

Все эти мероприятия позволили обеспечить стабильный технологический процесс очистки экрана воздухозаборника.

Заключение. 1. При участии в опытной эксплуатации модернизированного комбайна КЗС-1218А-1 с внесенными вышеперечисленными доработками системы очистки воздуха блока радиаторов выявлено:

Внесенные дополнительные изменения в конструкцию показали себя эффективно в период проведения опытной эксплуатации комбайна;

2. Наблюдалось оседание измельченной растительной массы на поверхность радиатора, при этом соблюдался тепловой режим комбайна. Остатки растительной массы имели длину фракций от 3 до 15 мм, масса однородная;

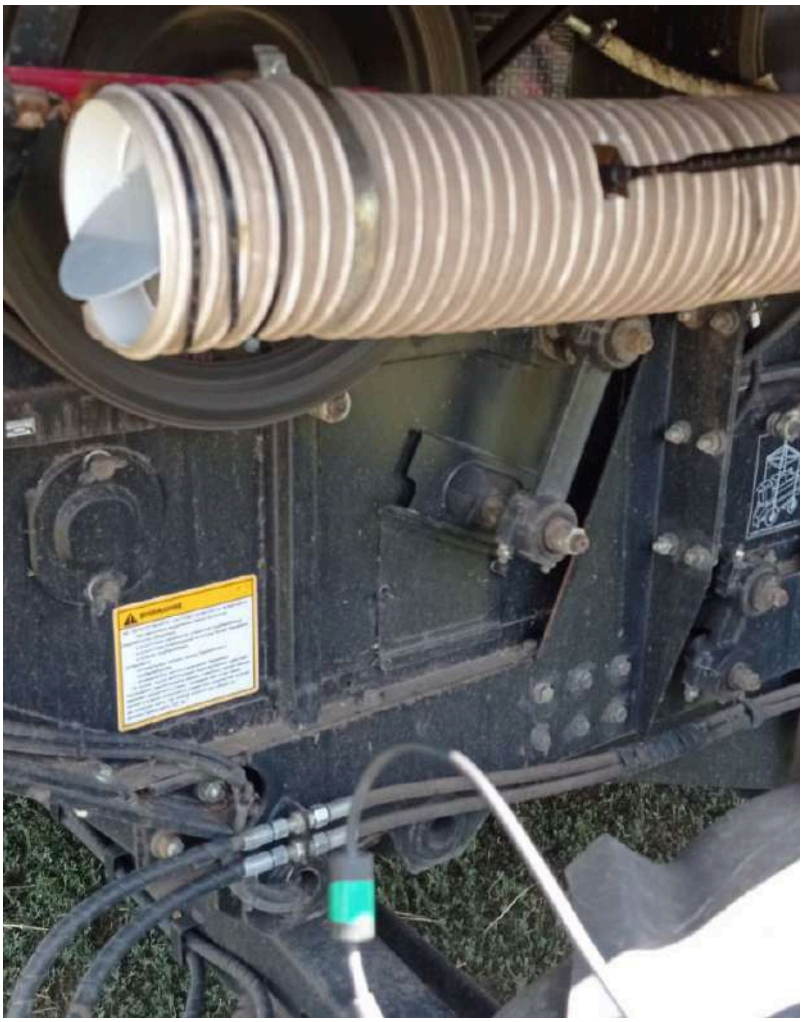


Рис. 4 – Обратный клапан

3. До внесения изменений в конструкцию наблюдалось вплетение (застревание) в ячейках сетки растительных остатков, визуально 3-4%. При установке дополнительных щитков на пылесъемнике (заужено заборное окно) накапливание растительной массы на сетке не происходило;

4. За время опытной эксплуатации, повышение температуры охлаждающей жидкости двигателя выше 81℃ не происходило, при этом максимально допустимая рабочая температура - 90℃ [4]. Также экстренных остановок комбайна для очистки сетки воздухозаборника и радиатора не производилось.

Литература

1. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. ГОСТ 3826-82. Изд-во ИПК Издательство стандартов, 2003. – 2 с.

2. Листы перфорированные «Перфоком». Технические условия. ТУ 1812-001-50336739-2008. Изд-во ООО «Перфоком», 2008. – 4, 5, 16 с.

3. Результаты измерений скоростей воздушных потоков в выпускном шланге вентилятора отсоса пыли. Экспресс-информация №152 ИЦ-23. Изд-во ОАО «Гомсельмаш» 2023г. 2с.

4. Двигатели автомобильные ЯМЗ-238БЕ и ЯМЗ-238ДЕ. Технические условия. ТУ 37.319.259-94 . Изд-во ОАО «Автодизель», 1994. – 16 с.

УДК 681.7.064

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА TiAlN ПОКРЫТИЙ, СОДЕРЖАЩИХ УГЛЕРОД

Н.Ф. Соловей[1], Н.Н. Федосенко[2], А.С. Шантыко[1], Е.А. Кулеш[2], А.Г. Бердыев[2] , Н.Н. Белая[1]

[1]Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

[2]Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь

Внедрение в технологические процессы обработки материала или металлообработки инструмента, рабочие поверхности которого содержат покрытия на основе нитридов, с целью увеличения ресурса его работы является актуальной задачей. Формирование композиционных покрытий на основе нитридов и/или карбидов алюминия, титана позволяет придать рабочим поверхностям инструмента новые функциональные свойства и увеличить ресурс его работы. Представленные результаты исследования являются продолжением ранее выполненных работ в рамках договора о научно–техническом содружестве НТЦК ОАО «Гомсельмаш» и ГУ «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины». [1].

Методом импульсного (частота 10 кГц, длительность 10 мкс) магнетронного распыления композиционных Ti-Al, Ti-Al-C мишеней в смеси рабочих $Ar+N_2$ газов осаждены покрытия с эффективной толщиной порядка 500 нм. Для определения оптимального режима работы магнетрона покрытия осаждали при различных режимах стабилизации параметров разряда (тока или напряжения). Установлено, что режим стабилизации тока магнетронного разряда позволяет эффективно контролировать скорость осаждения и толщину покрытий и, следовательно, структуру покрытий в сравнении с стабилизацией напряжения разряда [2].

Методом наноиндентирования установлено изменение механических свойств в зависимости от тока разряда (рисунок 1) при постоянном отношении расходов рабочих газов.

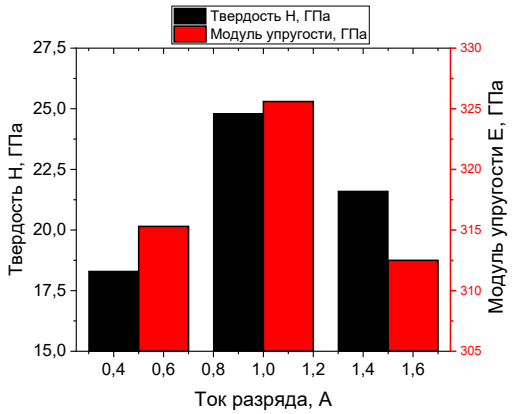


Рис. 1 – Зависимость твердости H и модуля упругости E TiAlN покрытий от тока магнетронного разряда при отношении расхода рабочих газов Ar/N_2 = 45/15 мл/мин

Показано, что максимальная твердость 25 ГПа достигается при осаждении покрытий в режиме стабилизации тока магнетронного разряда равного 1 А. На наш взгляд, полученная зависимость определяется отношением количества атомов/ионов титана алюминия и количества азота в вакуумной камере, что приводит к формированию соединений нитрида титана-алюминия оптимального стехиометрического и фазового состава.

Представляет интерес изменение и механических свойств таких композиционных нитридов за счет введения в их состав углерода [3, 4]. Известно, что в зависимости от энергии ионов углерода формируются различные типы углеродных связей, характерных для графита и алмаза, что, в свою очередь, изменяет его механические свойства, как за счет образования в объёме покрытия карбонитридных соединений титана и алюминия, так и формирования алмазоподобной компоненты [5]. Наличие таких фаз позволяет направленно изменять прочность и хрупкость покрытия. Также стоит отметить, что одним из наиболее эффективных способов управления структурой и механическими свойствами является их термообработка.

Методом склерометрии (измерение твердости с помощью сканирующих нанотвердомеров серии «НаноСкан» методом склерометрии заключается в нанесении царапин на поверхность покрытия с последующим ее сканированием) определены критические нагрузки разрушения, а также изменение коэффициента трения TiAlN, TiAlCN покрытий, осажденных из плазмы. Плазма формируется в результате испарения композиционной мишени, содержащей титан, алюминий и углерод.

На рисунке 2 приведены оптические изображения царапины, полученные методом склерометрии. Установлены особенности разрушения TiAlN и TiAlCN покрытий до и после термообработки.

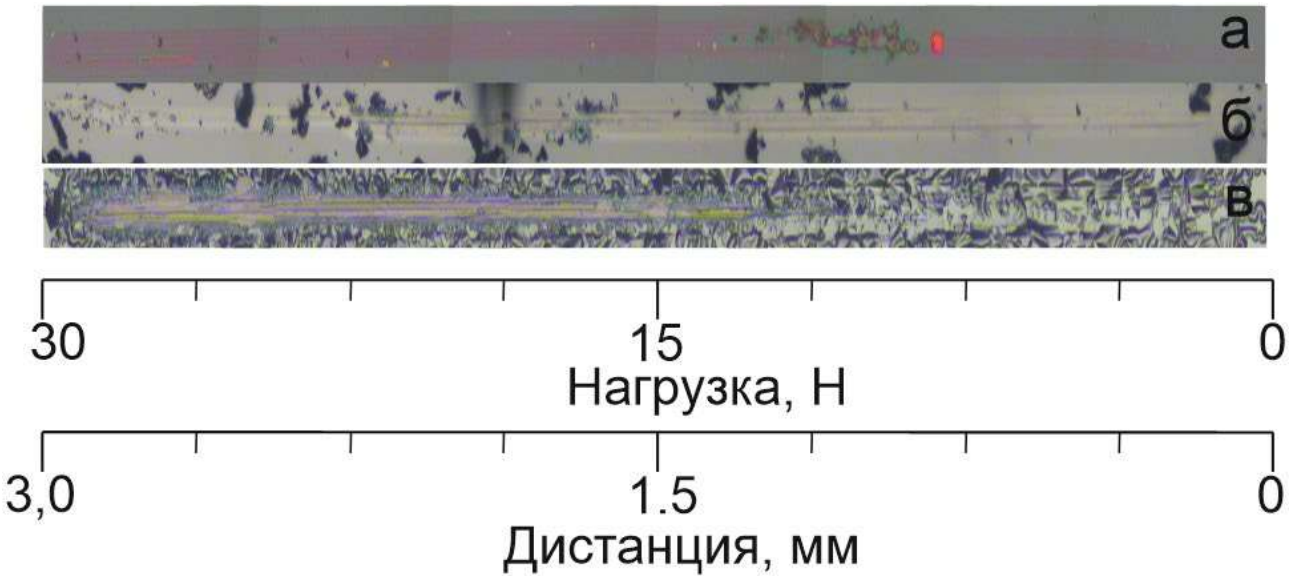


Рис. 2 – Оптические изображение царапины осажденных покрытий:
а – TiAlN, б – TiAlCN (отжиг 300 °С), в – TiAlCN (без термообработки)

Наличие углерода в покрытии (рисунок 2, в) создает высокий уровень внутренних напряжений и в процессе взаимодействия с индентором ведет к его разрушению и отслоению от подложки. После термообработки (рисунок 2, б) внутренние напряжения снижаются, характер разрушения меняется, формируется царапина без образования латеральных трещин. При этом покрытие срезается индентором с поверхности подложки, что указывает на снижение твёрдости покрытий за счет перераспределения фазового состава нитридной компоненты покрытия, а также протекающей термоокислительной деструкции углеродной компоненты покрытия [6].

Установлено, что термообработка положительно влияет на повышение износостойкости покрытий Ti-Al-C. Максимальная твердость покрытий 25 ГПа достигается при его осаждении в режиме стабилизации тока магнетронного разряда равного 1 А. Использование покрытий данного типа для упрочнения сверл, метчиков, режущего и штампового инструмента позволяет в значительной степени повысить их износостойкость и ресурс применения.

Литература

1. Федосенко Н.Н. Механические свойства покрытий на основе нитридов титана и аллюминия / Н.Н. Федосенко, Н.Ф. Соловей, А.С. Шантыко, А.Г. Бердыев, Т.В. Кравчук // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: Сборник тезисов докладов пятой международной научно-практической конференции. Гомель: научно–технический центр комбайностроения ОАО «гомсельмаш», 2021. – С.96 – 97.

2. Нанокомпозиционные покрытия и технологии в микроэлектронике / В.А. Емельянов, А.В. Рогачев, Н.Н. Федосенко, Д.Г. Пилипцов. – Мн.: Беларуская навука, 2014. – 450 с.

3. Boxman, R.L. Vacuum arc deposition: Early history and recent developments / R.L. Boxman // Proceedings of the XIX International Symposium on Discharges and Electrical Insulation in Vacuum (ISDEIV), Xi'an, China. – Xi'an, 2000. – P. 1 – 8.

4. Influences of Ti, Al and V metal doping on the structural, mechanical and tribological properties of DLC films / A.F. Yetim [et al.] // Diamond and Related Materials. – 2021. – T. 120. – P. 108639

5. Hybrid titanium–aluminum oxide layer as alternative high-k gate dielec-tric for the next generation of complementary metal–oxide–semiconductor devices / O. Auciello [et al.] // Appl. Phys. Lett. – 2005. – Vol. 86. – P. 042904–042906.

6. Рогачев А.В. Триботехнические свойства композиционных покрытий, осаждаемых вакуумно-плазменными методами / А.В. Рогачев // Трение и износ. – 2008. – Т.29, № 3. – С. 285 – 592.

УДК 66.067.12:66.067.16

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ – ПИЩЕВЫХ ЖИДКОСТЕЙ

А.Г. Кравцов[1], С.В. Зотов[2], Ж.В. Кадолич[3]
[1]Отделение физико-технических наук Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь
[2]Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь
[3]Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Обеспечение и сохранение продовольственной безопасности – один из важнейших для Беларуси приоритетов. Очистка пищевых жидкостей является важным прикладным аспектом агропромышленного комплекса, поскольку напрямую влияет на экологичность продуктов питания и, соответственно, на качество жизни. Фильтрационные системы представляют собой не только совокупность материалов, способных отфильтровывать примеси, но и ряд конструкционных решений, обеспечивающих эффективность фильтрации и эргономичность процесса. В настоящей работе рассмотрены варианты фильтрационных систем для очистки пищевых жидкостей на основе волокнисто-пористых полимерных материалов.

Одной из проблем агропромышленного комплекса является обеспечение высокого качества молока. Продукты, изготавливаемые на основе свежевыдоенного молока, обладают высокой конкурентоспособностью, которую следует всемерно поддерживать. Известно, что в ходе доения в молоко могут попасть различные загрязнения (например, бактерии), что снижает показатели качества. Традиционная схема первичной обработки цельного молока предусматривает операцию фильтрования. Обычно фильтр располагают после молокоприемника, счетчика и молочного насоса, что не всегда позволяет предотвратить преждевременное закисание продукта. В силу комплекса причин (в частности, из-за недостаточной обеспеченности большинства молочно-товарных предприятий средствами защиты цельного молока от загрязнений) в Беларуси значительная доля произведенного продукта не соответствует стандартам «высший сорт» или «экстра». Более половины выдоенного молока перерабатывается на масло, 35% – на питьевое молоко и кисломолочные продукты, из остальной части

вырабатывают сыры, брынзу, мороженое, сгущенное консервированное и сухое молоко, сливки и др. Эффективное фильтрование молока непосредственно после операции доения — важное средство повышения его качества и срока сохранности. Однако большинство традиционно применяемых сорбционно-фильтрующих материалов (гранулы кварцевого песка, оксидов алюминия, титана, циркония или их сплавов с открытой пористостью, бумажные и картонные фильтры, полиэфирные ткани, хлопчатобумажная марля, фланель, «вафельная» ткань и вата) не обеспечивают удаления из цельного молока малоразмерных частиц механических и биологических примесей. Также эти материалы не обеспечивают качественную очистку в соответствии с требованиями стандартов, например ГОСТ Р 52054. Еще одним их недостатком является быстрая «забиваемость» механическими примесями, что может нарушить герметичность и вынуждает часто производить замену фильтра. Более перспективной представляется очистка молока от загрязнений в потоке, для чего перед каждым доением следует оснащать доильный аппарат специальными фильтрами. Традиционные технические решения в этой области – одно- или двухступенчатые фильтры, имеющие жесткий цилиндрический каркас и фильтрующую поверхность в виде навитой на каркас пружины с фильтрующим зазором между витками, причем зазор увеличивается в сторону выхода. Эти фильтры позволяют очищать молоко от крупных и мелких механических примесей, однако неприменимы для удаления из цельного молока продуктов мастита.

В НИИ нетканых материалов и ВНИИ жира (РФ) проведены комплексные исследования номенклатуры нетканых фильтроэлементов при фильтровании молока коров, среди которых отмечалось распространение субклинических маститов. Использование фильтроэлементов разной поверхностной плотности (до 160 г/м^2) не сказывалось отрицательно на изменении содержания жира, белка, лактозы и сухого вещества. Количество мезофильных анаэробных и факультативно анаэробных мезофильных микроорганизмов составляло около 135,7–138,2 тыс./см^3. В среднем по показателю количества бактериальных клеток (не выше 500 тыс./см^3) молоко отвечало требованиям высшего сорта. Повышение поверхностной плотности фильтроэлементов способствовало снижению количества соматических клеток в молоке на 48...54,6 тыс./см^3 и увеличению вероятности получения молока высшего сорта до 88,8% против 66,6% при плотности фильтра 140 г/м^2 и 120 г/м^2. Таким образом, нетканые волокнистые фильтры проявили себя в качестве эффективного средства повышения санитарного качества и сортности молока при условии удачного сочетания конструкционных и структурных параметров.

Имеется опыт применения отечественных полимерных фильтров для тонкой очистки цельного молока. В качестве основы фильтра использован пневмоэкструзионный волокнисто-пористый материал, в

котором путем целевого модифицирования и варьирования структурно-морфологических характеристик создан градиент структуры и свойств. Адаптация пневмоэкструзионной технологии открывает широкие перспективы для целевого регулирования пористости и плотности упаковки волокон. Создано техническое решение [1–3], в соответствии с которым в полимерном корпусе находится формоустойчивый фильтроэлемент в виде цилиндра из волокнисто-пористого нетканого материала из полиэтиленовых или полипропиленовых волокон, диаметр и плотность упаковки которых изменяются по ходу протекания фильтруемой жидкости. Волокна обладают высокой степенью извитости и придают это качество каналам фильтроэлемента. Благодаря этому фильтр, имеющий компактную легко монтируемую конструкцию, эффективен по отношению не только к механическим частицам, но и к микроорганизмам. Внешний вид фильтроэлемента – цилиндр из волокнисто-пористого материала, выполненный пневмоэкструзионным методом из расплава полиэтилена или полипропилена. Размеры: высота –125–250 мм, внутренний диаметр – 25–50 мм, толщина стенки – 5–15 мм. Диаметр волокон 80–150 мкм, плотность материала 0,15–0,35 г/см^3, пористость 65–85%. Блок фильтров в сборе состоит из фильтра грубой и тонкой очистки и встраивается в систему подачи молока от доильного аппарата по молокопроводу в емкость. Структура применяемого в фильтре пневмоэкструзионного материала представлена на рис. 1, варианты конструкционного исполнения фильтров – на рис. 2. Фильтр реализует последовательную очистку жидкостей от крупных, средних и мелких частиц загрязнений до размеров 10–15 мкм, а также (в областях с наибольшей плотностью упаковки) от ряда бактериальных загрязнений. Очистка молока от механических примесей – до 98%. Очистка от продуктов маститов – до 50%. Снижение количества соматических клеток – до 65%. Снижение количества микробных клеток – до 50%. Содержание жира, белка, лактозы – без изменений. Результат – гарантированное повышение сортности, увеличение срока хранения. Обеспечивается не менее чем 90%-ная вероятность получения молока, соответствующего I группе по чистоте и показателям качества «Высший сорт» или «Экстра».

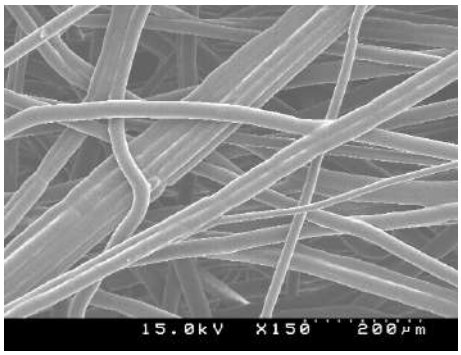


Рис. 1 – Структура волокнисто-пористого полимерного фильтроматериала для очистки молока



Рис. 2 – Конструкционные варианты фильтров для очистки молока

Данная разновидность волокнисто-пористых полимерных фильтров может быть применена также для очистки жидких растительных масел. Проведен цикл исследований, в ходе которых высказан ряд соображений по физико-химическим свойствам растительных масел [4–5]. В частности, выдвинута гипотеза о том, что ключевую роль в комплексе свойств масел играют надмолекулярные структуры – ассоциаты, формируемые триглицеридами жирных кислот определенного химического состава. В объеме масла в зависимости от температурно-временных факторов может происходить не только объединение молекул триглицеридов с созданием ассоциатов, но также – на более высоком масштабном уровне – вторичная агрегация ассоциатов с формированием коллоидных частиц субмикронного или микронного размера. Фильтрование растительных масел от этих частиц представляет собой задачу, решение которой возможно с помощью фильтрационных систем на базе волокнисто-пористых материалов.

Литература

1. Фильтр для очистки молока. Пат. № 15606 РБ. Савицкий Н.Е., Латышев А.В., Кравцов А.Г., Овчинников К.В., Зотов С.В., Барановский М.В. Опубл. 30.04.2012.

2. Способ получения полимерного фильтроэлемента тонкой очистки пищевых жидкостей, преимущественно молока. Пат. № 2461409

РФ. Савицкий Н.Е., Латышев А.В., Кравцов А.Г., Овчинников К.В., Зотов С.В., Барановский М.В. Опубл. 20.09.2012.

3. Фильтр и фильтроэлемент для очистки молока. Евразийский патент № 016858. Савицкий Н.Е., Латышев А.В., Кравцов А.Г., Зотов С.В. Опубл. 30.08.2012.

4. Кадолич Ж.В. Иллюстрация возможностей метода электретно-термического анализа при исследовании растительных масел / Ж.В. Кадолич, С.В. Зотов // Стандартизация. – 2018. – № 4. – С. 61 – 68.

5. Физический метод электретно-термического анализа / С.В. Зотов, Ж.В. Кадолич, Е.А. Цветкова, А.Г. Кравцов // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2022. –Т. 66, № 6. – С. 629 – 639.

УДК 621:681.51

РЕВЕРС ИНЖИНИРИНГ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

П.А. Витязь[1], М.Л. Хейфец[2], Н.Л. Грецкий[2,3], Д.Н. Хилько[3]
[1]Государственное научное учреждение «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»,
Минск, Республика Беларусь
[2] Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси», Минск, Республика Беларусь
[3]Общество с ограниченной ответственностью «ШТРАБАГ Инжиниринг Центр», Минск, Республика Беларусь

В настоящее время под термином «реверс инжиниринг» или «обратное проектирование» в машиностроении по большей части понимают процесс получения цифровой 3D-модели изделия, конструкторской документации или физического объекта с использованием 3D-сканеров, автоматизированных систем проектирования (CAD/CAM/CAE) и 3D-принтеров (рис. 1) [1-6].



Рис. 1 – Процесс реверс-инжиниринга для получения физического объекта [2]

Реверс-инжиниринг изделий с простой геометрией можно выполнять, используя и традиционные методы измерения, применяя ручные измерительные инструменты (штангенциркуль и т.д.), и на основании полученных измерений строить 3D-модели и разрабатывать конструкторскую документацию, но при работе с крупногабаритными

изделиями, особенно имеющими сложную поверхностную геометрию, процесс измерения занимает много времени. Поэтому, при работе с такими изделиями применяют автоматизированные измерительные инструменты, такие как оптические и лазерные сканеры, координатно-измерительные машины (КИМ), компьютерную томографию и т.д.

Рассмотрим применение реверс-инжиниринг на примере восстановления крупногабаритного шнекового вала, для которого разработан следующий порядок восстановления:

1. Изучение объекта, условий и принципов работы, исследования процесса изнашивания шнекового вала. При исследовании рабочих процессов шнекового пресса установлено, что при достижении кривизны центральной цилиндрической поверхности и (или) износа витков шнекового вала свыше 5 мм на сторону требуется выполнение капитального ремонта изделия, так как дальнейшая эксплуатация пресса не целесообразна в связи со значительным снижением его пропускной способности. Установлено, что на пропускную способность пресса также влияет состояние упрочняющего покрытия и целостность последних наиболее нагруженных витков шнекового вала.

2. Демонтаж и транспортировка шнекового вала на ремонтный участок. Очистка и подготовка поверхности детали (включая дробеструйную обработку) для диагностических измерений и контроля пространственной геометрии (рис. 2). С помощью проведенных металлографических исследований и химического анализа устанавливаются материалы основы и химический состав нанесенного упрочняющего покрытия.



а)



б)

Рис. 2 – Состояние шнекового вала: а) поступившего на восстановление б) после очистки и дробеструйной обработки

3. Разработка и изготовление вспомогательной оснастки для измерений позволяющех осуществлять свободный доступ оператора и сканера, а также выполнять жесткую фиксацию сканируемого объекта по отношению к базе координатно- измерительной руки. Сканирование

пространственной геометрии шнекового вала с помощью лазерного сканера ModelMaker MMDx100 установленного на координатно-измерительной руке Nikon Metrology MCAx40+ (рис. 3). Обработка полученных данных в программе Focus 10 Handheld: удаление лишних элементов, оптимизация размера, проверка точность сшивки отсканированных поверхностей и получение STL-модели шнекового вала.



Рис. 3 – Процесс сканирования пространственной геометрии шнекового вала с помощью лазерного сканера ModelMaker MMDx100

4. Исследования степени износа и дефектов. Обработка полученных данных (STL-модели сканера) и определение кривизны цилиндрической части шнекового вала. Для определения кривизны центральной цилиндрической поверхности шнекового вала в программе Focus 10 Handheld строятся цветовые карты отклонений центрального диаметра цилиндрической (без учета витков) поверхности от номинального (рис. 4). При отклонении цилиндрической поверхности более чем 5 мм на сторону требуется правка проблемных участков на специально разработанном приспособлении с помощью гидравлических домкратов.

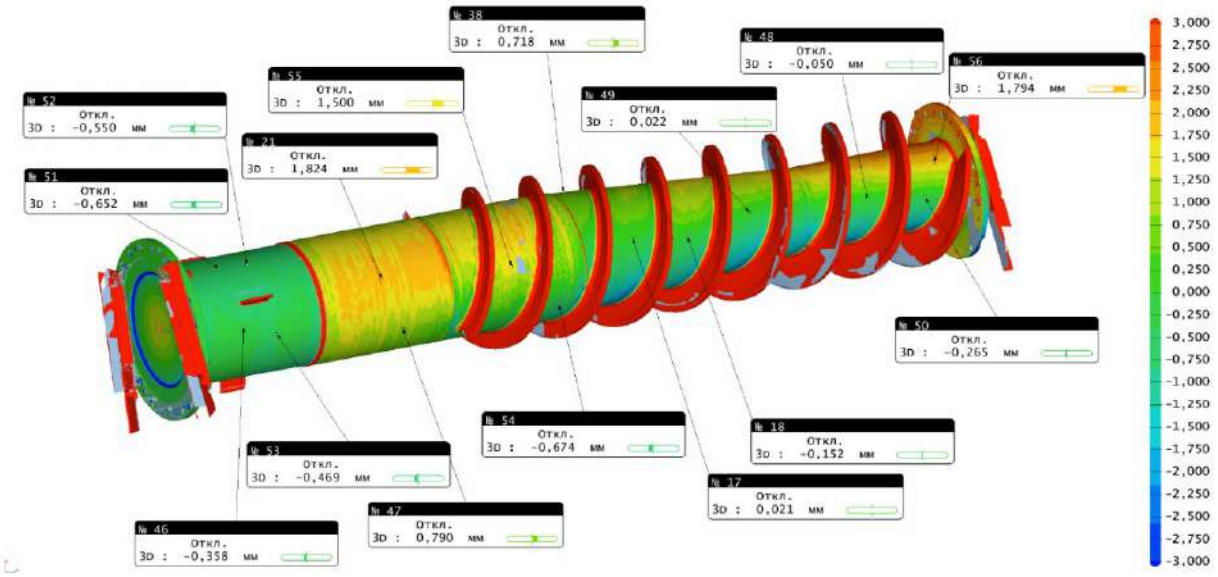


Рис. 4 – Цветовая карт отклонений цилиндрических поверхностей отсканированной STL-модели относительно номинальной

5. Разработка технологии послойного восстановления ферропорошками и проволоками с применением электрофизических источников энергии и необходимой для этой цели оснастки. Срезание оставшегося упрочняющего покрытия ручной плазменной резкой на специально разработанном приспособлении. Правка посадочных (базовых) поверхностей и обработка витков шнека после плазменной резки для последующей наплавки проволоки. Наплавка проволокой Нп-30 и последующая токарная обработка на универсальном токарно-винторезном станке ДИП-500. Электромагнитная наплавка порошка ферротитана с последующим шлифованием на токарно-винторезном станке ДИП-500 с помощью специально разработанной оснастки.

6. Очистка поверхности шнекового вала после процесса упрочнения.

7. Визуальный контроль качества выполненных работ. Контроль твердости с шагом 100мм упрочненной поверхности витков (твердость покрытия должна находиться в пределах 60-62HRC). Измерение восстановленной геометрии витков шнекового вала с помощью лазерного сканера ModelMaker MMDx100 установленного на координатно-измерительной руке Nikon Metrology MCAx40+. При построении в программе Focus 10 Handheld цветовой карты отклонений от номинального размера сначала сравнивается отклонение витков диаметром 627мм (рис. 5), а затем витков диаметром 601мм (рис. 6).

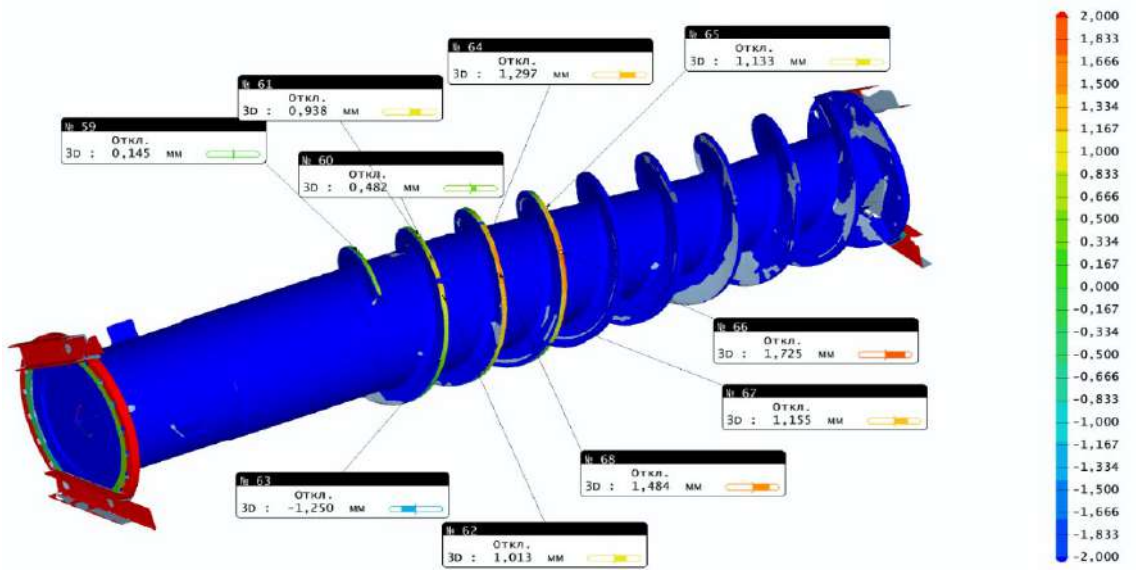


Рис. 5 – Цветовые карты отклонений поверхностей витков STL-модели относительно поверхности базового цилиндра диаметром 627мм.

8. Обезжиривание поверхности и покрытие коррозионностойким грунтом. Отгрузка потребителю.

Таким образом, применение принципов реверс-инжиниринга к производству и восстановлению уникальных крупногабаритных изделий сложной геометрии с применением электрофизических источников энергии при наплавке порошков и проволок дает возможность не только обеспечить нужные геометрические характеристики поверхности при восстановлении, но и повысить физико-механические свойства материала поверхностного слоя при упрочнении. Стоимость восстановления шнекового вала пресса в два раза ниже, чем изготовление нового при одинаковой длительности и условиях эксплуатации.

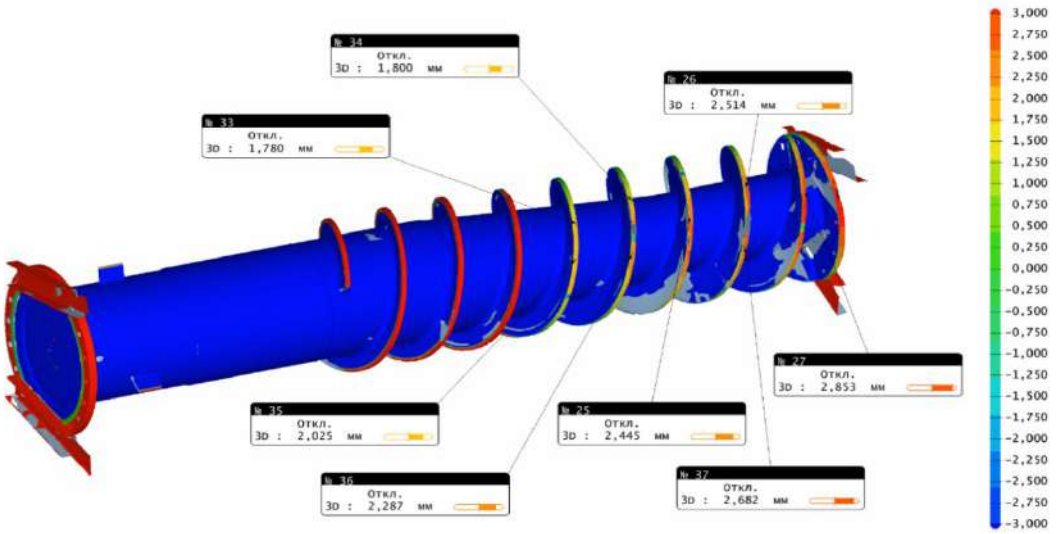


Рис. 6 – Цветовые карты отклонений поверхностей витков STL-модели относительно поверхности базового цилиндра диаметром 601мм.

Литература

1. Announcing Solid Edge Reverse Engineering Beta // [Электронный ресурс] URL: https://blogs.sw.siemens.com/solidedge/announcing-solid-edge-reverse-engineering-beta/ (Дата обращения 28.05.2023г.).

2. Реверс-инжиниринг на производстве при помощи 3D-сканирования // [Электронный ресурс] URL: https://blog.iqb.ru/reverse-engineering-3d-scanning/?utm_source=3dtoday (Дата обращения 28.05.2023г.)

3. What Is Reverse Engineering and How Does It Work? // [Электронный ресурс] URL: https://karpagamtech.ac.in/reverse-engineering-jayaganesh-subburaj/ (Дата обращения 28.05.2023г.)

4. Learn About What is Reverse Engineering and Its Benefits // [Электронный ресурс] URL: https://note.com/bhwna/n/n14b3a9b32eb5 (Дата обращения 28.05.2023г.)

5. Хейфец, М. Л. Проектирование мехатронных технологических комплексов для традиционного и аддитивного производства / М. Л. Хейфец // Доклады Нац. акад. наук Беларуси, 2020, Т. 64, № 6. – С. 744 –751.

6. Хейфец, М.Л. Проектирование технологических процессов и оборудования, использующих поля и потоки энергии на основе анализа критериев подобия [Текст] / М.Л. Хейфец, В.С. Крутько, Н.Л. Грецкий // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2021. – Т. 65, № 5. – С. 628 – 635.

УДК 339.138

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ХОЛДИНГА «ГОМСЕЛЬМАШ»

С.В. Михолап, Д.Е. Муляр
Открытое акционерное общество «ГОМСЕЛЬМАШ»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В Республике Беларусь завершена реализация приоритетных целей и задач в области внешнеэкономической деятельности в рамках Программы о поддержке и развития экспорта на 2016-2020 годы. Программа предусматривала повышение конкурентоспособности товаров, обеспечение внутреннего рынка отечественной сельскохозяйственной техникой, а также рост экспорта и сбалансированность внешней торговли. Основными механизмами последних, стали формирование благоприятной институциональной среды, совершенствование структуры и организационных форм управления экономикой, реализация инновационной стратегии развития экспорта, а также рациональное импортозамещение.

Для повышения экспортного потенциала холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» была разработана стратегия его развития на средне- и долгосрочную перспективу. Организации холдинга – многопрофильные производители, выпускающие технологически взаимосвязанные ряды машин для уборки основных сельскохозяйственных культур по современным аграрным технологиям: комбайны и комплексы для уборки зерновых культур, кукурузы на зерно, рапса, кормовых культур, картофеля; початкоуборочные комбайны и др. технику.

Являясь важным звеном агропромышленного комплекса Республики Беларусь, холдинг ставит основную задачу обновления и насыщения парка сельскохозяйственной техники производителей сельскохозяйственной продукции, повышения производительности труда и обеспечения продовольственной безопасности страны.

Организации холдинга являются основными поставщиками зерноуборочных и кормоуборочных машин, рынками продаж которых являются страны ближнего и дальнего зарубежья. Основными потребителями продукции организаций холдинга являются сельскохозяйственные предприятия различных форм собственности Беларуси, России, Казахстана, Аргентины и стран Африки.

С целью расширения рынков продаж сельскохозяйственной техники организациями холдинга проведена работа по созданию собственных субъектов товаропроводящей сети (далее – ТПС) с белорусскими инвестициями, расположенных за рубежом. Так, в 2005 году

было создано совместное белорусско-российское общество «Брянсксельмаш» (г. Брянск). Работает филиал ОАО «Гомсельмаш» в Аргентине.

Многие регионы Российской Федерации и Казахстана, применение техники «ГОМСЕЛЬМАШ», неразрывно связывают с применяемыми технологиями эффективного сельскохозяйственного производства, использующие модельный ряд сельскохозяйственных машин (комбайнов) с техническими характеристиками, которые учитывают специфические условия уборки в различных регионах и отвечают современным аграрным технологиям и сегодняшним требованиям потребителей.

Основная стратегия продаж в 2023 году направлена на увеличение экспортных поставок, обеспечение рентабельности продаж и повышение конкурентоспособности продукции. Стратегией продвижения продукции организаций холдинга на внешние рынки в 2023 году является диверсификация рынков продаж, рост конкурентоспособности продукции, повышение качества продукции и наращивание ее экспортного потенциала.

Политика организаций холдинга в области продаж на экспорт направлена, прежде всего, на сохранение и увеличение продаж и доли на традиционных внешних рынках, а также внедрении на новые рынки за счет вытеснения конкурентов.

Динамика экспортных поставок в 2021-2022 годах и прогноз на 2023 год приведена в таблице 1.

Таблица 1. Объемы экспортных поставок холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» за 2021-2022 годы и прогноз на 2023 год

Наименование показателя	2021 год	2022 год	2023 год (прогноз)
Объем экспорта, всего, тыс. долл. США	160 387,0	273 241,0	297 835,0
Темп роста, %	123,2	171,3	109,0

Объемы экспортных поставок продукции по основным экспортным рынкам приведены в таблице 2.

Таблица 2. Реализация зерно-, кормоуборочной и прочей техники холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» в 2021-2022 гг. по экспортным рынкам

Страны	2021 год		2022 год		
	Реализация, ед.	Уд. вес в объеме экспорта, %	Реализация, ед.	Уд. вес в объеме экспорта, %	Темп роста к 2021 г., %
Россия	1 071	71,8	1 524	82,5	142,3
Казахстан	287	19,3	182	9,9	63,4
Прочие страны БЗ	103	6,9	110	6,0	106,8
Страны ДЗ	30	2,0	30	1,6	100,0
Итого	**1 491**	**100,0**	**1 846**	**100,0**	**123,8**

Учитывая спрос на сельскохозяйственную технику со стороны потребителей, основную долю в экспортных поставках холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» занимают продажи зерноуборочной техники.

Одним из самых емких в мире и основным для холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» является рынок Российской Федерации, на долю которого ежегодно приходится более 70% экспортных поставок. Парк зерноуборочных комбайнов – 123 511 шт. Парк кормоуборочной техники – 15 395 шт.

Готовность сельскохозяйственной техники в РФ составляла: тракторов – около 90%, зерноуборочных комбайнов – 94%, кормоуборочных комбайнов – 91%. При этом в российском парке сельскохозяйственных машин высока доля возрастной техники, которая требует замены на новые машины (44,4% зерноуборочных комбайнов, 41,7% кормоуборочных комбайнов в наличном парке сельхозмашин в России – техника старше 10 лет).

Наиболее перспективной техникой холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» для продвижения на российском рынке является вся линейка серийных самоходных зерно-, кормоуборочных комбайнов, прицепная и навесная техника, самоходные косилки. Из новой техники – GH800.

Сложившаяся геополитическая обстановка привела к снижению присутствия (поставок) на рынке России ряда заводов-производителей сельскохозяйственной техники стран дальнего зарубежья.

Все это дает дополнительные возможности для холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» по наращиванию поставок сельскохозяйственной техники в регионы Российской Федерации.

Республика Казахстан занимает третье место среди стран ближнего зарубежья (после России и Украины) по производству зерна, являясь одним из крупнейших ее экспортеров, поэтому сельхозпроизводителями Казахстана востребована, прежде всего, зерноуборочная техника.

Парк зерноуборочных комбайнов Казахстана на 01.01.2023 составлял более 36 тыс. штук. Доля зерноуборочных комбайнов производства холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» в парке Казахстана составляет более 7%. Уровень износа (техника старше 10 лет) оценивается в 76%. Парк кормоуборочных комбайнов (в т.ч. прицепных) составляет порядка 1 650 единиц.

Темпы обновления по основным видам сельхозтехники, при требовании обновления в год 8-10%, составляет по тракторам – 1,2%, по комбайнам – 2,8%, сеялкам – 0,8%, жаткам – 1,6%.

Из-за морального старения на списание должны быть отправлены около половины зерноуборочных комбайнов, около 70% тракторов, 75% жаток и 80% сеялок. Наиболее перспективной техникой холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» для продвижения на рынке Казахстана является вся линейка серийных самоходных зерно-, кормоуборочных комбайнов, прицепная и навесная техника, самоходные косилки.

С 2008 г. в Казахстане на базе на базе АО «АгромашХолдинг» осуществляется совместное производство комбайнов из машинокомплектов холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» – комбайны «ESSIL».

Прогнозируется, что в 2023 году в соответствии с потребностью агропромышленного комплекса Казахстана в сельскохозяйственной технике, холдинг поставит на рынок более 300 зерно- и кормоуборочных комбайнов. Доля организации производства на казахстанском рынке зерноуборочных комбайнов в краткосрочной перспективе планируется довести до уровня 40%.

Экспорт продукции в страны Южной Америки в 2023 году не планируется, реализация техники конечным потребителям будет осуществляться за счёт техники и запасных частей, находящихся на хранении филиала ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» в Аргентинской Республике. Отгрузка продукции в страны Европы в 2023 году не планировалась ввиду изменения внешнеполитической ситуации и санкций ЕС, а также проведения мероприятий по ликвидации филиала ОАО «Гомсельмаш» в Чешской Республике.

В последние годы ситуация на рынке сельскохозяйственного машиностроения меняется с точки зрения его географической структуры. Так, значительно замедлился темп роста традиционных рынков продаж развитых стран, в отдельных странах в последние годы наблюдалось снижение спроса. Теперь спрос на сельскохозяйственную технику сместился на рынки развивающихся стран, в т.ч. на страны Африки, которые активно вовлечены в механизацию своего сельского хозяйства. Наибольший интерес для холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» в части поставок зерноуборочных комбайнов представляют Зимбабве, Того, Буркина-Фасо, Нигерия, Гана, Кения.

Для рынка сельскохозяйственной техники большинства африканских стран характерны неудовлетворённая потребность в сельскохозяйственной технике, растущий уровень механизации. Это делает рынок данного региона перспективным для освоения. Также централизованные разовые закупки, периодически реализуемые государством, являются источником потенциальных объёмных заказов для холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ».

Наиболее перспективными для продвижения в африканский регион моделями техники являются зерноуборочные комбайны GS200, GS400, GS12A1 в комплектации с жаткой для уборки кукурузы на зерно, т.к. основной возделываемой культурой в данных странах является кукуруза. К тому же данные модели в наибольшей степени подходят по мощности, производительности и техническому уровню.

Всего за период 2020-2023 гг. на рынок стран Африки было поставлено 79 ед. техники и запасных частей к ней: 76 ед. комбайнов GS8 в Зимбабве и 3 ед. комбайнов GS12A1 в Того. В 2024 году прогнозируется реализация до 80 ед. зерноуборочных комбайнов в страны Африки. Поставка данных машин запланирована в рамках достигнутых договоренностей и контрактов с компанией «AFTRADE DMCC».

Товаропроводящая сеть холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ» включает в себя 98 субъектов в 21 стране мира и призвана способствовать повышению экспортного потенциала холдинга.

Основными функциями товаропроводящей сети являются:

– организация реализации и гарантийного обслуживания продукции;

– осуществление контроля за ситуацией на рынках продаж и продвижение продукции к потенциальным покупателям;

– организация и проведение на должном уровне маркетинговых исследований и рекламных мероприятий;

– повышение конкурентоспособности продукции за счет внедрения новых конкурентоспособных финансовых схем для конечных покупателей, высокого уровня предпродажной подготовки и технического обслуживания, оперативного реагирования на изменение рыночной конъюнктуры.

Проанализировав основные рынки продаж холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ», а также функционирование всей товаропроводящей сети, можно сделать вывод, что существуют значительные перспективы по увеличению экспортного потенциала холдинга.

УДК: 631.31

УМЕНЬШЕНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА

С.Г. Пархоменко, В.А. Оберемок
Азово-Черноморский инженерный институт-филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет",
г. Зерноград, Российская Федерация

В технологии возделывании сельскохозяйственных культур наиболее энергоёмкими являются операции основной обработки почвы. Главная причина недостаточной эффективности производства сельскохозяйственных культур заключается в несоблюдении энергосберегающих технологий их возделывания, следствием чего является постоянное переуплотнение почвы, которое связано с многократными проходами по полю тяжёлой с.-х. техники. Переуплотнение почвы является одним из видов физической деградации, приводящее к уменьшению пористости и влагопроницаемости.

В зоне недостаточного увлажнения основная задача обработки почвы заключается в создании оптимальных условий для максимального накопления запасов влаги и предотвращения непродуктивного её расхода. Сокращение непродуктивных потерь влаги достигается целостной системой мер, к которой относятся влагосберегающие и почвозащитные агротехнические приемы и технологии. Уменьшение поверхностного стока и физического испарения достигается путём создания мульчирующего слоя на поверхности и различных по структурному составу и плотности сложения слоёв почвы при её обработке.

Один из важнейших механических процессов – изменение плотности почвы играет существенную роль в получении урожая. При существующих технологиях возделывания с.-х. культур различные машины проходят по полю много раз. Согласно принятым нормам (ГОСТ 26955), для почв, содержащих 30-40% физической глины, к которым относится чернозём, максимальное давление гусеничных и колёсных движителей при влажности 18,6…21,7% не должно превышать 120…140 кПа.

Действие принудительного уплотнения, создаваемого движителями после прохода по полю, проявляется в зависимости от содержания гумуса и физической глины в почве, что объясняется их коллоидными свойствами. При этом противодействие принудительному уплотнению проявляется при достаточном количестве органического вещества и влаги. В зоне недостаточного увлажнения процессы минерализации гумуса превалируют

над его образованием, поэтому переуплотнение приводит к увеличению объёмной массы почвы.

Другой источник механического уплотнения почвы – рабочие органы почвообрабатывающих машин. Контактные давления на поверхности рабочих органов машины больше, чем развиваемые движителями тракторов и сельскохозяйственных машин, что приводит к образованию плужной подошвы и уплотненных глыб почвы.

При вспашке плугом трактор укатывает до половины поверхности поля. Под действием гусениц и колес микроагрегаты почвы разрушаются, распыляются, её плотность повышается, а капиллярность и влагопроницаемость уменьшается. Это приводит к снижению урожая сельскохозяйственных культур.

Особенно вредна многократная обработка в зонах недостаточного увлажнения. При интенсивной обработке теряется органическое вещество из-за выветривания и водной эрозии, ухудшается структура почвы, возрастает потеря влаги и образование глыб.

Среднеквадратическое отклонение плотности почвы в обработанном слое почвы больше, чем в необработанном слое. Почвообрабатывающее орудие нередко образует ядро уплотнения, которое затем вклинивается между почвой и рабочим органом, т.е. уплотненная почва поднимается на поверхность поля.

Плотность в ядре уплотнения в несколько раз выше, чем в ненарушенном слое почвы. Различие плотности в ядре уплотнения и в ненарушенном слое почвы находится в прямой зависимости от содержания в ней глинистых частиц. Ядро уплотнения и уплотненный слой почвы – причины образования перед поверхностью рабочих органов глыб почвы – призм волочения.

Слой чернозёма, расположенный под вспаханным, имеет более плотное сложение и распыленность почвенной массы, низкую водопрочную структуру, что объясняется уменьшением содержания водоустойчивых железо-гумусовых агрегатов почвы. Наибольшие изменения в содержании отмечены в верхнем (0-30 см) слое гумусового горизонта.

Переуплотнение почвы способно привести к физической деградации, которая с микроморфометрической стороны представляет собой процесс негативной трансформации строения пласта, следствием чего является уменьшение количества агрономически ценных агрегатов. Без обработки пласт при длительном содержании в режиме залежи уже не может разуплотниться до величины уплотнения в природном состоянии, но еще может разуплотниться с 1,40…1,50 до 1,20…1,28 г/см^3 [1].

С увеличением в почве органического вещества оптимум плотности пахотного слоя сдвигается в сторону снижения ее значений. Согласно нормативам изменения физических свойств чернозёмов в зависимости от

характера антропогенного воздействия диапазон значений оптимальной плотности пахотного слоя почв Ростовской области составляет 1,10…1,25 г/см^3, критической – более 1,35 г/см^3 при содержании гумуса 3,5…4,5% [2].

Наибольшее влияние на разуплотнение почвенной структуры из всех видов механического воздействия на почву оказывает отвальная вспашка. Чем более напряженными являются гидротермические условия почвы, тем хуже выражена структура и тем более она подвергается разрушениям при обработке. Это, прежде всего, относится к почвам засушливых степей.

В основу отвальной вспашки, помимо других задач, положено придание обрабатываемому горизонту гомогенности по строению и распределению питательных веществ.

Многочисленными исследованиями, проведёнными в различных почвенно-климатических условиях, установлено, что как бы тщательно ни был перемешан пахотный слой перед посевом яровых или озимых культур, к концу вегетации под влиянием корневой системы и микрофлоры возникает разнокачественность его по плодородию с падением сверху вниз.

Причину различий по плодородию частей обрабатываемого слоя некоторые исследователи видят в разном содержании подвижного азота или фосфора. При изучении генетических горизонтов различных почв было установлено, что причиной падения плодородия является снижение содержания подвижного фосфора или азота и фосфора. Отмечается заметная стабилизация гумусового баланса при сокращении числа отвальных вспашек. Утрата гумуса почвой в результате ее интенсивной отвальной обработки – одна из причин развития эрозионных процессов.

Разрушение структуры почвы, уменьшение её плотности под воздействием с.-х. техники ведёт к уменьшению как общей, так и дифференциальной пористости. В первую очередь уменьшается межагрегатная влаго- и воздухопроводящая пористость, которая определяет в основном водоудерживающую способность почв.

Уплотнение почв ведёт к ухудшению их питательного режима. При увеличении плотности на 0,1 г/см^3 нитрификационная способность резко уменьшается, а дальнейшее уплотнение приводит к денитрификации, что способствует нарушению поступления азота в растения и содержанию его в листьях. Установлено также снижение усвоения растениями фосфорных удобрений.

При увеличении или уменьшении плотности почвы от оптимальной, урожайность снижается. Если даже средняя плотность почвы имеет оптимальное значение, снижение урожайности неизбежно из-за изменчивой плотности почвы в верхнем корнеобитаемом слое.

В процессе уплотнения почвы уменьшается не только общий объем пор, но и их размер. Это особенно важно, так как корневые волоски не

могут расти, если поры почвы по размеру меньше 10 мкм. Поры менее 3 мкм уже недоступны микроорганизмам.

В чернозёмных почвах подпахотный слой по общему содержанию питательных веществ незначительно отличается от пахотного слоя. Но питательные вещества, особенно фосфорные, в плотном подпахотном слое находятся в недоступном для растений состоянии, и требуется усиленная аэрация, чтобы сделать их доступными для растений. Подпахотный слой чернозёмных почв оказывается более структурным, чем пахотный слой. Кроме того, в подпахотном слое нет семян сорных растений. Следовательно, выворачивание некоторого количества (10…15 см) подпахотного слоя в этих почвах улучшает структурное состояние пахотного слоя и очищает поля от сорных растений. Однако такое выворачивание должно сопровождаться внесением легкодоступного для растений фосфора. Поэтому возникает необходимость глубокого рыхления [3, 4] сухой почвы на большую глубину, чем глубина пахотного слоя, что способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур в 1,3-1,5 раза, повышению плодородия почвы. Анализ показал, под влиянием глубокого чизелевания объёмная масса в обрабатываемом слое почвы уменьшается на 3-21%, пористость увеличивается на 4-10%, а водопроницаемость почвы возрастает в несколько раз.

Деградация характеризуется изменением свойств почвы в результате избыточных нагрузок при всех видах землепользования, разрушающих почвенный покров, ухудшающих его физическое состояние и агротехнические показатели процесса. При этом наблюдается ухудшение водно-воздушного режима, условий существования почвенной биоты и является причиной усиления эрозионных процессов.

По способности восстановления почвы после деформации выделены 3 типа коагуляционных структур: тиксолабильные, тиксотропные и тиксостабильные. От прочности коагуляционных структур зависит текучесть почвы, ее податливость эрозионным процессам. Чем прочнее структурные связи в почве, тем более устойчива она к водной и ветровой эрозии. Переуплотнение почвы, вызывающее разрушение структурных связей, вызывает также усиление эрозионных процессов.

Разуплотнение почвы возможно также и за счёт процесса саморазуплотнения пласта. Многолетние травы положительно влияют на саморазуплотнение пласта, повышают плодородие почвы, способствуют понижению плотности, улучшают макроструктуру, аэрацию и водопроницаемость.

Во время обработки почвы и других сельскохозяйственных работ необходимо выбирать шины оптимальной конструкции и с оптимальными параметрами, регулировать давление в шинах, увеличивая пятно контакта. Согласно исследованиям [5, 6, 7, 8, 9] при снижении нормальной нагрузки на ходовые системы сельскохозяйственных машин в процессе выполнения

технологического процесса наиболее интенсивно уменьшаются напряжения в почве на глубине 0,5 м (на 50…70 %). Максимальные давления в контакте шин с почвой уменьшаются при этом на 11…20 %.

При оптимизации параметров движителей наблюдается большая контурная площадь контакта (на 3,14%), меньшее максимальное давление (на 3,05%) и нормальное напряжение на глубине 0,5 м (на 0,85%); применение шин 16,9-30ДП позволяет снизить прирост тягового сопротивления по следу колеса на 19,6% [10].

Литература

1. Медведев В.В., Словиньска-Юркевич А., Брик М. Физическая деградация почв, её диагностика, ареалы распространения и способы предотвращения // Грунтознавство. 2012. Т.13. №1–2. С. 5 – 22.

2. Кузнецова И.В., Азовцева Н.А., Бондарев А.Г. Нормативы изменения физических свойств почв степной, сухостепной, полупустынной зон Европейской территории России // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2011. Вып. 67. С. 3 – 19.

3. Пархоменко Г.Г., Пархоменко С.Г. Теоретическое исследование механизмов перемещения рабочих органов для обработки почвы // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: Сб. науч. докладов Междунар. научно-технич. конф. ФГБНУ ВИМ. Москва. 2015. С. 210 – 214.

4. Федоренко В.Ф., Киреев И.М., Марченко В.О. Исследование методов и технических средств для измерения глубины обработки почвы при испытаниях почвообрабатывающих машин // Техника и оборудование для села. 2019. №5. С. 12 – 17.

5. Гедроить Г.И., Захаров А.В., Варфоломеева Т.А., Кодзь М.Ю. Исследование стандартных показателей уровня воздействия ходовых систем на почву при переменной нагрузке // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции. Минск. 2014., С. 64 – 65.

6. Пархоменко Г.Г., Пархоменко С.Г. Оптимизация показателей технологических процессов сельскохозяйственного производства в растениеводстве // Хранение и переработка зерна. 2017 № 1 (209). С. 55-60.

7. Божко И.В. Кольцевой рабочий орган для обработки почвы // В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения. Материалы 7-й Международной научно-практической конференции, в рамках 17-й Международной агропромышленной выставки "Интерагромаш-2014". 2014., С. 78 – 81.

8. Щиров В.Н. Определение тягового сопротивления почвообрабатывающих машин // Механизация и электрификация сельского

хозяйства. 2011. № 8., С. 23 – 24.

9. Рыков В.Б., Таранин В.И. Машины для глубокой обработки почвы в засушливых условиях юга России // Техника и оборудование для села. 2005. № 9., С. 15 – 16.

10. Пархоменко С.Г., Пархоменко Г.Г. Экспериментальное исследование характеристик тракторных пневматических шин // Тракторы и сельхозмашины. 2017. №11., С. 40 – 48.

УДК 631.354.2

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДАЧИ МАССЫ В РОТОРНЫЙ СОЛОМОСЕПАРАТОР ДЛЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Д.Н. Серенок, А.В. Белый
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Аннотация: в работе представлен комплекс мероприятий по модернизации системы подачи хлебной массы в роторный соломосепаратор с целью повышения качества и эффективности работы комбайнов зерноуборочных GS3219, GH810.

1. Разработана новая конструкция сегментированного отбойного битера.

2. Изменена конструкция передачи привода отбойного битера с целью повышения частоты вращения.

3. В конструкцию роторного соломосепаратора введен распределительный щиток.

4. Изменена конструкция рамы молотильно-сепарирующего устройства.

Введение. Современный подход к проектированию новой сельхозтехники включает в себя разработку зерноуборочных комбайнов, которые отличаются высокой производительностью, надежностью, универсальностью, качественным обмолотом, уменьшением потерь, повреждения зерна и т.д.

Продолжительность уборочного процесса ограничена особенностями созревания культуры. Известно, что уборку необходимо проводить в максимально сжатые сроки, для этого нужно повышать эксплуатационную производительность зерноуборочных комбайнов, входящих в состав уборочно-транспортного комплекса. [3]

Основным показателем, определяющим производительность зерноуборочного комбайна при соответствующей ширине захвата жатки и скорости движения, является пропускная способность молотилки при допустимых потерях зерна. [1] Динамика роста пропускной способности комбайнов указывает на особую важность этого показателя в характеристике машин.

Совершенствование конструкций моделей зерноуборочных комбайнов в основном направлено на повышение пропускной способности молотилки за счёт увеличения размеров рабочих органов: ширины молотилки, диаметра барабана, угла обхвата подбарабанья, площади соломотряса, очистки и т.д. Частично повышение производительности достигается совершенствованием технологии и конструкции комбайна:

применение двухфазного способа обмолота, введение промежуточной зоны сепарации. [2]

Однако повышение производительности за счёт увеличения размеров рабочих органов является недостаточно эффективным, т.к. увеличиваются габариты комбайна, масса, металлоёмкость, энергоёмкость и т.д. [4]

В этих условиях назрела необходимость поэтапного усовершенствования отдельных узлов зерноуборочных комбайнов с целью повышения пропускной способности и эффективности их работы.

В данной работе рассматривается усовершенствование конструкции молотильно-сепарирующего устройства и роторного соломосепаратора самоходного зерноуборочного комбайна GS3219.

Комбайн зерноуборочный самоходный GS3219 – это производительный комбайн для широкого круга потребителей, с двухбарабанным молотильно-сепарирующим устройством гибридного типа, с шириной тракта 1500 мм. Комбайн оснащен барабаном-ускорителем диаметром 600 мм, молотильным барабаном диаметром 800 мм и роторным соломосепаратором.

Комбайн GS3219 с гибридной системой обмолота и сепарации отличается эффективной сепарацией остаточного зерна – принципиально новая технология сепарации по сравнению с обычными соломотрясами, что обеспечивает существенно большую производительность и повышает качество выполняемого технологического процесса.

Основные конструктивные элементы комбайна отработаны на серийных комбайнах GS600 и GS2124, что обеспечивает его высокую техническую и технологическую надежность.

Объект исследования. Система подачи массы в роторный соломосепаратор.

Цель исследования. Предлагаемые изменения конструкции позволят направить поток хлебной массы для оптимального распределения между роторами, а также обеспечивает значительное улучшение показателей технологического процесса: более равномерную подачу массы в роторный соломосепаратор, отсутствие забивания и наматывания на отбойный битер при уборке в тяжелых условиях и при уборке остистых культур.

Результаты исследования. В процессе эксплуатации комбайнов были выявлены ряд существенных недостатков исходной конструкции:

- при большой урожайности и тяжелых условиях уборки отбойный битер не справляется с потоком хлебной массы, что приводит к её сгруживанию и забиванию приемного окна роторного соломосепаратора, а также уход массы вверх на второй круг;

- при уборке остистых культур происходит наматывание хлебной массы на отбойный битер;

- происходит износ поперечных лопаток и как следствие выход из строя отбойного битера;

- наличие свободного пространства над отбойным битером (создается возможность забивания этого пространства хлебной массой и последующего возгорания);

- незащищенный вал вариатора (при скапливании массы над отбойным битером происходит наматывание массы на вращающийся вал привода вариатора).

Исходная конструкция системы подачи хлебной массы в роторный соломосепаратор представлена на рис. 1. Измененная конструкция подачи массы с учетом всех предложенных изменений представлена на рис. 2.

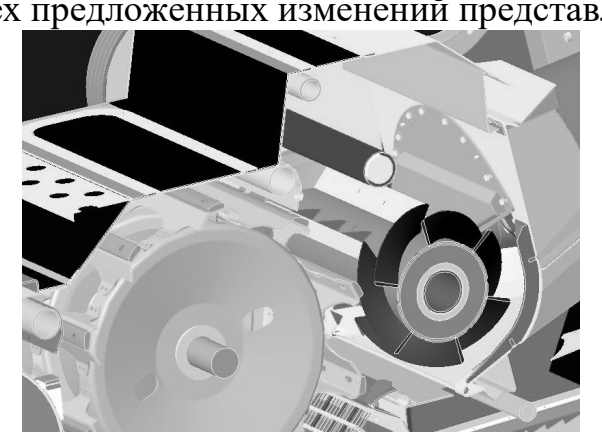


Рис. 1 – Исходная система подачи массы в роторный соломосепаратор



Рис. 2 – Измененная конструкция подачи массы в роторный соломосепаратор

Для устранения перечисленных недостатков предлагается комплекс мероприятий по изменению существующей конструкции: заменить серийный отбойный битер на сегментированный новой конструкции; изменить конструкцию передачи привода отбойного битера с целью повышения частоты вращения; ввести распределительный щиток в конструкцию роторного соломосепаратора; изменить конструкцию рамы молотильно-сепарирующего устройства.

В дальнейшем предлагаем рассмотреть каждое изменение по отдельности.

Конструкция серийного отбойного битера представляет (рис. 3) собой полую трубу с вваренными фланцами. В центре и по краям на трубу наварены направляющие витки, закрученные по спирали. Витки производят разделение хлебной массы на два потока и направляют в приемную горловину роторного соломосепаратора. В центре приварены лопатки, проталкивающие массу к входу горловины.

В процессе эксплуатации выявилось ряд существенных недостатков серийной конструкции:

1. Происходит износ поперечных лопаток и как следствие выход из строя отбойного битера.

2. Наматывание хлебной массы при уборке длинностебельных остистых культур.

3. Сгруживание массы при тяжелых условиях уборки (большой урожайности, повышенной влажности и т.д.).

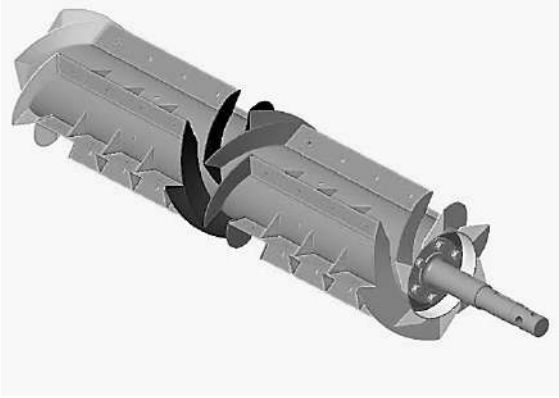


Рис. 3 – Отбойный битер серийной конструкции



Рис. 4 – Сегментированный отбойный битер новой конструкции

Для улучшения потока хлебной массы от системы обмолота до роторной системы сепарации предлагается оснастить зерноуборочные комбайны сегментированным отбойным битером новой конструкции.

Конструкция сегментированного отбойного битера представляет (рис. 4) собой полую трубу с вваренными фланцами (заимствованная с серийного отбойного битера). В центре и по краям на трубу наварены направляющие лопатки, производящие разделение массы на два потока. В

центре в шахматном порядке приварены капы, проталкивающие массу к входу горловины роторного соломосепаратора. В центре битера крепятся на болтах съёмные пластины-ножи. К капам и к направляющим болтами крепятся съёмные накладки.

В результате сравнительного анализа серийной и предложенной конструкций отбойного битера к наиболее существенным отличиям можно отнести следующие:

1. Большую активную площадь лопаток.

2. Расположение лопаток в шахматном порядке позволяет значительно активнее воздействовать на хлебную массу.

3. Наличие съёмных накладок, которые можно заменить при износе (улучшение ремонтопригодности).

4. Наличие активного делителя в центральной части отбойного битера (съёмные пластины-ножи), что значительно облегчает уборку остистых культур.

5. Большая степень унификации с серийной конструкцией.

Благодаря новой конструкции поток хлебной массы лучше распределяется и подаётся в роторный соломосепаратор даже при экстремальных условиях уборки.

Для улучшения технологического процесса, исключения процессов забивания и повышения эффективности работы отбойного битера предлагается увеличить частоту вращения битера в 1,4 раза.

Для увеличения оборотов предлагается изменить диаметры ведущего и ведомого шкивов. Исходная серийная конструкция привода отбойного битера представлена на рис. 5. Измененная конструкция передачи привода отбойного битера представлена на рис. 6.

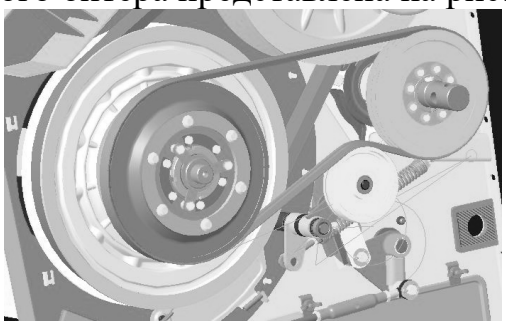


Рис. 5 – Исходная конструкция привода отбойного битера

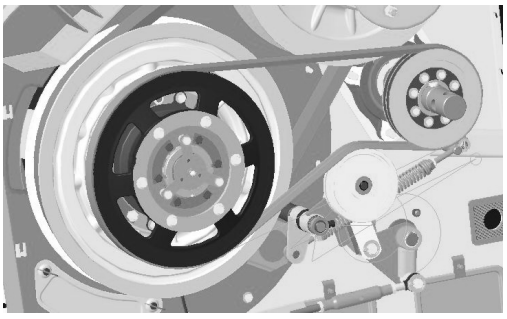


Рис. 6 – Измененная конструкция привода отбойного битера

При изменении диаметры шкивов подобраны так, что ремень и натяжной ролик остаются унифицированным с прежней серийной передачей.

Для улучшения подачи хлебной массы в роторный соломосепаратор применен дополнительный распределительный щиток над отбойным битером (рис. 7). Применение щитка позволит значительно улучшить качество технологического процесса. Он позволяет отвести хлебную массу от наиболее загруженной центральной части приемного окна роторного соломосепаратора и распределить массу по обеим сторонам. При этом не допуская сгруживания массы и наматывания ее на отбойный битер.

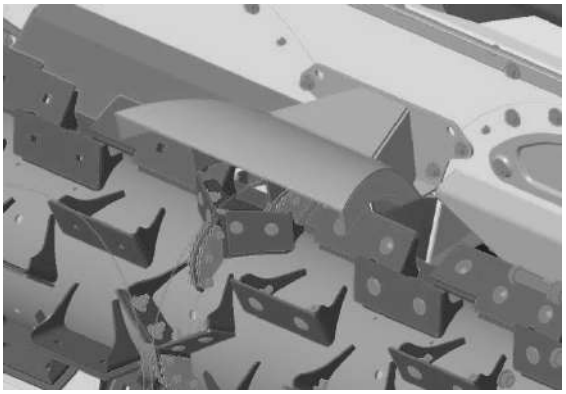


Рис. 7 – Щиток на роторном соломосепараторе

Также для улучшения технологического процесса подачи хлебной массы в роторный соломосепаратор необходимо изменить конструкцию рамы молотильно-сепарирующего устройства. Исходная серийная конструкция рамы представлена на рис. 8. Измененная конструкция рамы представлена на рис. 9.

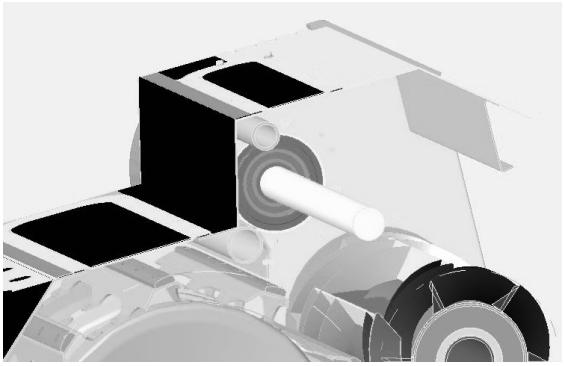


Рис 8 – Исходная серийная конструкция рамы

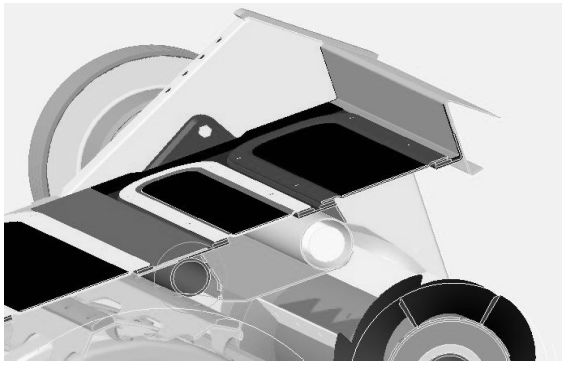


Рис. 9 – Измененная конструкция рамы

В результате сравнительного анализа серийной и предложенной конструкций рам можно увидеть ряд преимуществ новой конструкции:

1. Улучшен доступ к передним подшипниковым опорам роторов соломосепаратора за счет применения плоской крыши.

2. Введено дополнительное место за кабиной в крыше молотильно-сепарирующего устройства для хранения полезных мелочей.

3. Уменьшено расстояние между технологическим люком и отбойным битером.

4. Добавлен дополнительный технологический люк.

5. Введена неподвижная труба для исключения наматывания хлебной массы на вращающийся вал привода вариатора молотильно-сепарирующего устройства.

6. Для улучшения технологического процесса в средней части над отбойным битером между молотильным барабаном и битером применен дополнительный распределительный щиток.

Предложенные изменения конструкции рамы молотильно-сепарирующего устройства позволят убрать лишние полости и исключить условия для скапливания хлебной массы.

На настоящее время началась поэтапная реализация предложенных изменений конструкции системы подачи массы зерноуборочных комбайнов.

Следующие конструктивные решения, а именно: измененная конструкция передачи привода отбойного битера с целью повышения частоты вращения, измененная конструкция рамы молотильно-сепарирующего устройства были реализованы и испытаны на опытных образцах.

Полученные при испытаниях результаты подтвердили предполагаемую эффективность этих изменений на практике и были успешно внедрены в серийное производство.

Также были сделаны опытные образцы сегментированного отбойного битера новой конструкции и дополнительного распределительного щитка роторного соломосепаратора. На сегодняшний

день битер и щиток установлены на комбайн GH810 и проходит полевые испытания в сезоне 2023 года.

В период проведения испытаний будет дана оценка эффективности применения сегментированного отбойного битера новой конструкции и возможность дальнейшего использования его на серийных машинах.

Заключение. Благодаря предложенным изменениям конструкции поток хлебной массы лучше распределяется и подаётся в роторный соломосепаратор даже при экстремальных условиях уборки, исключены процессы забивания и значительно повышена эффективность работы отбойного битера и системы подачи массы в целом.

Для повышения эффективности работы зерноуборочного комбайна возможно применить все предложенные изменения конструкции или каждое из изменений по отдельности.

Конструкция нового сегментированного отбойного битера унифицирована и не требует переделки конструкции рамы и остальных узлов.

Литература

1. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. – Ленинград, 1955. – 764 с.

2. Казанский В.В. Справочное пособие по зерноуборочным комбайнам. – Гомель: РПУП «Полеспечать», 2000. – 388 с.

3. Лонцева И.А. Пути повышения эксплуатационной производительности зерноуборочных комбайнов//Дальневосточный аграрный вестник/ДГАУ, г. Благовещенск, Амурская область, Россия. – Благовещенск, 2017 №4(44)

4. Иванова В.Н. Повышение производительности и качества работы зерноуборочного комбайна на основе применения физической модели системы «комбайнёр – комбайн»: дис. канд. техн. наук – Челябинск, 1984

УДК 631

МОДУЛЬНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ БЛОКОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМБАЙНОМ

А.В. Уксусов
Общество с ограниченной ответственностью
«Научно-производственная фирма «АТИ»,
г. Екатеринбург, Российская Федерация

Распределённая система управления технологическим процессом отличается децентрализацией обработки данных, а также глубокой интеграцией модулей. В нашем случае управление технологическим процессом комбайнирования и взаимодействия с оператором. Для получения возможности максимально автоматизировать технологический процесс уборки поля, применяется широкая номенклатура различных электронных компонентов.

В процессе производства электронных компонентов одним из основных параметров является срок их эксплуатации, который обеспечивается схемотехническими решениями, выбором комплектующих компонентов, а также технологическими переделами настройки и тестирования выпускаемых компонентов.

Во многом именно этапы настройки и тестирования электронных компонентов определяют качество выпускаемых изделий, а также возможные объемы производства. Именно тут выявляются отказы, ранее допущенные в производственном цикле, и принимаются решения о соответствии каждого компонента его техническим условиям.

Для максимального исключения участия человека в процессе выпуска сложной серийной электронной продукции, а также оптимизации производственного процесса ООО НПФ «АТИ» внедряет автоматизированную систему контроля компонентов.

Архитектура автоматизированной системы контроля позаимствована у стандарта PC104, доработана, и реализована в виде набора различных электронных модулей, объединенных общей шиной, в которой находится питание и интерфейс CAN.

У каждого типа модулей реализована своя периферия. Один тип модуля умеет генерировать сигналы произвольной формы, другой измерять ток, напряжение, частоту, третий проверять цепи на сообщение разобщение, четвертый задавать сигналы с фиксированным значением напряжения и выходного сопротивления, и наконец пятый служит головным модулем для работы с питанием, внешними интерфейсами и как защита.

К стеку подключается нагрузка, представляющая собой электромагнитные клапаны такие же, как на комбайне, для имитации работы блока при штатных нагрузках, управляющее устройство в виде персонального компьютера, со специализированным ПО.

Специализированное ПО разработано в виде специального графического интерфейса с алгоритмами воздействия на тестируемый компонент, а также отдельного программного модуля, который при тестировании генерирует логи, сохраняя и накапливая их.

Алгоритмы тестирования электронных компонентов включают в себя способы прямого и косвенного выявления ошибок, проверку перекрестных связей, проверка на замыкание и размыкание контактов, контроль текущего потребления тока, алгоритм генерирования ошибок, собирающий информацию о стабильности отказа во времени.

В перспективе развития данной концепции разрабатывается ПО для общения с базами данных на предмет сравнения обнаруженных производственных дефектов во времени, от партии к партии.

Результатами внедрения модульной автоматизированной системы проверки электронных компонентов является возможность кратного увеличения объемов выпускаемой продукции без увеличения штата сотрудников.

Более глубокая унификация процессов тестирования, обеспечение предсказуемости этого технологического передела, быструю реакцию на внешние воздействия.

Существенно сокращается время освоения новой продукции, а также влияние человеческого фактора на процесс тестирования, поскольку при тестировании одного компонента система контролирует электрические параметры более 10 тыс. раз.

Обеспечение качества* конечного продукта с помощью системы автоматического тестирования, а также учет всего жизненного цикла продукции, профессиональный подход и высокая квалификация разработчиков ООО НПФ АТИ позволяет выпускать продукцию на уровне мировых аналогов.

Качество – это делать что-либо правильно, даже когда никто не смотрит.

Генри Форд

УДК 621.01

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КУЛАЧКА С ПОСТУПАТЕЛЬНО ДВИЖУЩИМСЯ ПЛОСКИМ ТОЛКАТЕЛЕМ

Н.В. Иноземцева, М.О. Прядко
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Кулачковые механизмы наряду с зубчатыми механизмами относятся к наиболее распространенному виду передаточных механизмов современных машин. Они позволяют осуществлять любой закон движения ведомого звена при непрерывном вращении кулачка, а также согласовать работу нескольких исполнительных органов машины, приводимых в действие разными механизмами.

Ведомое звено обычно бывает двух видов: с роликовым толкателем или с плоским толкателем.

При проектировании кулачковых механизмов главными критериями являются: допустимый угол давления при проектировании кулачка с роликовым толкателем и условие выпуклости при проектировании кулачка с плоским толкателем.

Данная работа посвящена получению условия выпуклости профиля кулачка с поступательно движущимся плоским толкателем (рис.1).

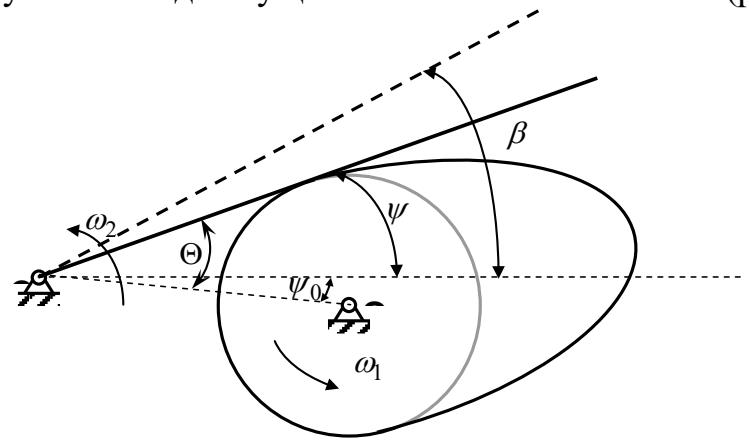


Рис. 1 – Кулачковый механизм

Используя заменяющий механизм (рис. 2) для определения радиуса кривизны профиля кулачка с коромысловым толкателем, была получена зависимость

$$\rho = L\frac{\dfrac{d^2\psi}{d\varphi^2}\cos\theta + \left(1-\dfrac{d\psi}{d\varphi}\right)\left(1-2\dfrac{d\psi}{d\varphi}\right)\sin\theta}{\left(1-\dfrac{d\psi}{d\varphi}\right)^3} \qquad (1)$$

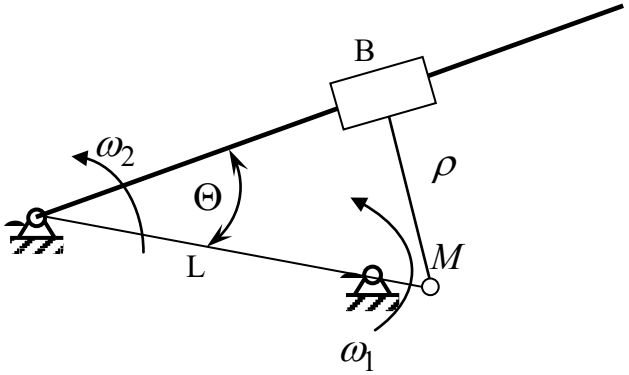


Рис. 2 – Заменяющий механизм

Радиус кривизны будет меньше нуля в том случае, если отрицательным будет или числитель, или знаменатель уравнения (1).

На основании теоремы Виллиса, а именно, что нормаль, проведенная через точку контакта высшей кинематической пары, делит межосевое расстояние на отрезки обратные пропорциональные угловым скоростям, было доказано, что выражение $\left(1-\frac{d\psi}{d\varphi}\right)^3$ является положительной величиной.

В этом случае условие выпуклости кулачка можно записать в следующем виде

$$\frac{d^2\psi}{d\varphi_2}+\left(1-\frac{d\psi}{d\varphi}\right)\left(1-2\frac{d\psi}{d\varphi}\right)tg\theta\geq 0 \qquad (2)$$

Рассмотрим произвольное положение механизма, изображенного на рис. 1.

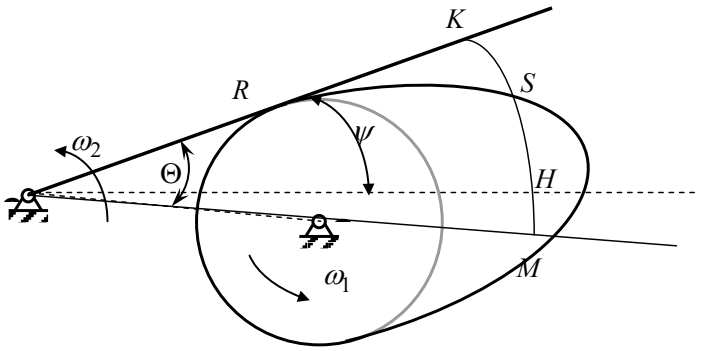


Рис. 3 – Произвольное положение кулачкового механизма

Возьмем на коромысле произвольную точку и радиусом проведем дугу . Согласно обозначениям чертежа, имеем

$$\theta=\frac{S}{R} \qquad (3)$$

$$\psi = \frac{s}{R} \tag{4}$$

Дважды дифференцируя выражение (4), находим

$$\frac{d\psi}{d\varphi} = \frac{1}{R} \cdot \frac{ds}{d\varphi} \tag{5}$$

$$\frac{d^2\psi}{d\varphi^2} = \frac{1}{R} \cdot \frac{d^2s}{d\varphi^2} \tag{6}$$

Подставляя значения , и из выражений (3), (5) и (6) в неравенство (2), получаем

$$\frac{1}{R} \cdot \frac{d^2s}{d\varphi^2} + \left(1 - \frac{1}{R} \cdot \frac{ds}{d\varphi}\right)\left(1 - 2\frac{1}{R} \cdot \frac{ds}{d\varphi}\right) tg\frac{S}{R} \geq 0 \tag{7}$$

или

$$\frac{d^2s}{d\varphi^2} + \left(1 - \frac{1}{R} \cdot \frac{ds}{d\varphi}\right)\left(1 - 2\frac{1}{R} \cdot \frac{ds}{d\varphi}\right) \frac{tg\frac{S}{R}}{\frac{1}{R}} \geq 0 \tag{8}$$

Механизм с поступательно движущимся толкателем (рис. 4) можно в пределе рассматривать как видоизменение механизма, изображенного на рис. 3, при удалении центра в бесконечность

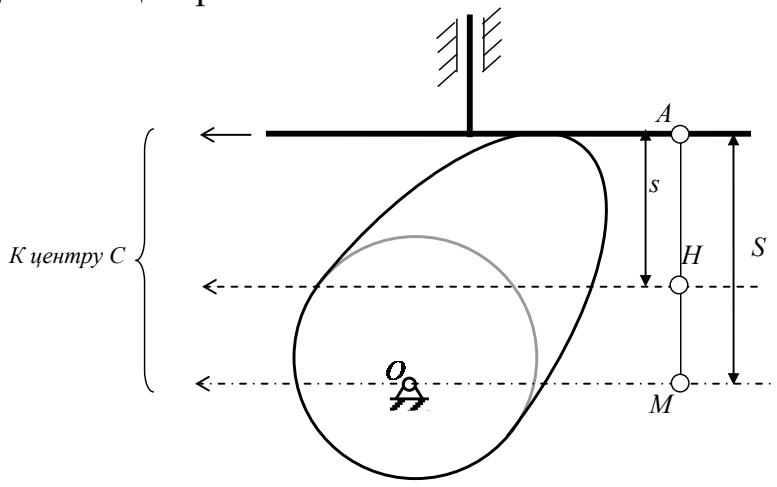


Рис. 4 – Видоизмененный кулачковый механизм

При неограниченном возрастании величины произведение

$$\left(1 - \frac{1}{R} \cdot \frac{ds}{d\varphi}\right)\left(1 - 2\frac{1}{R} \cdot \frac{ds}{d\varphi}\right) \tag{9}$$

стремится к 1.

Дробь $\dfrac{tg\dfrac{S}{R}}{\dfrac{1}{R}}$ при $R=\infty$ принимает неопределенную форму вида $\dfrac{0}{0}$.

Применяя правило Лопиталя, находим

$$\lim_{R\to\infty}\left[\frac{tg\frac{S}{R}}{\frac{1}{R}}\right]=\lim_{R\to\infty}\left[\frac{\frac{d}{dR}\left(tg\frac{S}{R}\right)}{\frac{d}{dR}\left(\frac{1}{R}\right)}\right]=\lim_{R\to\infty}\left[\frac{S}{\cos^2\left(\frac{S}{R}\right)}\right]=s \qquad (10)$$

Таким образом, выражение (8) с учетом (9) и (10) примет вид

$$\frac{d^2S}{d\varphi^2}+S\geq 0,$$

что представляет собой условие профессора Я.Л. Геронимуса.

Таким образом, было получено условие выпуклости профиля кулачка с поступательно движущимся плоским толкателем.

Литература

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин.– М.: Наука, 1975. – 640 с.

УДК 62-772:621.43.031

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТНВД КОМБАЙНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ПЕРЕНОСА

С.П. Псюкало, В.А. Луханин, В.А. Исмаилов
Азово-Черноморский инженерный институт-филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет",
г. Зерноград, Российская Федерация

В процессе работы топливного насоса высокого давления (ТНВД) двигателя комбайна происходит износ плунжера и втулки, связанный с попаданием в дизельное топливо абразивных включений, в результате чего образуется зазор, нарушающий подачу топлива.

Одним из перспективных направлений восстановления ресурса прецизионных пар является безразборный метод ремонта [1,2], а также продление безремонтного срока службы путем введения в состав топлива или смазки восстановительных композиций.

Состав различных добавок и композиций для восстановления и продления ресурса машин в большинстве случаев включает себя минерал серпентинит. Практика применения серпентинитов свидетельствует, что он способен внедряться в контактирующие поверхности черного металла под действием контактного давления, что приводит к восстановлению объема, формы и размеров изношенных деталей [3].

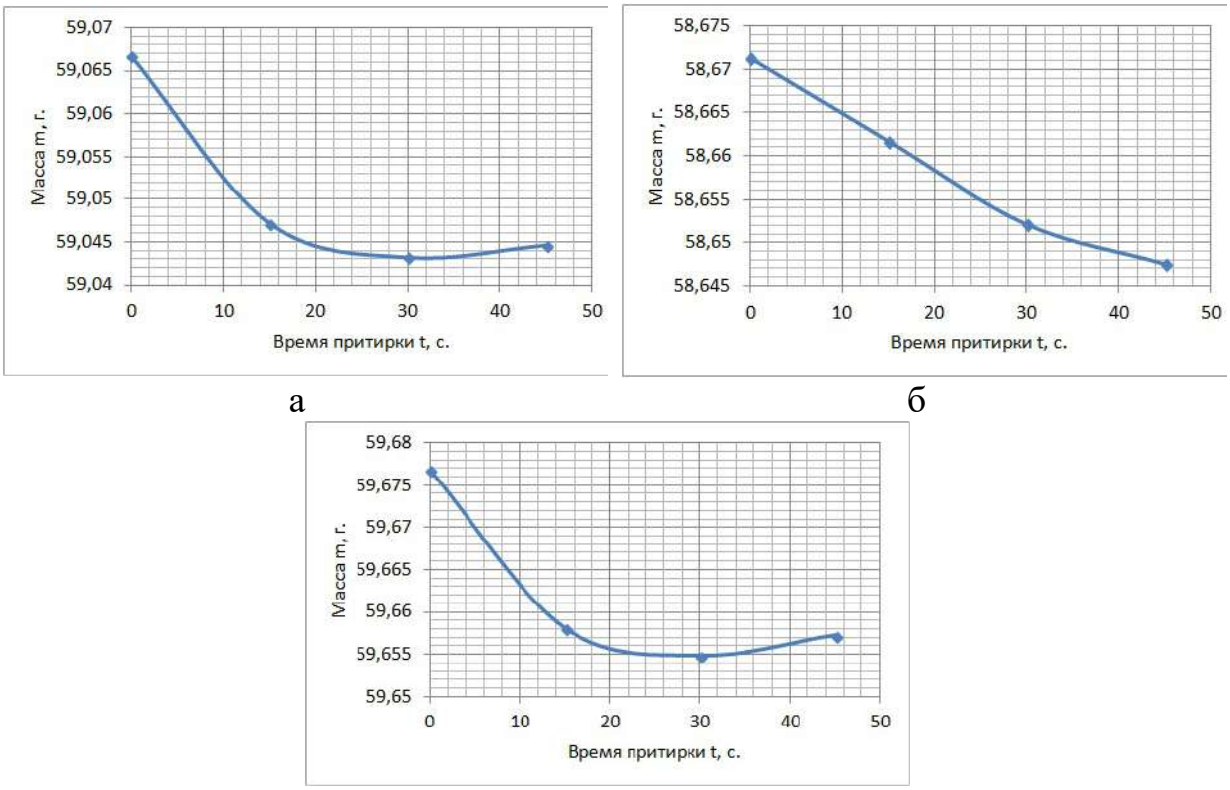
Природные материалы группы серпентинитов представляют собой порошок, который в маслах и прочих носителях не растворяется и не вступает с ними в химические реакции, не меняет вязкость масла ввиду очень малой концентрации, не является абразивным материалом, безвреден как в исходном состоянии (порошок), так и в процессе приработки [4].

Целью исследований являлось определение материала для восстановления плунжерных пар ТНВД комбайновых двигателей методом избирательного переноса.

Использовали три вида порошка серпентинита, с различным содержанием абразивных включений: №1 – порошок, содержащий максимальное количество абразивных включений; №2 – порошок, содержащий среднее количество абразивных включений; №3 – порошок, очищенный от абразивных включений.

Из порошка делали пасту, которую готовили экспериментальным путем – замешивали ее с дизельным топливом до состояния, с которым было удобно работать. Полученную смесь помещали в плунжерную пару и совершали возвратно-поступательное движение плунжера, относительно вращающейся втулки закрепленной в патроне сверлильного станка.

По результатам проведенных исследований определялась масса плунжерных пар на аналитических весах AR-2140 с точностью до 0,0001 г. Поверхность трения контролировалась на электронном микроскопе МИМ-8М при различной кратности увеличения. Периодичность притирки и контроля составляла 15 минут.



а б

в

Рис. 1 – Изменение весовых характеристик плунжера в зависимости от времени притирки: а - плунжер №1; б - плунжер №2; в - плунжер №3

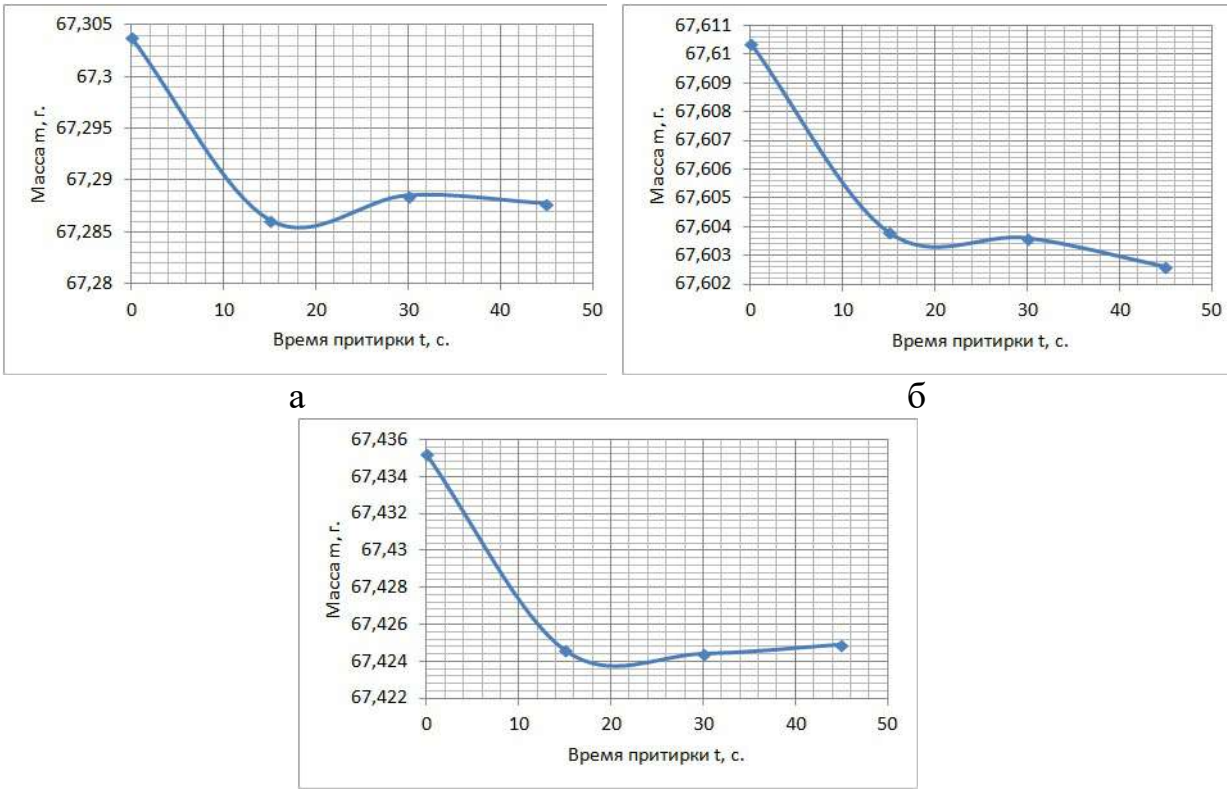


Рис. 2 – Изменение весовых характеристик втулки в зависимости от времени притирки: а - втулка №1; б - втулка №2; в - втулка №3

В результате исследований выявлено, что в начальный период, внесенный в дизельное топливо серпентинит, попадая в зону контакта, производит микрошлифовку поверхности, снимая оксидную пленку и часть основного металла. Это подтверждается потерей весовых характеристик, причем как плунжера (рисунок 1), так и втулки (рисунок 2).

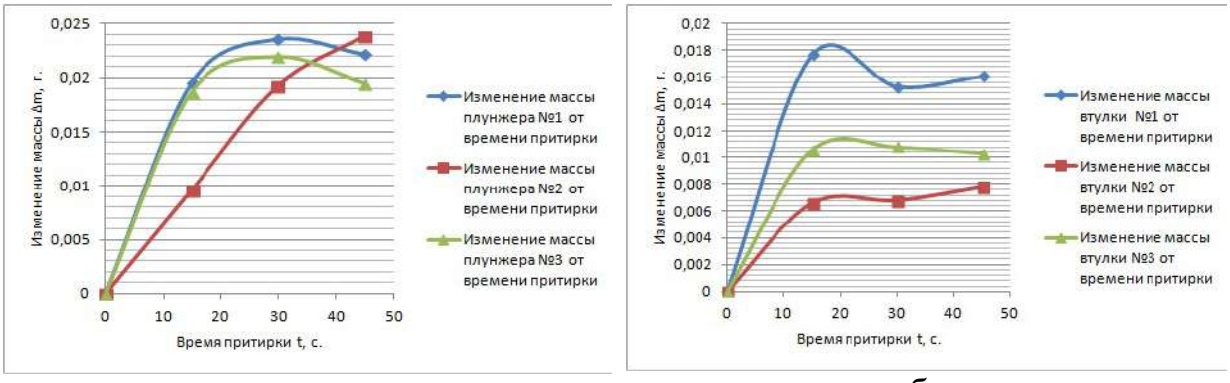
Анализ полученных результатов (таблица 1, таблица 2) показывает резкую потерю массы плунжера и втулки в начальный период времени, которые притирались 15 минут. Потеря массы составляет от 50% до 85% для плунжеров (рисунок 3 а) и около 100% для втулок (рисунок 3 б) от общего количества потерянной массы, в дальнейшем идет незначительная потеря массы притираемых элементов, а в некоторых случаях и прибавка веса.

Таблица 1. Результаты измерения плунжера

Время притирки	Масса плунжера, г.		
	№1	№2	№3
0 мин	59,0667	58,6713	59,6767
15 мин	59,0472	58,6617	59,658
30 мин	59,0432	58,6521	59,6548
45 мин	59,0446	58,6475	59,6572

Таблица 2. Результаты измерения втулки

Время притирки	Масса втулки, г.		
	№1	№2	№3
0 мин	67,3038	67,6104	67,4352
15 мин	67,2861	67,6038	67,4246
30 мин	67,2885	67,6036	67,4244
45 мин	67,2877	67,6026	67,4249



а б

Рис. 3 – Изменение массы втулки и плунжера в зависимости от времени притирки: а - плунжер; б - втулка

Однако говорить о том, что если мы увеличим время притирки восстанавливаемых элементов, то добьемся прибавки в массе плунжера и втулки по отношению к начальному времени притирки (0 минут) нельзя. Так как плотность материала, из которого изготовлена плунжерная пара больше, чем у минерала серпентинит, поэтому в случае восстановления полной герметической плотности плунжерной пары ее масса может быть меньше, чем перед восстановлением.

При длительной притирке серпентинит, внедрившись в поверхность металла, под воздействием контактных нагрузок диффундирует вглубь кристаллической решетки металла. Под воздействием давления и температуры в точке контакта из компонентов серпентинита формируется слой на контактирующих поверхностях.

Предполагается, что процесс формирования слоя будет происходить на втулке и плунжере одновременно, поскольку обе

контактирующие поверхности находятся под воздействием одной и той же нагрузки.

Поскольку абразивные частицы серпентинита производят микрошлифовку поверхностей, то мы получаем более низкую шероховатость. Анализ поверхностей на микроскопе показывает, что качество поверхности улучшается для всех видов порошков по сравнению с плунжерной парой, не проходившей притирку. Плунжерные пары, прошедшие притирку в течение 45 минут порошками №1 и №2, имеют глубокие риски на поверхностях (рисунок 4) однако эти риски закрыты, поэтому можно предположить, что у данных плунжерных пар будет увеличиваться гидравлическая плотность. Наилучшие результаты показывает порошок №3, очищенный от абразивных включений.

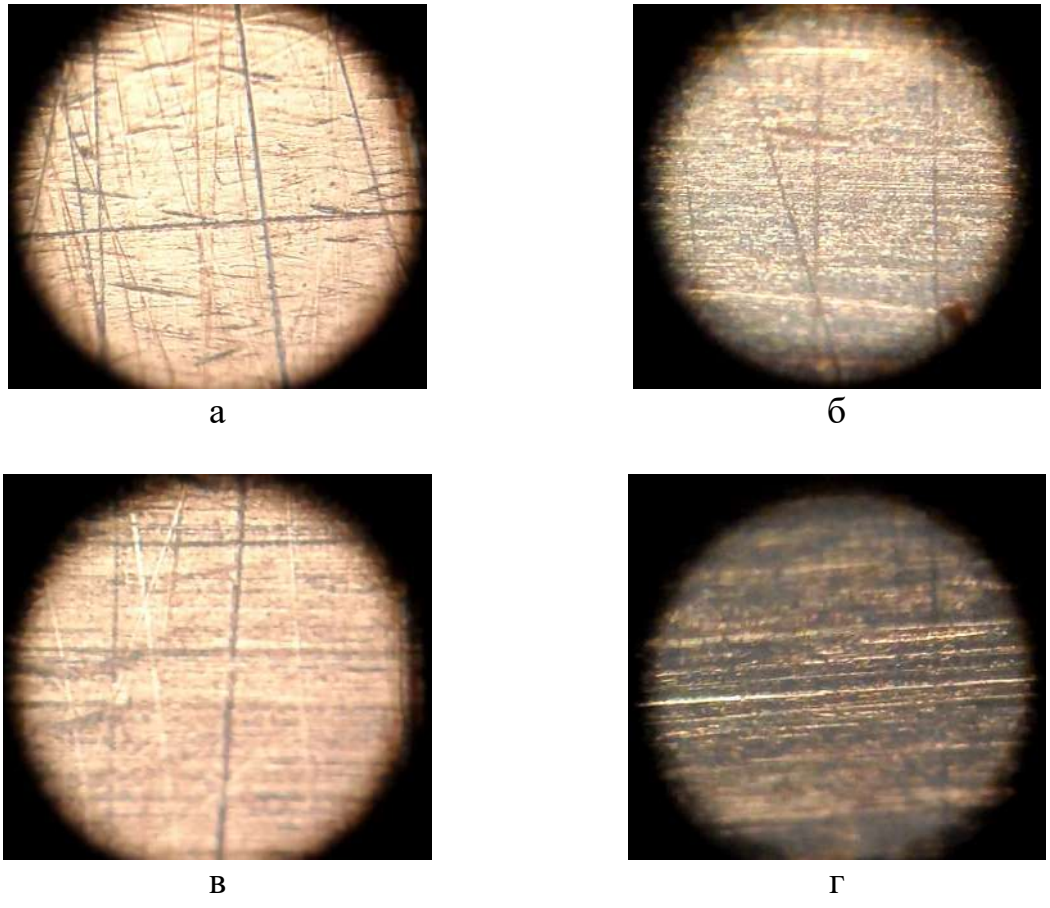


Рис. 4 – Поверхности плунжера после притирки (увеличение х150):
а - поверхность плунжера при использовании порошка №1; б - поверхность плунжера при использовании порошка №3; в - поверхность плунжера при использовании порошка №2; г - поверхность плунжера без притирки

На основе данных исследований можно сделать следующие выводы:

- при притирке плунжерных пар в начальный период происходит

микрошлифовка трущихся поверхностей, что подтверждается потерей веса плунжеров от 50% до 85% и для втулок около 100% от общего количества потерянной массы, затем происходит формирование слоя из компонентов серпентинита;

- визуально установлено при увеличении 150Х, качество поверхности плунжера заметно лучше с использованием порошка серпентинита, очищенного от абразивных включений (порошок №3).

В дальнейших исследованиях планируются стендовые испытания с использованием порошка №3, а также определение оптимальной концентрации серпентинита в топливе и режимов работы стенда, что в перспективе позволит выполнять безразборный ремонт ТНВД двигателей комбайнов.

Литература

1. Луханин В.А. К обоснованию безразборного метода ремонта ТНВД / Луханин В.А., Псюкало С.П., Сергиенко А.Г. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар: КубГАУ, 2014. №07(101).

2. Псюкало С.П. Восстановление плунжерных пар методом избирательного переноса / Псюкало С.П., Луханин В.А., Сергиенко А.Г. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. №3., С.20 – 22.

3. Нанотехнологии и наноматериалы в лесном машиностроении и техническом сервисе: Учебное пособие / В.В. Быков, В.И. Балабанов, И.Г. Голубев и др. / М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013. – 74 с.

4. Ерохин М.Н., Нанотехнологии и наноматериалы в агроинженерии. Учебное пособие / Ерохин М.Н., Балабанов В.И., Стрельцов В.В.; Под общей редакцией академика Россельхозакадемии М.Н. Ерохина. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 300 с.

УДК 631.171:65.011.56(075.8)

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВСЕРЕЖИМНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ В СРЕДЕ SIMINTECH

С.Г. Пархоменко, В.А. Исмаилов
Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ
г. Зерноград, Российская Федерация

В равновесном режиме работа двигателя внутреннего сгорания характеризуется постоянством угловой скорости коленчатого вала при заданной нагрузке. Поддержание такого режима возможно при условии равенства крутящего момента двигателя $M_д$ моменту сопротивления на коленчатом валу M_c [1].

В неравновесном режиме (в случае неравенства момента двигателя и момента сопротивления) возникают инерционные силы.

$$J_д \cdot \dot{\omega}_д = M_д - M_c, \qquad (1)$$

где $J_д$ – приведенный к коленчатому валу момент инерции двигателя.

$\omega_д$ – угловая скорость вала двигателя.

Характеристики крутящего момента двигателя и удельного расхода топлива (согласно [2, 3, 4]) могут быть представлены уравнениями регрессии:

$$M_д = a_0 + a_1 \cdot \omega_д + a_2 \cdot \omega_д^2 + a_3 \cdot h_p + a_4 \cdot \omega_д \cdot h_p + a_5 \cdot h_p^2, \qquad (2)$$

$$g_e = b_0 + b_1 \cdot \omega_д + b_2 \cdot \omega_д^2 + b_3 \cdot h_p + b_4 \cdot \omega_д \cdot h_p + b_5 \cdot h_p^2, \quad (3)$$

где a_1, b_i – коэффициенты регрессии;

h_p – отклонение рейки топливного насоса от положения, соответствующего номинальной подаче топлива.

Движение рейки топливного насоса, снабженного регулятором прямого действия, определяется движением муфты регулятора. Согласно [2], отклонение рейки топливного насоса УТН-5 определяется зависимостью:

$$h_p = 3{,}57 \cdot z, \qquad (4)$$

где z – перемещение муфты регулятора.

Без учета инерционных сил движение муфты регулятора описывается системой уравнений [5, 6, 7, 8]:

$$\left.\begin{aligned} \alpha_p \cdot \dot{z} + c_p \cdot z &= \frac{A(z)}{i_p^2} \cdot \omega_д^2 - F(\gamma), \text{ при } z \geq z_н \\ \alpha_p \cdot \dot{z} + c_к \cdot z &= \frac{A(z)}{i_p^2} \cdot \omega_д^2 - F_{к0}, \text{ при } z < z_н \end{aligned}\right\},$$

где $z_н$ – положение муфты регулятора, соответствующее номинальной подаче топлива;

α_p – коэффициент вязкого трения в регуляторе;

c_p, $c_к$ – приведенные к муфте жесткости пружин регулятора и корректора;

$A(z)$ – коэффициент поддерживающей силы;

i_p – передаточное число привода вала регулятора;

$F(\gamma)$ – усилие затяжки пружины регулятора, зависящее от угла поворота рычага управления регулятором γ;

$F_{к0,}$ – начальное усилие затяжки пружины корректора.

Совместное решение уравнений (2) и (6) представляет определенную сложность. Для решения обычно используются численные методы интегрирования.

SimInTech – российская система модельно-ориентированного проектирования систем автоматического управления; это среда создания математических моделей, алгоритмов управления, интерфейсов управления и автоматической генерации кода для программируемых контроллеров и графических дисплеев.

В SimInTech использован метод структурного моделирования, базирующийся на математических моделях систем автоматического регулирования в виде их структурных схем.

В SimInTech принята графическая форма ввода исходных данных в компьютер в виде структурной схемы моделирования, которую составляют с использованием соответствующих блоков, имеющихся в библиотеках программного комплекса. По внешнему виду структурная схема моделирования полностью повторяет исходную структурную схему с добавлением специальных блоков для формирования внешних воздействий на систему (задающего и возмущающих воздействий) и регистрации переходных процессов. Возможность графического ввода исходных данных обеспечивается наличием в SimInTech графического и текстового редакторов, а также библиотеки графических представлений функциональных блоков.

Графически представленная математическая модель в виде ее структурной схемы, введенная в компьютер посредством программных средств SimInTech, автоматически преобразуется в систему уравнений в форме Коши и решается численными методами интегрирования.

Структурная схема дизельного двигателя с регулятором частоты вращения в в SimInTech представлена на рис. 1.

Перемещение муфты регулятора определяется в блоке (рис. 2) по формулам (6). Крутящий момент двигателя рассчитывается в блоке (рис. 3) на основе частоты вращения и положения муфты регулятора.

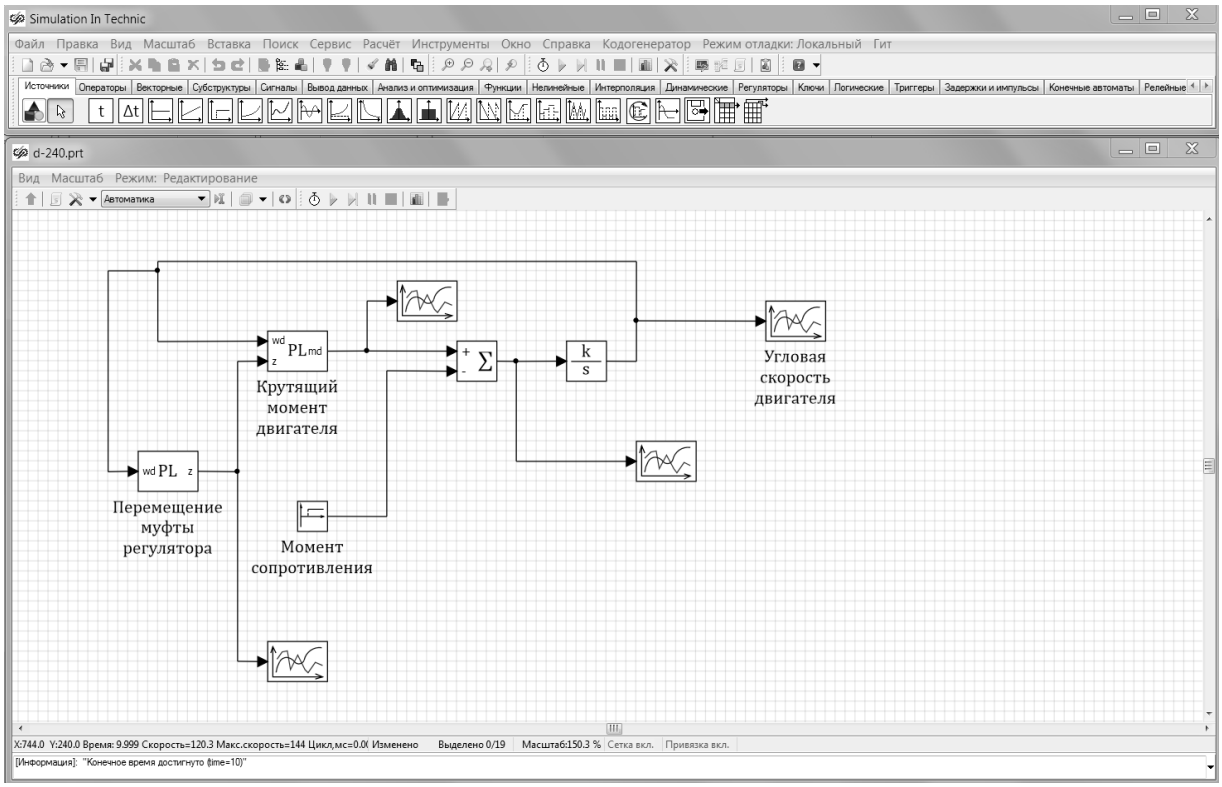


Рис. 1 – Структурная схема дизельного двигателя с регулятором частоты вращения в SimInTech

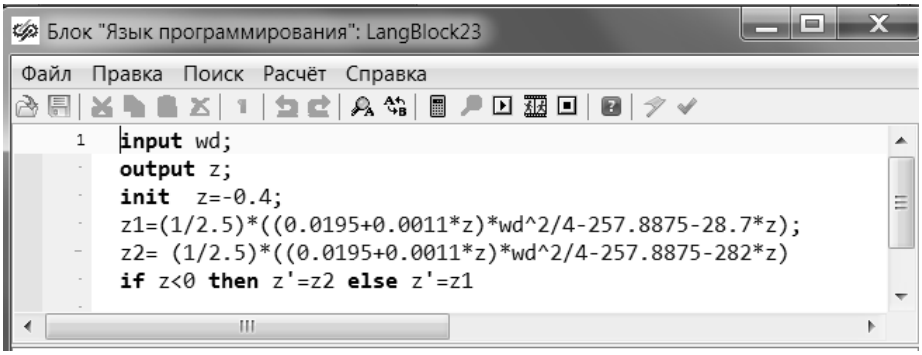


Рис. 2 – Блок «Перемещение муфты регулятора»

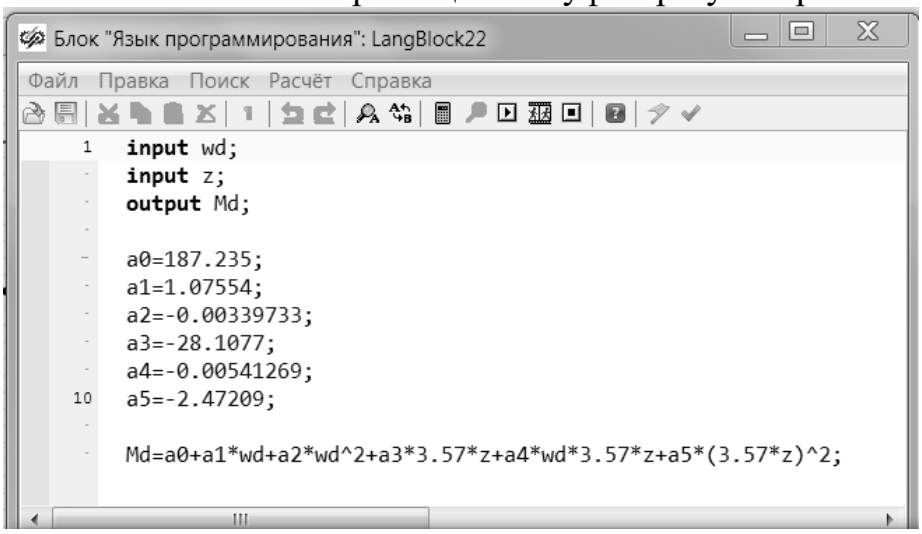


Рис. 3 – Блок «Крутящий момент двигателя»

Сопротивление на коленчатом валу задается блоком «Момент сопротивления». Сигналы из блоков «Крутящий момент двигателя» и «Момент сопротивления» поступают на блок «сумматор», выход из которого идет на блок «интегратор». На выходе из интегратора получается угловая скорость коленчатого вала двигателя. Этот сигнал подается на блоки «Крутящий момент двигателя» и «Перемещение муфты регулятора».

Для просмотра результатов расчета угловой скорости момента двигателя, перемещения муфты регулятора используются блоки «Временной график». Результаты расчета представлены на рис. 4…5.

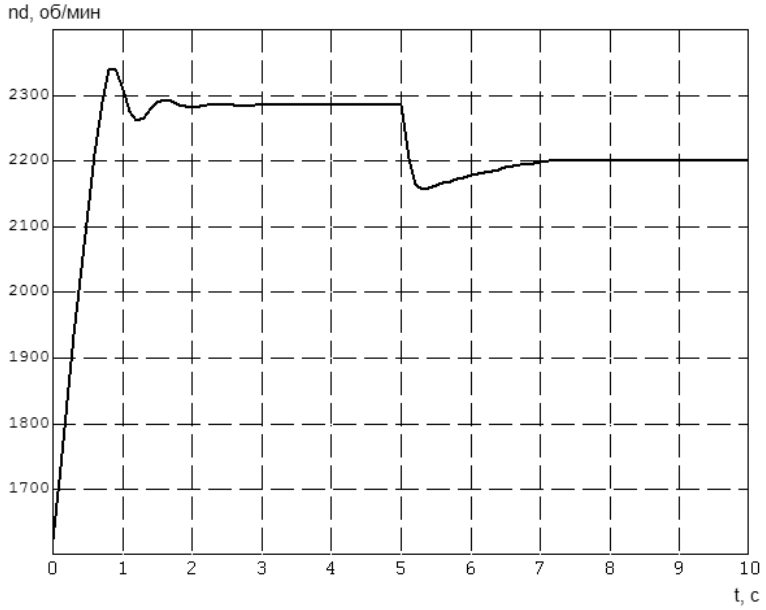


Рис. 4 – Частота вращения коленчатого вала двигателя

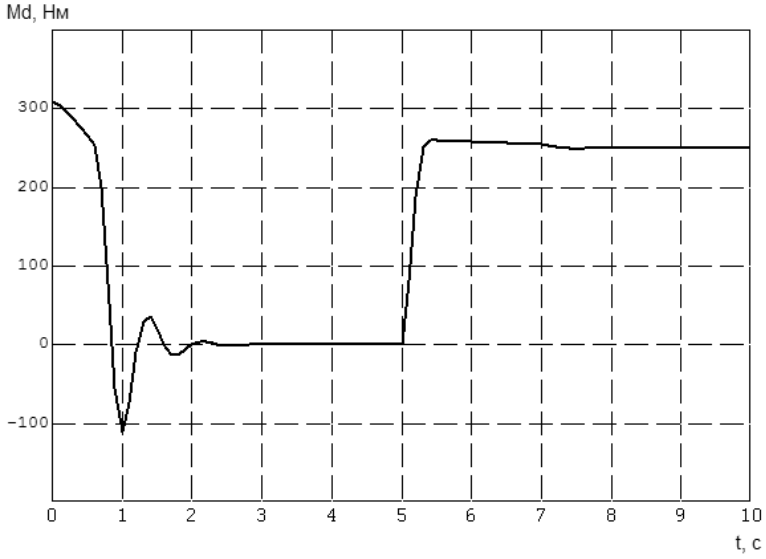


Рис. 5 – Крутящий момент двигателя

В начале двигатель разгоняется без нагрузки с частоты 1625 об/мин и выходит на режим холостого хода. Затем на 5 секунде работы ступенчато увеличивается момент сопротивления. Далее двигатель работает при постоянной нагрузке.

Для решения других задач вместо блока «Момент сопротивления» присоединяется другой блок или цепочка блоков, моделирующих трансмиссию трактора и т.п.

Моделирование с использованием SimInTech позволяет анализировать работу дизельного двигателя с регулятором на различных режимах, совершенствовать работу регулятора и т.д.

Литература

1. Кутьков Г.М. Тяговая динамика тракторов / Г.М. Кутьков – М.: Машиностроение, 1980. – 215 с.

2. Ксеневич И.П. Системы автоматического управления ступенчатыми трансмиссиями тракторов / И.П. Ксеневич, В.П. Тарасик – М.: Машиностроение, 1979. – 280 с., ил.

3. Тарасик В.П. Проектирование колесных тягово-транспортных машин / В.П. Тарасик – Минск.: Вышэйш. шк., 1984. – 163 с., ил.

4. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет. Учеб. для студентов машиностроительных специальностей вузов / Под общ. ред. И.П. Ксеневича. – М.: Машиностроение, 1991. – 544 с.: ил.

5. Пархоменко, С.Г. Совершенствование функционирования МТА с колесным трактором класса 1,4 на основе оптимизации параметров пневматических шин / Пархоменко Сергей Геннадьевич // Дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 – Зерноград, 1999. – 156 с.

6. Пархоменко, С. Г. Моделирование технологических процессов по информационным параметрам на примере расчета двигателя Д-240 / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник / Национальная академия наук Беларуси, Республиканское унитарное предприятие «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». Вып. 51. – Минск: Беларуская навука, 2018. – С. 249 – 255.

7. Пархоменко, С. Г. Моделирование работы дизельного двигателя с всережимным регулятором в программном комплексе "МВТУ" / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Современная техника и технологии: проблемы, состояние и перспективы: Материалы V Всероссийской научно-практической конференции, Рубцовск, 26–27 ноября 2015 года. – Рубцовск: Рубцовский индустриальный институт, 2015. – С. 6 1– 68.

8. Пархоменко, С.Г. Моделирование в ПК "МВТУ" дизельного двигателя с регулятором частоты вращения / С. Г. Пархоменко // Совершенствование конструкций и повышение эффективности эксплуатации колесных и гусеничных машин в АПК: межвузовский сб. науч. трудов. – Зерноград: АЧГАА, 2010. – С. 127 – 132.

УДК 631.171

НОВЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С УДАРОПОГЛОЩАЮЩИМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

М.В. Суханова
Азово-Черноморский инженерный институт-филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет",
г. Зерноград, Российская Федерация

Подготовка семян к посеву является первым этапом механического воздействия на семена рабочих органов машин в технологической схеме возделывания сельскохозяйственных культур. От качества предпосевной подготовки семенного материала зависит будущий урожай. Поэтому перед посевом семена должны быть полностью покрыты препаратом, защищающим будущие всходы от вредителей и болезней и не иметь повреждений, снижающих их жизнеспособность.

Предварительный анализ показал, что семеноводческие и сельскохозяйственные предприятия, занимающиеся производством зернобобовых, яровой пшеницы твердых сортов и других легкотравмируемых культур, нуждаются в компактных машинах малой (до 2 т/час) и средней производительности (от 5 до 8 т/ч) и малой потребляемой мощности, исключающих дробление и оказывающих наименьшее травмирующее воздействие на семенной материал.

В Азово-Черноморском институте разработаны и апробированы машины для предпосевной обработки семян непрерывного (рис.1) и периодического действия (рис.2) с ударопоглощающими рабочими органами в ряде фермерских хозяйств Зерноградского района Ростовской области [1]. Предлагаемый способ обработки семян химическими или



Рис. 1 – Поточный смеситель-инкрустатор для биологической и химической обработки семян перед посевом



Рис. 2 – Порционный смеситель-инкрустатор

биологическими препаратами и устройства для его осуществления защищены патентами Российской Федерации [2, 3, 4, 5]. Рабочие органы

машин выполнены в виде цилиндрической оболочки, одновременно являющейся смесительной емкостью, в которую подается семенной материал и впрыскивается биологический или химический препарат. Снаружи снизу смесительная емкость машин непрерывного действия подвергается интенсивному ударному воздействию активных элементов механизма привода различного типа. Отличительной особенностью созданных машин является способность их рабочих органов, изготовленных из высокоэластичного полиуретана, поглощать разрушительную для семян энергию удара посредством встряхивающего импульсивного воздействия на семенной материал, обеспечивая полное покрытие поверхности семян химическими или биологическими препаратами. Для оценки качества получаемой смеси, состоящей из частиц сыпучего тела и частиц жидкости, использовано разработанное комплексное программное обеспечение – Анализатор Качества Смеси, выполняющий анализ однородности покрытия семян препаратом-протравителем и сигнализирующий контролирующему устройству о завершении процесса предпосевной обработки.

В результате выполнения сравнительных производственных испытаний разработанного смесителя-инкрустатора непрерывного действия установлено:

– травмирование семян гороха не превышает 0,5% при производительности от 2 до 5 т/ч, что в 50 раз ниже показателя травмирования в протравливателе типа ПС-10 и в 40 раз ниже, чем в протравливателях со шнековым рабочим органом. Дробление семян при выполнении предпосевной обработки в разработанных машинах отсутствует;

– степень равномерности смешивания препарата с семенами составляет 99,2 %;

– полнота покрытия семенного материала препаратом составляет 100,5%.

В результате выполнения сравнительных экспериментальных исследований разработанного смесителя-инкрустатора периодического действия установлено:

– минимальное травмирование семян гороха происходит при обработке в рабочей емкости, изготовленной из эластомера, и составляет 0,02%, что в 200 раз меньше минимального повреждения семян в смесителе-инкрустаторе, выполненном из стали, покрытой эластомером, и в 350 раз меньше минимальноого повреждения семян в смесителе-инкрустаторе, выполненном из стали;

– минимальное травмирование и 100%-ное покрытие семян препаратом обеспечивается при соблюдении следующих режимов работы: частота вращения смесительной емкости от 25 до 35 мин$^{-1}$, продолжительность смешивания – 30 – 40 секунд.

Определены показатели качества семян после их обработки в разработанных машинах с ударопоглощающими рабочими емкостями без

внутренних перемешивающих устройств: всхожесть семян – 99%; энергия роста – 98%; травмирование семян – не более 0,5%; раскалывание семян отсутствует.

Разработанная машина для предпосевной обработки семян непрерывного действия направлена на модернизацию с целью дальнейшей реализации промышленным предприятием Ростовской области по лицензионному соглашению.

Литература

1. Суханова, М.В. Обоснование применения ударопоглощающих рабочих органов для снижения травмирования и интенсификации предпосевной обработки семян / М.В. Суханова// Вестник аграрной науки Дона. –2020. – №3 (51) – С. 4 – 10.

2. Пат. 2618106 Российская Федерация, МПК A01C 1/06. Способ предпосевной обработки семян и устройство для его осуществления / М.В. Суханова, А.В. Суханов, С.В. Малиновский // заявитель и патентообладатель Суханова М.В. – № 201613101318, заявл. 19.01.2016; опубл. 02.05.2017.

3. Пат. 2666364 Российская Федерация МПК A01C 1/06 Передвижное устройство для предпосевной обработки семян [Текст]/ Суханова М.В.; заявитель и патентообладатель Суханова М.В. - № 2017131820; заявл. 12.09.2017; дата гос. регистрации 07.09.2018.

4. Пат. 186654 Российская Федерация МПК A01C 1/06 Устройство для предпосевной обработки семян [Текст]/ Суханова М.В.; заявитель Суханова М.В., патентообладатель ООО НПП «Деметра» – №2018129980; дата публ. 28.01.2019; дата гос. регистрации 17.08.2018.

5. Пат. 2707641 Российская Федерация МПК A01C 1/06 Устройство для предпосевной обработки семян [Текст]/ Суханова М.В.; заявитель и патентообладатель Суханова М.В. – №2019112592; заявл. 24.04.2019; дата гос. регистрации 28.11.2019.

УДК 501.22:621.763

ТЕХНОЛОГИЯ НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНОЙ И ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В.А. Калиниченко
Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Композиционные материалы (КМ) применяются в различных отраслях промышленного производства [1-3]. Широкое распространение получило изготовление деталей ответственного назначения из КМ различными методами литья, но они требуют специальной формообразующей оснастки [3, 4]. Стоимость такой оснастки, изготавливаемой с использованием традиционных технологий, в несколько раз превышает стоимость создаваемых изделий, а ее изготовление трудоемко. В связи с этим представляется актуальным и возможным применение высокоэнергетических технологий для получения изделий конкретного назначения из композиционных материалов, в частности, на основе меди.

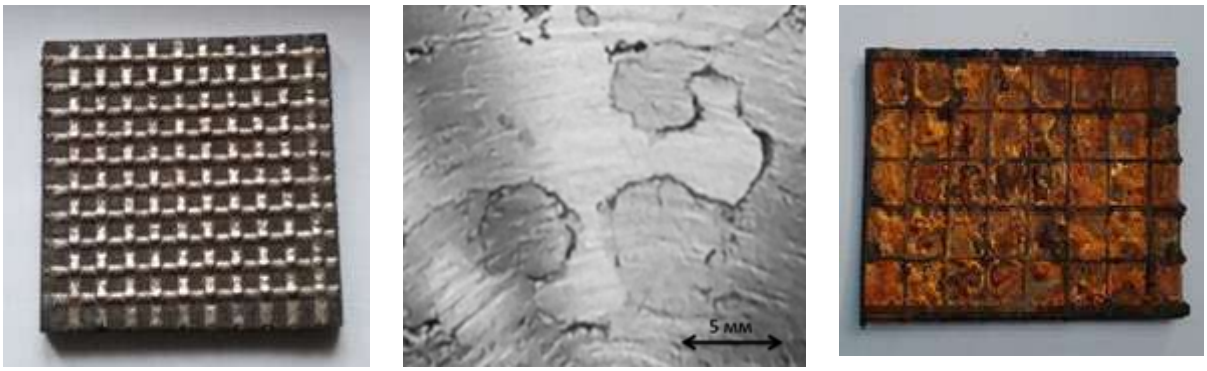
Объектом исследований являлся макрогетерогенный КМ на основе бронзы БрКМц3-1, армированный гранулами карбида кремния фракции 100-300 мкм. Аналогом являлся литой композиционной материал, того же состава с шагом расположения гранул 1,5 – 3,0 мм, полученный литьем в кокиль.

В качестве способа получения композиционных материалов предложено использование предварительной лазерной наплавки никелевых валиков порошком ПГ-12-01на стальную подложку (рис. 1, поз. а), с последующим нанесением покрытий на основе цветных сплавов, армированных микрочастицами и макрочастицами карбидов (рис 1, поз. б). Наплавка сетки проводилась с помощью CO_2 лазера, с шагом 5х5 мм на образец размерами 100х100 мм, при скорости сканирования v=100 мм/мин.

На первом этапе была проведена лазерная наплавка, которая сопровождается оплавлением валиков из железоникелевого сплава, что обеспечивает более прочное их соединение с упрочняемой поверхностью детали и повышает их твердость (рис. 1, поз. а). Для этого на образцы из железоуглеродистого сплава методом лазерной наплавки наносили валики из порошка железоникелевого сплава. Лазерную наплавку производили на технологическом комплексе на базе CO_2 – лазера непрерывного действия типа «Комета» мощностью 1,0 КВт и координатного стола с системы ЧПУ «РУХ -5,0».

На втором этапе проведена очистка образца в растворе ингибиторов с последующей его зафлюсовкой, специально разработанными флюсовыми

составами на основе производных борной кислоты (рис. 1, поз. б), с последующей кратковременной выдержкой в термической печи или сушильном шкафу при температуре около 350°С.



а б в

Рис. 1 – Этапы создания композиционной слоистой структуры: а – образец с предварительно нанесенной сеткой, б – образец с «окошками», заполненными микрочастицами, в – образец после индукционной наплавки, перед механической обработкой

Далее был проведен индукционный нагрев подготовленных образцов до температуры 1050°С с оплавлением бронзового порошка для обеспечения образования монолитного сплавления композиционного покрытия с основой детали и с предварительно нанесенными валиками. Толщина валиков была выбрана в пределах 0,5 - 1,5 мм из условия обеспечения возможного износа изделия и припуска на механическую обработку (рис. 1, поз. в). Выдержка наносимого по предлагаемой технологии покрытия при индукционном нагреве была необходима для обеспечения полного протекания процесса спекания порошка и диффузионного соединения основы изделия с материалом валика (рис. 1, поз. в). Для этого углубления были заполнены бронзовым порошком необходимых марок в зависимости от способа эксплуатации изделия. Далее проводилось его оплавление с помощью индукционного нагрева с применением инверторной установки ІНМ 30-8-50 и выдержкой при температуре нагрева около 1100°С в расплавленном состоянии в течение времени, необходимого для полного протекания реакции в графитовом тигле, использованном в качестве стабилизатора, с последующим охлаждением на воздухе.

В результате был получен слоистый композиционный материал толщиной около 600-700 мкм. Получение композиционного покрытия (с предварительно нанесенной сеткой, состоящей из валиков) без индукционного нагрева приводит к формированию неравномерной структуры с распределенными порами. Нанесение валиков вдоль и поперек рабочей поверхности с последующим индукционным оплавлением порошка бронзы, предварительно помещенного в образованные стенками

валиков углубления, позволяет повысить качество покрытия за счет лучшего сцепления с основой образца. Нанесение валиков с небольшим шагом не позволяет избежать пористости из-за некачественного заполнения углубления порошком бронзы вследствие низкой текучести и технически трудноосуществимо. Использование шага валиков больше заявленных значений существенно не повышает механические свойства композиционного покрытия по сравнению со свойствами покрытия, полученного известным способом [5]. По результатам электронно-микроскопических исследований была выявлена высокая адгезия сетки, полученной методом лазерной наплавки, и бронзовой матрицы.

За исключением несущей основы в поверхностном слое, основную нагрузку несет матрица, в виду ее превалирующего количества в сравнении с армирующей составляющей. Проведен металлографический и химический анализ матрицы, расположенной на ранее выбранной подложке. Было выявлено, что матрица имеет хорошую зону контакта с материалом основы, однако, при нанесении покрытий (в рассматриваемом случае бронза БрКМц3-1), хотя ей свойственна высокая газонасыщаемость, что может оказать негативное влияние на свойства получаемых композиционных покрытий. Это подтверждается химическим анализом композиционного материала представленный в таблице 1. Видно значительное насыщение материала кислородом, до 0,7%. Это и объясняет наличие газовой пористости в полученном изделии.

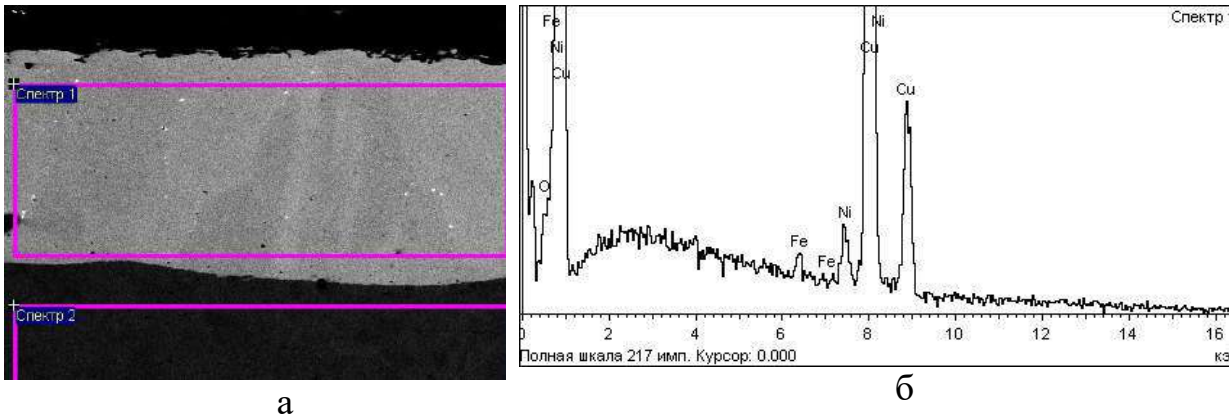
Зона проведенного химического анализа композиционного материала представлена на рисунке 2, поз. а. Первая линия для картирования была выбрана в зоне полученного материала, вторая была взята с целью определения связи нанесенного композиционного материала и материала подложки (рис. 2, поз. а). Распределение элементов в исследуемом образце представлено на рис. 2 поз. б.

Таблица 1. Анализ элементов в исследуемой зоне нанесенного композиционного материала

Спектр	O	Si	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Итого
Спектр 1, %	0,70				0,63	2,36	96,31	100,00
Спектр 2, %		0,16	0,13	0,36	99,04		0,31	100,00
Макс., %	0,70	0,16	0,13	0,36	99,04	2,36	96,31	
Мин.,%	0,70	0,16	0,13	0,36	0,63	2,36	0,31	

Для оценки свойств получаемых композиционных материалов было принято решение об изучении их микротвердости. Испытания проводились на базе НТП БНТУ «Политехник» с использованием микротвердомера AFFRI MVDM8 (Италия) с нагрузкой на индентор 0,2 кг и временем выдержки 15 секунд. Как показали исследования,

композиционные покрытия с размером упрочняющих фаз менее 100 мкм, нанесенные индукционной наплавкой, имели равномерную структуру и микротвердость.



а б

Рис. 2 – Зона контакта матрица – материал подложки: а – общий вид; б - распределение основных элементов в исследуемой зоне матричного сплава

При увеличении размера частиц до 200 – 500 мкм, произошло значительное повышение показателей микротвердости. Переходная зона, полученная лазерной наплавкой, обладает твердостью порядка 270 единиц по Виккерсу. Далее следует более мягкий слой, образованный упрочненной бронзой. В зоне, близкой к переходной, твердость варьируется в пределах 220 – 230 единиц по Виккерсу. По мере удаления от нее твердость падает до 200 единиц, что все равно превосходит образцы, упрочненные микрочастицами.

В результате экспериментов было установлено, что нанесение технологических валиков в виде сетки на рабочую поверхность изделия с последующим индукционным оплавлением порошка бронзы, предварительно помещенного в образованные углубления стенками валиков, позволяет повысить качество покрытия за счет повышения механических свойств, более равномерного распределения порошка и лучшего его сцепления с основой образца. Нанесение валиков с небольшим шагом не позволяет избежать пористости из-за неравномерного и неплотного заполнения углубления порошком бронзы и технически трудно осуществимо. Использование шага валиков больше заявленных значений существенно не повышает механические свойства композиционного покрытия по сравнению со свойствами покрытия, полученного известным способом [5].

Установлено, что предлагаемой способ позволяет повысить механические свойства композиционного покрытия при минимальном расходе порошка бронзы и создать гамму различных типов композиционных материалов для работы подщипников скольжения с необходимыми угловыми скоростями и степенью нагружения с помощью варьирования частотой армирующей сетки и ее заполнения.

Вывод. Использование исследованных ЛКМ в узлах трешия тихоходной сельскохозяйственной техники представляется возможным, в особенности для материалов армированных гранулами. Кроме того авторы считают, что использование ЛКМ типа INSITU системы Cu-Ti-C не желательно, так как данный материал при наличии ударных нагрузок может расколоться в узле трения, что может не только вывксти его из строя но и привести к разрушению контр тела, например вала, что может повлечь за собой дорогостоящий ремонт.

Литература

1. Особенности получения медночугунных композитов с использованием литейных технологий / А. С. Калиниченко [и др.] // Металлургия: респуб. межвед. сборник научных трудов. – Минск: БНТУ, 2017. – Вып. 38– С. 101–105.

2. Бабкин, В. Г. Литые металломатричные композиционные материалы электротехнического назначения / В. Г. Бабкин, Н. А. Терент ьев, А. И. Перфильева // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. – 2014. – Vol. 4, № 7. – P. 416–423.

3. Макрогетерогенные композиты, армированные гранулами. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://metal-archive.ru/litye-materialy/103-makrogeterogennye-kompozity-armirovannye-granulami.html. – Дата доступа: 16.01.2018.

4. Андрушевич, А. А. Литейная технология изготовления деталей сельскохозяйственной техники из композиционных материалов / А. А. Андрушевич, В. А.Калиниченко // Мат. МНТК «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК»; Минск 7–8 июня 2018 г. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 225 – 228.

5. Девойно О.Г, Кардаполова М.А., Лучко Н.И., Лапковский А.С. Возможности формирования композиционных покрытий армированием газотермических покрытий лазерной наплавкой. // (Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сб. научных трудов. В 3 кн. Кн.2. 282 с.

УДК 631.31

УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАРЕЗКИ ВОДОПОГЛОЩАЮЩЕЙ ЩЕЛИ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ ЕЁ СОЛОМОЙ

И.В. Герасименко, А.В. Козорезов, М.Р. Курамшин, И.Н. Глушков
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет»,
г. Оренбург, Российская Федерация

Под обработкой почвы понимают разнообразные виды механического воздействия агротехникой с целью создания оптимальных почвенных условий для возделываемых культур. Качественная и своевременная обработка повышает урожайность. Почву обрабатывают для того, чтобы увеличить мощность пахотного поля, заделать удобрения, разрыхлить плужную подошву. Аэрация улучшается, благодаря чему растения получают достаточно влаги, а микроорганизмы активизируются. В рыхлой земле быстрее появляются всходы. Если обработка глубокая, корневая система посадок будет мощней [1,2].

Можно выделить следующие задачи почвообработки:

- придание почве мелкокомковатой структуры, а также оптимальной для растений плотности и пористости;
- предотвращение эрозии, переуплотнения поверхности, потери влаги и питательных веществ;
- поддержка благоприятного фитосанитарного состояния.

Цели могут корректироваться в зависимости от климата, характеристики почвы, особенностей культуры.

Наиболее важно взрыхление в степи или на склонах. С его помощью удается накапливать осадочную влагу около корней и отводить избыточную воду. При этом, интенсивная обработка может приносить вред: приводить к потере гумуса, разложению дернины, эрозии. Частые проходы агротехники иногда переуплотняют пахотный слой [3,4].

Одним из видов основной обработки почвы является щелевание. Щелевание осуществляется щелевателями. Оно увеличивает водопроницаемость, улучшает аэрацию, применяется для накапливания влаги. Прием считается средством борьбы с водной эрозией на склоновых землях, снижает смыв почвы [5,6].

С середины двадцатого века щелевание, как прием для накопления и сохранения влаги, а также для борьбы с дефляцией и водной эрозией почвы, стал широко изучаться и применяться на территории нашей страны. Ученые А.А. Бей, Д.Е, Ванин, Е.И. Василенко независимо друг от друга отмечали высокую эффективность данного агротехнического приема.

Сейчас уже накоплен обширный экспериментальный и практический материал по щелеванию почвы в различных условиях [5,6].

Повышенный интерес к этому приему объясняется тем, что он прост в выполнении, не затрудняет механизированный уход за посевами и уборку урожая, не оказывает отрицательного воздействия на растения и в то же время защищает почву от водной эрозии.

Сотрудниками Оренбургского ГАУ была разработана конструкция экспериментальная щелевателя [7,8].

На рисунке 1 изображено устройство для нарезки водопоглощающей щели с одновременным заполнением её соломой (вид сбоку).

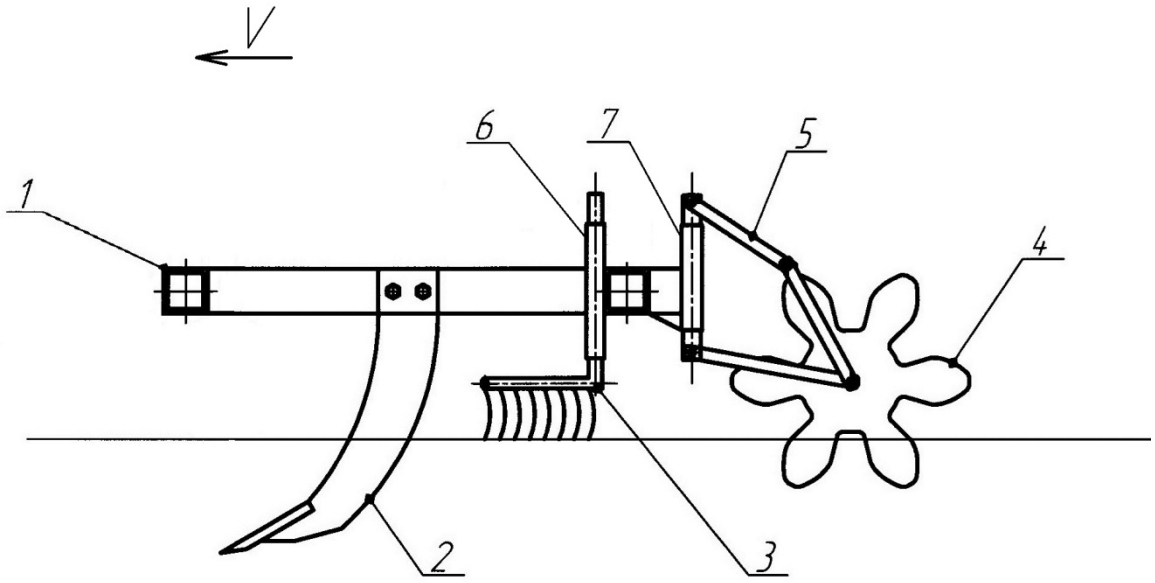


Рис. 1 – Устройство для нарезки водопоглощающей щели с одновременным заполнением её соломой (пояснение в тексте)

Устройство для нарезки водопоглощающей щели состоит из навесной рамы 1, на которую последовательно закреплены щелерез 2, два направителя в виде граблин 3 и заделывающий рабочий орган, представляющий собой вырезной диск 4, присоединенный к раме 1 посредством параллелограмного механизма 5 с возможностью регулировки по высоте. Регулировки направителей и заделывающего диска по высоте осуществляют с помощью регулировочных устройств 6 и 7 соответственно. Граблины 3 установлены под определенным углом друг к другу таким образом, чтобы солома при движении агрегата сгребалась к щели.

Предлагаемое устройство работает следующим образом. В момент начала движения агрегата по полю навесная рама 1 опускается, при этом щелерез 2 входит в почву на необходимую глубину. Щелерез 2 прорезает в почве щель, при этом солома, предварительно измельченная и разбросанная во время уборки по поверхности почвы, собирается граблинами 3 и подается в область щели. Далее вырезной диск 4

заделывает солому внутрь щели. При этом солома укладывается в щель с выходом на поверхность поля в виде микрокулисы и с воздушным пространством между дном щели и соломой (рис. 2).

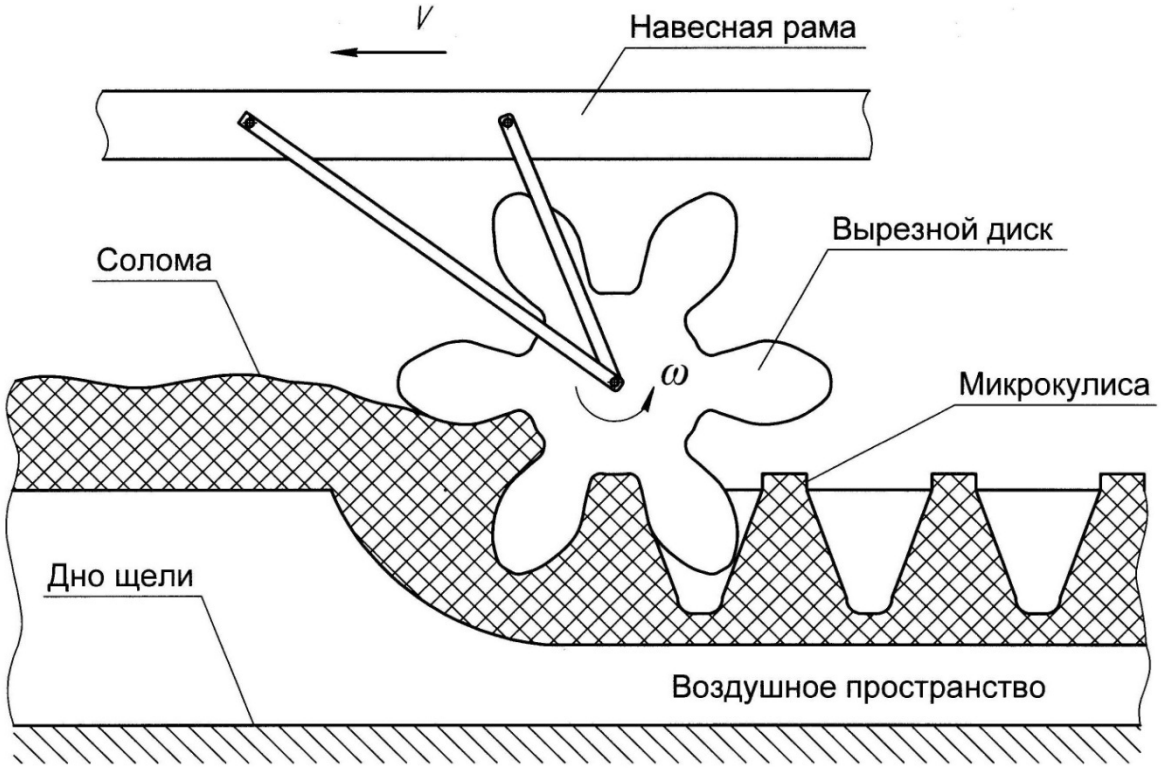


Рис. 2 – Схема заделки соломы в щель вырезным диском

Солома, заделанная таким устройством, остается длительное время в неизменном положении, удерживая почву от осыпания, вследствие чего поверхностный сток проникает в нижние слои почвы. При этом воздушное пространство между дном щели и соломой благоприятствует освобождению ее от излишков воды, что позволяет ей не смерзаться в сплошной монолит, а продолжать принимать и пропускать через себя воду. Также, благодаря тому, что от поверхности поля до впадин диска имеется расстояние, равное высоте стерни обрабатываемого поля, то солома укладывается в щель с выходом на поверхность поля в виде микрокулисы, способствующей задержанию снега, что уменьшает промерзание почвы, прилегающей к щели, а эвольвентный профиль выступов исключает вынос соломы при выходе их из щели.

Литература

1. Konstantinov M., Glushkov I., Nesvat A., Gerasimenko I. and Ognev I. Features of snow retention and counteraction to wind erosion of soils due to high stubble residues formed by a reaper designed for twophase harversting by batch method // В сборнике: E3S Web of Conferences 2020. С. 01016.

2. Константинов, М.М. Рекомендации по механизированной уборке зерновых культур, севу озимых и обработке почвы [Текст] / М.М.

Константинов, А.П. Козловцев, И.В. Герасименко, И.Н. Глушков, С.С. Пашинин, К.С. Потешкин, И.Х. Галлиев, А.А. Буканов, И.В. Трофимов, И.Д. Найманов // Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2015. – 46 с.

3. Константинов, М.М. Практикум по сельскохозяйственным машинам и орудиям [Текст] / М.М. Константинов, В.Н. Мякин, А.П. Козловцев, А.А. Панин, И.В. Герасименко, И.Н. Глушков и др. // Оренбург: ООО «Печатный дворик», 2016. – 299 с.

4. Сельскохозяйственные машины и орудия / М.М. Константинов, А.П. Козловцев, В.А. Шахов [и др.]; МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ФГБОУ ВО ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ. – Оренбург: ООО "Печатный дворик, 2021. – 264 с. – ISBN 978-5-6047813-0-2. – EDN HOCDZH.

5. К вопросу обоснования оптимальных параметров шнекового делителя порционной жатки / М.М. Константинов, И.Н. Глушков, И.А. Рахимжанова, И.В. Герасименко // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 11. – С. 59-63. – DOI 10.28983/asj.v0i11.615.

6. Технико-технологический способ почвосбережения и сохранности агроландшафтов в процессе уборки зерновых с помощью валковой порционной мульчирующей жатки / И.Н. Глушков, И.И. Огнев, И.В. Герасименко [и др.] // Известия Международной академии аграрного образования. – 2022. – № 62. – С. 25-29. – EDN LAXGRB.

7. Герасименко, И.В. Модернизированный щелерез / И.В. Герасименко // Инновационные технологии создания и возделывания сельскохозяйственных растений: Материалы Международной научно-практической конференции, Саратов, 14–15 октября 2012 года / Под редакцией А.Ф. Дружкина. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью Издательство «КУБиК», 2012. – С. 13–17. – EDN YFSHWD.

8. Патент № 2652147 C1 Российская Федерация, МПК A01B 13/16. Устройство для нарезки водопоглощающей щели с одновременным заполнением её соломой: № 2017130465: заявл. 28.08.2017: опубл. 25.04.2018 / М.М. Константинов, К.С. Потешкин, И.В. Герасименко, И.Х. Галиев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Оренбургский государственный аграрный университет". – EDN ZEEFPN.

УДК 501.22:621.763

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСАДОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ ПРИ ЗАЛИВКЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВТУЛОК

В.А. Калиниченко, С.А. Мацинов
Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет»
г. Минск, Республика Беларусь

Металлические композиционные материалы нашли широкое применение в узлах трения тяжелонагруженных, низкоскоростных узлах трения работающих в тяжелых условиях. В качестве примера можно привести различные типы устройств как правило буксируемые тракторами [1]. Однако работа в таких условиях требует и повышенного внимания к качеству композиционной втулке в узле трения. Для длительного срока службы большую роль играет плотность изделия, однако при любом виде литья существует риск возникновения различных дефектов. Самыми известными из них считаются усадка и пористость. Для понимания как эти дефекты повлияют на отливку из композиционного материала было принято решение провести как опытные так и виртуальные заливки с использованием специальных программ компьютерного моделирования. Одной из таких программ является «LVMFlow». LVMFlow представляет собой, программный комплекс для компьютерного моделирования технологий изготовления литых деталей из металлических сплавов (стали, чугуны, бронзы, латуни, сплавы на основе алюминия и магния) [2].

На первом этапе была проведена заливка пробных композиционных материалов состоящих из бронзовой матрицы упрочненной чугунной дробью марок ДЧЛ 0.5 (диаметр дробинок 0,5 мм), ДЧЛ 1 (диаметр дробинок 1,0 мм) и их смесью в равной объемной пропорции. Внешний вид структуры композиционного материала со смешанной дробью представлен на рис. 1.

Визуально было установлено, что дробь выстраивается в условные линии заполненные закристаллизовавшейся бронзой. По причине сложности моделирования процесса движения металла во всем объеме композита, было принято решение на первом этапе рассмотреть отдельно взятую линию и изучить процессы при ее заполнении различных вариантов комбинации дроби. Кроме того, как видно из рис. 1 по сечению образца присутствуют поры (окружности ярко черного цвета). Их влияние на эксплуатационные свойства изделия может быть как положительным – место сбора масла во втулке, так и отрицательным – снижение прочности изделия. Однако в любом случае оценка вероятности их возникновения и распределения по втулке играет важную роль.

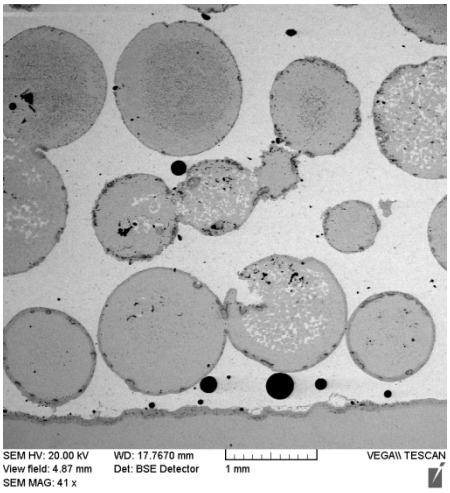


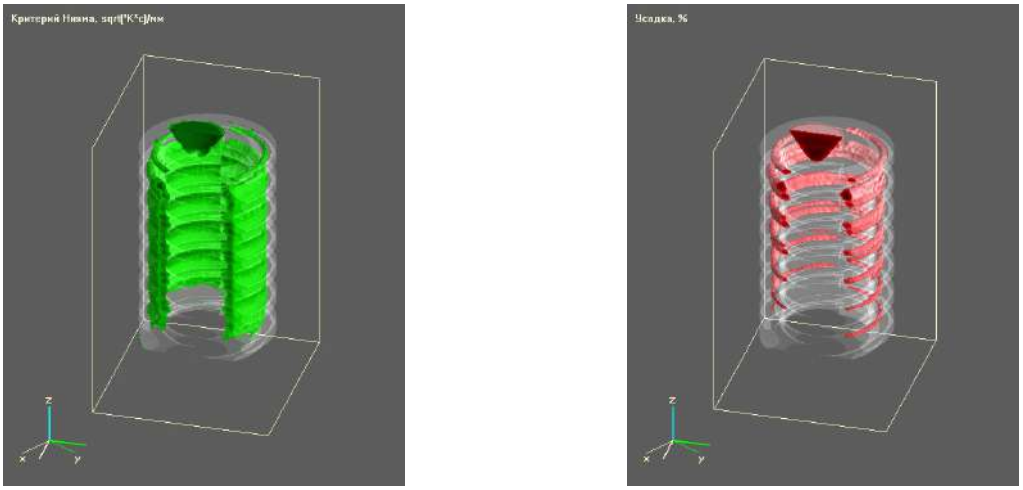
Рис.1 – Внешний вид композиционного материала смесью дроби ДЧЛ 0,5 и ДЧЛ 1 в равной объемной пропорции.

После визуального изучения и проведения прочностных испытаний было проведено моделирование усадочных процессов в форме и оценка пористости отливки с помощью критерия Ниямы используемого для предсказания образования пористости. Методика прогноза пористости по критерию Нияма заключается в вычислении числа Нияма в исследуемой точке отливки с помощью численного моделирования и сравнении его значения с критическим значением, определяемым экспериментально. Ранее [3] было проведено моделирование заливки втулок всех указанных размерностей дроби. Было установлено [3], что усадочные процессы происходящие в материалах с одинаковой маркой армирующей составляющей сосредоточены в верхней части отливки, в то время как у втулки с наполнителем из смеси дроби усадочные процессы захватывают практически все тело получаемого изделия. В результате можно с уверенностью утверждать, что отливки, содержащие в себе армирующую составляющую различных типоразмеров имеют склонность к наличию усадочных раковин и пористости по всему телу отливки. А оптимальной плотностью тела втулки представляют собой отливки с наиболее мелкой фракцией армирующей составляющей.

Однако для упрощения процесса моделирования было принято решение в композиционном материале со смешанной дробью установить порядок распределения частиц крупная-мелкая-крупная и т.д. Однако в реальных условиях такое распределение не представляется возможным. Как следствие пришлось промоделировать заливку втулки с более произвольным распределением армирующих гранул. Как результат была разработана новая модель и оценены новее условия получаемые при охлаждении нашего материала.

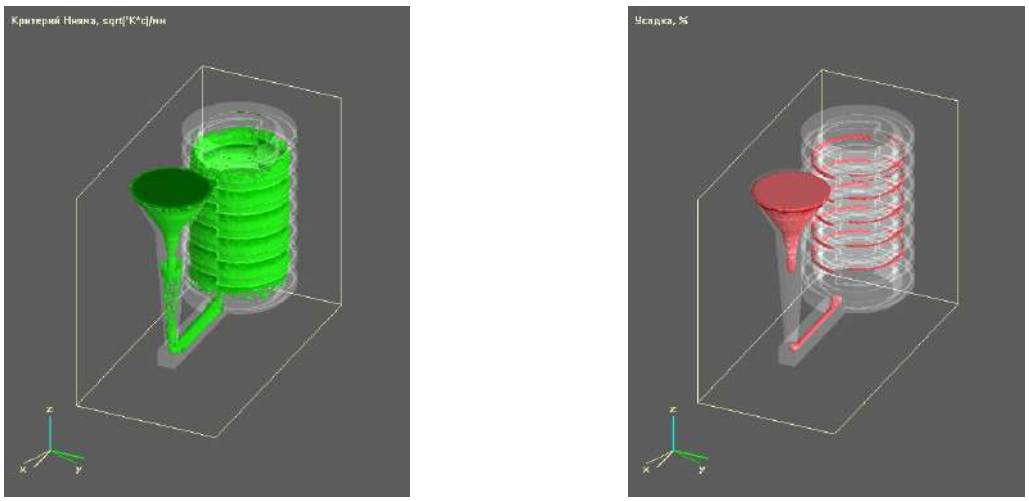
Оценка, производилась на отливках с различным способом подвода металла, которая была выбрана в первом случае в виде прямой заливки сверху, а во втором случае с боковой подачей металла. На рис. 2

представлено распределение усадочных дефектов при заливке сверху и па рис. 3 при заливке сбоку соответственно.



а б

Рис. 2 – Модель распределения пористости и усадки в литых композиционных материалах состоящих из бронзовой матрицы упрочненной чугунной дробью при заливке сверху: а – распределение пористости, б – распределение усадки



а б

Рис. 3 – Модель распределения пористости и усадки в литых композиционных материалах состоящих из бронзовой матрицы упрочненной чугунной дробью при заливке сбоку: а – распределение пористости, б – распределение усадки

Как видно из рисунков усадочные процессы происходящие в слое композиционного материала напрямую зависят от способа заливки. При этом, необходимо отметить, что использование системы с заливкой сверху, хоть и экономит металл в виду упрощения литниковой системы, однако при этом заметно увеличивает пористость по телу отливки.

Данный аспект имеет не однозначные последствия. С одной стороны такое изделие нельзя применять в тяжелонагруженных узлах трения. С другой стороны пористость способствует удержанию смазки в узле трения и благодаря ей может обеспечить более длинный период работы при аварийной ситуации связанной с прекращением подачи смазки.

Вывод: результаты проведенного процесса моделирования заливки композиционного материала показывают возможность прогнозирования свойств и области применения композиционного материала от способов его заливки.

Литература

1. Калиниченко В.А., Андрушевич А.А. Литые композиционные материалы: состояние и перспективы получения. Литейщик России №2. 2023. С.. 27–36.

2. Калиниченко В.А. Моделирование получения металлических ударопрочных композиционных подшипников скольжения, их основные свойства. Сборник тезисов докладов 5 МНПК Инновационные технологии в АПК 17.11.2021. Гомель. С. 67–68.

3. Калиниченко В.А., Мацинов С.А. Сравнение усадочных процессов и распределение пористости при моделировании прохождения матричным расплавом через единичный слой армирующей составляющей композиционного материала. Материалы X МНПК «Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях» 16-17 мая 2023 г. ФГОУ Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова. Саратов. 2023. С. 207–211.

УДК 631.354.23

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМБАЙНА ПУТЁМ ОПТИМИЗАЦИИ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ

С.И. Чернецкий
Научно-технический центр комбайностроения
ООО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

В работе представлены результаты исследования способов повышения производительности зерноуборочного комбайна GS2124 путем оптимизации воздушных потоков и каскадов системы очистки.

По результатам работы за счёт оптимизации воздушных потоков, увеличения количества каскадов без материальных затрат и увеличения высоты каскада получили повышение производительности комбайна.

Введение. Задача повышения производительности является основной в машиностроении. В условиях растущего научно-технического прогресса, с каждый годом улучшается качество техники. Конкуренты активно работают в это направлении. Для того чтобы не утратить лидирующие позиции разработчики ОАО «Гомсельмаш» продолжают также трудиться над качеством выпускаемых машин, оказывают тем самым благоприятное влияние на имидж предприятия.

К основным рабочим органам зерноуборочного комбайна оказывающим влияние на величину его производительности, относится молотильно-сепарирующее устройство , ширина захвата жатки, а также система очистки. На рассмотрении последней остановимся более подробно.

Воздушно-решётная очистка зерноуборочного комбайна предназначена для разделения мелкого зернового вороха на две основные фракции: зерно и соломистые примеси. Система очистки состоит из стрясной доски для транспортирования зернового вороха, решётного стана, состоящего как правило из двух регулируемых решёт (верхнего с удлинителем и нижнего), вентилятора и двух шнеков для перемещения очищенного зерна в бункер и колосьев на повторных обмолот.

Как правило удельная нагрузка для обычных решетных станов применяемых в зерноуборочных комбайнах равна 2..2,5 кг на 1 $м^2$ и зависит от величины соломистости (отношение соломы к зерну).

Одним из путей усовершенствования воздушно-решетных очисток зерноуборочных комбайнов является применения надрешетных аспирационных воздушных потоков для предварительного активного отбора соломистой части зернового вороха на одном или двух пальцевых каскадах (перепадах) в момент поступления его на первое жалюзийное решето.

Объект исследования. Пальцевая решётка и вентилятор системы очитки.

Цель исследования. Повысить производительность зерноуборочного комбайна GS2124 путем оптимизации воздушных потоков и каскадов системы очистки.

Методология исследования. Теоретический, расчетно-конструктивный, метод сравнительного анализа.

Результаты исследования. Как правило удельная нагрузка для обычных решетных станов применяемых в зерноуборочных комбайнах равна 2..2,5 кг на 1 м^2 и зависит от величины соломистости (отношение соломы к зерну).

После разбора узла на части, было принято решение произвести работы по 2 составляющим. Проведённый анализ показал, что для повышения производительности комбайнов целесообразно вести работы в направлении совершенствования (венитлятора и пальцевой решети) частей системы очистки.

1. Вентилятор системы очистки.

Одним из путей усовершенствования воздушно-решетных очисток зерноуборочных комбайнов является применения надрешетных аспирационных воздушных потоков для предварительного активного отбора соломистой части зернового вороха на одном или двух пальцевых каскадах (перепадах) в момент поступления его на первое жалюзийное решето.

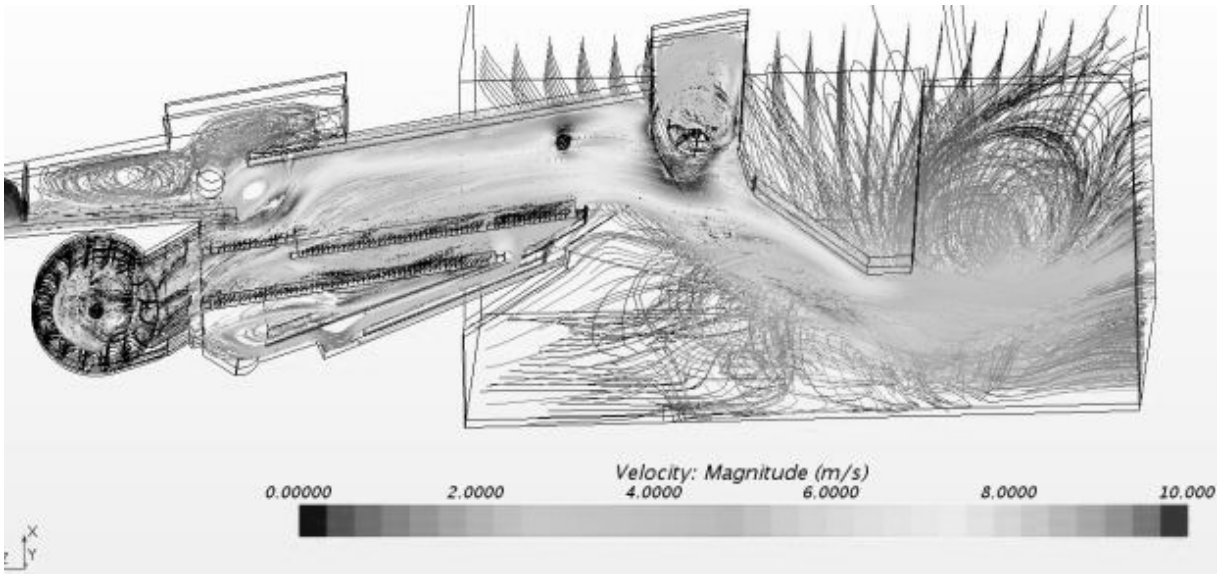


Рис. 1 – Линии тока скоростей аэродинамического потока на выходе из системы очистки комбайна (вид сбоку)

Наиболее объективный и важный показатель эффективности – качество бункерного зернового вороха после воздушно-решетной очистки.

Геометрические параметры очистки, расположение решет и характер воздушных потоков в данных каналах предполагается определять по реальным образцам или их физическим моделям , так как аналитическое решение этих вопросов в условиях конструкторских бюро невозможно.

На зарубежных зерноуборочных комбайнах разделение мелкого зернового вороха по размерам происходит на первом и втором решетах с обдувом их воздушным потоком, а на некоторых очистках – с предварительным обогащением вороха в результате обдува его на перепадах или специальных каскадах.

С увеличением удельной нагрузки на первое жалюзийное решето воздушный поток смещается к его концу, что неблагоприятно для процесса разделения и сепарации вороха.

Проанализировав вентилятор и воздушные потоки было найдено решение по модернизации вентилятора.

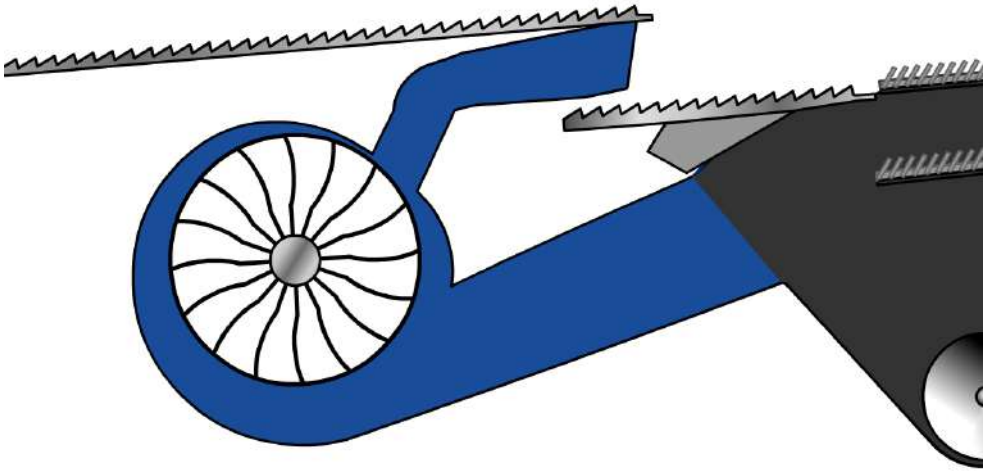


Рис. 2 – Вентилятор системы очистки до модернизации

На основании изучения рекомендаций С.А.Алферова {1} было предложено внести изменения в конструкцию серийного вентилятора комбайна, кроме того кожух выполнить таким образом, чтобы воздушный поток перенаправляется под угол 45^0 для лучшего выдувания примесей.

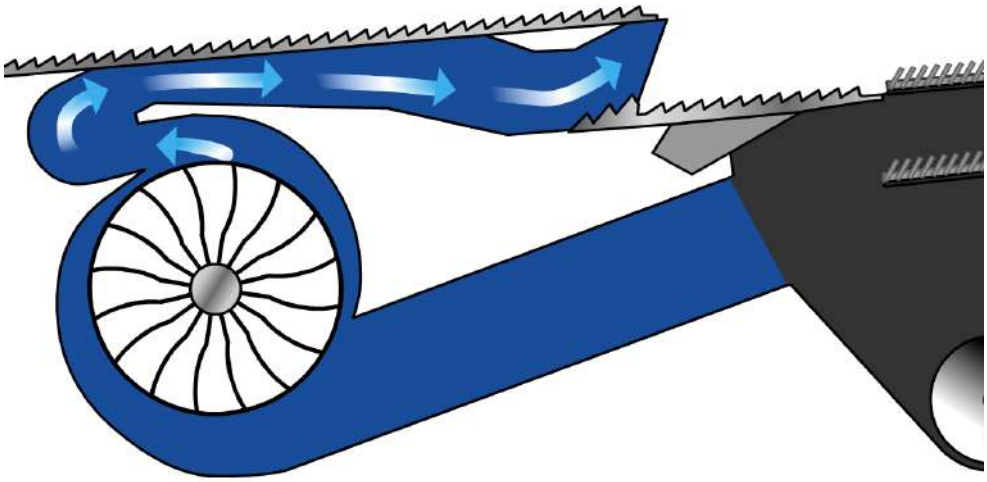


Рис. 3 – Вентилятор системы очистки после модернизации

Для более тщательной продувки зерновой массы , попадающей под воздушные потоки , увеличили кожух вентилятора , увеличив тем самым

обьём воздуха, выдуваемого из вентилятора, в результате получили более качественную и быструю продувку. Для возможности его его установки изменили высоту каскада с 90 мм до 120 мм, это в свою очередь, повлияло на площадь аспирационного воздушного потока (горизонтальный воздушный поток), изменив его в сторону увеличения.

2 Пальцевая решётка

Рассмотрим технологический процесс работы системы очистки комбайна. На очистку машины поступает ворох тремя потоками: первый – через решетку подбарабанья молотильно-сепарирующего устройства, второй – из соломотряс и третий – из колосодомолачивающего устройства.

Первый поток содержит до 90% зерна, остальное полова и сбоина. Во втором потоке содержится до 50% соломистых примесей. Фракционный состав третьего потока вороха должен контролироваться, что бы не допустить многократной циркуляции необмолоченных колосьев по системе очистки

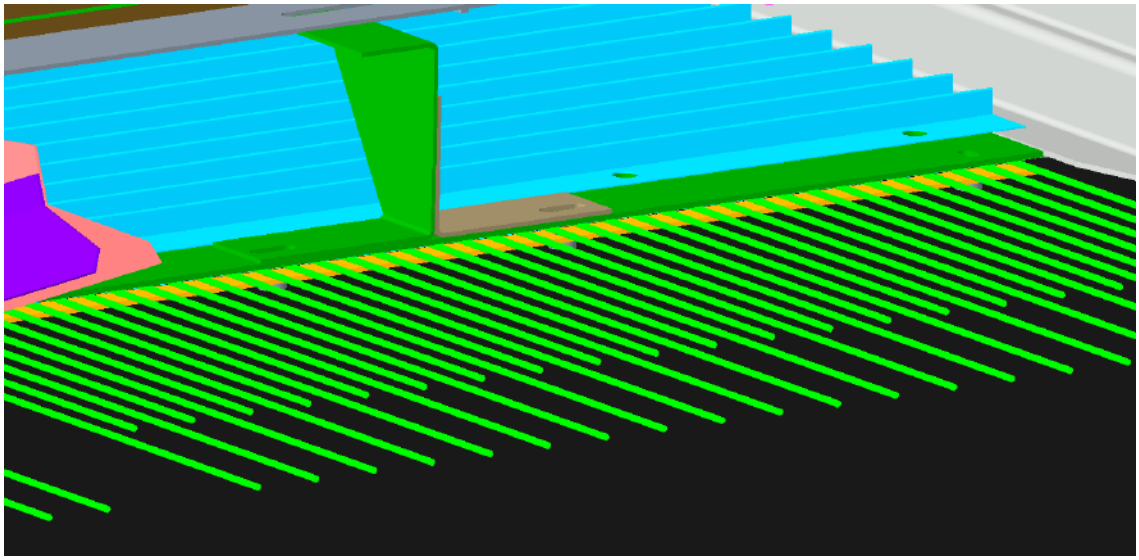


Рис. 4 – Обычная пальцевая решётка

Основная очистка происходит на каскадах, не имея возможности установить дополнительный каскад, была разработана новая гнутая пальцевая решетка, которая позволяет имитировать дополнительный каскад, тем самым увеличив КПД очистки от 20 до 30 процентов.

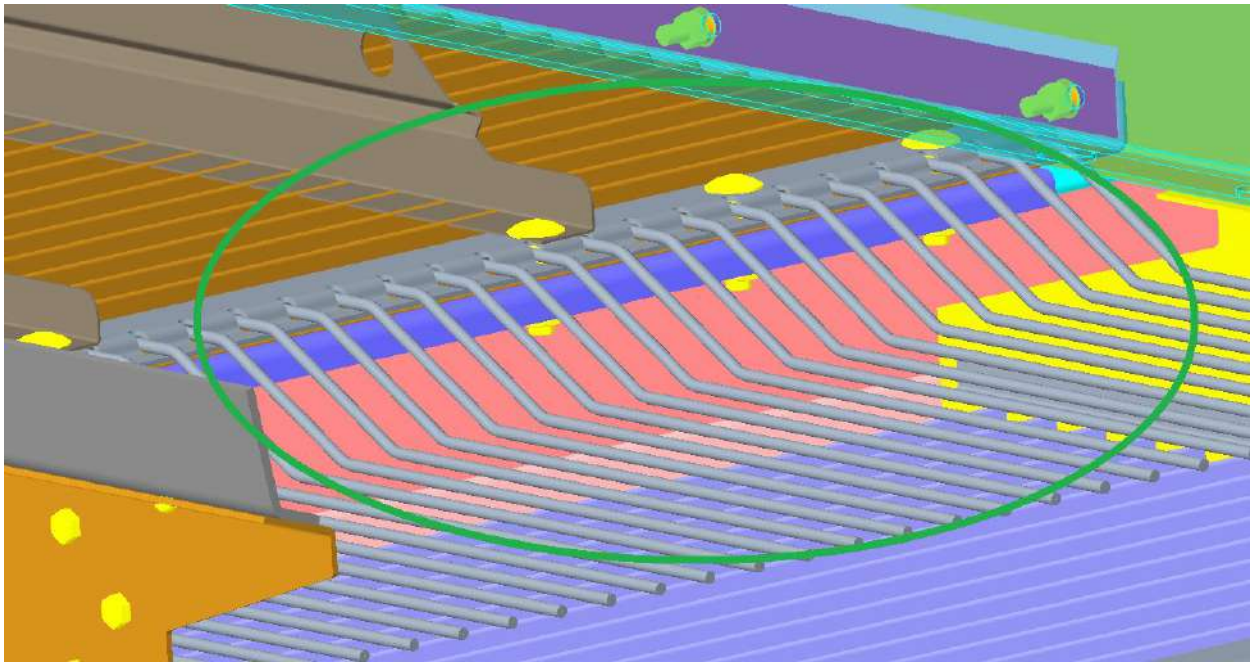


Рис. 5 – Гнутая пальцевая решётка

Заключение.

1. Производительность зерноуборочного комбайна GS2124 была повышена за счёт оптимизации воздушных потоков системы очистки.
2. Увеличение высоты каскада с 90 мм до 120 мм, позволило увеличить площадь аспирационного воздушного потока (горизонтальный воздушный поток).
3. Оптимизирован воздушный поток первого каскада за счет изменения верхнего раструба вентилятора для выравнивания скоростей ветра на выходе.
4. Увеличено количество каскадов за счёт использования гнутой пальцевой решетки которая позволяет имитировать дополнительный каскад.

Литература

1. Алферов С.А. Воздушно-решетные очистки зерноуборочных комбайнов, 1987. – 158с.
2. Казанский В.В. Справочное пособие по зерноуборочнм комбайнам.- Гомель: РПУП «Полеспечать», 2000. – 254 с.

УДК 631.372.014.9

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ И ОПРОКИДЫВАНИЯ ГУСЕНИЧНЫХ ТРАКТОРОВ

И.Э. Липкович, С.М. Пятикопов, И.В. Егорова, Н.В. Петренко
Азово-Черноморский инженерный институт-филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Донской государственный аграрный университет",
г. Зерноград, Российская Федерация

В условиях становления рыночной экономики проблемы безопасности движения и охраны труда становятся одним из самых острых социальных проблем. Связано это с травматизмом и профессиональными заболеваниями, приводящими в ряде случаев к летальному исходу, притом, что более половины предприятий АПК относятся к классу максимального профессионального риска.

Мобильные машины и агрегаты являются основным источником тяжелого и летального травматизма на предприятиях АПК. Гусеничные трактора также являются достаточно опасным объектом в процессе своего движения, и если при выполнении им операции в полевых условиях само перемещение трактора является относительно безопасным, то движение к месту работы по внутрихозяйственным дорогам, является высокоопасным, так как скорость гусеничного трактора на много ниже скорости других участников движения, что способствует наезда на него, как на статическое препятствие, большого выделения пыли, что затрудняет идентификацию трактора, определения безопасной дистанции до него, отсутствие, неисправность или не наглядность задних световых приборов, что в ночное время на сельских дорогах делает его практически невидимым. Кроме того, при выполнении операций на склонах возникает вероятность опрокидывания, что может привести к тяжелой травме оператора или даже к летальному исходу.

В структуре науке о тракторе большое значение уделяется устойчивости и управляемости трактора [1, 2].

Также необходимо отметить, что оборудование и содержание внутрихозяйственных дорог, по которым планируется движение гусеничных тракторов, является одной из важнейших задач руководства сельскохозяйственного предприятия в плане обеспечения безопасности движения гусеничных тракторов к месту работы. В идеальных условиях, гусеничные трактора должны доставляться к месту работы на трейлерах, но к сожалению, приобретение такого вида трактора, и его эксплуатация требует больших финансовых затрат, поэтому является нецелесообразным, так как трейлер может быть использован только для одной конкретной ситуации.

Говоря об устойчивости трактора можно выделить продольную и поперечную устойчивость. Наиболее опасным вариантом является поперечная устойчивость трактора при поворотах на склонах.

Технические средства, мероприятия препятствующие опрокидыванию гусеничных тракторов разрабатываются в процессе проектирования, дальнейших исследований. Но технические мероприятия в должной мере не устраняют опасность опрокидывания. Здесь очень важным моментом является правильная организация эксплуатации трактора.

Разработка и внедрение организационных мероприятий является важным способом снижения аварийности и опрокидыванию тракторов.

К основным организационным мероприятиям относятся:

1. Подготовка территории к работе (дорожной сети).

2. Составить карты хозяйства с указанием выделенных для работы тракторов участков, их конфигурации и размеров, наличия разворотных полос и наибольшей крутизны склонов.

3. Составить маршруты движения тракторов к месту работ с указанием опасных участков, важных продольных уклонов, состояние подъездных путей к участкам.

4. Проведение занятий с трактористами по заранее разработанной и утвержденной программе.

К основным правилам, выполнение которых должно существенно снизить риск опрокидывания трактора можно отнести следующее [2, 3]:

– к управлению тракторам допускаются только те трактористы, которые изучили особенности работы данного агрегата в конкретных условиях, характер местности и дороги;

– спускаются с горы надо при включенной первой или второй передачи и выключенном увеличители крутящего момента;

– при движении на спуске с крутой горы управление поворота должно быть обратным: если необходимо повернуть трактор вправо, выключается левая муфта управления;

– при движении на затяжном подъеме агрегатирование производят таким образом, чтобы двигатель работал с недогрузкой примерно на 10-20%, а трактор двигался на низкой передаче;

– поворот на склоне более 8–10° рекомендуется производить так, как это показано на рисунке 1.

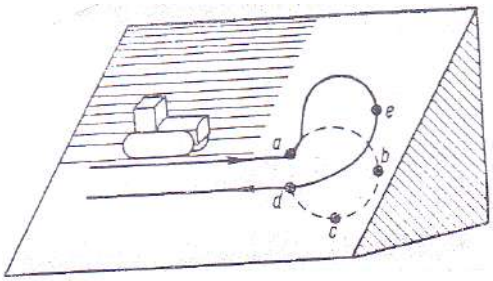


Рис. 1 – Схема поворота трактора на склоне

Если агрегат будет производить обычный поворот, то начиная с точки, *а*, по всей траектории, *а, в, с*, прицепная машина будет накатываться на трактор [3, 4].

При движении бульдозера по уклону необходимо следить, чтобы отвал на не задевал грунт. Запрещается движение трактора с бульдозером при продольном уклоне свыше 25° и спуск с грунтом при уклоне свыше 35°, а также ведение работ с поперечным уклоном свыше 30° [5].

Для гусеничных тракторов, работающих в агрегате с мелиоративными машинами, меньше предельной величины угла крена: при подъеме и спуске 25°, при движении в поперечном направлении склона – не более 12°. Преодолевать препятствие нужно только при первой передаче. Высота преодолеваемых препятствий должна быть не более 450 мм на твердом грунте [2, 3, 4].

При неизбежном наезде на пень нужно переезжать его так, чтобы он приходился на середину гусеницы. При этом, поворачивать запрещается, так как это приводит к спаданию гусеницы. Поваленные деревья, а также бревна следует переезжать под прямым углом, а рвы и канавы под углом 15–20°.

Для подготовки схемы движения тракторов можно использовать копию кадастрового паспорта земельного участка предприятия. Схему устанавливают на щитах на видном месте (например, у въезда и выезда с машинотракторного парка).

На схеме можно указать [6, 7]:

– направление движения тракторов;

– условными обозначениями места въезда и выезда с территории машинотракторного парка;

– дорожные знаки, места их расположения.

Схему движения тракторов разрабатывают специалист по охране труда совместно с начальником машинотракторного парка.

Внутрихозяйственные дороги для движения тракторов следует предусматривать [2]:

– на отдельно земляном полотне, эти дороги должны располагаться рядом с автомобильными дорогами и с подветренной стороны;

– на совмещенном земляном полотне с разделительными полосами движения для автомобилей на гусеничном ходу при нерегулярном (не

более 10 единиц в сутки) их движении, на подходах к водным преградам, требующих устройства мостов, на участках болот, при проложении дороги по ценным сельскохозяйственным угодьям. Для движения гусеничных тракторов допускается использовать одну из укрепленных обочин автомобильной дороги, ширина которой должна быть не менее 4,5 м.

Ширина полосы движения и обособленного земляного полотна тракторной дороги должна устанавливаться, согласно таблице 1, в зависимости от ширины колос подвижного состава.

Таблица 1. Ширина полосы движения и обособленного земляного полотна тракторной дороги

Ширина колес самоходных прицепных машин, м	Ширина полосы движения, м	Ширина земляного полотна, м
2,7 и менее	3,5	4,5
Свыше 2,7 до 3,1	4,0	5,0
Свыше 3,1 до 3,6	4,5	5,5
Свыше 3,6 до 5	5,5	6,5

Тракторные дороги следует проектировать грунтовым серповидного поперечного профиля в нулевых отметках или в насыпях в зависимости от грунтовых условий с обеспечением водоотвода кюветами треугольного поперечного сечения. Продольные уклоны дорог, располагаемом на отдельном земляном полотне, надлежит принимать не более указанных в таблице 2.

Таблица 2. Продольные уклоны дорог, располагаемые на отдельном земляном полотне

Направление продольного уклона в грузовом направлении	Продольные уклоны, %	
	Наибольший	Допускаемый для трудных участков
Подъем	40	80
Спуск	60	100

Для тракторных дорог при затяжных продольных уклонах 60% и более через каждые 500 м предусматриваются горизонтальные площадки или участки с уклоном не круче 20% и длиной не менее 50 м [2].

Радиусы кривых в плане для тракторных дорог следует принимать не менее 100 м. Пересечение и примыкание внутрихозяйственных дорог в одном уровне следует располагать в небольших насыпях высотой до 0,8–1 м, с откосами не круче 1:3. Продольные уклоны внутрихозяйственных дорог в пределах расстояния видимости поверхности дороги на подходах к пересечению или примыканию не должно превышать 40% [8, 9].

Вертикальное расстояние от проводов воздушных телефонных линий до верха проезжей части в местах пересечения с внутрихозяйственными дорогами должно быть не менее 5,5 м для проезда

тракторов высотой до 4 м и не менее 6,5 м для проезда сельхозмашин высотой более 4 м. Возвышение проводов над верхом проезжие части внутрихозяйственных дорог при пересечении с линиями электропередач должно быть не менее, м [2]:

– 7 – при напряжении до 110 кВ;
– 7,5 – при напряжении до 150 кВ;
– 8 – при напряжении до 220 кВ;
– 8,5 – при напряжении до 330 кВ;
– 9 – при напряжении до 500 кВ.

Расстояние от бровки земляного полотна до опор воздушных телефонных линий, а также высоковольтных линий электропередач следует принимать не менее высоты опор, увеличенной на 5 м.

Заключение. Исходя из вышеизложенного, мы можем утвердить, что движение гусеничного трактора при выполнении им технологической операции, является достаточно сложным механическим процессам при разработке мер безопасности необходимо это учитывать.

Так же, при движении транспорта к месту выполнения работ, основой безопасности его эксплуатации, является подготовка и содержание внутрихозяйственных дорог с грунтовым покрытие строго в соответствии с указанными требованиями.

Литература

1. Санжапов, Р.Р. Анализ влияния базы на устойчивость движения / Р.Р. Санжапов, Е.В. Балакина // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2011. – № 8. – С.21-24.

2. Липкович И.Э. Основы безопасности движения гусеничных тракторов на дорогах предприятий АПК / И.Э. Липкович, И.В. Егорова, Н.В. Петренко // Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго- и ресурсосбережение: материалы 21 Международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 09–13 сентября 2019 года, Том 1. Выпуск 21. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2019. – С. 177–210.

3. Горшков Ю.Г., Старунова И.Н., Калугин А.А. и др. Исследование влияния угла склона на дисбаланс нагружения бортов колёсной машины и изменение направления вектора центра тяжести // Научное обозрение. 2014 № 1 С. 28–32.

4. Методика оценки устойчивости колесных и гусеничных машин. Скрыпников А.В., Турсунов А.А., Кондрашова Е.В., Леонова М.Н., Скворцова Т.В. Вестник Таджикского технического университета. 2013. № 3 (23). С. 82-88.

5. ГОСТ Р 52778–2007. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – Введ. 2008–07–01. – М.: Стандартинформ, 2008. – 23 с.

6. Протокол испытаний №11-43-13 (5010071). Трактор гусеничный сельскохозяйственный АГРОМАШ-90ТГ 1040А. – Зерноград:

ФГБОУ «Северо-Кавказская государственная зональная машиноиспытательная станция», 2013. – 4с.

7. Протокол испытаний 11-31-13 (2010041). Трактор гусеничный сельскохозяйственный АГРОМАШ-150ТГ 1040А с резиноармированной гусеницей – Зерноград: ФГБОУ «Северо-Кавказская государственная зональная машиноиспытательная станция», 2013. – 5с.

8. Обоснование выбора режимов функционирования организационных человеко-машинных систем / И.Э. Липкович, И.В. Егорова, С.М. Пятикопов [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2023. – № 1(55).

9. Обоснование методов обеспечения безопасности производства работ в основных отраслях агропромышленного комплекса / И.Э. Липкович, М.М. Украинцев, И.В. Егорова [и др.]; Министерство сельского хозяйства РФ, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донской государственный аграрный университет» в г. Зерноградe. – Зерноград, 2022. – 674 с.

УДК 631.358.06:633.521

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛЬНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С РОТОРНО-БИЛЬНЫМ ОБМОЛАЧИВАЮЩИМ АППАРАТОМ

М.В. Цайц, В.А. Левчук, А.В. Шик, А.Д. Булаткин
Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Урожайность льнопродукции напрямую зависит от качества семенного материала. К основным проблемам семеноводства в Республике Беларусь относят: отсутствие льносемстанций, семян не хватает, высокий процент некондиционных семян, зачастую сеют семенами массовых репродукций, что недопустимо, что приводит к снижению урожайности и качества льнопродукции.

Анализ технологий уборки льна-долгунца [1, 2] показал, что в условиях Республики Беларусь получение семенного материала высоких посевных кондиций осуществляется по комбайновой и раздельной технологиям при отделении семян в поле. Анализ обеспеченности льнозаводов льноуборочной техникой показал, что, несмотря на внедрение раздельной технологии уборки, основной для получения семян льна является комбайновая [3].

Основополагающим технологическим процессом получения семян является отделение семенной части урожая льна-долгунца от стеблей. От его совершенства, зависит величина урожая, качество льнопродукции, величина потерь, трудоемкость и энергоемкость послеуборочной доработки вороха льна. Поскольку льносеющие хозяйства Республики Беларусь для получения посевного материала в основном используют льноуборочные комбайны ЛК-4А и «Двина 4М» с гребневым очесывающим аппаратом, то получение семян сопровождается существенными материальными потерями и трудовыми затратами [1, 4].

Работа гребневого очесывающего аппарата льноуборочного комбайна сопровождается: повышенными повреждениями и отходом стеблей в путанину, возникающими в результате прочесывания слоя спутанных и сцепленных между собой стеблей; защемлением стеблей в межзубовом пространстве, приводящим к обрыву стеблей и выдергиванию их из зажимного транспортера; снижением степени очеса семян при повышении растянутости ленты льна (особенно выражено при работе на полеглых посевах); низкой эффективностью при работе на короткостебельном льне.

В результате проведенного анализа устройств для отделения семян льна от стеблей [4], была предложена конструктивно-технологическая

схема роторно-бильного аппарата (рис. 1) [5]. Отличающегося тем, что выполнено в виде диска *1* с одной стороны которого установлены косые бичи *2*, а с другой стороны вычесывающе-транспортирующая щетка *3*, что в сочетании с декой *4* обеспечивает комбинированное ударное, вытирающее и вычесывающее воздействие на ленту льна.

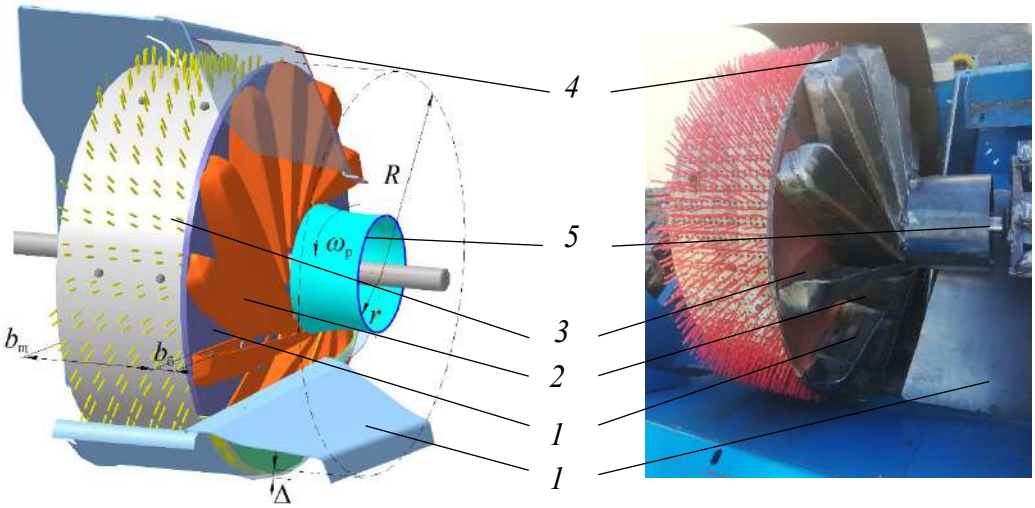


Рис. 1 – Общий вид роторно-бильного аппарата: a – схема аппарата; b – общий вид ротора; 1 – ротор; 2 – бичи; 3 – вычесывающе-транспортирующая щетка; 4 – кожух; 5 – кольцо; 6 – стол.

Для проведения исследований был переоборудован прицепной льноуборочный комбайн «Двина-4М» (рис. 2).



Рис. 2 – Общий вид МТА

Лабораторно-полевые испытания проходили на поле ОАО «Дворецкий льнозавод» урочище Петруки, 03–11 августа 2021 г. На момент начала опытов лен находился в стадии желтой спелости. В таблице 1 приведены показатели условий испытаний макетного образца

льнокомбайна с роторно-бильным аппаратом, остальные показатели соответствовали ТУ 23.2.1303-92 на льнокомбайн «Двина-4М».

Таблица 1. Показатели условий испытаний

Показатель	Значение показателя	
	по ТУ	при испытаниях
Культура, сорт	лен-долгунец	лен-долгунец, Ласка (1 репродукции)
Рельеф, град	уклон не более 10	уклон не более 10
Полегание стеблестоя, балл	не ниже 3	3,5–5
Зона расположения коробочек в стеблестое, см	нет данных	13,2
Общая длина стебля, см	нет данных	73,9
Засоренность культуры сорняками, %	не более 10	3,04
Густота стеблестоя, шт/м^2	нет данных	1806

Испытания проведены на соответствие машины требованиям ТУ BY 300079094.006-2007 на комбайн льноуборочный «Двина-4М.

Лента льна (рис. 3), получаемая при работе льноуборочного комбайна с роторным бильно-вычесывающим устройством, соответствовала предъявляемым требованиям (растянутость и угол отклонения стеблей в ленте составили не более 1,1 раза и 10,1° соответственно).



a *b* *c*

Рис. 3 – Ленты льна после обмолота переоборудованным льноуборочным комбайном «Двина-4М(р)»: *a* – в фазу желтой спелости; *b* – в фазу бурой спелости; *c* – полеглый стеблестой

Во время полевых испытаний проводилось изучение влияния толщины обрабатываемой ленты льна при различных зазорах (0,007, 0,009 и 0,011 м) между ротором и декой на качественные показатели процесса обмолота (рис. 4).

Анализ графических зависимостей (рис. 4, *a*) показал, что изменение чистоты обмолота роторно-бильным аппаратом в зависимости

от толщины подаваемой на обмолот ленты льна для трех вариантов зазора между ротором и декой представляет собой выпуклую кривую в виде полинома второго порядка. При зазоре Δ = 0,007 м чистота обмолота во всем диапазоне толщины ленты льна находится в пределах 0,986–0,993, что выше значения, предусмотренного регламентом, – 0,98. Удовлетворительная работа обмолачивающего устройства при зазоре Δ = 0,009 м находится в диапазоне $h_{сл}$ = 0,025…0,05 м, и чистота обмолота составляет 0,98–0,99; при зазоре Δ = 0,011 м в диапазоне $h_{сл}$ = 0,034…0,05 м обеспечивается чистота обмолота 0,98–0985.

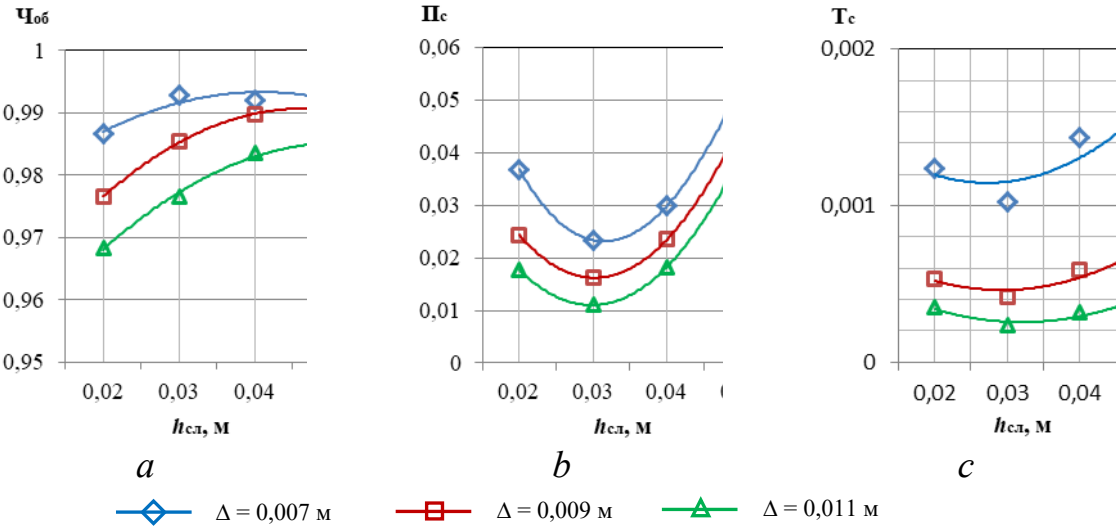


Рис. 4 – Графики зависимости чистоты обмолота (*a*), степени повреждения стеблей (*b*) и степени повреждения семян льна (*c*) от толщины ленты льна

График степени повреждения стеблей (рис. 4, *b*) имеет вид вогнутой кривой с эксцессом в диапазоне $h_{сл}$ = 0,02…0,04 м. Поскольку регламентом по возделыванию льна долгунца допустимым является 3,0 % поврежденных стеблей льна, то при зазоре Δ = 0,007 м этому требованию удовлетворяет работа обмолачивающего устройства в диапазоне $h_{сл}$ = 0,025–0,04 м, при зазоре Δ = 0,009 м $h_{сл}$ = 0,02–0,042 м, а при зазоре Δ = 0,011 м превышение степени повреждения стеблей наблюдалось при толщине слоя больше 0,047 м. Таким образом, чем больше зазор между ротором и декой, тем степень повреждения стеблей льна меньше. Для трех вариантов зазоров характерно снижение степени повреждения стеблей льна с увеличением толщины подаваемой на обмолот ленты льна до 0,03 м. Это объясняется тем, что стебли, находящиеся внутри ленты, вследствие своей упругости меньше проминаются. Следует отметить, что повреждения стеблей льна в виде расплющивания характерны для льна в фазе желтой спелости, а для льна в фазе бурой спелости – в виде размочаливания. В процессе исследований количество поврежденных стеблей в виде обрыва больше наблюдалось у льна в желтой стадии спелости. При увеличении толщины ленты больше 0,03 м наблюдается увеличение повреждения стеблей льна,

что связано с увеличением сил сжатия и сил, направленных на разрыв стеблей.

Количество и характер повреждений стеблей льна зависят не только от конструкции обмолачивающего устройства, но и от режима его работы и стадии спелости льна. Также следует отметить, что тонкостебельный лен в меньшей степени подвержен повреждению, чем толстостебельный. Увеличение степени повреждения стеблей льна с уменьшением толщины обрабатываемой ленты объясняется ростом в слое доли стеблей, непосредственно взаимодействующих с рабочими поверхностями роторно-бильного аппарата.

Из графической зависимости (рис. 4, *с*) видно, что с увеличением толщины ленты льна степень повреждения семян льна изменяется по некоторой вогнутой полиномиальной кривой. Наибольшая степень повреждения семян во всем диапазоне исследований наблюдается при установленном зазоре 0,007 м и изменяется от 0,001 при толщине ленты 0,04 м до 0,0016 при толщине ленты 0,02 м. Влияние изменения толщины ленты льна при зазорах 0,009 и 0,011 м на степень повреждения семян несущественно и находится в диапазоне от 0,0002 до 0,0007. Также следует отметить, что степень повреждения семян снижается в диапазоне толщины ленты льна от 0,02 до 0,04 м и возрастает с увеличением толщины ленты от 0,04 м и выше. Последнее объясняется нарастающими силами сжатия внутри слоя стеблей льна, находящихся в молотильном пространстве при увеличении ее толщины.

Производственные испытания позволили определить рациональные значения параметров роторно-бильного аппарата при обмолоте лент льна. Получены закономерности изменения чистоты обмолота, степени повреждения семян и стеблей от толщины ленты стеблей льна, обмолачиваемой роторно-бильным аппаратом, установленным в льноуборочный комбайн «Двина-4М», а также закономерности изменения чистоты обмолота и степени повреждения стеблей льна от зазора между ротором и декой в фазе желтой и бурой спелости льна при различных скоростях вращения ротора.

Литература

1. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. Белорус. гос. с.-х. академии. – 2017. – № 2. – С. 137–141.

2. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна / В. А. Шаршунов [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 156 с.

3. Шаршунов, В. А. Анализ обеспеченности льносеющих хозяйств республики Беларусь техническим средствами для уборки льна-долгунца / В. А. Шаршунов, В. А. Кожановский, М. В. Цайц // Вестн. Белорус. гос. с.-х. академии. – 2022. – № 4. – С. 150–156.

4. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. Белорус. гос. с.-х. академии. – 2017. – № 4. – С. 174–180.

5. Устройство для отделения семенных коробочек и семян льна от стеблей: пат. Ru 2788696 C1 / М. В. Симонов, В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц. Опубл. 24.01.2023.

УДК: 633.52

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАСТРОЙКЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОЧЕСЫВАЮЩЕ-ПЛЮЩИЛЬНОГО АППАРАТА В ЛИНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА

В.А. Левчук, М.В. Цайц, А.Д. Булаткин, А.В. Шик
Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь

Под выделение семян в процессе первичной переработки льнотресты приспособлены линии первичной переработки льна иностранного производства такие как Van Dommele или Depoortere [1]. Отделение семенного материала в данных линиях производится способом очеса, устройствами колебательного типа с гребневым рабочим органом. Работа которого сопровождается: повреждением стеблей, отходом стеблей в путанину (до 8 %), высокой повреждаемостью семян, намотками на рабочий орган [1, 2]. В отдельных случаях, при переработке льнотресты высокой степени растянутости и спутанности, предприятия вынуждены очесывающее устройство отключать от технологического процесса вовсе.

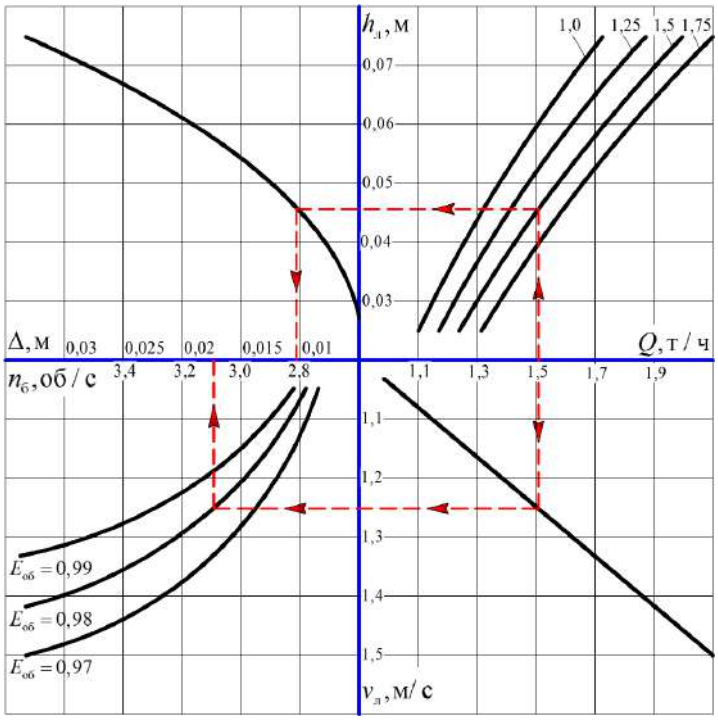
Для снижения негативного влияния серийного очесывающего аппарата была произведена его модернизация путем замены стального гребневого рабочего органа на полиуретановый бич, а в нижней части устройства установлена дека. Работа эластичного бича совместно с жестко установленной декой обеспечивает обмолот ленты льнотресты находящейся в молотильном зазоре между бичом и декой. Подробное описание и принцип работы устройства приведены в работах [2, 3].

Полученная в результате проведенных лабораторных исследований математическая модель позволила определить значения факторов, при которых достигается максимальная степень обмолота: скорости подачи ленты льна – 1,25 м/с; зазора между рабочим органом и сепарирующей решеткой (декой) – 0,01 м; частоты вращения рабочего органа – 3,09 об/с [4].

В производственных условиях процессы выполняемые в линии первичной переработки льна строго регламентированы. Они нацелены на качественную работу мяльно-трепального механизма, а получение семян льна процесс второго порядка. При этом изменяющимися параметрами для очесывающе-плющильного аппарата в линии переработки является скорость подаваемой ленты льнотресты, высота и плотность подаваемого слоя ленты и качество льнотресты. Исходя из экономической целесообразности в линиях иностранного производства перерабатывают льнотресту номерностью не ниже 1,0.

Методика расчета технологических параметров очесывающе-плющильного аппарата линии первичной переработки льна основывается на результатах теоретических и экспериментальных исследований [5, 6, 7, 8]. В зависимости от состояния льнотресты поступающей на обмолот, целесообразно регулировать величину толщины подаваемого на обмолот слоя льнотресты. Для получения высокой степени обмолота технологические параметры необходимо устанавливать на оптимальных значениях. Поскольку первоочередной задачей линии первичной переработки льна является производство волокна высокого качества, а не семян и ее рентабельность определятся производительностью по льнотресте. Поэтому в условиях производства следует ориентироваться на производительность всей линии первичной переработки льна по льнотресте.

С целью упрощения выбора и настройки технологических параметров разработанного очесывающе-плющильного аппарата предлагается использовать номограмму (рис. 1), разработанную по результатам теоретических и экспериментальных исследований.



Q – производительность линии, т/ч; $h_л$ – толщина слоя стеблей льнотресты, м; Δ – зазор между бичом и декой, м; $n_б$ – частота вращения рабочего органа, об/с; $E_{об}$ – степень обмолота; $v_л$ – скорость ленты льнотресты, м/с

Рис. 1 – Номограмма для выбора технологических параметров разработанного обмолачивающего устройства.

В первом квадранте номограммы (рис. 1) представлены линии номерности льнотресты поступающей в линию первичной переработки, во

втором – график изменения величины зазора между бичом и декой в зависимости от толщины слоя стеблей льнотресты, в третьем – линии степени обмолота, в четвертом – график изменения скорости ленты льнотресты в зависимости от производительности линии первичной переработки.

Приведем пример использования номограммы. Исходные данные: производительность линии первичной переработки – Q = 1,5 т/ч, номерность льнотресты поступающей в линию первичной переработки – 1,5, степень обмолота соответствующая агротехническим требованиям – 0,98.

В первом квадранте номограммы (рис. 1) проводим перпендикуляр в верх с точки, соответствующей производительности Q = 1,5 т/ч до пересечения с линией номерности льнотресты 1,5 и проводим горизонталь до оси $h_л$. Таким образом, определяем величину толщины слоя стеблей льнотресты $h_л$ = 0,046 м. Продолжив горизонталь до пересечения с графиком второго квадранта и опустив его на ось Δ, получим значение зазора между бичом и декой Δ = 0,011 м. В четвертом квадранте с точки соответствующей Q = 1,5 т/ч проводим перпендикуляр до пересечения с графиком зависимости скорости ленты льнотресты от производительности линии и проводим горизонталь до оси $v_л$. Таким образом определяем скорость ленты льнотресты $v_л$ = 1,25 м/с. Продолжив горизонталь до линии степени обмолота $E_{об}$ = 0,98 и проведя перпендикуляр до оси $n_б$, получим значение частоты вращения рабочего органа $n_б$ = 3,09 об/с.

Данная номограмма позволяет произвести настройки технологических параметров предложенного очесывающе-плющильного аппарата исходя из заданной производительности линии и номерности льнотресты поступающей на обработку, обеспечивающие необходимую степень обмолота.

Применение разработанного очесывающе-плющильного аппарата позволяет получать дополнительно (за счет снижения потерь) 3,85 тонн семян льна и 30,6 тонн льняной тресты при годовом объеме производства линии первичной переработки льна «Van Dommele» – 5100 тонн.

Предлагаемая методика расчета технологических параметров обмолачивающего очесывающе-плющильного аппарата базируется на результатах научных исследований процесса обмолота. При выборе технологических параметров разработанного устройства в качестве исходных данных принимается производительность линии первичной переработки льна, номерность льнотресты подаваемой на обмолот и требуемая степень обмолота. Разработанное устройство рекомендуется применять в линиях первичной переработки льна с производительностью в диапазоне 1,1…2,0 т/ч, при номерности перерабатываемой льнотресты 1,0…1,75.

Литература

1. Шаршунов В. . Исследование обмолачивающего устройства в линии первичной переработки льна / В.А. Шаршунов, В.Е. Кругленя, А.С. Алексеенко, В.А. Левчук, М.В. Цайц // Весці НАН Беларусі. Сер. аграр. навук. 2015 – № 3. – С. 112–117.

2. Шаршунов В.А. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна: монография / В.А. Шаршунов [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 156 с.

3. Шаршунов В.А. Поисковые эксперименты процесса обмолота лент льна устройством с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки / В.А. Шаршунов, В.А. Левчук, М.В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 148–153.

4. Левчук В.А. Результаты производственных испытаний обмолачивающего устройства с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки льна «Van Dommele» / В.А. Левчук, М.В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 1. – С. 172–177.

5. Курзенков С.В. Обоснование скорости зажимного транспортера обмолачивающего устройства линии первичной переработки льна / С.В. Курзенков, В. А. Левчук, М.В. Цайц // Агропанорама. – 2022. – № 1(149). – С. 14–19.

6. Курзенков С.В. Моделирование деформации формы коробочки льна при ее сжатии между бичом и декой в процессе обмолота / С.В. Курзенков, В.А. Левчук, М.В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 142–147.

7. Шаршунов В.А. Поисковые эксперименты процесса обмолота лент льна устройством с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки / В.А. Шаршунов, В.А. Левчук, М.В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 148–153.

8. Курзенков С.В. Методика расчета параметров слоя стеблей льна в зоне обмолота / С.В. Курзенков, В.А. Левчук, М.В. Цайц // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1. – С. 154–159.

УДК 621.436:681.518.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ В РЕЖИМЕ СВОБОДНОГО РАЗГОНА-ВЫБЕГА

А.Ф. Курносов, Ю.А. Гуськов, Н.Н. Григорев
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный аграрный университет», г. Новосибирск, Российская Федерация

Современные электронные системы управления двигателем внутреннего сгорания позволяют контролировать его техническое состояние на основе множества диагностических параметров [1,2]. Эффективность работы двигателя такими системами оценивается относительно мгновенной цикловой подачи топлива в цилиндры при условии, что топливо в цилиндрах сгорает полностью и его тепловой потенциал используется с максимальной эффективностью [3,4]. Особенно актуальным вопрос оценки эффективности дизельных двигателей становится при использовании газомоторного топлива или альтернативных видов топлива [5,6]. Мощностные параметры таких двигателей определяются при заводских испытаниях и в процессе эксплуатации не контролируются.

Предложенный способ оценки мощности [7] и проведенные исследования [8] показали, что мощность двигателя в условиях эксплуатации мощно определить по величие реакций его опор, которые передают силовые воздействия от блока двигателя на раму транспортного средства.

Целью исследований является разработка метода определения мощности дизельного двигателя внутреннего сгорания с топливной системой Common Rail за счет оценки величины реакции его опор. Экспериментальные исследования проводили в условиях лаборатории кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ. В качестве объекта исследования был выбран дизельный четырехцилиндровый рядный двигатель ЯМЗ-53445-22 с топливной системой Common Rail в составе автомобиля ГАЗ-САЗ-2507 (рис. 1). Выбор данного двигателя основан на его широкой распространенности и применении на различных типах автотракторной техники.



а б

Рис. 1 – Общий вид: а – автомобиля ГАЗ-САЗ-2507; б – двигателя ЯМЗ-53445-22.

Измерение диагностических параметров проводили при помощи диагностического комплекса (рис. 2).

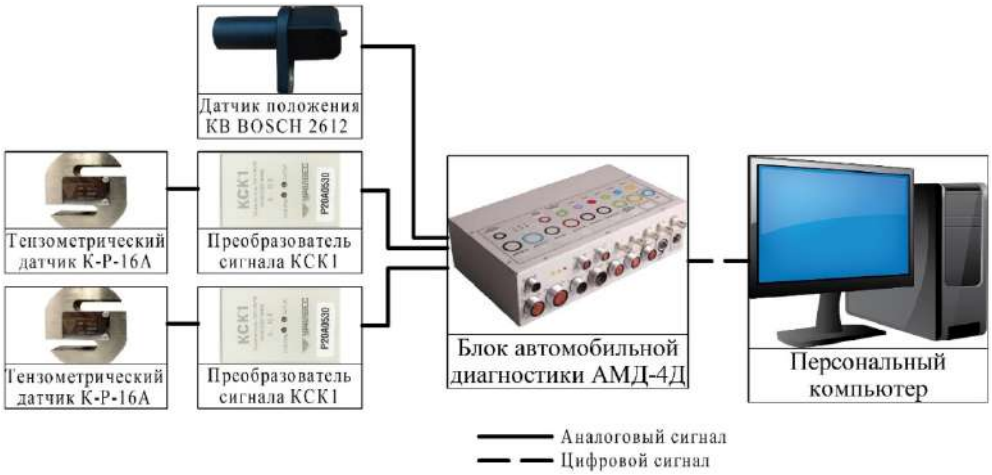


Рис. 2 – Структурная схема диагностического комплекса

Информация о текущей частоте вращения коленчатого вала поступала от штатного датчика положения коленчатого вала. Величина реакций опор оценивалась при помощи тензометрических датчиков К-Р-16А [9], установленных в правую переднюю и правую заднюю опоры таким образом, чтобы силовое воздействие двигателя на раму полностью воспринималось тензометрическими датчиками. Аналоговый сигнал от тензометрических датчиков усиливался при помощи преобразователей сигнала КСК1 [9] до значения 0…10 В в зависимости от воспринимаемой силы. Преобразование аналоговых сигналов от датчика положения коленчатого вала и преобразователей сигнала тензодатчиков в цифровой вид происходило в блоке автомобильной диагностики АМД-4Д [10]. Запись, хранение и последующую обработку информации осуществляли на персональном компьютере. Для перевода величины сигнала тензодатчиков в величину реакций опор, преобразователи сигнала КСК1 настраивали

таким образом, чтобы заданное изменение величины реакции приводило к пропорциональному изменению напряжения.

Порядок проведения экспериментов.

1. Устанавливали тензодачитки в опоры, подключали усилители сигнала к блоку автомобильной диагностики, который, в свою очередь, к персональному компьютеру.

2. Пускали и прогревали двигатель до номинальной температуры охлаждающей жидкости и масла. Одновременно включали диагностический комплекс и прогревали в течение 15 минут.

3. Запускали запись необходимых сигналов, пятикратно выводили двигатель в режим работы свободный разгон-выбег.

4. Останавливали запись сигналов и работу двигателя, отключали диагностический комплекс и проводили обработку полученных данных в программах Microsoft Office Excel и Statistica.

По результатам полученных данных, представленных на рис. 3 установлено, что время разгона двигателя в условиях эксперимента составляет 1,87 с, время выбега – 3,12 с. Причем из графика видно, что разгон двигателя осуществляется неравномерно и за первые 0,9 с разгона частота вращения коленчатого вала изменятся от 750 мин$^{-1}$ 1850 мин$^{-1}$ т.е. на 1100 мин$^{-1}$, за вторую часть разгона приращение частоты вращения коленчатого вала составляет лишь 900 мин$^{-1}$.

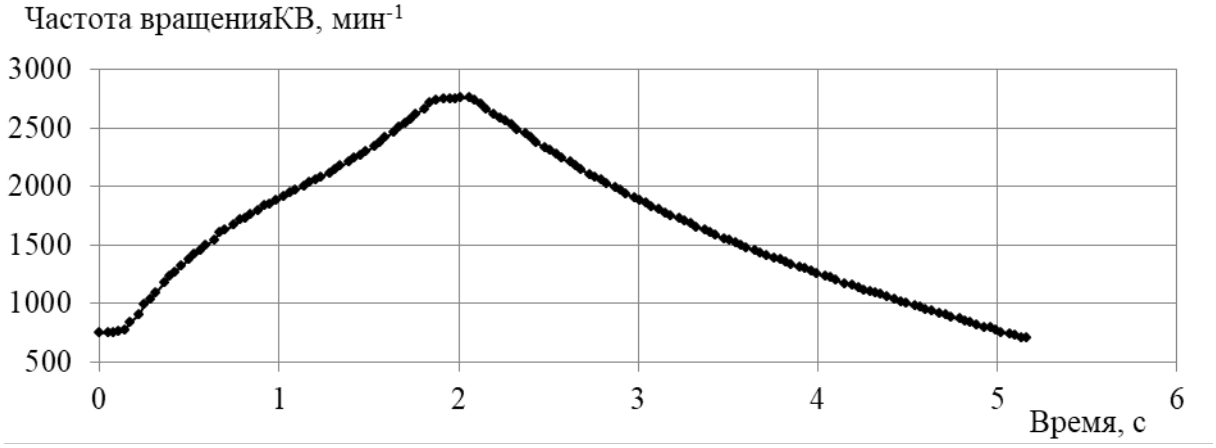


Рис. 3 – Зависимость изменения частоты вращения коленчатого вала от продолжительности работы двигателя в режиме свободный разгон-выбег

Выбег двигателя осуществляется плавно и зависит от изменения внутренних сил сопротивления вращению, которые уменьшаются по мере снижения частоты вращения коленчатого вала.

Мощность двигателя в режиме свободного разгона (рис. 4), исчисленная относительно величины крутящего момента на опорах и соответствующего значения частоты вращения коленчатого вала, изменяется неравномерно по мере разгона. При частоте вращения коленчатого вала 750…1000 мин$^{-1}$ наблюдается большой размах изменения мощности, что связано с неравномерностью силового воздействия блока цилиндров двигателя на опоры. Максимальное значение мощности в этот

период составляет 47 кВт. В дальнейшем по мере увеличения частоты вращения коленчатого вала до 1900 мин$^{-1}$ мощность двигателя составляет в среднем 20 кВт. Максимальное значение мощности достигается двигателем повторно при частоте вращения коленчатого вала 2674 мин$^{-1}$, затем мощность снижается до нуля при дальнейшем разгоне до 2750 мин$^{-1}$.

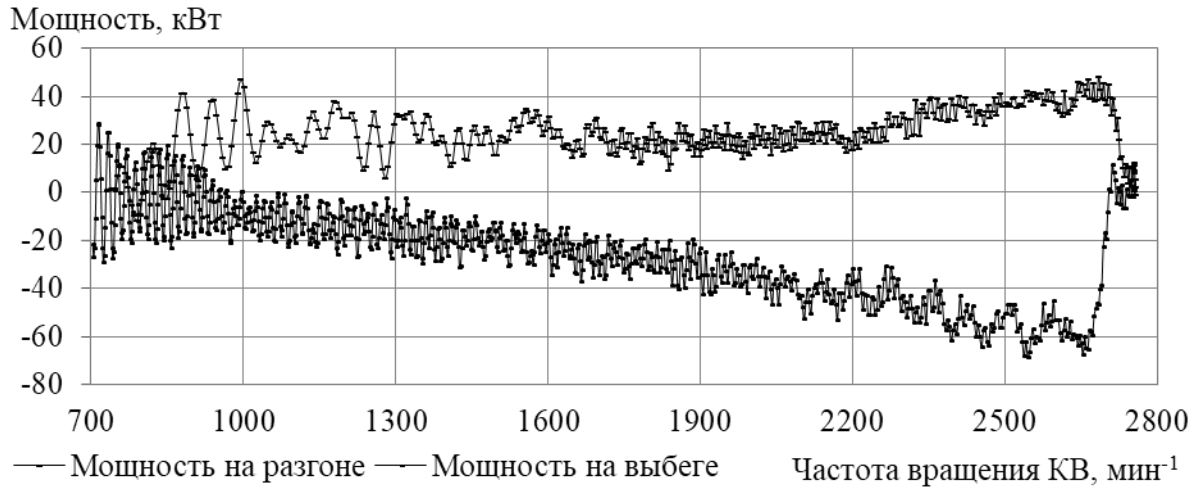


Рис. 4 – Зависимость изменения мощности двигателя в режиме работы свободный разгон-выбег

Изменение мощности на выбеге двигателя происходит в пределах от 0 до минус 65 кВт при изменении частоты вращения коленчатого вала 2750 …2663 мин$^{-1}$. Затем мощность двигателя снижается постепенно до 11 кВт по мере уменьшения частоты вращения коленчатого вала до 1000 мин$^{-1}$ со средним размахом 21 кВт. Дальнейшее изменение частоты вращения коленчатого вала с 1000 мин$^{-1}$ до 709 мин$^{-1}$ сопровождается существенными отклонениями мощности от средней величины с размахом до 59 кВт, что связано с совпадением частоты воздействия сил кривошипно-шатунного механизма на блок цилиндров и собственной частотой колебаний блока цилиндра.

Полученное максимальное значение эффективной мощности двигателя отличается от паспортной вследствие разных условий испытания. В режиме разгон-выбег форсированного двигателя с электронной системой управления максимальная мощность двигателя не достигается. Для оценки его мощностных параметров в дальнейшем необходимо установить постоянную загрузку или обеспечить режим работы двигателя разгон-выбег под нагрузкой.

Выводы. Предложенный способ определения мощности двигателя внутреннего сгорания может быть реализован на основе использования простых средств измерений, что подтверждают проведенные экспериментальные исследования в режиме работы двигателя свободный разгон-выбег. Максимальная эффективная мощность двигателя в условиях эксперимента составила 47 кВт, максимальная мощность механических потерь двигателя составляет минус 65 кВт.

Литература

1. Imomnazarov S., Axmadaliyev X., Teshaboyev R. Electronic engine control systems and its classification // Universum: technical sciences. 2023. No. 2-5(107). P. 69–71.

2. Круш Л. О., Галин Д. А. Анализ выявления причин возникновения неисправностей в ЭСУД транспортных средств, эксплуатируемых в условиях предприятий агропромышленного комплекса // Сурский вестник. 2023. № 1(21). С. 45-49. DOI 10.36461/2619-1202_2023_01_008.

3. Козловский В. Н., Петровский С. В., Новикова А. П. Интеллектуальная информационная система диагностики состояния автономных транспортных объектов // Фундаментальные исследования. 2016. № 6-1. С. 73-77.

4. Сацкевич Н. Е., Курносов А. Ф., Галынский А. А. Интеллектуальная система диагностирования транспортных и технологических машин на основе идентифицированных импульсно-силовых характеристик двигателя // АгроЭкоИнфо. 2020. № 4(42). – С. 30.

5. Лиханов В. А., Лопатин О. П. Применение рапсового масла и этанола в дизельном двигателе // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32, № 3. С. 373-389. DOI 10.15507/2658-4123.032.202203.373-389.

6. Коротков А. Н., Палицын А. В., Плотникова Ю. А.. Оценка эффективности альтернативных видов топлива при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания электростанций // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3(14). С. 80-84. – DOI 10.17022/33yp-by76.

7. Пат. № 2762813 РФ, МПК G01M 15/04. Способ определения эффективной мощности двигателя внутреннего сгорания / А.Ф. Курносов, Ю.А. Гуськов, Д.А. Домнышев, В. Н. Корниенко. − № 2021103345; заявл. 10.02.2021; опубл. 23.12.2021, Бюл. № 36 11 с.

8. Курносов А. Ф., Гуськов Ю. А., Корниенко В. Н. и др. Изменение импульсно-силовой характеристики двигателя при работе с отключением цилиндров в режиме холостого хода // Технический сервис машин. 2022. № 3(148). С. 21-33. DOI 10.22314/2618-8287-2022-60-3-21-33.

9. Завод-производитель весоизмерительного оборудования Уралвес: официальный сайт. – Пермь, 2023. – URL: http:// uralves.ru (дата обращения 02.05.2023).

10. ООО «Новые Технологические Системы»: официальный сайт. – Самара, 2022. URL: http:// nppnts.ru (дата обращения 02.05.2023).

УДК 631.35: 634.739.3

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА УБОРКИ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ

П. Ю. Крупенин, А. К. Рендов, А. Г. Лягуский
Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия», г. Горки, Республика Беларусь

Плоды клюквы крупноплодной превосходят ягоды обычной (болотную) клюквы по массе и размерам. Они крупнее и достигают в диаметре 20–25 мм и больше похожи на вишню. В плодах клюквы крупноплодной содержится богатый комплекс биологически активных соединений: органических кислот, полифенолов, витаминов, углеводов, пектиновых веществ, макро- и микроэлементов. Уникальный химический состав ягод обуславливает их высокую пищевую и лечебно-профилактическую ценность, а также делает их ценным сырьем для пищевой и фармацевтической промышленности [1].

Для выращивания клюквы в промышленных объемах используют культурный вид данного растения – Клюква крупноплодная (*Vaccinium macrocarpon*). Началом окультуривания клюквы считается 1816 год США, Массачусетс. В России первые плантации клюквы крупноплодной были созданы в конце XIX века в Санкт-Петербургском ботаническом саду. Новый виток интереса к клюкве крупноплодной пришелся на 1960–1970 годы, когда данную культуру начали возделывать как в России, так и в других республиках бывшего СССР – Беларуси, Литве, Латвии.

Если проанализировать общемировое производство клюквы крупноплодной, то лидирующей страной по выращиванию данной культуры являются Соединенные Штаты Америки. В США клюкву выращивают на площади порядка 15800 га, собирая в год до 400 тыс. т ягод. Со значительным отставанием от США следует Канада, выращивая около 170 тыс. т в год на площади в 7500 га. Урожайность в этих двух странах достигает 24…29 т/га. Остальные страны значительно отстают. Третье место занимает Чили – урожайность 7 т/га, площадь 410 га. Оставшиеся страны в совокупности имеют порядка 250 га ягодников с небольшой урожайностью, колеблющейся в пределах 2…4 т/га [2].

В настоящее время наибольшие успехи в промышленном выращивании клюквы крупноплодной на постсоветском пространстве достигнуты в Республике Беларусь. Крупнейшим производителем клюквы в стране является основанное в 1985 году ОАО «Полесские Журавины». На территории предприятия расположено 72 чека с суммарной площадью ягодников 66 га. Биологическая урожайность отдельных сортов клюквы крупноплодной в агроклиматических условиях Беларуси может достигать 12…15 т/га, средняя – 5…6 т/га [3, 4].

Промышленный сбор ягод клюквы в Беларуси начинается в конце сентября и длится до 35 дней. При этом следует отметить, что ключевым фактором, определяющим момент уборки клюквы, является целевое назначение собираемого урожая.

Из этого следует, что несмотря на существование двух разных подходов к определению оптимального момента времени сбора клюквы, сроки уборки ягод должны быть максимально сжатыми, чтобы с одной стороны не допустить перезревания ягод и, как следствие, потери их товарных качеств, а с другой – успеть собрать урожай при максимальном содержании биологически активных веществ в плодах. Таким образом, применяемый на практике 35-дневный агротехнический срок уборки клюквы крупноплодной уже не может считаться оптимальным в сложившихся условиях жесткой конкуренции на международном рынке.

Рассмотрим факторы, определяющие продолжительность работ по уборке клюквы. За последние несколько десятилетий промышленного возделывания данной культуры сформировались следующие способы уборки: сухой и мокрый.

Прототипом машин для сухой уборки клюквы послужил инструмент, используемый при ручном сборе ягод – совок с зубьями. Современные рабочие органы машин для сухой уборки можно классифицировать на следующие типы: барабанные (прочесывают кусты вдоль или поперек ряда), транспортерные (наклонены под углом к поверхности почвы и прочесывают кусты вдоль ряда), комбинированные (воздействуют на растения в различных плоскостях), клавишные (прочесывают кусты поперек ряда), контурные (прочесывают куст в вертикальной плоскости).

К достоинствам сухого способа уборки можно отнести малое количество примесей в собранном ворохе, минимальное повреждение ягод и не травмирование плодоносящих побегов. Его недостатками являются: невысокая производительность и, как следствие, увеличение сроков уборки, большие затраты труда, сложность реализации на засоренных сорняками плантациях, невозможность уборки ягод в дождливую погоду.

Сущность процесса уборки ягод мокрым способом заключается в том, что промышленный чек затапливается водой на глубину 40…50 см, установку вешек по его периметру, отделение ягод от побегов уборочной машиной, сгребание ягод к месту погрузки, погрузку ягод в транспортные средства и их транспортирование к сортировальному пункту. По окончании уборки воду с чека спускают в отводной канал.

В качестве оборудования для отделения ягод могут использоваться как хедеры с вращающимся, похожим на мотовило, рабочим органом, так и машины с неподвижными рабочими органами, напоминающими по конструкции пружинные загортачи зерновых сеялок. Отделенные от растений ягоды всплывают на поверхность затопленного водой чека, после чего с помощью понтонов транспортируются к машине, осуществляющей их погрузку в транспортные средства.

Сбор ягод с поверхности затопленного чека с последующей погрузкой в транспортные средства может производиться механическим или гидравлическим способами.

Механический способ предполагает использование скребкового конвейера, (рис. 1) состоящего из горизонтальной и наклонной секций. Скребки горизонтальной секции захватывают ягодный ворох и подают его на наклонную секцию конвейера. В ходе движения по наклонной секции ягоды очищаются от примесей за счет промывки ягодного вороха водой, подающегося через форсунки. Смытые водой примеси удаляются через решетчатый желоб, а очищенные ягоды загружаются в транспортное средство.



Рис. 1 – Скребковый конвейер

К недостаткам скребковых конвейеров можно отнести низкую производительность, травмирование ягод о жлоб, недостаточную эффективность системы очистки ягод от примесей, сложность подготовки агрегата к работе. Отдельно стоит отметить неоптимальную конструкцию горизонтальной секции: чтобы ее транспортер захватил и передал ягоды на транспортер наклонной секции необходимо вручную подталкивать к нему находящийся на поверхности воды ягодный ворох. С другой стороны, при большом количестве примесей, указанный недостаток дает возможность рабочим вручную отделять длинные примеси из плавающего вороха, что, впрочем, не способствует улучшению условий труда и снижению трудовых затрат.

При гидравлическом способе (рис. 2) для забора ягодного вороха с поверхности чека используются гидротранспортные установки (ягодные помпы). Главном элементом ягодной помпы является центробежный насос с геликоидальным рабочим колесом (рис. 3), конструкция которого позволяет перекачивать ягоды клюквы не повреждая их. Для забора ягодного вороха в чеке устанавливается воронка, соединенная трубопроводом с всасывающим патрубком геликоидального насоса. Ягодный ворох вместе с водой всасывается насосом и подается в решетный сепаратор. В сепараторе поток поступает на решето, где происходит отделение ягод клюквы от воды и мелких примесей. После сепаратора очищенная ягода конвейером с резинотканевой лентой подается в транспортное средство [5].



Рис. 2 – Гидравлический способ забора ягодного вороха с поверхности чека

Гидравлический способ забора ягодного вороха с поверхности чека характеризуется большей производительностью по сравнению с механическим способом. Применяемые технические средства являются многооперациоными агрегатами, которые, помимо, собственно, забора ягодного вороха, обеспечивают разделение ягод и примесей, а также их погрузку в транспортные средства.

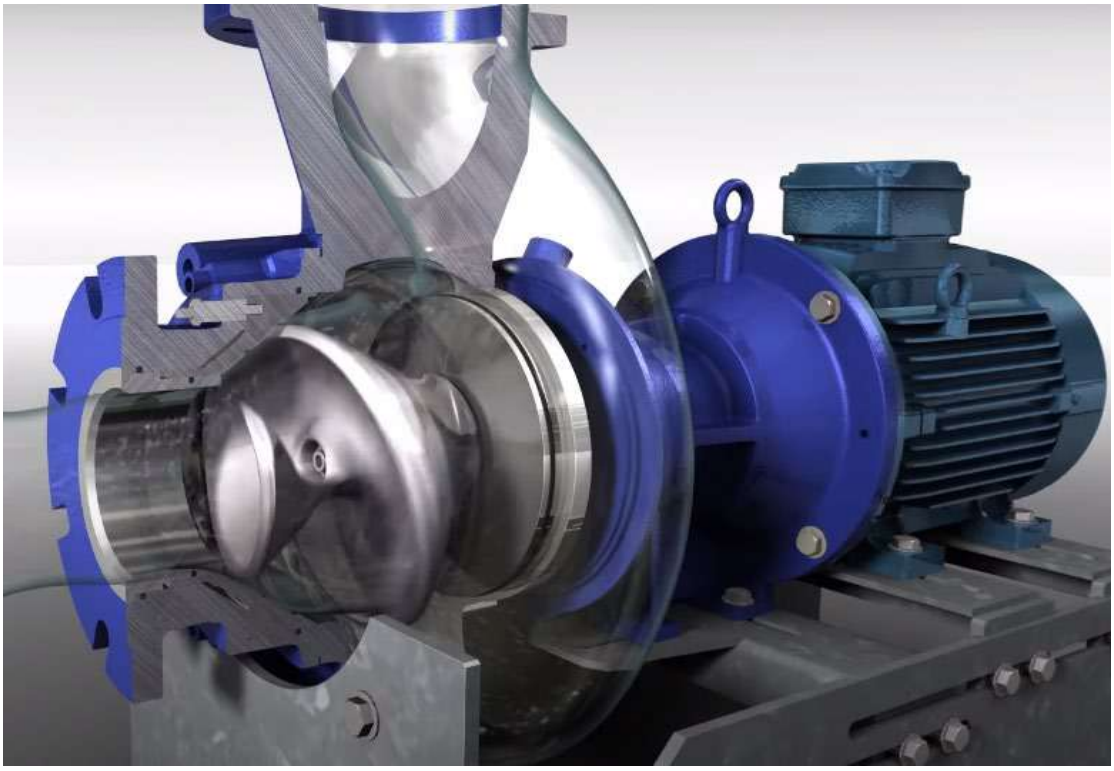


Рис. 3 – Центробежный насос с геликоидальным рабочим колесом

К недостаткам этого способа можно отнести существенное снижение производительности (в плоть до полной остановки процесса) и качества работы оборудования при высокой засоренности ягодного вороха длинными и средними примесями. В большом количестве длинные примеси блокируют всасывающий патрубок геликоидального насоса, а средние – недостаточно эффективно отделяются на решетным сепараторе и поступают вместе с ягодой транспортное средство.

Для механизации процессов уборки клюквы необходимо разработать и исследовать отечественный комплекс машин, использовав результаты испытаний лучших зарубежных аналогов. Отказаться от применение малопроизводительных и трудоемких скребковых транспортеров, которые применяются на ОАО «Полесские журавины» для сбора ягод с поверхности затопленного чека.

Перспективным типом технических средств для забора ягодного вороха с поверхности затопленного чека являются гидротранспортные установки (ягодные помпы), имеющие высокую производительность и при минимальном повреждении ягод. С другой стороны, при высокой засоренности ягодного вороха, эффективность работы ягодных помп существенно снижается, в связи с чем их применение в условиях хозяйствования ОАО «Полесские журавины» возможно только после оснащения машин элементами, обеспечивающими отделение длинных и средних примесей от ягод. Разработка указанных элементов и внедрение усовершенствованных гидротранспортных установок позволит

предприятию оптимизировать сроки уборки клюквы и сэкономить до 10 чел.-ч трудовых затрат в расчете на 1 т ягод.

В настоящее время отечественные машиностроительные предприятия не разрабатывают технические средства для уборки клюквы крупноплодной, а воспроизводство зарубежных образцов машин не всегда нецелесообразно, поскольку они не отвечают требованиям технологических процессов выращивания клюквы в зональных условиях Республики Беларусь. Разработка и внедрение эффективных технические средств для возделывания и уборки клюквы крупноплодной является актуальной народнохозяйственной задачей, решение которой обеспечит существенное повышение объемов производства ценной ягоды.

Литература

1. Клюква крупноплодная в Белоруссии / АН БССР, Центр. ботан. сад. – Минск: Наука и техника, 1987. – 238 с.

2. Sandler H. Cranberry production. A guide for Massachusetts-summary edition // H. Sandler, C. DeMoranville. – University of Massachusetts, 2008. – 198 p.

3. Характеристика сортов включенных в Государственный реестр за период с 2005 года по 2007 год / ГУ «Гос. инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2007. – 439 с.

4. Ленковец Т. И. Урожайность и масса плода сортов клюквы крупноплодной, интродуцированных в Беларуси / Т. И. Ленковец // Плодоводство. – Т. 4. – 2022. – С. 134–139.

5. cranberry production guide [electronic resource]: cranberry station outreach and public service activities. – mode of access: https://ag.umass.edu/sites/ag.umass.edu/files/pdf-doc-ppt/cranberry_production_guide.pdf. – date of access: 08.09.2023.

УДК 631.3

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ СЕПАРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН

С.В. Шишков, С.И. Кирилюк, Д.В. Медведев
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Наиболее сложным технологическим процессом при уборке зерновых культур является уборка, которая связана с повреждаемостью и потерями зерна, а также отделением значительной массы соломы и вороха, поступающей в зерноуборочную машину. В стеблестое содержится в зависимости от убираемой культуры соотношение зерна к соломе колеблется от 1:1,2 до 1:2, а также сорные растительные примеси. Процесс сепарации осложняется тем, что свойства стеблестоя непостоянны, а зерно восприимчивы к механическим повреждениям. В технологическом процессе в зерноуборочной машины одним из узких мест является процесс сепарации зернового вороха на соломотрясе или выделение зерна из слоя соломы, который зависит от параметров сепарирующих органов, обусловленных спецификой возделывания зерновых. Поэтому одним из основных вопросов для машинной уборки зерна является эффективная сепарация соломистой массы при минимальных потерях. Согласно агротехническим требованиям, используемые в настоящее время сепарирующие органы комбайна должны обеспечить выделение зерна из вороха и соломы не менее 98,5 %. В результате анализа исследований установлено, что параметры сепарирующих органов зависят от физико-механических свойств слоя соломистой массы. Как среды, определяющей работоспособность уборочной техники, а также распределения плотности соломы по поперечному сечению. С целью нарушения внутренних связей в слое соломистой массы целесообразно внести в конструкцию сепарирующих органов изменения, позволяющие повысить эффективность выделения зерна за счет интенсивности разрушения слоя соломистой массы в начале технологического процесса. Для улучшения сепарации целесообразно установить устройство обеспечивающего дополнительное воздействие на слой соломистой массы в начале выполнения технологического процесса, это обеспечит увеличение проходного сечения между стеблями растительных остатков в слое соломистой массы. В зерноуборочных машинах для выделения зерна из соломистой массы применяются различные по конструктивному исполнению активизирующие органы, в том числе пружинного-пальцевого типа активные и пассивные.

При уборке зерновой ворох, после обмолота, попадает на соломотряс, совершающий колебательные движения, предварительно

перераспределяется – зерно и тяжелые соломистые частицы опускаются вниз и движутся в нижней зоне слоя, а легкие и крупные соломенные частицы перемещаются в его верхней зоне. Двухвальный клавишный соломотряс имеет конструктивные ограничения по производительности. С увеличением производительности при сохранении габаритных размеров могут значительно увеличиваться потери. Поэтому для сохранения габаритных размеров соломотряса и повышения производительности, а также улучшения сепарации на соломотрясе целесообразно установить пальцевой активатор.

Наиболее широкое распространение получили интенсификаторы сепарации механического принципа действия, которые установленные над соломотрясом. Для нарушения внутренних связей в слое соломистой массы необходимо, чтобы линейная скорость, действующая на слой массы со стороны прутков активатора рис.1. Активатор клавишного соломотряса, была больше линейной скорости слоя массы, что обеспечит отрыв, разрыв (разделение) стеблей соломы.

Не вымолоченные зёрна в соломе вытрясти соломотрясами довольно таки сложно, с учётом того, что солома при уборке зачастую бывает засорённой, влажной и плотной. Для более интенсивного разрыхления соломы над соломотрясами размещается барабан активатор с управляемыми пальцами. Барабан активатор позволяет более равномерно распределять солому по всей ширине соломотряса. А также разрывает поток соломы, разрежает плотный слой соломистой массы, тем самым улучшает сепарацию соломы, позволяя остаткам зерна более легко проходить сквозь него попадая, на соломотряс и далее по технологическому тракту в бункер. Максимально эффективно в этом случае используется длина соломотряса, а солома сохраняет структуру и качество.



Рис. 1 – Активатор клавишного соломотряса

Для повышения сепарирующей способности зерноуборочных машин используются различные конструкции интенсификаторов. Они позволяют на начальной стадии выполнения технологического процесса воздействовать на слое соломистой массы, нарушая его внутренние связи и

целостность. Одним из таких элементов является рассмотренный интенсификатор, содержащий прутковые пальцы, аксиально установленных в активаторе и осуществляющих вращательной движение позволяющее разрушать слой соломистой массы. Применение барабана активатора позволяет повысить пропускную способность клавишного соломотряса без изменения его габаритных размеров.

УДК 620.178

МИКРОСТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАУГЛЕРОЖЕННЫХ СЛОЕВ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ 35ХГСА, 40Х И 42CRMOS4

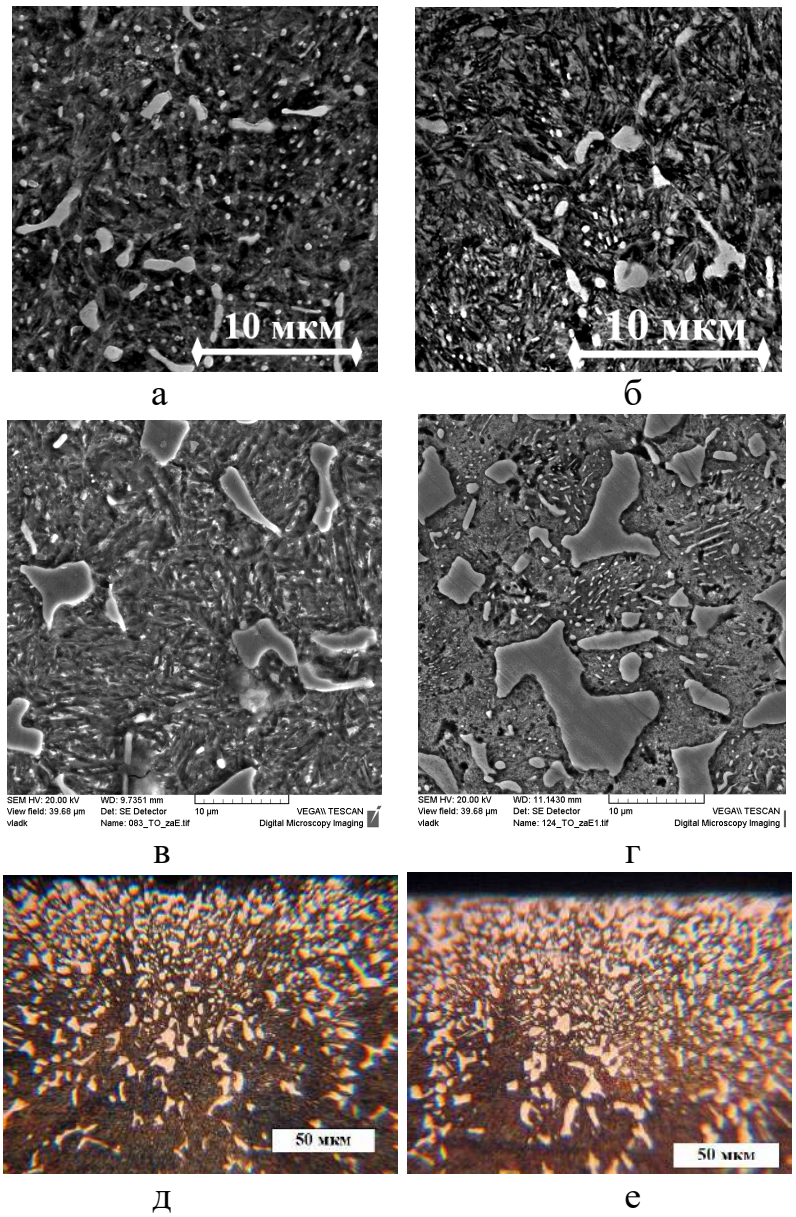
Е.П. Поздняков[1], И.Н. Степанкин[2]
[1]Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О.Сухого», Гомель, Республика Беларусь;
[2]Белорусский научно-исследовательский институт нефти республиканского унитарного предприятия «Производственное объединение «Белоруснефть», Гомель, Республика Беларусь

Причиной разрушения деталей, подвергающиеся в процессе эксплуатации циклическим, пульсирующим и знакопеременным нагрузкам, является усталость материала. На способность сопротивляться усталости первоочередное влияние оказывает твердость сплава [1]. Максимальную твёрдость поверхностных слоёв можно получить посредством проведения цементации, которая приобрела наибольшее распространение в сельскохозяйственном машиностроении. Традиционно цементуемые стали после термической обработки обычно имеют низкую твёрдость сердцевины, которая не превышает 30…35HRC. Такой величины твёрдости недостаточно для сопротивления подповерхностных слоёв пульсирующим контактным нагрузкам свыше 1000 МПа. Поэтому для решения этой задачи можно применить среднеуглеродистые конструкционные стали 40Х и 35ХГСА [2], которые содержат в качестве карбидообразующего элемента только хром. В настоящее время на ОАО «БМЗ – УКХ «БМК» производится новая марка стали 42CrMoS4, содержащая карбидообразующий молибден, изменяющий структурно-фазовый состав сплава, а, соответственно, и свойства.

Целью работы являлось установление влияния длительности цементации на микроструктуру и свойства конструкционных среднеуглеродистых сталей 40Х, 35ХГСА и 42CrMoS4. Объектом исследований являлись цементованные слои конструкционных среднеуглеродистых низколегированных сталей 40Х, 35ХГСА и 42CrMoS4. Упрочнение поверхностного слоя осуществлялось путем проведения цементации в древесноугольном карбюризаторе с добавкой карбоната бария $BaCO_3$ при температуре 920ºС с длительностью активного насыщения 8 или 12 часов. Окончательные свойства формировались посредством проведения закалки в масле с температуры 860 ºС и последующем низком отпуске при температуре 200 ºС в течение 1 часа.

Металлическая матрица всех исследованных диффузионных слоев сталей 35ХГСА, 40Х и 42CrMoS4 представлена мартенситом отпуска и остаточным аустенитом (рис. 1). В структуре цементованных слоев стали 35ХГСА, помимо мартенсита и остаточного аустенита, дополнительно

присутствуют карбиды цементитного типа. Их объемная доля, определенноя в повернхностном слое толщиной 0,2 мм, составила 10 % после 8–ми часового насыщения (рис. 1, а) и 15 % после 12–ти часового (рис. 1, б). Морфология включений представлена мелкодисперсными карбидами, равномерно распределенными по всей металлической основе, а также образующими прерывистую цементитную сетку вокруг бывшего зерна твердого раствора. Максимальный размер включений составил не более 2,0…3,0 мкм. Общая глубина зоны с избыточными включениями не превысила 0,2 мм для обоих случаев длительности насыщения.



а б в г д е

Рис.1 – Микроструктура термоупрочненных цементованных слоев стали: а, в, д – 8-ми часовое насыщение; б, г, е – 12-ти часовое насыщение
а, б – 35ХГСА; в, г – 40Х и д, е – 42CrMoS4

В науглероженных слоях стали 40Х карбидная фаза имеет существенные отличия от слоев в стали 35ХГСА. Объемная доля карбидов в поверхностном слое глубиной до 0,2 мм увеличивается с 10…15 % до 35…40% при изменении длительности науглероживания с 8–ми (рис. 1, в)

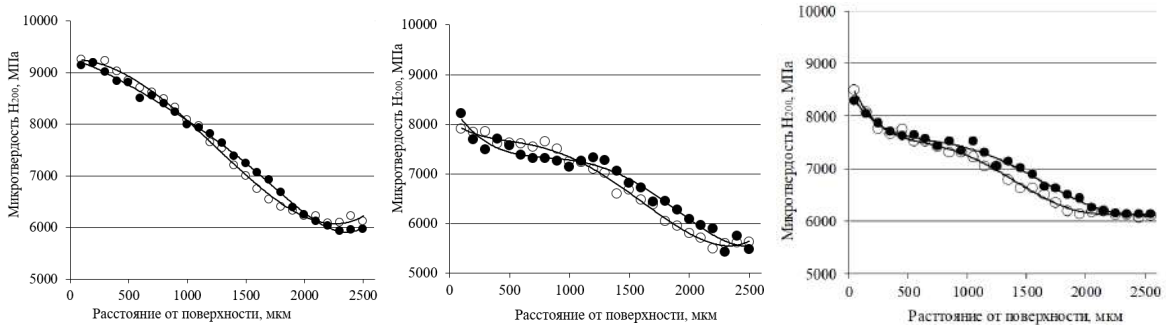
до 12–ти часов (рис. 1, г). При увеличении длительности цементации происходит коагуляция карбидов, что приводит к росту максимального размера карбидов. В случае 8–ми часового насыщения максимальные размеры отдельных включений не превышают 10 мкм, а после 12–ти часового – досигают 20 мкм. Кроме крупных включений обнаружены равномерно распределеные по металлической матрице слоя мелкодисперсные карбиды. Общая глубина слоя с заэвтектоидным строением достигла 0,5…0,7 мм.

Науглероженные слои стали 42CrMoS4 в своей структуре имеют более развитую карбидную фазу, чам аналогичные слои сталей 40Х и 35ХГСА. При увеличении длительности диффузионного насыщения ее объемная доля увеличивается с 30 % до 40 %. Морфология включений после 8-ми часового насыщения представлена преимущественно разрозненными включениями глобулярной формы. При увеличении времени цементации до 12-ти часов происходит их коагуляция. Максимальные размеры отдельных карбидов составили 10 мкм после 8-ми часовой ХТО и достилают 30 мкм после увеличения длительности цементации до 12-ти часов. Общая толщина слоёв, содержащих избыточные карбиды, составила 0,7 мм.

Анализ графиков распределения микротвердости по сечению термоупрочненных цементованных слоев всех исследуемых сталей показал, что значительно большим значением микротвердости поверхности обладает сталь 35ХГСА. Этот факт свидетельствует о том, что кремний является одним из легирующих элементов, повышающим твердость металлической матрицы [3]. При увеличении длительности цементации с 8-ми до 12-ти часов микротвердость поверхности стали 35ХГСА не изменяется и составляет 9100МПа (рис. 2, а). При этом увеличение длительности диффузионного насыщения не приводит к существенному изменению зависимостей распределения микротвердости. Общая толщина слоев составила порядка 2,0…2,2 мм, а твердость сердцевины – на уровне 6000МПа.

При формировании науглероженных слоев на стали 40Х (рис. 2, б) оказалось, что микротвердость поверхности значительно снижается по отношению к слоям, образованным на стали 35ХГСА. При 8-ми часовом насыщении этот показатель составил 7900МПа, а в случае повышения длительности насыщения до 12-ти часов – 8200МПа. Графики распределения микротвердости слоев стали 40Х имеют значительные отличия от слоев стали 35ХГСА – наблюдается наличие более пологой площадки в подповерхностном слое. Эта зависимость возникла вследтсвие распространения карбидной фазы на большую глубину. Толщина науглероженных слоев при увеличении длительности насыщения с 8–ми до 12–ти часов составила 1,8…2,0 мм и 2,0…2,2 мм соответственно. Твердость сердцевины во всех исследованных случаях равна 5500…6000 МПа.

Анализ графиков распределения микротвердости науглероженных слоев стали 42CrMoS4 (рис. 2, в) показал, что зависимости распределения практически не отличаются при увеличении длительности науглероживания. Микротвердость поверхности составила 8500 МПа и 8300 МПа соответственно. Общая толщина слоев составила 1,9…2,0 мм. Микротвердость сердцевины в обоих исследованных случаях зафиксирована на уровне 6100 МПа.

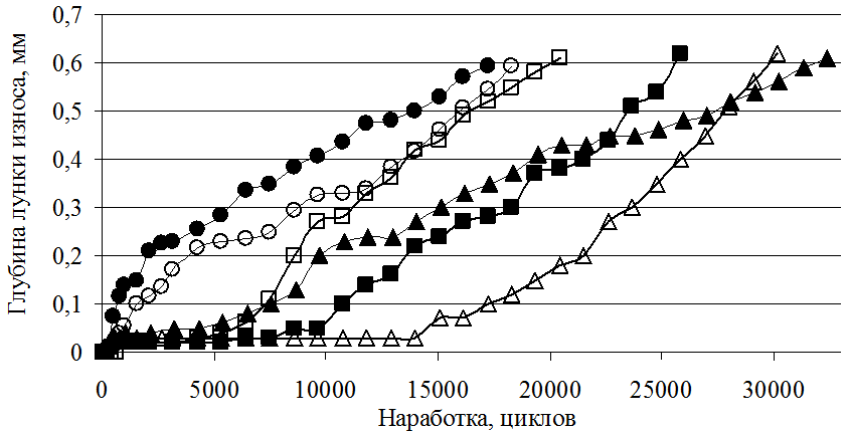


а б в

○ – 8-ми часовое насыщение; ● – 12-ти часовое насыщение
а – 35ХГСА; б – 40Х и в – 42CrMoS4

Рис. 2 – Распределение микротвердости по сечению термоупрочненных науглероженных слоев стали

Испытания на контактную усталость проводились на установке [4] при амплитуде контактных напряжений 1300±65 МПа. После проведения испытаний установлено, что у всех исследованных партий образцов присутствует этап приработки с контртелом, который длится порядка 1000…1500 циклов нагружения (рис. 3). У образцов стали 35ХГСА после 8-ми и 12-ти часовой ХТО и стали 40Х после 8-ми часовой после этапа приработки обнаружена высокая износоустойчивость, которая составила 6,4 тыс., 10 тыс. и 12,9 тыс. циклов нагружения соответственно. После чего интенсивность износа возрастает. У данных слоёв величина стойкости, определённая при достижении лунки износа 0,6 мм, составила в интервале 20…30 тыс. циклов.



светлые маркеры – 8 часовая ХТО; тёмные маркеры – 12 часовая ХТО;

Рис. 3 – Кривые износа науглероженных слоёв стали 35ХГСА (■, □), 40Х (▲, Δ) и 42CrMoS4 (●, ○)

Для остальных диффузионных слоёв зависимости износа несут иной характер. У цементованного слоя стали 40Х, подвергнутого 12-ти часовой ХТО, зависимости износа имеют характер близкий к равномерному. Максимальная стойкость данного слоя составила 32,5 тыс. циклов. Для цементованных слоёв стали 42CrMoS4 после этапа приработки сохраняется высокая скорость износа, которая сохраняется при достижении лунки износа порядка 0,2 мм. После этого интенсивность изнашивания снижается, но указанные слои обладают минимальной стойкостью среди всех испытанных – 17,2 тыс. (12 час. ХТО) и 18,3 тыс. (8 час. ХТО) циклов нагружения.

Металлографическим исследованием установлено, что все исследованные слои сопровождаются питтинговым изнашиванием. Уже на начальном этапе при первых контактах с контртелом материал образцов претерпевает пластическую деформацию. При увеличении наработки в деформированных объёмах материала образуются зоны наклёпа, в которых зарождаются и распространяются трещины контактной усталости, приводящие, в конечном счёте, к выкрашиванию объёмов деформированного материала. Образование питтингов сопровождается перераспределением действующих напряжений на контактной поверхности образцов и ускорению интенсивности износа.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

- более развитая карбидная фаза формируется в слоях сталей 40Х и 42CrMoS4, содержащих повышенное количество карбидообразующих элементов (Cr, Mo) и пониженное содержание кремния (в качестве раскислителя), чем в стали 35ХГСА;

- наибольшая микротвердость поверхности зафиксирована у науглероженных слоев стали 35ХГСА, содержащей кремний как легирующий элемент;

- максимальной износостойкостью обладают науглероженные слои стали 40Х. Их наработка достигла 30,2 тыс. и 32,4 тыс. циклов нагружения контактными напряжениями 1300±65 МПа после 8-ми и 12-ти часового насыщения соответственно.

Литература

1. Геллер Ю.А. Инструментальные стали: справочник / Ю.А, Геллер. – М. : Металлургия, 1984. – 584 с.

2. К вопросу влияния остаточного аустенита на износостойкость науглероженных слоев стали 40Х и 35ХГСА / И.Н. Степанкин [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: сб. науч. тр. / редкол. : В.Г.Залесский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, – 2019. – С. 104–116.

3. Лахтин Ю.М. Химико-термическая обработка металлов / Ю.М. Лахтин, Б.Н. Арзамасов. – М.: Металлургия, 1985. – 256 с.

4. Устройство для испытания материала на контактную усталость и износ: полез. модель BY 11176 / И.Н. Степанкин, Е.П. Поздняков, И.А. Панкратов, Е.А, Астапов. – Опубл. 30.10.2016.

УДК 004.055/004.51/58

РАЗРАБОТКА ЦЕНТРАЛЬНОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ ВСТРОЕННОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

О.В. Рехлицкий, В.Н. Шкирский, В.В. Кваша
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»
г. Гомель, Республика Беларусь

На тракторах и самоходных сельскохозяйственных машинах, выпускаемых ведущими фирмами стран ЕС и США, широко используются бортовые электронные средства (БЭС), выполняющие функции контроля, регулирования или автоматического управления различными системами и механизмами, а также обеспечивающие оператора необходимой информацией. Эти функции логически увязаны с особенностями устройства и функционирования соответствующих систем и механизмов.

На выпускаемых в Беларуси и России мощных тракторах класса 3 – 5 и комбайнах перспективных моделей в последнее время БЭС также получили широкое применение[1].

Современные системы управления энергонасыщенными сельскохозяйственными машинами позволяют провести диагностирование технического состояния основных узлов и агрегатов при подготовке к работе, а также в процессе работы. Для этого сельскохозяйственные машины оборудуются как традиционными стрелочными индикаторами, так и бортовыми диагностическими приборами, которые постоянно отслеживают текущие рабочие параметры и по запросу выдают информацию на дисплей.

Разработанная встроенная информационная система относиться к распределенному типу и представляет собой функционально рассредоточенные системы, состоящие из взаимодействующих электронных блоков, датчиков и механизмов, связанных между собой каналами передачи данных (см. рис.1).

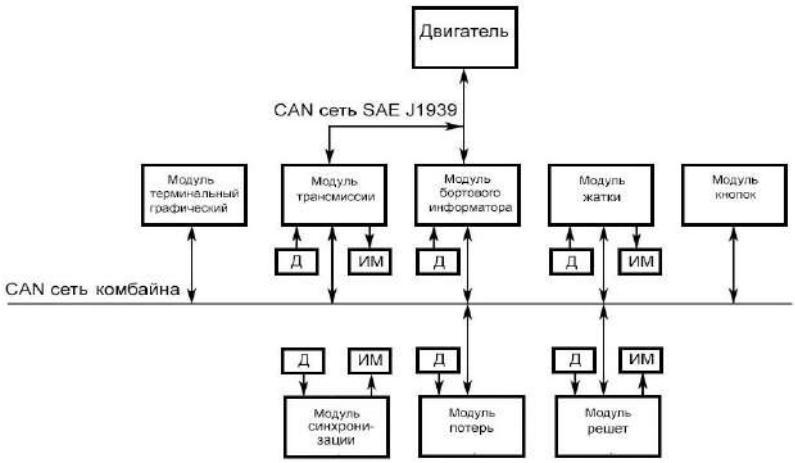


Рис. 1 – Схема распределенной встроенной информационной системы комбайна зерноуборочного

Центральным блоком управления и индикации является бортовой компьютер.

На текущий момент в основном серийном производстве центральным блоком выступал бортовой компьютер на базе микроконтроллера фирмы Renesas (SH7264 SH-2A CPU), построенный на однокристальной 32-битной RISC (Reduced Instruction Set Computer) архитектуре с плавающей точкой (см. рис. 2).



Рис. 2 – Бортовой компьютер на базе микроконтроллера фирмы Renesas

Данный образец имеет 8.4 дюймовый TFT-LCD дисплей, поддерживающим максимальное разрешение 640x480 точек с плотностью пикселей (мм) 0.267x0.267 и количеством цветов 262 тыс. Взаимодействие с пользователем происходит посредством набора мембранных кнопок. Вывод информации осуществляется на выше упомянутый дисплей, а так же на два встроенных динамика общей мощностью 1Вт.

Разработка приложения с графическим интерфейсом велась при помощи графической библиотеки с исходным кодом на языке «С».

Графическая библиотека позволяла разрабатывать гибкий графический интерфейс пользователя, начиная от примитивной 2D

графики с монохромными цветами, заканчивая графикой с 32-битными цветами и альфа-компонентом. Многозадачность в приложении обеспечивалась при помощи применения FreeRTOS (Real Time Operating System).

Однако из-за ограниченности технического решения, применяемого в данных бортовых компьютерах, не мог быть реализован ряд дополнительных опций, таких как:

- логирование и аналитика;
- качественное отображение данных и удобное управление;
- подключение внешних устройств считывания информации.
- применение современных интерфейсов и стандартов передачи данных: Wi-Fi, Bluetooth, GPS, GPRS;
- подключение видеосистемы, мультимедиа, радио;

В связи со значительными ограничениями в аппаратной и программной части бортовых компьютеров на базе микроконтроллера фирмы Renesas, возникла потребность к переходу на более современную аппаратную платформу, в качестве которой был выбран бортовой компьютер на базе ARM (Advanced RISC Machine) процессоров.

В данном направлении также развиваются и ведущие фирмы стран ЕС и США, выпускающие энергонасыщенную сельскохозяйственную технику.

К примеру, в наиболее продвинутых образцах техники немецкой машиностроительной компании CLAAS KGaA GmbH применяются широкоформатные 12-ти дюймовые бортовые компьютеры с высоким разрешением экрана до 1980x1080 точек и насыщенной глубиной цвета (см. рисунок 3).



Рис. 3 – Бортовой компьютер фирмы CLAAS KGaA GmbH

Бортовой компьютер фирмы CLAAS KGaA GmbH имеет ряд интересных программных опций:

- настраиваемый макет рабочего экрана позволяет наиболее опытным пользователям организовывать отображение информации на

главном экране в соответствии со своими предпочтениями и потребностями;

 функция «CEBIS Mobile», которая позволяет пользователю получать доступ к нему с планшета или смартфона через Bluetooth или WLAN технологию беспроводной передачи данных;

 функция «CEBIS Connect» предоставляет терминалу доступ к системе «CLAAS Telematics» – инструменту управления и анализу данных для оптимизации производительности и эффективности сельскохозяйственной техники.

Еще одним лидером в области машиностроения является компания John Deere. В составе встроенной информационной системы, техника компании John Deere оснащается большим широкоформатным бортовым компьютером с диагональю экрана 10.1 дюйм и Full HD разрешением (см. рисунок 4).



Рис. 4 – Бортовой компьютер фирмы John Deere

Функции, доступные пользователю бортового компьютера:

 настройка отображения информации на главном экране;

 функция синхронизации данных между несколькими машинами в поле;

 функция обновления программного обеспечения и документации по беспроводной сети и удаленный доступ к бортовому компьютеру.

Обе модели конкурентов обладают схожими техническими характеристиками по способности отображать информацию, вследствие чего основной упор смещается в сторону возможностей программного обеспечения предоставляемых пользователю.

Таким образом, современный блок индикации и управления в составе встроенной информационной системы должен не только обеспечивать пользователя информацией о состоянии узлов и агрегатов, но и иметь ряд эксклюзивных функций по сбору и передаче аналитических данных, иметь возможность объединяться в единую локальную информационную сеть с другими бортовыми компьютерами.

В современной отечественной разработке бортовых компьютеров была принята аппаратная платформа на базе процессоров ARM (Advanced RISC Machine) Freescale I.MX6 – I.MX8 с несколькими ядрами Cortex-A9 и Cortex-A53 (см. рис. 5).



Рис. 5 – Бортовой компьютер на базе ARM процессоров

Данные образцы снабжаются 10.4 – 12.1 дюймовыми IPS-LCD дисплеями, поддерживающими разрешение не менее 1024x768 точек и количеством цветов 262 тыс. Взаимодействие с пользователем происходит посредством емкостного тачскрина. Вывод звуковой информации обеспечивают динамики общей мощностью 4Вт.

Разработка приложения с графическим интерфейсом ведется при помощи фреймворков и библиотек для кроссплатформенной разработки десктопных программ с исходным кодом на языках «C» и «C++». Главным плюсом программ написанных с их помощью это их способность работать с несколькими аппаратными платформами и операционными системами (Windows, Android, Linux и т.п.).

Новое поколение центральных блоков имеет расширенный набор внешних интерфейсов связи и вместе с новой программной платформой позволит реализовывать функции и задачи, которые были невыполнимыми в прошлом:

- логирование и аналитика;
- возможность предоставления инструкции и справочной информации в электронном виде;
- качественное отображение данных и удобное управление;
- подключение внешних устройств считывания информации;
- возможность обновления программного обеспечения при помощи съемного USB носителя информации;
- музыкальный проигрыватель;

 отображение изображения с видеокамер.

 применение современных интерфейсов и стандартов передачи данных: Wi-Fi, Bluetooth, GPS, GPRS.

Литература

1. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники / В.П. Миклуш [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2019. – 392 с. – ISBN 978-985-25-0019-7.

УДК 631.81

ЭЛЕКТРОННЫЕ КАРТЫ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

М.Р. Курамшин, И.В. Герасименко, А.В. Чекрыгин
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный аграрный университет»,
г. Оренбург, Российская Федерация

Урожай растений во многом зависит от сроков внесения и способов заделки удобрений. Способы внесения удобрений устанавливает агротехника. Применяют следующие способы внесения удобрений: предпосевной (основной), припосевной и послепосевной (подкормка) [1,2,3].

Предпосевной способ (основной) внесения удобрений включает в себя равномерное распределение их по полю, заделывание их в процессе зяблевой или весенней вспашки.

Припосевное внесение удобрений осуществляют одновременно с посевом. Вносят удобрения в почву вместе с семенами или недалеко от них, припосевное внесение минеральных удобрений осуществляют комбинированными сеялками и сажалками.

Послепосевной (подкормку) пропашных культур удобрениями производят одновременно с культивацией междурядий, а зерновые культуры подкармливают при помощи наземных агрегатов или с использованием сельскохозяйственной авиации.

Большой интерес вызывают технологии точного земледелия включающие в себя дифференцированное внесение удобрений. Дифференцированное внесение удобрений – одна из технологий точного земледелия, которая обеспечивает изменение доз удобрений в зависимости от состава почвы, планируемой урожайности и потребностей каждой зоны поля.

Рассмотрим составление электронных карт урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от дифференцированного и традиционного способа внесения азотных и фосфорных удобрений в режиме off-line.

Большое количество дробных учетов урожая, проведенных в нашей стране и за рубежом на разнообразных почвах и во всех климатических областях земного шара, показали, что урожаи даже на однообразно возделываемых участках поля в той или иной степени отличаются по своей величине. В связи с этим, особый интерес из всего комплекса разработанной техники представляют комбайны, которые при уборке автоматически создают электронную карту урожайности с точной привязкой к месту.

Такая карта попросту бесценна, так как позволяет контролировать не только количество собранного урожая, но и правильно принимать агротехнические решения. При этом появляется возможность более дифференцированно подходить к технологии возделывания сельскохозяйственной культуры на данном участке [4].

На полях учебно-опытного хозяйства ОГАУ проводилась апробация методики формирования электронных карт урожайности зерновых культур. По карте урожайности, можно определить участки с низкой урожайностью рассматриваемой культуры, т.е. выявить проблемные участки поля, например, в связи с недостаточным количеством внесенных удобрений. Карта урожайности, позволяет определить в процентном и количественном соотношении участки с определенным уровнем урожайности.

Схема внесения минеральных удобрений позволяет выявить как раздельное влияние азотных и фосфорных удобрений при разных способах их внесения на урожайность ячменя, так и влияние от их совместного внесения при различных комбинациях [5]. Схема опыта включает в себя четыре основных варианта, включая контрольный вариант (без внесения удобрений).

Карта урожайности нута (рис.1), позволяет определить в процентном и количественном соотношении участки с определенным уровнем урожайности. Схема внесения минеральных удобрений позволяет выявить как раздельное влияние азотных и фосфорных удобрений при разных способах их внесения на урожайность нута, так и влияние от их совместного внесения при различных комбинациях. Схема опыта включает в себя девять основных вариантов, включая контрольный вариант (без внесения удобрений).

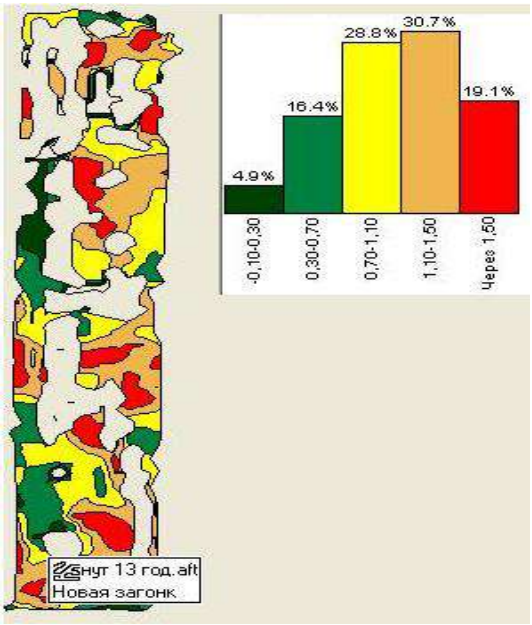


Рис. 1 – Электронная карта урожайности нута в зависимости от способа внесения минеральных удобрений

Анализируя данные урожайности зерна нута по электронной карте, можно сказать, что применяемые в опыте по отдельности азотные (аммиачная селитра) и фосфорные удобрения (аммофос), по-разному оказывали влияние на урожайность нута. Использование фосфора, в зависимости от традиционного и дифференцированного способа внесения, повышали урожайность по сравнению с контролем на 3,8 - 4,1 ц/га соответственно (таблица 1).

Таблица 1. Урожайность основной продукции нута в зависимости от способа внесения минеральных удобрений на участке поля с планируемым содержанием фосфора в почве - 40 мг/кг почвы

№ п/п	Вариант опыта	Урожайность нута, ц/га
1	Контроль	6,7
2	Дифференцированное внесение азота	8,2
3	Традиционное внесение азота	11,3
4	Дифференцированное внесение фосфора	10,8
5	Традиционное внесение фосфора	10,5
6	Традиционное внесение азота и фосфора	10,8
7	Дифференцированное внесение азота и фосфора	10,2
8	Дифференцированное внесение фосфора и традиционное внесение азота	12,4
9	Традиционное внесение фосфора и дифференцированное внесение азота	10,3

Традиционное внесение азотных удобрений позволило дополнительно получить 4,6 ц/га, а дифференцированное только 1,5 ц/га основной продукции нута. Различные комбинации обоих видов внесения минеральных удобрений дал практически тот же результат, что и внесение одних только фосфорных удобрений. Прибавка урожайности нута в этом случае колебалась в пределах 10,2-10,8 ц/га. Исключение составляет вариант, где дифференцированное внесение фосфора сочеталось с традиционным внесением азота. Здесь был получен максимальный результат урожайности нута, который составил 12,4 ц/га, т.е. на 5,7 ц/га превышающий вариант с отсутствием минеральных удобрений (контроль).

Таким образом, в данных условиях, наиболее оптимальным сочетанием применения минеральных удобрений перед посевом нута следует считать вариант дифференцированного внесения фосфора на фоне традиционного внесения азота. Именно такое сочетание дало возможность получения урожайности нута на уровне, превышающем 12 ц/га.

Электронная карта урожайности озимой пшеницы представлена на рисунке 2.

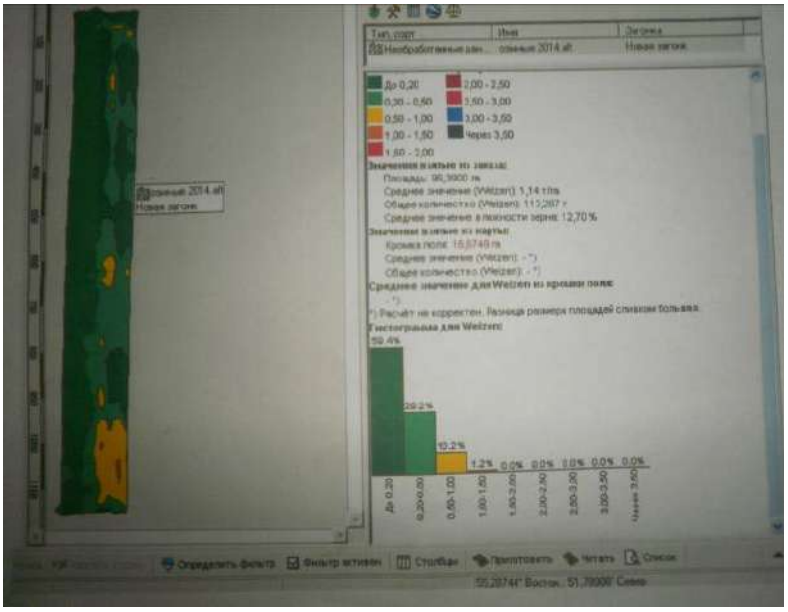


Рис. 2 – Электронная карта урожайности озимой пшеницы

Очевиден тот факт, что на участке с планируемым содержанием фосфора в почве - 40 мг/кг почвы получена максимальная урожайность зерна озимой пшеницы, которая составила от 10 до 15 ц/га, не смотря на то, что такие участки занимают всего лишь 1,2% от всей площади опыта. Минимальная урожайность получена на участке опыта, где фосфорные удобрения не вносились совсем, и составила 2-5 ц/га.

Последействие в опыте №2 оказали в основном фосфорные удобрения и особенно на участке с максимальным внесением аммофоса, где планируемое содержание фосфора в почве составляет 40 мг/кг почвы.

Таким образом, эксперименты по применению технологий точного земледелия в условиях Оренбургской области однозначно указывают на эффективность данной технологии в большинстве природно-экономических зон области, однако необходимы тщательный подбор и оценка оборудования с учётом окупаемости затрат на приобретение и эксплуатацию. Сложное дорогостоящее оборудование не окупится там, где урожайность основных сельскохозяйственных культур не может быть существенно повышена из-за почвенно-климатических условий. Вместе с тем, отдельные элементы технологий точного земледелия вполне могут быть применены.

Литература

1. Сельскохозяйственные машины и орудия / М.М. Константинов, А.П. Козловцев, В.А. Шахов [и др.]; Министерство сельского хозяйства российской федерации, фгбоу во оренбургский государственный аграрный университет. – Оренбург: ООО "Печатный дворик, 2021. – 264 с. – ISBN 978-5-6047813-0-2. – EDN HOCDZH.

2. Konstantinov M., Glushkov I., Nesvat A., Gerasimenko I. and Ognev I. Features of snow retention and counteraction to wind erosion of soils due to high stubble residues formed by a reaper designed for twophase harversting by batch method // В сборнике: E3S Web of Conferences 2020. С. 01016.

3. К вопросу обоснования оптимальных параметров шнекового делителя порционной жатки / М.М. Константинов, И.Н. Глушков, И.А. Рахимжанова, И.В. Герасименко // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 11. – С. 59 – 63. – DOI 10.28983/asj.v0i11.615.

4. Дифференцированное внесение удобрений в системе точного земледелия / В.А. Любчич, С.В. Попов, Ф.Г. Бакиров [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2012. – № 1(33). – С. 73-75. – EDN OYEEXF.

5. Эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений на черноземах Оренбургского Предуралья / Г.В. Петрова, А.П. Долматов, Ф.Г. Бакиров [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 4. – С. 19-21. – EDN SCMEMV.

УДК 621.878

ПОВЫШЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

А.Н. Смирнов, Н.Г. Серебрякова, П.В. Авраменко
Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время возрастает потребность в использовании одноковшовых фронтальных погрузчиков, которые в виду своей универсальности имеют возможность применения в различных отраслях народного хозяйства (рис.1).



Рис. 1 – Одноковшовый фронтальный погрузчик Амкодор (Беларусь)

Эта техника очень удобна в использовании, а также многофункциональна. Большое место в широком спектре выполняемых ими работ занимают погрузочные работы с ковшами различной вместимости, грузовыми вилами, крановой телескопической стрелой, стогометателем, челюстным захватом для лесоматериалов (погрузка земли, органики, зерна, сена, соломы, тюков, рулонов, корнеплодов и т.д.).

Основные направления развития конструкций фронтальных погрузчиков заключаются в улучшении технико-экономических параметров, повышении энергоэффективности и производительности, топливной экономичности, надежности, снижении трудоемкости обслуживания и ремонта, а также совершенствования эргономических показателей машин.

Целью работы является повышение грузоподъемности, надежности и безопасности фронтального погрузчика при работе с различным сменным грузоподъемным оборудованием и погружаемым материалом.

Грузоподъемность фронтального погрузчика является одним из наиболее важных технико-экономических показателей, так как является основополагающим фактором его производительности.

Номинальная грузоподъемность регламентируется [1] и равна меньшему из двух значений, первое из которых составляет 50 % опрокидывающей нагрузки, а второе – 100 % подъемного усилия для колесных погрузчиков.

Согласно [2] опрокидывающая нагрузка на максимальном вылете – минимальная нагрузка, центр тяжести которой расположен на одной вертикали с геометрическим центром тяжести номинального объема ковша, приводящая машину в состояния, предельные для опрокидывания груза.

Ковши различных объемов применяются для погрузчиков с целью лучшей их загрузки по грузоподъемности и повышения производительности при разработке материалов различной объемной массы. Основной ковш применяют при погрузке сыпучих и кусковых строительных материалов (песка, щебня, гравия и др.) с объемной массой 1,4 ÷ 1,8 т/м^3. Ковш увеличенного объема предназначен для погрузки легких материалов (опилок, шлака, каменного угля и др.) с объемной массой до 1,4 т/м^3. Ковш уменьшенного объема используют при разработке тяжелых материалов и полезных ископаемыхс объемной массой 1,9 ÷ 2,5 т/м^3, а также слежавшихся и смерзшихся материалов. Для выполнения работ на погрузке полезных ископаемых объемной массой свыше 2,5 т/м^3 в зависимости от кусковатости применяют скальные ковши меньшего объема и повышенной прочности [3].

Поскольку объемная масса погрузочного материала не всегда является контролируемой, то для стабилизации работы гидропривода, контроля количества погружаемого материала, улучшения техники безопасности (ограничение опрокидывающей нагрузки) и повышения надежности фронтальный предлагается оснащать погрузчик ограничителем грузоподъ-емности [4], гидравлическая схема которого представлена на рис.2.

При включении вниз золотника 1 управления стреловыми гидроцилиндрами 2 на подъем стрелы рабочая жидкость из гидробака 3 поступает к насосу 4 и подается через золотник 1 гидрораспределителя и золотник 5 ограничителя грузоподъемности 6, который крепится на передней раме погрузчика, в поршневые полости стреловых гидроцилиндров 2, а из штоковых полостей через золотник 1, фильтр 7 сливается в гидробак 3. Происходит подъем стрелы. При достижении стрелой транспортного положения, кулачок, жестко закрепленный на ней, нажимает и включает вправо золотник 5, который остается в этом положении до конца подъема стрелы. Рабочая жидкость через золотники 5, 8, обратный клапан 9 подается в поршневые полости стреловых гидроцилиндров 2.

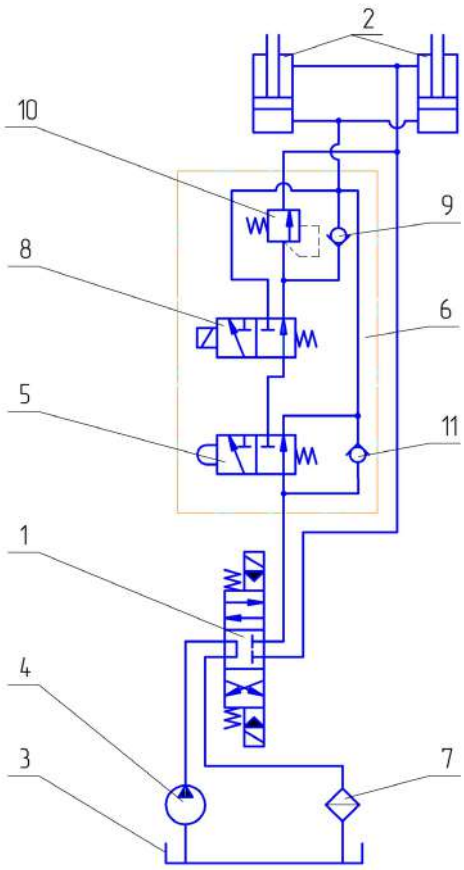


Рис. 2 – Схема гидравлическая ограничителя грузоподъемности фронтального погрузчика

Если сила тяжести поднимаемого груза превышает номинальную грузоподъемность погрузчика, срабатывает предохранительный клапан 10, рабочая жидкость через золотник 1, фильтр 7 сливается в гидробак 3. Подъем стрелы прекращается.

Для обеспечения стрелою маневров, например, в зоне штабеля, при положении стрелы выше транспортного, если требуются усилия, превышающие номинальную грузоподъемность погрузчика, оператор нажимает на кнопку, находящуюся на рычаге управления золотником 1. При этом включается золотник 8 и рабочая жидкость, минуя предохранительный клапан 10, подается в поршневые полости стреловых гидроцилиндров 2, обеспечивая подъем стрелы.

При опускании стрелы при закрытом вправо золотнике 5 (положение стрелы выше транспортного) рабочая жидкость через обратный клапан 11, золотник 1, фильтр 7 сливается в гидробак 3.

Так как данный ограничитель грузоподъемности обеспечивает надежный контроль от превышения веса поднимаемого груза, то номинальную грузоподъемность фронтального погрузчика можно увеличить, что позволит поднимать больший груз, повысить производительность и обеспечить безопасность.

Литература

1. Машины землеройные. Номинальная грузоподъемность гусеничных и колесных погрузчиков : ГОСТ 28635–90. – Введ. 01.01.92. – М. : Стандартинформ, 2005. – 4 с.

2. Машины землеройные. Погрузчики. Методы измерения усилий на рабочих органах и опрокидывающих нагрузок : ГОСТ 28770–90. – Введ. 01.01.92. – М. : Стандартинформ, 1991. – 14 с.

3. Базанов А.Ф., Забегалов Г.В. Самоходные погрузчики. – 2–е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979. – 406 с.

4. А. с. 1423701 SU, E 02 F 9/22. Гидросистема одноковшового фронтального погрузчика / А.Н. Смирнов. - N 4105397 / 29 – 03; Заявлено 26.05.86; Опубл. 15.09.88, Бюл. N 34 // Открытия. Изобретения. – 1988. - N 34. – С. 278.

УДК 681.5.015

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПАКТНЫХ СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ СИСТЕМ

М.М. Кожевников[1], С.В. Медведев[2]
[1] Учреждение образования «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий», г. Могилев, Республика Беларусь
[2] Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время внедрение компактных сборочно-сварочных систем на основе промышленных роботов манипуляторов становятся существенным фактором повышения эффективности работы предприятий сельскохозяйственного машиностроения. При этом компактная сборочно-сварочная система должна обладать достаточно высокой степенью гибкости в условиях относительно частой смены сварных конструкций и соответствующих сварочных инструментов. Для каждой сварной конструкции определена соответствующая технология сварки, включающая рациональную последовательность наложения сварных швов, направления сварки шва, порядок нанесения прихваток и вспомогательных швов, места закрепления сварной конструкции.

Для реализации таких задач в системе автоматизированного проектирования должны быть реализованы следующие компоненты: промышленные роботы, сварочные горелки, позиционеры, сварочная оснастка, устройства смены и хранения сварочных инструментов, периферийное оборудование сварочных комплексов, системы автономного программирования роботов. В данной работе рассматриваются возможности предлагаемого программно-методического пакета для автоматизации проектирования компактных сборочно-сварочных систем ориентированных на использование на предприятиях сельскохозяйственного машиностроения. К таким возможностям относятся проверка доступности сварочного инструмента к местам сварки, выбор наиболее подходящего для данной совокупности сварных точек и швов сварочного инструмента (из имеющихся в базе данных), обучение промышленного робота сварке заданного узла, разработка технологической программы сварки на языке программирования промышленного робота, графическое моделирование технологической программы.

На всех этапах автоматизации проектирования выполняется трехмерное моделирование объектов компактной сборочно-сварочной системы, а также движений промышленного робота и позиционеров со сварными конструкциями. Для работы такой системы необходимо иметь образы сварных конструкций с наложенными швами, используемые в

дальнейшем в составе образа компактной сборочно-сварочной системы, а также образы сварочных инструментов, промышленных роботов и позиционеров. Эта информация используется затем системой трехмерного моделирования и компоновки. Для разработки технологических программ сварки используется специально организованная интегрированная среда разработки технологических программ. Движения промышленного робота и позиционера, определяемые технологической программой, моделируются в соответствии с их кинематической и динамической моделями с последующим графическим отображением на экране.

Задачи автоматизированного проектирования компактной сборочно-сварочной системы и ее элементов, как правило, имеют множество вариантов решения. Не все критерии, применяемые при автоматизированном проектировании, могут быть заранее формализованы и учтены в реализации алгоритмов проектирования. Ограничения также зависят от конкретной ситуации при проектировании. В связи с этим программно-методический пакет максимально использует визуализацию процесса и результатов проектирования, а также интерактивный режим взаимодействия с пользователем.

Информацию, создаваемую и используемую программно-методическим пакетом для автоматизированного проектирования компактной сборочно-сварочной системы можно разделить на несколько групп: о сварных узлах, о роботах, о сварочных инструментах, об элементах сварочных инструментов, о позиционерах, о дополнительных компонентах сборочно-сварочной системы, о проектируемой сборочно-сварочной системе в целом. В каждой группе имеются трехмерные графические образы объектов. Для сварных конструкций, промышленных роботов, позиционеров, сварочных инструментов должны быть также созданы модели(для проведения автоматического теста столкновений. Сварные конструкции содержат информацию о сварных швах и точках сварки, а также местах крепления к основанию или позиционеру. Для промышленных роботов, позиционеров и сварочных инструментов создаются файлы, содержащие сведения об их кинематических параметрах.

Структурирование информации производится за счет разнесения ее в подкаталоги с фиксированными именами. Создаются подкаталоги для сварных конструкций, сварочных роботов, манипуляторов изделия, инструментов и роботизированных ячеек. Следующий уровень вложения в каждом из фиксированных подкаталогов соответствует определенному конкретному объекту и каждый из подкаталогов данного уровня имеет уникальное имя. В этих подкаталогах хранятся все файлы, создаваемые системой для данного объекта.

Далее рассмотрим практические решения по реализации задач автоматизации проектирования с использованием предлагаемого программно-методического пакета.

Набор графических моделей сварных конструкций хранится в базе данных. Пользователь программно-методического пакета может добавлять в базу новые модели сварных конструкций, редактировать уже существующие и удалять элементы (рис. 1).

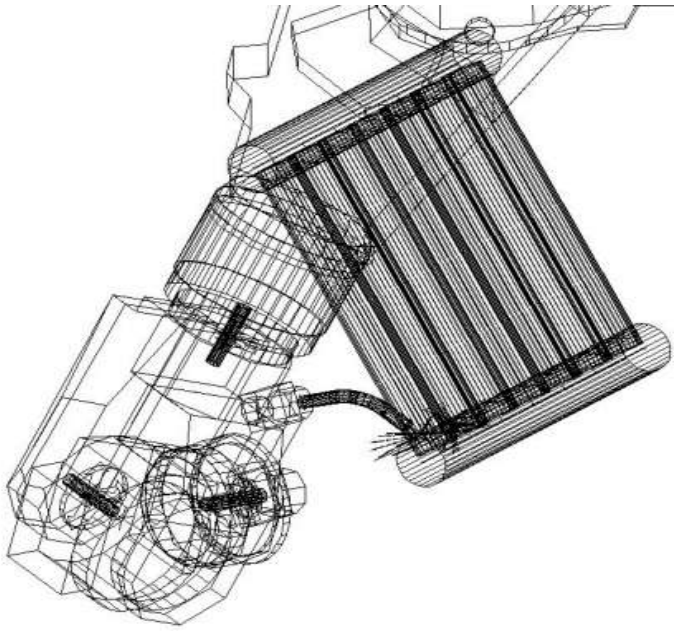


Рис. 1 – Графический образ сварной конструкции и сварочного инструмента

При подготовке новой модели сварной конструкции средствами графического моделирования формируется ее трехмерный образ, который затем дополняется следующей информацией: о типе сварных соединений (стыковое, угловое, нахлесточное, тавровое, торцевое), типе сегментов шва (линейные, дуговые соответствии с типами интерполяции, используемыми роботом при сварке), о положении шва в сварной конструкции (положение шва в сварной конструкции задается фреймами начала и конца шва, а для круговых швов используется еще и промежуточный фрейм), вылете проволоки, необходимом при сварке шва (в мм.), положении и размерах завариваемых участков для прерывистых швов, последовательность наложения сварных швов, направления сварки швов, порядок нанесения прихваток и вспомогательных швов, места закрепления сварной конструкции, посадочные точки (точки, совмещаемые с точками на поверхности для установки сварной конструкции этой поверхностью может быть, например, планшайба позиционера).

Первый этап моделирования сварной конструкции создание ее графического образа. На следующем этапе выполняется прорисовка линий сварных швов, в соответствии с необходимым видом сегмента (линейный, дуговой). При создании нового сварного шва вводится положение фреймов начала и конца шва. Для круговых швов используется промежуточный фрейм. Ориентацию каждого из фреймов можно контролировать визуально. Далее вводится информация о типе сварных соединений (стыковое, угловое, нахлесточное, тавровое, торцевое), вылете проволоки,

положении и размерах завариваемых участков для прерывистых швов. Подобная процедура применяется для каждого из основных, вспомогательных швов и прихваток. В соответствии с определенной технологией сварки конструкции в интерактивном режиме задается последовательность наложения основных, вспомогательных швов и прихваток, а также направления сварки швов.

На следующем этапе производится подготовка сварочных инструментов. Пользователь программно-методического пакета может добавлять в базу новые модели сварных горелок и других видов инструмента, редактировать уже существующие и удалять элементы, возможен поиск необходимой конструкции горелки по фильтру, и сортировка элементов базы данных по различным критериям. Трехмерный образ сварочного инструмента дополняется информацией о положении рабочей точки инструмента и положении точки крепления инструмента к фланцу робота.

Пользователь программно-методического пакета может добавлять в базу новые модели роботов-манипуляторов, редактировать уже существующие и удалять элементы. Роботы манипуляторы собираются из основания и звеньев (рис. 2). Трехмерные образы дополняются точками контакта, которыми данный объект может крепиться к другим неподвижно и сочленениями, допускающими относительное перемещение объектов, как кинематических пар пятого порядка. Звено может соединяться с предыдущим только одним сочленением, в то же время может иметь несколько сочленений для соединения с последующими звеньями. Сборка роботов и позиционеров производится специальной процедурой, которая также автоматически формирует файлы данных, используемые расчетными программами.

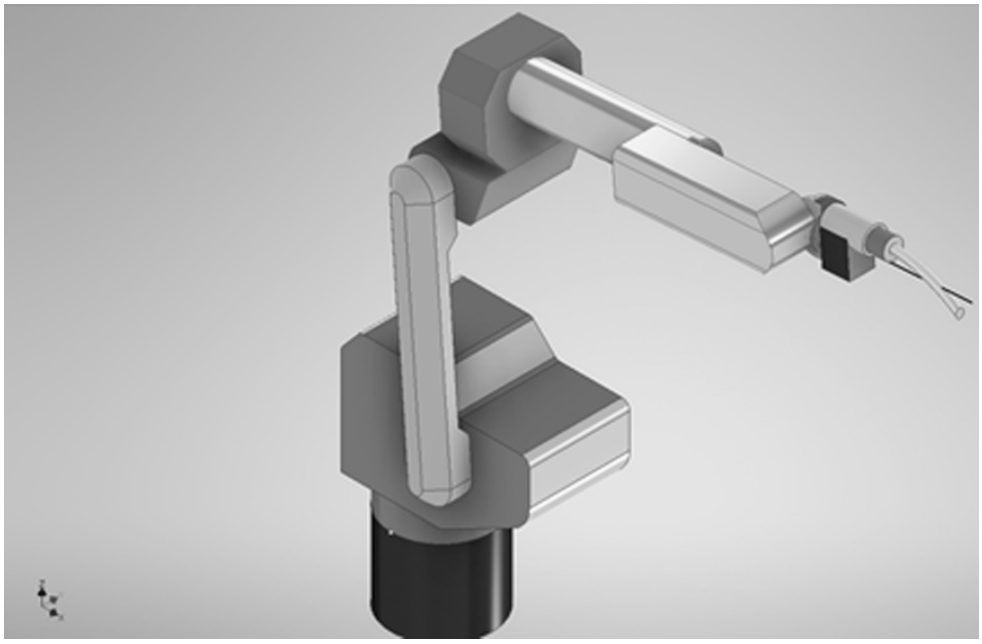


Рис. 2 – Графический образ сварочного робота

На следующем этапе выполняется моделирование компактной сборочно-сварочной системы в целом (рис. 3). Компонентами компактной сборочно-сварочной системы могут быть роботы-манипуляторы, позиционеры, сварочные инструменты, сварные конструкции, а также дополнительные компоненты, например, подвесные конструкции для роботов, устройства очистки сопла. Процедура компоновки компактной сборочно-сварочной системы позволяет последовательно включать в модель необходимые компоненты.

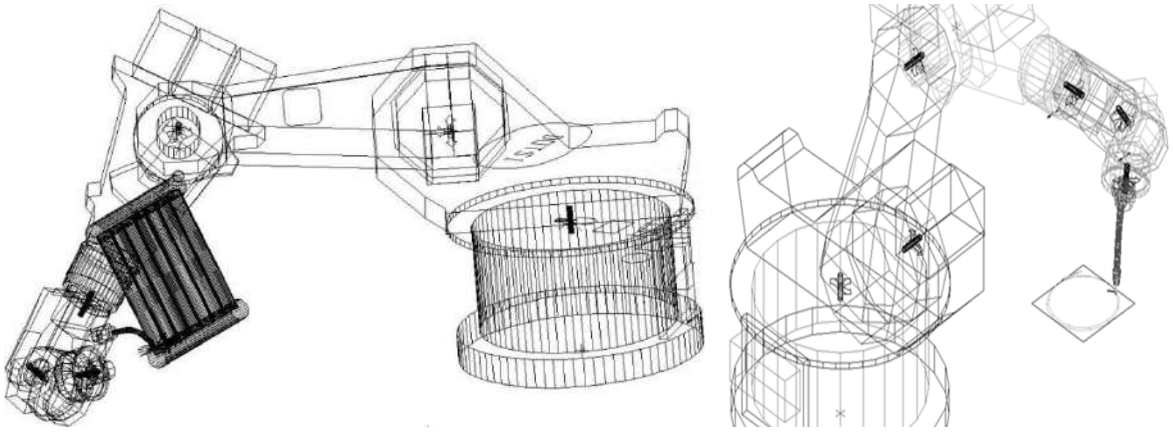


Рис. 3 – Примеры реализации графических моделей роботизированных сборочно-сварочных систем

В предлагаемом программно-методическом пакете реализовано четыре типа процедур работы с компактной сборочно-сварочной системой:

1. Тестирование доступности группы сварочных горелок к набору сварных швов ненанесённых на сварную конструкцию при различных конфигурациях позиционера;
2. Тестирование доступности и достижимости роботами-манипуляторами оснащенных сварочными горелками набора сварных швов ненанесённых на сварную конструкцию при различных конфигурациях позиционера.
3. Процедуры планирования траекторий роботов-манипуляторов и позиционеров вдоль набора сварных швов ненанесённых на сварную конструкцию.
4. Процедуры автономного программирования роботов-манипуляторов и позиционеров.

Для написания технологических программ используется специально разработанная интегрированная среда, включающая многооконный текстовый редактор, компилятор и отладчик. Имеются окна команд и сохраненных ранее локаций робота. Выбор варианта команды, соответствующей локации и перенос их в окно программы производится с помощью мыши или функциональных клавиш. Созданная программа может быть промоделирована, в том числе с использованием модели робота. При этом можно просмотреть траектории сварочного инструмента.

УДК 608

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ СУППОРТОВ К СЕЛЬХОЗТЕХНИКЕ. УСПЕШНАЯ ПРАКТИКА ОДО «ДИСКОМС»: ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ

П.В. Толстых, В.А. Юреня
ОДО «Дискомс», г. Минск, Республика Беларусь

Сложные времена ставят перед нами сложные задачи. Ведущие мировые производители единовременно отказались поставлять продукцию на рынок РБ и РФ, в то же время производство сельскохозяйственной техники не имело право на простой. В новой реальности обеспечение продовольственной безопасности является крайне актуальным вопросом, над решением которого успешно работают промышленные предприятия нашей страны.

Первый опыт работы с тормозными системами мы получили более 20 лет назад разработав собственную запатентованную систему регулятора тормоза РТ-40 и начав поставки на конвейеры в Российской Федерации. Чуть позже к нам обратились представители БелАЗ с вопросом разработки стояночного тормоза для карьерной техники. В те времена серийно устанавливали импортный аналог, который не в полной мере обеспечивал надежную работу механизмов, а ради относительно небольшого количества импортный производитель отказался менять свой суппорт и предложил изменить конструкцию БелАЗов. Разумеется, проще и удобнее было работать с тогда еще молодой и амбициозной белорусской компанией, которая имела некоторый опыт и желание к сотрудничеству при конкурентной стоимости. С тех пор производство суппортов являлось для нас скорее нишевым участком, чем направлением бизнеса. Наши конструктора разрабатывали механизмы для белорусских предприятий, выпускающим специальную технику, однако все изменилось несколько лет назад.

За последние 2-3 года у производителей сельхозтехники и мостов возникли острые проблемы с поставками импортных комплектующих из Европы. Поставщики из Азии готовы сотрудничать, однако остаются открытыми следующие вопросы:

- Покупка валюты для закупки продукции и главное проведение валютных платежей. Не все Китайские и Турецкие банки принимают платежи из РБ. Курсовые риски.
- Сложная логистическая цепочка. Долгие сроки поставки. Долгие сроки производства. Отсутствие должного выходного контроля.
- Заказ пробной небольшой партии сложен дорог и долог.
- Вопрос гарантийной поддержки.

В то же время эти проблемы послужили стимулом для развития Белорусских производителей. В том числе и непосредственно нашей компании.

Ниже подробнее остановимся на моментах, с которыми мы столкнулись и которые уже удалось преодолеть.

1. Те же вопросы логистики и оплаты комплектующих таких как колодки, резинки, подшипники.
2. Разнообразие запросов предприятий на единичные изделия.
3. Отсутствие квалифицированной рабочей силы.
4. Недостаток мощностей производства.

Самый простой способ был бы разместить заказ в Китае и под собственным брендом поставлять готовые суппорта или собирать их в Республике, но этот путь выгодный с точки зрения финансов, не решал ситуацию глобально. В этом случае производственное предприятие с почти сотней рабочих становится торговой компанией с минимальным штатом, коих не счесть сейчас. Но для собственников важным остается собственной производство и соответственно уверенность в конечном изделии. По этому было принято решение выпускать действительно качественную и «ответственную» продукцию, прошедшую все необходимые испытания своими силами на нашем производстве в Минске.

Далее покажем тезисно, как мы преодолели основные сложности:

1. Логистика.

Проведены переговоры и налажен выпуск тормозных колодок на предприятии РБ. Разработаны пресс-формы и проведены испытания. Требуется расширение выпускаемой линейки и количества колодок.

Запущено производство оснастки для литья резинок, колец и т.д. Отлиты первые партии. Завершены испытания. Увеличиваем ассортимент.

Вопрос импортозамещения подшипников пока не решен полностью. Ведутся работы с российскими производителями, проводим испытания первых партий.

Для чего: Мы стремимся создать условия, что бы внешние факторы, такие как санкции и прочие ограничения экономического и политического характера не остановили производство.

2. Широкий спектр запросов.

Разработка отдельного тормоза для мелкой партии возможна, но экономически неинтересна для заказчика. Совместно с заказчиком мы научились производить доработку имеющихся тормозов без изменения отливок, что позволяет закрыть потребности большинства опытных или мелких заказов.

3. Рабочий персонал.

Вопрос квалифицированного персонала особенно остро стоит, когда в стране наблюдается рост производства. Мы регулярно проводим набор и обучение новых сотрудников, стараемся создать удобные и

комфортные условия работы и вынуждены держать заработную плату выше рынка для высококвалифицированного персонала.

4. Производственные мощности.

На данный момент мы нашли партнеров, которые осуществляют поставки оборудования и можем приобрести станки. В то же время год-два назад был период, когда поставка станков практически не велась либо стоимость была абсолютно неприемлема. Это заставила нас еще раз, провести глубокую проработку техпроцессов, что на некоторых позициях позволило сократить время обработки.

Таким образом мы делаем следующие выводы:

1. Крайне важен вопрос персонала. Грамотные специалисты позволяют оперативно маневрировать и оперативно и грамотно реагировать на запросы Заказчиков. Необходимо регулярное обучение и оптимизация работы персонала.
2. Некоторые Белорусские производители разместили производство своих изделий в Китае. В краткосрочной перспективе это может работать, но глобально никак не защищает Белорусских покупателей в случае применения санкций, да и основные проблемные вопросы остаются открытыми.
3. Как мы видим, стратегия многих Белорусских предприятий, в частности Гомсельмаша, максимально полно наладить производство своими силами, а не являться только сборочной площадкой, дала результаты.
4. На ближайшие годы необходимо стремиться к максимальной локализации производства.
5. Наличие возможности оперативно реагировать на вопросы и пожелания клиента на этапе разработки, внедрения и эксплуатации, возможность присутствия наших конструкторов на этапе испытаний является очень серьезным конкурентным преимуществом, позволяющим в конечном итоге существенно снизить затраты клиента в процессе долгосрочного сотрудничества.
6. К сожалению, зачастую товары, произведенные в Азии, получаются дешевле, чем произведенные у нас в Республике. За счет чего это достигается можно только предполагать, однако в текущее время предприятиям, осуществляющим производство внутри Республики (а не сборку из поставляемых комплектующих) для нужд наших Республиканских производителей необходима поддержка, как вариант та же преф. поправка в рамках закупок.

Справочно: за прошедших два года испытано и налажено производство восьми новых разновидностей стояночных и колесных суппортов (тормозов). Некоторые серийно поставляются на конвейеры, некоторые поставляются в запасные части. Налажена работа с новыми заказчиками из РФ и РБ. Использование качественных комплектующих и высокая з/п производственного персонала не всегда позволяют конкурировать по цене с производителями из Азии. При этом заказчики,

которые планируют свое производство стратегически и умеют считать затраты в перспективе выбирают нашу продукцию. Риски экспансии товаров из Китая должны решаться на уровне Руководства.

УДК 631

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ СЕЛЕКЦИОННО-СЕМЕНОВОДЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

М.Е. Чаплыгин, Э. В. Жалнин
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ,
г. Москва, Российская Федерация

Актуальность предлагаемой программы обусловлена тремя обстоятельствами.

Первое следует из российского закона «О зерне», статья 1, в которой утверждается, что зерно является национальным достоянием и важным фактором устойчивости развития экономики. Этого можно достичь при сборе зерна не менее одной тонны на душу населения страны, что можно обеспечить высококачественным семенным фондом.

Второе следует, из того факта, что ни одним каким-либо частным приемом (технологией, машиной, операцией) эту проблему не решить. Нужен комплекс усовершенствованных операций по всей технологической линии подготовки семян.

Третье следует из того, что ни одна страна в СНГ не производит селекционно-семеноводческую технику в полном объеме так, что решение национальной проблемы по самодостаточности в уборке зерна делает нас импортозависимыми, в частности, от Финляндии, Германии, Австрии и др.

В связи с этим предлагается комплексная программа создания селекционно-семеноводческой техники для ее реализации в рамках Союзного Государства Россия-Беларусь и СНГ.

Предлагаемая программа состоит из восьми разделов:

1. Создание специализированного стационарного оборудования для подготовки семенного фонда путем низкочастотного электромагнитного воздействия на семена.
2. Создание универсальной селекционной сеялки с элементами роботизации, электронной системой управления и контроля качества посева семян.
3. Создание колосковой сеялки.
4. Создание семейства триммеров для скашивания растительности и сбора их в снопики в селекционных делянках.
5. Создание универсального моторо-ходового шасси на гусеничном ходу.
6. Создание многоцелевого селекционно-семеноводческого комбайна класса 1-4 кг/с на базе универсального моторо-ходового шасси.
7. Создание семейства уборочно-транспортных машин на базе универсального шасси.

8. Создание семейства универсальных контейнеров для перевозки, сушки и хранения семян.

По всем восьми разделам программы в ФНАЦ ВИМ имеются науко-технические разработки, а по некоторым из них данные лабораторных и полевых испытаний.

По первому разделу изготовлен стационарный модуль для электромагнитной стимуляции посевных качеств семян в диапазоне низких частот. Лабораторные и полевые испытания облученных семян выявили повышение их всхожести и увеличение урожайности облученных семян в сравнении с необлученным материалом на 8-12%. Вместе с тем отмечено, что конечная эффективность облучения зависит от культуры и сорта. Каждый сорт зерновой культуры требует определенных режимов облучения. Исследования продолжаются.

По второму разделу разработана принципиальная технологическая схема сеялки, подготовлен проект научно-технической документации, ведется конструкторская работа. Основные преимущества новой сеялки – точность высева по глубине, автоматическая смена кассет и минимизация ручного труда.

По третьему разделу впервые на промышленной основе создается селекционная сеялка с высевом не отдельных зерен, а целых необмолоченных колосков, что обеспечивает 100%-ю чистоту возделываемого сорта зерновой культуры. Ведется конструкторская разработка многорядной колосковой сеялки. От селекционеров получено несколько заказов.

По четвертому - изготовлено и испытано несколько вариантов триммеров для скашивания растений и сбора их в снопики на селекционных делянках. Применение подобных триммеров снижает долю ручного труда, уменьшает потери семян и повышает точность контроля отобранных проб.

По пятому разделу предложена концептуальная схема универсального моторо-ходового шасси на гусеничном ходу для его агрегатирования с различными уборочными машинами. Рассчитаны его основные параметры.

По шестому разделу разработана конструктивно-компоновочная схема многоцелевого зерноуборочного комбайна класса 1-4 кг/с на базе универсального моторо-резиногусеничного шасси. Преимущества нового комбайна:

- минимальный радиус разворота (2-2,5м),
- высокая проходимость,
- возможность использования для уборки селекционных посевов в классе 1-1,5 кг/с в комплектации с двигателем до 40 л.с., и жаткой с шириной захвата до 2 метров,
- в классе 4 кг/с для уборки семеноводческих посевов (элита, первая репродукция) и фермерских хозяйствах с двигателем 80 л.с., и жаткой с шириной захвата 2, 3 и 4 метра.

При уборке селекционных посевов семена могут собираться в бункер, мешкотару или в пластмассовые контейнеры. В молотилку внесли ряд узлов и агрегатов, повышающих эффективность процессов обмолота и сепарации. В комбайне впервые предлагается реализовать идею компоновки двигателя под молотилкой, что дает возможность увеличить ее ширину.

По седьмому разделу разработаны принципиальные схемы и обоснованы основные параметры семейства машин для агрегатирования с универсальным шасси на резиноармированном гусеничном ходу. Универсальное шасси может агрегатироваться с более чем десятью машинами и строительно-транспортно-погрузочным оборудованием. Основными из них являются: селекционный комбайн, семеноводческий комбайн, фермерский комбайн, самоходная валковая жатка, комбайн для нечерноземья, скирдорез, транспортная тележка, бульдозер и т.п.

По восьмому разделу разработан универсальный контейнер для перевозки, сушки и хранения семян вместимостью от 50 до 150 кг. Преимущество контейнеров: отсутствие потерь семян, минимум ручного труда, возможность сушки семян благодаря перфорации днища и крышки контейнера, возможность контроля температуры семян и их влажности, благодаря специальным боковым смотровым окнам, длительное хранение семян с исключением влияния грызунов и др.

Предлагаемая программа перспективного развития селекционно-семеноводческой техники представляет интерес для союзного государства России и Белоруссии, а также стран СНГ. Ее практическая реализация каждым участником программы обеспечит получение стабильного высококачественного семенного фонда зерновых и других культур.

УДК 539.4: 541.68

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АБС-ПЛАСТИКОВ ДЛЯ КАПОТОВ КОМБАЙНОВ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Т.В. Дробыш, С.В. Шилько, А.П. Сазанков, В.П. Селькин
Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь

Введение. При проектировании кузовных пластиковых элементов (например, капотов) комбайнов большую ценность имеют экспериментальные данные, характеризующие деформационно-прочностные и термомеханические свойства используемых полимерных материалов в виде сополимеров акрилонитрила с бутадиеном и стиролом (АБС-пластиков), а также их сплавов с полиметиметакрилатом (ПММА) в стадии поставки. Вместе с тем, полимерные материалы отличаются чувствительностью структуры и свойств к внешнему воздействию не только при их переработке конкретным производителем [1], но и в процессе эксплуатации [2]. Так, при работе комбайнов пластиковые капоты, как детали экстерьера, испытывают интенсивное воздействие влаги, температуры и солнечного излучения. Для экспресс-оценки изменений вышеуказанных свойств материалов в эксплуатационных условиях применяют методики ускоренных лабораторных климатических испытаний (КИ) с интенсификацией температурно-влажностного воздействия и ультрафиолетового излучения.

Цель работы - сопоставление деформационно-прочностных характеристик АБС и АБС-ПММА пластиков разных производителей до и после воздействия факторов окружающей среды для обоснованного применения при изготовлении кузовных элементов (капотов) комбайнов.

Материалы и методы исследования. Для исследования были взяты листовые заготовки 6-ти полимерных материалов 3-х производителей, включая АБС – пластик и АБС/ПММА – пластик (САПТ, Россия), АБС – пластик и АБС/ПММА – пластик производства Senosan (Австрия), АБС – пластик и АБС/ПММА – пластик прототипа (John Deere, США). В продольном и поперечном по отношению к направлению формирования листов направлениях фрезеровались призматические образцы размером 80*10*h мм, где h – толщина образца, равная толщине листовой заготовки, и двухсторонние лопатки для испытаний на одноосное статическое растяжение.

Базовыми методами исследования являлись механические испытания на статическое растяжение [3, 4], а также климатические испытания (КИ) в камере искусственной погоды в соответствии со стандартами [5, 6].

Деформационно-прочностные характеристики АБС-пластиков при статическом растяжении до и после климатических испытаний определялись на образцах в виде двухсторонних лопаток, тип 2. Условия проведения испытаний на машине Инстрон 5567: скорость нагружения 20 мм/мин, температура воздуха 20±5 ºС, относительная влажность 53,0 %, атмосферное давление 101,1 кПа.

Аппаратурное оснащение при измерении модуля упругости и коэффициента Пуассона включало навесной экстензометр и тензометрическую станцию TS32L1-02. Для измерения продольных и поперечных деформаций на образец в соответствующих ортогональных направлениях наклеивались тензодатчики с базой 10 мм и сопротивлением 200 Ом. С целью устранения погрешности, обусловленной термическими деформациями, на пластину из того же материала наклеивались компенсационные тензодатчики.

Процжедура измерения иллюстрируется рис. 1 на примере образца АБС-ПММА-САПТ. Коэффициент Пуассона, как и модуль упругости, определялся на линейном участке деформирования, исходя из отношения поперечной и продольной дефомации, взятого с протиположным знаком:

$$\square = -\square_{поп}/\square_{пр},$$

где $\varepsilon_{поп}$, $\varepsilon_{пр}$ – поперечная и продольная деформации соответственно.



Рис. 1 – Размещение образца АБС-ПММА-САПТ в захватах машины Инстрон 5567 с тензодатчиками\(активными и компенсационными) и экстензометром

Для климатических испытаний с экспозицией продолжительностью 400 и 800 часов, эквивалентных 5-ти и 10-ти летней эксплуатации комбайна соответственно, образцы материалов размещались на поддоне камеры искусственной погоды (везерометра) Q-SUN XENON Xe-3-HS (рис. 2). Используемое оборудование позволяет оценивать разрушение полимерных материалов, потерю их блеска и цвета при совокупном влиянии жесткого коротковолнового УФ-излучения; ИК-излучения, вызывающего нагрев материалов, а также воздействия атмосферной влаги.



Рис. 2 – Размещение образцов в везерометре Q-SUN XENON Xe-3-HS

Результаты исследования и их обсуждение. Установлено, что одноосное растяжение АБС-пластиков характеризуется достаточно протяженным (деформация до 2%) линейно-упругим участком; относительно небольшим участком нелинейно-упругой деформации; максимальным значением напряжения σ_{max}, как правило, совпадающим с пределом прочности; отсутствием горизонтального участка (плато) пластического течения (за исключением пластиков производства John Deere и значительным уменьшением относительного удлинения при разрыве (порядка 2-10 %) в сравнении с исходным (до климатических испытаний) состоянием.

Результаты статических испытаний характеризуются хорошей повторяемостью, за исключением относительного удлинения при разрыве ε_p. Можно заметить специфику деформирования материалов производства John Deere, сохраняющих после КИ довольно высокие значения относительного удлинения при разрыве, в особенности, это характерно для АБС-пластика указанного производителя ($\varepsilon_p > 7\%$).

Для анализа деградации деформационно-прочностных свойств АБС-пластиков после климатических испытаний длительностью 800 часов, на рисунках 3–5 даны столбчатые диаграммы, показывающие изменения модуля упругости, предела прочности и относительного удлинения при разрыве. После климатических испытаний существенно уменьшается относительное удлинение при разрыве при сохранении значительного разброса значений этого параметра, характерного и до КИ. Можно заметить, что добавление ПММА в АБС-пластик приводит к значительному уменьшению удлинения при разрыве.

Выполненные измерения показали, что коэффициент Пуассона АБС-пластиков после климатических испытаний варьируется в пределах 0,33÷0,41, в то время как до климатических испытаний этот параметр изменяется в более узких пределах $0{,}35 \leq \nu \leq 0{,}39$. При проведении расчетов рекомендуется принимать усредненное значение, которое так же, как и до КИ, равно 0,37.

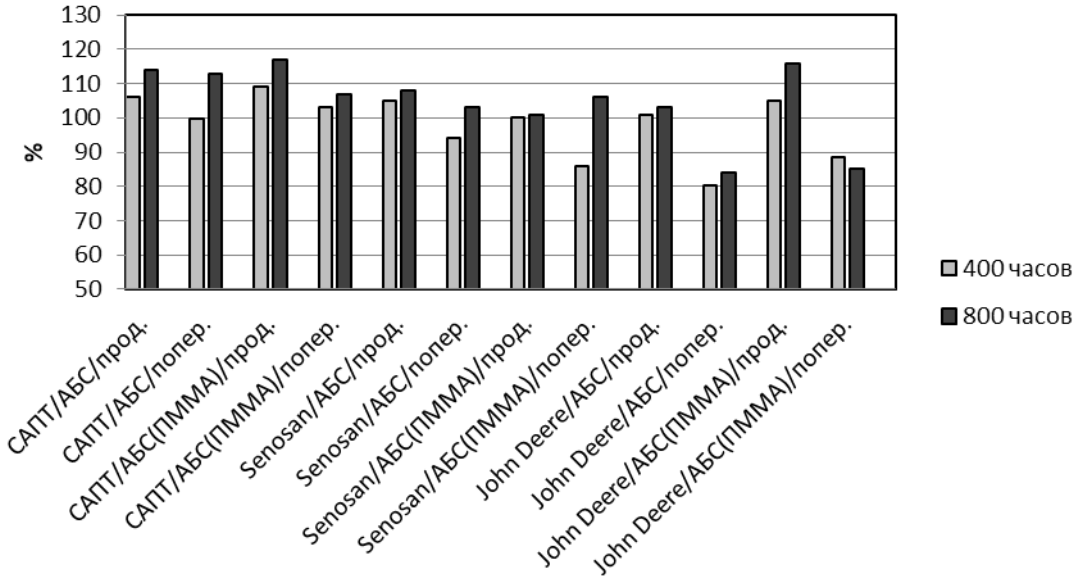


Рис. 3 – Оценка изменения значений модуля упругости

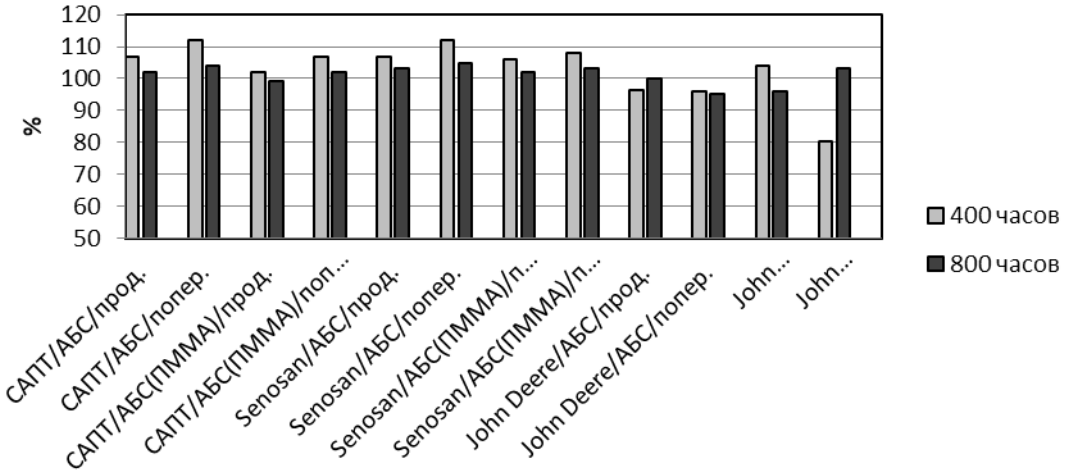


Рис. 4 – Оценка изменения значений предела прочности

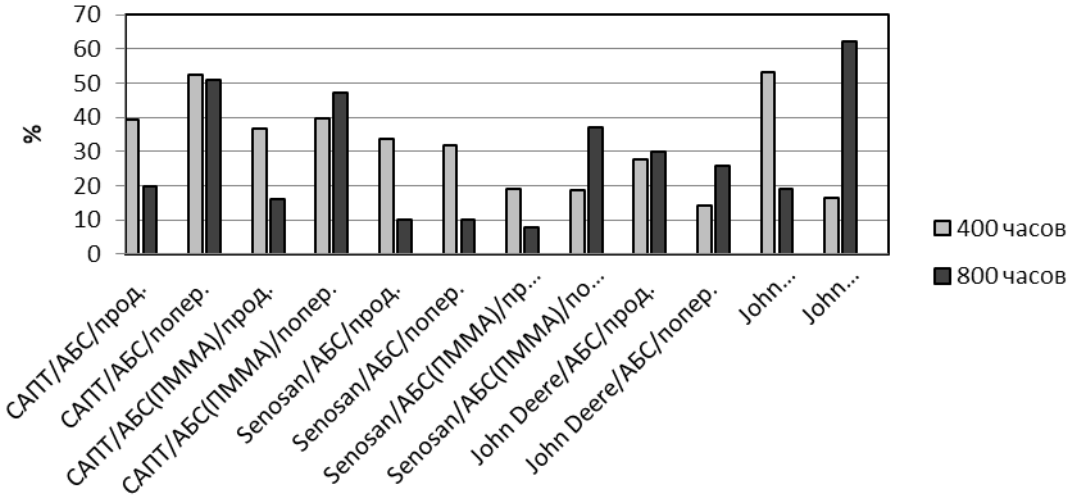


Рис. 5 – Оценка изменения значений относительного удлинения

Заключение. Полученные экспериментальные данные позволяют оценить степень деградационных изменений прочностных свойств АБС-

пластиков и их сплавов с ПММА при климатическом воздействии в процессе эксплуатации. Практическая значимость результатов состоит в оптимальном выборе материала и получении исходных данных, необходимых для прогнозирования долговечности пластиковых капотов комбайнов.

Литература

1 Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Лабиринт, 1994. – 367 с.

2 Старцев О.В., Ерофеева В.Т., Селяева В.П. Климатические испытания строительных материалов / Под общ. ред. О.В. Старцева. – М: Изд-во АСВ, 2017. – 558 с.

3 ГОСТ 11262-2017. Пластмассы. Метод испытания на растяжение.

4 ГОСТ 9550-81. Пластмассы. Методы определения модуля упругости при растяжении, сжатии и изгибе.

5 ГОСТ 9.708-83. Пластмассы. Методы испытаний на старение при воздействии естественных и искусственных климатических факторов.

6 ISO 4892-2:2013. Пластмассы. Методы воздействия лабораторными источниками света. Часть 2. Ксеноновые дуговые лампы.

УДК 62.761

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАПОТОВ СПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИТНЫХМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

А.В. Желдак
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В работе рассмотрены преимущества и недостатки способов изготовления капотов с использованием полимерных и композитных материалов, применяемых на кормоуборочных комбайнах производства ОАО «Гомсельмаш».

Введение. На данный момент при производстве и ремонте сельскохозяйственной техники всё чаще применяются полимерные и композитные материалы в различных узлах и агрегатах. Их широкое применение становится возможным благодаря:

– более качественным и доступным материалам;

– развитию 3-D моделирования и проектирования с последующим изготовлением оснастки на высокоточных ЧПУ-станках, позволяющим изготавливать детали сложных форм и профиля;

– хорошим физико-механическим свойствам, которые легко можно модифицировать добавлением необходимых элементов в материал для конкретных задач.

Полимерные и композитные материалы, в отличие от металлов имеют меньшую массу, более химически устойчивы, и порой прочнее.

К преимуществам изделий из АБС-пластиков можно отнести: малый вес, эластичность, хорошие показатели механической прочности, стойкость к износу, устойчивость к воздействию щелочных растворов, масел, кислот, эффективность технических характеристик в широком диапазоне температуры, простоту механической обработки. Недостатками являются: чувствительность к УФ-излучению (без добавок), невысокие электроизоляционные свойства, риск образования трещин.

К преимуществам изделий из стеклопластика можно отнести: малый вес, большую прочность, долговечность, хорошую теплоизоляция, устойчивость к воздействию щелочных растворов, масел, кислот, устойчивость к перепадам температур, простоту механической обработки, не горючесть (при условии использования пожаростойких смол), высокие электроизоляционные свойства. Недостатками являются: сравнительно низкий модуль упругости, слабая износостойкость, плохо переносит абразивные воздействия, зависимость качества изделия от процесса изготовления.

Выбор материала для изготовления элементов капотирования (капотов, щитков, крыльев, молдингов, масок, бамперов и др.) определяется необходимой функциональностью изделия, местом установки на комбайне, условиями эксплуатации, сложностью формы и габаритными размерами, а так же иными требованиями, предъявляемыми к готовому изделию.

Объект исследования. Кормоуборочный комбайн FS650 с капотами из полимерных и композитных материалов.

Цель исследования. Определить эффективный и технологичный способ изготовления капотов из полимерных и композитных материалов для кормоуборочных комбайнов.

Методология исследования. Проведение сравнительного анализа технологий изготовления капотов с применением полимерных и композитных материалов.

При изготовлении капотов кормоуборочного комбайна FS650 из АБС-пластика применяется технология вакуумного формования, а из композитных материалов – ручное формование. Эти две технологии в сравнении с другими являются более доступными, менее требовательными к сложному технологическому оборудованию, позволяют получить необходимое качество поверхностей и прочность готового изделия. К недостаткам данных методов изготовления можно отнести необходимость дополнительного усиления капотов металлическими каркасами, ручное позиционирование каркасов при вклеивании в оболочку, от чего сильно зависят трудозатраты на сборку всех капотов на машине и выставление зазоров между ними.

Капоты представляют собой узел, состоящий из силовой конструкции (каркаса) и декоративной накладки (оболочки), выполняющей роль элемента экстерьера кормоуборочного комбайна. Применение силового каркаса обусловлено необходимостью реализации механизма навешивания капота на комбайн, механизма фиксации капота в закрытом положении и механизма подъема капота при открывании.

При изготовлении стационарных капотов, которые в процессе эксплуатации и обслуживании не должны открываться либо демонтироваться, применение силового каркаса не обязательно. Жесткость и прочность такого изделия возможно достичь при помощи ребер жесткости, вкладышей, комбинирования нескольких слоёв полимерного или композитного материала.

При изготовлении капота с применением оболочки из АБС-пластика каркас с оболочкой соединяется при помощи болтовых соединений через кронштейны, имеющиеся на каркасе (см. рис.1). Это обусловлено тем, что детали из АБС-пластиков как правило имеют хорошую эластичность и механическую прочность, тем самым не требуют жесткого каркаса для крепления такой оболочки. При этом позиционирование каркаса внутри оболочки обеспечивается тем, что каркас повторяет внутренний контур оболочки, тем самым при сборке

занимает определенное как минимум в 2-х направлениях положение и остается лишь выставить его по глубине относительно оси навешивания.



Рис. 1 – Капот FS650 с оболочкой из АБС-пластика

Недостатком такого метода изготовления является наличие на видимых поверхностях элементов крепления каркаса к оболочке, что ухудшает внешний вид. Альтернативным вариантом может быть способ вклеивания каркаса в оболочку с помощью клеев или других клеящих веществ. Этот способ изготовления позволит повысить качество лицевой поверхности готового изделия, снизит трудоёмкость на сборку оболочки и каркаса, однако требует правильно подобранной технологии применения клеящих составов с соблюдением всех необходимых мер для обеспечения надежного и прочного клеевого соединения.

При изготовлении капота с применением оболочки из стеклопластика после предварительного изготовления оболочки каркас вклеивается в массу материала, тем самым становясь одним целым. Это необходимо для придания максимальной жесткости конструкции готового капота после высыхания, однако влечёт за собой дополнительные трудозатраты по позиционированию каркаса при вклеивании. Так же в этом случае предъявляются повышенные требования к точности изготовления каркаса, так как от этого зависит, как точно он будет выставлен в оболочке капота, и как правильно будут работать механизм подъёма и механизм запирания капота после установки на машину.

В серийных капотах КВК 8060-2 элементы, с помощью которых каркас приклеивается к оболочке, жестко приварены (см.рис.2, рис.3). При вклеивании каркаса в оболочку отклонения, возникшие при изготовлении всех ДСЕ, заметно влияют на его позиционирование и не позволяют выставить с приемлемой точностью.



Рис. 2 – Передний левый капот КВК 8060-2 с оболочкой из стеклопластика

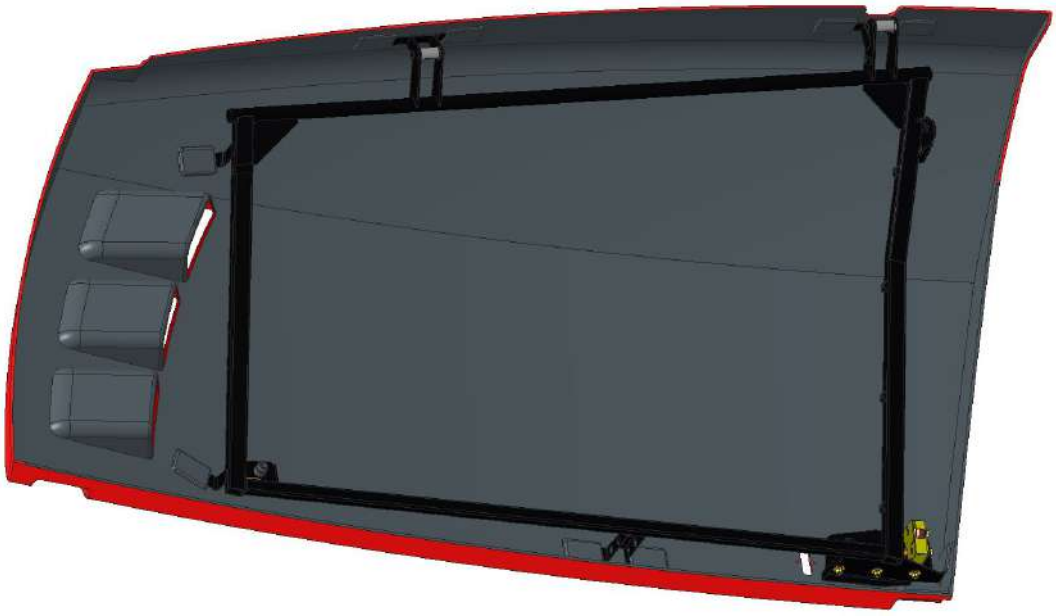


Рис. 3 – Задний левый капот КВК 8060-2 с оболочкой из стеклопластика

Результат неточного позиционирования каркаса в оболочке выявляется при сборке капотов на машине в виде увеличенных зазоров

между капотами, несовпадении общих поверхностей рядом установленных деталей, большой трудоёмкостью по установке и регулировке капотов на машине.

Результаты исследования. С целью снижения трудоёмкости изготовления капотов и их установки на комбайн была разработана конструкция капотов, позволяющая упростить процесс изготовления каркаса и последующего его вклеивания в оболочку.

Это удалось достичь при помощи каркаса, который максимально повторяет профиль оболочки по внутренней поверхности, но при этом состоит из деталей простой конфигурации и технологически прост в изготовлении, а так же уголков, которые дополнительно связывают каркас с оболочкой (см.рис.4, рис.5). Каркас упирается в оболочку стационарными кронштейнами, которые определяют его положение в оболочке, после чего относительно края смещается на необходимый размер и вклеивается. После этого на каркас устанавливается необходимое количество уголков, они упираются одним краем в оболочку и вклеиваются, затем зажимаются на каркасе болтами.



Рис. 4 – Передний левый капот FS650 с оболочкой из стеклопластика

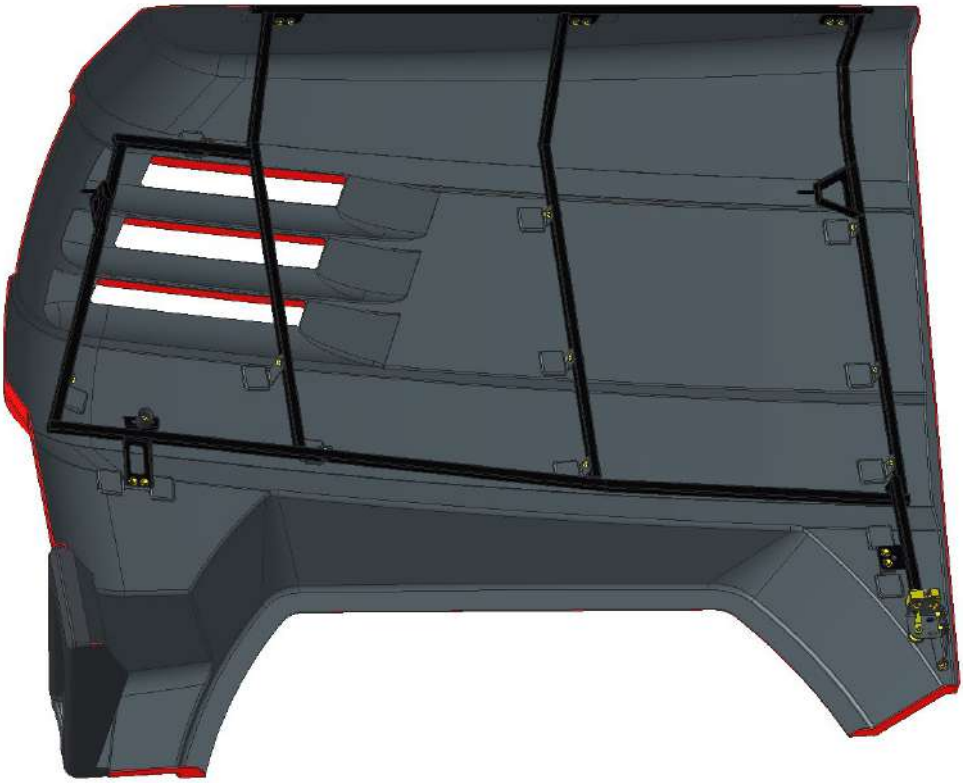


Рис. 5 – Задний левый капот FS650 с оболочкой из стеклопластика

Выводы. Разработанное изменение конструкции капота позволило изготовить каркасы с требуемыми параметрами и точностью, упростило процесс вклеивания каркаса в оболочку, снизилось необходимое время и трудозатраты на выставлении зазоров и регулировку капотов при установке на машину.

Проведение исследований и поиск новых способов и технических решений изготовления элементов капотирования для кормоуборочных комбайнах непрерывно продолжается. Так на данный момент перспективным направлением в работе по улучшению внешнего вида и снижению трудозатрат на изготовление капотов с применением АБС-пластика может стать использование клеевых составов и других веществ, способных соединять металлические элементы каркаса с поверхностью оболочки из АБС-пластика. При изготовлении капотов из композитных материалов перспективным направлением может стать литье под давлением, с помощью которого возможно получить капот с интегрированными в массу материала элементами крепления, навески, что позволит отказаться от применения силового металлического каркаса с сохранением прочности и надежности капота.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОГРАММА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПАРКА КОРМОУБОРОЧНЫХ МАШИН

А.В. Ленский, А.А. Жешко, В.И. Володкевич 3

АНАЛИЗ СЛОЖИВШИХСЯ СИТУАЦИЙ В СФЕРЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНСТРУКТОРСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

И. А. Кольцова, Е.А. Алагинский, А.С. Хоронжина 8

РЕАЛИЗАЦИЯ ПИЛОТНОГО ПРОЕКТА ПО ПОИСКУ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕГО РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИНЕРГИИ КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ»

И. А. Кольцова , Ж.В. Кадолич 18

ФОРМАЛИЗАЦИЯ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОТЕРЬ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР, КАК ФАКТОРА ПОДДЕРЖАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Н. А. Глечикова, Р. В. Попова, М. В. Козачук 28

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТ-ВЕННОЙ ТЕХНИКЕ

В. А. Сычёв, Г. А. Прокопович, Т. Ю. Ким 37

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ СБОРА БИОЛОГИЧЕСКИ ЦЕННОГО ЗЕРНА

Ж.С. Садыков Ж.С., Е.Д.Макашева 40

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МАЛОГАБАРИТНАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ УБОРКИ КОРМОВ

А.Г. Вабищевич, Н.Д. Янцов, М.А. Курмыса 46

СИМВОЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ КОМПОНЕНТОВ МОЛОТИЛЬНО-СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ КАК ЭЛЕМЕНТ ПОИСКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

В.К. Липская 51

ИСТОЧНИКИ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ, КАК ФАКТОР ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ПОТЕРЬ ПРИ ПОСЕВЕ И ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Н.А. Глечикова, Р.В. Попова, М.В. Козачук 59

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ С РОТОРОНОЙ И КЛАСИЧЕСКОЙ СХЕМОЙ ОБМОЛОТА И СЕПАРАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ УБОРКИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

О.В. Прядко, Ю.М. Поздняков, Н.В. Прядко, М.О. Прядко 69

РОТАЦИОННЫЙ СЕПАРАТОР ОЧЕСАННОГО ЗЕРНОВОГО ВОРОХА

В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин 72

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ

И.Н. Глушков, И.В. Герасименко, И.И. Огнев, А.Н. Зубцова 76

ЗОНИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ОБОСНОВАНИЯ СПОСОБА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ

И.Н. Глушков, Ю.А. Ушаков, И.В. Герасименко, В.В. Иванцова 81

ОСОБЕННОСТИ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННОЙ АГРОТЕХНИКИ

И.Н. Глушков, Н.В. Бабенышева, В.В. Лемешкина, А.С. Шарова 85

СНИЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДА НОЖЕЙ НА ОСНОВЕ РЕКУПЕРАЦИИ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

С.Н. Поддубко, Д.А. Дубовик, Н.П. Першукевич, А.С. Климук 90

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ И ИНДУКЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В С/Х МАШИНОСТРОЕНИИ

В.С. Голубев, И.И. Вегера, В.Е. Ходюш 96

РАЗРАБОТКА ПОЛОВОРАЗБРАСЫВАТЕЛЯ ДЛЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ С ШИРИНОЙ ЖАТКИ ДО 9 М

А.В. Ермак, А.С. Сахвон, И.А. Баран 101

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СЕТКИ ВОЗДУХОЗАБОРНИКА ОТ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ЧАСТИЦ РАСТИТЕЛЬНОЙ МАССЫ

Т.П. Слепенок, А.А. Дакука, В.С. Шиш, О.В. Карбышева 108

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА TiAlN ПОКРЫТИЙ, СОДЕРЖАЩИХ УГЛЕРОД
Н.Ф. Соловей, Н.Н. Федосенко, А.С. Шантыко, Е.А. Кулеш, А.Г. Бердыев, Н.Н. Белая 114

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ АГРОПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ – ПИЩЕВЫХ ЖИДКОСТЕЙ
А.Г. Кравцов, С.В. Зотов, Ж.В. Кадолич 118

РЕВЕРС ИНЖИНИРИНГ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ
П.А. Витязь, М.Л. Хейфец, Н.Л. Грецкий, Д.Н. Хилько 123

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ХОЛДИНГА «ГОМСЕЛЬМАШ»
С.В. Михолап, Д.Е. Муляр 129

УМЕНЬШЕНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ РАСТЕНИЕВОДСТВА
С.Г. Пархоменко, В.А. Оберемок 134

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПОДАЧИ МАССЫ В РОТОРНЫЙ СОЛОМОСЕПАРАТОР ДЛЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ
Д.Н. Серенок, А.В. Белый 140

МОДУЛЬНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ БЛОКОВ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМБАЙНОМ
А.В.Уксусов 148

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КУЛАЧКА С ПОСТУПАТЕЛЬНО ДВИЖУЩИМСЯ ПЛОСКИМ ТОЛКАТЕЛЕМ
Н.В. Иноземцева, М.О. Прядко 150

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТНВД КОМБАЙНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МЕТОДОМ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ПЕРЕНОСА
С.П. Псюкало, В.А. Луханин, В.А. Исмаилов 154

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ВСЕРЕЖИМНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ В СРЕДЕ SIMINTECH
С.Г. Пархоменко, В.А. Исмаилов 160

НОВЫЕ МАШИНЫ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН С УДАРОПОГЛОЩАЮЩИМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ
М.В. Суханова 165

ТЕХНОЛОГИЯ НА ОСНОВЕ ЛАЗЕРНОЙ И ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
В.А. Калиниченко 168

УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАРЕЗКИ ВОДОПОГЛОЩАЮЩЕЙ ЩЕЛИ С ОДНОВРЕМЕННЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ ЕЁ СОЛОМОЙ
И.В. Герасименко, А.В. Козорезов, М.Р. Курамшин, И.Н. Глушков 173

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСАДОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРИСТОСТИ ПРИ ЗАЛИВКЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ВТУЛОК
В.А. Калиниченко, С.А. Мацинов 177

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМБАЙНА ПУТЁМ ОПТИМИЗАЦИИ ВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ
С.И. Чернецкий 181

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ И ОПРОКИДЫВАНИЯ ГУСЕНИЧНЫХ ТРАКТОРОВ
И.Э. Липкович, С.М. Пятикопов, И.В. Егорова, Н.В. Петренко 186

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛЬНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С РОТОРНО-БИЛЬНЫМ ОБМОЛАЧИВАЮЩИМ АППАРАТОМ
М.В. Цайц, В.А. Левчук, А.В. Шик, А.Д. Булаткин 192

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАСТРОЙКЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОЧЕСЫВАЮЩЕ-ПЛЮЩИЛЬНОГО АППАРАТА В ЛИНИИ ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА
В.А. Левчук, М.В. Цайц, А.Д. Булаткин, А.В. Шик 198

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ В РЕЖИМЕ СВОБОДНОГО РАЗГОНА-ВЫБЕГА
А.Ф. Курносов, Ю.А. Гуськов, Н.Н. Григорев 202

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА УБОРКИ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ
П.Ю. Крупенин, А.К. Рендов, А.Г. Лягуский 207

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ СЕПАРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН
С.В. Шишков, С.И. Кирилюк, Д.В. Медведев 213

МИКРОСТРУКТУРА И СВОЙСТВА НАУГЛЕРОЖЕННЫХ СЛОЕВ СРЕДНЕУГЛЕРОДИСТЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ 35ХГСА, 40Х И 42CRMOS4

Е.П. Поздняков, И.Н. Степанкин 216

РАЗРАБОТКА ЦЕНТРАЛЬНОГО БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ И ИНДИКАЦИИ ВСТРОЕННОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

О.В. Рехлицкий, В.Н. Шкирский, В.В. Кваша 222

ЭЛЕКТРОННЫЕ КАРТЫ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ

М.Р. Курамшин, И.В. Герасименко, А.В. Чекрыгин 228

ПОВЫШЕНИЕ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ, НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

А.Н. Смирнов, Н.Г. Серебрякова, П.В. Авраменко 233

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОМПАКТНЫХ СБОРОЧНО-СВАРОЧНЫХ СИСТЕМ

М.М. Кожевников, С.В. Медведев 237

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ СУППОРТОВ К СЕЛЬХОЗТЕХНИКЕ. УСПЕШНАЯ ПРАКТИКА ОДО «ДИСКОМС»: ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ

П.В. Толстых, В.А. Юреня 242

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ СЕЛЕКЦИОННО-СЕМЕНОВОДЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

М.Е. Чаплыгин, Э.В. Жалнин 246

ОЦЕНКА ДЕГРАДАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ АБС-ПЛАСТИКОВ ДЛЯ КАПОТОВ КОМБАЙНОВ В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Т.В. Дробыш, С.В. Шилько, А.П. Сазанков, В.П. Селькин 249

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КАПОТОВ СПРИМЕНЕНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИТНЫХ иМАТЕРИАЛОВ ДЛЯ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

А.В. Желдак 254

Научное издание

7-ая международная научно-практическая конференция
«Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра»

В 2 частях
Часть 1

Сборник научных статей

Статьи изданы в авторской редакции

Оригинал-макет: Качанова А.В., Романьков С.А..
Обложка: Шландыкова Н.И.

Ответственный за выпуск: Ковалева И.Н.

Подписано в печать 29.12.2023. Формат издания 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Гарнитура Newton. Отпечатано на ризографе.
Усл. печ. л. 12,8. Тираж 100 экз. Заказ №. 12-23

Государственное научное учреждение
«Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси»
Регистрация № 1/244 от 25.03.14
246050 г. Гомель, Беларусь, Кирова, 32а



ОАО «Гомсельмаш»
Научно-технический
центр комбайностроения

Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра

Сборник научных статей седьмой международной научно-практической конференции

Часть 2



17 ноября 2023 года
г. Гомель, Беларусь

Министерство промышленности РБ
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»
Национальная академия наук РБ
Государственный комитет по науке и технологиям РБ
Министерство образования РБ

7-ая МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ - СЕГОДНЯ И ЗАВТРА

17 ноября 2023 г.

Сборник научных статей международной научно-практической конференции

В 2 частях
Часть 2

Гомель, Республика Беларусь

УДК 631.3:620.22:001895

Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: Сборник научных статей 7-ой международной научно-практической конференции: В 2ч. Ч.2 - Гомель: Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2023. - 280 с.

ISBN 978-985-6477-62-4 (ч.2)
ISBN 978-985-6477-60-0

В сборнике опубликованы научные статьи участников 7-ой международной научно-практической конференции **«Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра»,** посвященные состоянию, тенденциям и направлениям развития сельскохозяйственного машиностроения в области создания тракторов, универсальных энергетических средств, навесных и прицепных машин, машин для уборки зерновых культур, кормов и корнеклубнеплодов, новых материалов, методов проектирования с использованием компьютерных технологий, методов повышения конкурентоспособности сельскохозяйственных машин, включая критерии надежности и безопасности.

© ОАО «Гомсельмаш», 2023

УДК 621.793

ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРАКТА КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Д.В. Рехлицкая, Т.В. Кравчук
Научно- технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Аннотация. В работе приведены результаты исследования детали технологического тракта Короб КВС-1-0143425 кормоуборочного комбайна КВК-800 с покрытием из коррозионностойкой стали 40Х13, нанесенным методом гиперзвуковой металлизации. Определена интенсивность износа на этапе приработки и в режиме установившегося трения. Исследована топография поверхности. Намечены пути совершенствования процесса. Оценена экономическая эффективность метода.

Ключевые слова: технологический тракт, гиперзвуковая металлизация, топография износа, шероховатость, интенсивность износа, сканограмма.

Введение. Способность техники находиться в исправном состоянии и выполнять заданные параметры технологического процесса в течение оговоренного срока зависит как от уровня конструкторского решения, так и от технологичности изготовления и грамотной эксплуатации. Считается, что время, при котором комбайн в процессе эксплуатации выполняет основные показатели нормативной документации без существенного изменения расчетных параметров, с учетом экономически обоснованных ремонтов, определяет его долговечность.

В настоящее время особый интерес представляют процессы, связанные с высокоэнергетическим воздействием на упрочняемые поверхности. Распространенными методами поверхностной обработки являются: лазерная и электронно-лучевая обработка, гиперзвуковая металлизация. Формирование покрытий с особыми физикомеханическими свойствами является перспективным и быстро- развивающимся методом инженерии поверхности. В последние годы интенсивное развитие получил метод гиперзвуковой металлизации, обеспечивающий высокую производительность и экономическую эффективность. Нанесение покрытий осуществляется путем распыления сплава, полученного в результате плавления двух проволок электрической дугой, возникающей при пропускании через проволоку электрического тока. Отличительной особенностью установки является наличие малогабаритной высокоэффективной камеры сгорания воздушно-пропановой смеси.

Сверхзвуковая струя на выходе из сопла имеет скорость 1500 м/с при температуре 1850^0С и формирует покрытие, имеющее плотность и прочность в два раза выше, чем при электродуговой металлизации. Для нанесения покрытий используются различные металлы и сплавы, в виде проволок. В НТЦК разработан способ использования двух проволок одновременно из разных материалов (патент РБ №22381).

Процесс напыления покрытий из проволочных материалов является результатом физико-химических взаимодействий в многофазной системе. На поверхности детали образуется необходимый слой защитного покрытия, свойства которого зависят от количественных и качественных характеристик процессов взаимодействия. Основное влияние на плотность покрытий и прочность сцепления с основой оказывает степень динамической активации частиц распыленной проволоки, их температура и размер (дисперсность распыления). Одним из основных требований, которому должны удовлетворять поверхностные слои деталей является пластичность в начальный период трения для ускорения процесса приработки, а также высокая износостойкость, твердость, адгезия к жидким смазкам в ходе дальнейшей работы узла.

Объект исследования: тумба основания силосопровода кормоуборочного комбайна КВС-1-0143210, состоящая из деталей Короб КВС-1-0143425 и Короб КВС-1-0143426.

Цель исследования – повышение износостойкости деталей технологического тракта кормоуборочных комбайнов методом гиперзвуковой металлизации и влияние шероховатости на интенсивность износа.

Методология исследования. Технологический тракт кормоуборочного комбайна состоит из питающе-измельчающего аппарата, и последовательно расположенных устройств транспортировки измельченной массы: центробежного ускорителя выброса, установленного на корпус основания силосопровода и непосредственно поворотного дефлектора, выполненного в виде коробчатой конструкции. По технологическому тракту проходит поток измельченной кормовой массы с элементами абразива и растительных кислот, что ведет к значительному износу тумбы основания силосопровода КВС-1-0143210, состоящей из деталей Короб КВС-1-0143425 и Короб КВС-1-0143426.

Для повышения износостойкости перечисленных деталей с 2017 года в НТЦК ОАО «Гомсельмаш» ведутся работы по модификации поверхности путем нанесения коррозионностойкого покрытия, методом гиперзвуковой металлизации.

Детали Короб КВС-1-0143425 и Короб КВС-1-0143426 изготавливаются методом штамповки и имеют различные радиусы закругления, что ведет к их короблению и необходимости рихтовки в дельнейшем. Кроме того, сложная конфигурация деталей и их размеров не

позволяют эффективно вести измерения поверхности. Исследования топографии поверхности до и в процессе эксплуатации проводили мобильной трехкоординатно-измерительной машиной МСАх фирмы Nikon Metrology типа «Рука». Принцип действия трехкоординатно-измерительной машины МСАх основан на возможности измерять перемещение оптического датчика относительно контролируемой детали по трем координатам X, Y, Z. (Рис.1)

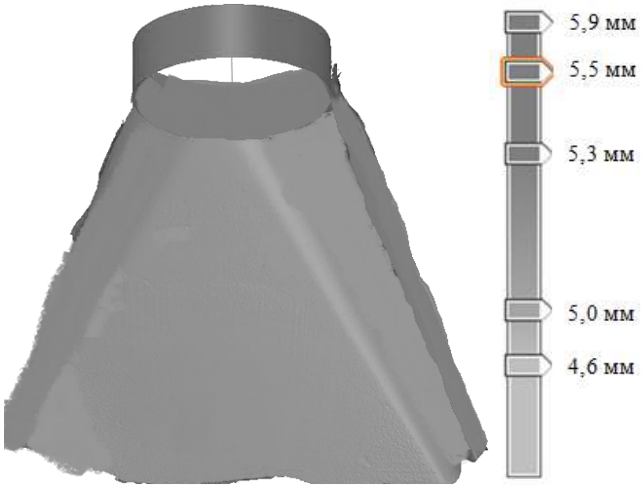


Рис. 1 – Сканограмма поверхности детали КВС-1-0143425

В НТЦК ОАО «Гомсельмаш» в 2017 году изготовлены детали Короб КВС-1-0143425 и Короб КВС-1-0143426 из стали 3пс с покрытием из коррозионностойкой стали 40Х13, нанесенным методом гиперзвуковой металлизации. В качестве подложки использовался сплав Х20Н80. Температурный режим нанесения износостойкого покрытия (максимальная температура подложки – 110 ÷ 115^{0}С) контролировали пирометром Нимбус-530. Измерение шероховатости тумбы силосопровода КВК-1-0143210 до и в процессе эксплуатаци проводили профилометром Surftest SJ-210 ф. Mitutoyo.

Исследования покрытия проводили рентгеновским методом фазового анализа (договор №353-2017/Бел «Разработка технологических процессов формирования на деталях технологического тракта кормо- и зерноуборочных комбайнов покрытий, обладающих повышенной износо- и коррозионной стойкостью и низкой адгезией к транспортируемым продуктам»).

Результаты исследования. Основным материалом указанных деталей в серийном производстве является сталь 25ХГСА, которая подвергается штамповке и сварке с последующей термообработкой. Для выполнения требований документации по форме детали Короб КВС-1-0143425 после штамповки подвергаются рихтовке. Детали свариваются

вместе, фиксируются в оснастке и помещаются в закалочную печь. Процесс длительный и экономически затратный. Трудозатраты без учета стоимости материалов, энергии и логистических операций составляют 726 минут.

В процессе эксплуатации тумбы КВК-1-0143210 преимущественно износ наблюдается на детали Короб КВС-1-0143425. Короб КВС-1-0143426 практически не подвержен износу. В связи с чем исследования проводили на детали Короб КВС-1-0143425.

Установлено: исходное состояние поверхности детали Короб КВК-1-0143425 характеризуется шероховатостью R_a в диапазоне (12,1 – 13,2) мкм.

Фазовый состав износостойкого покрытия из стали 40Х13 представлен на рис.2: мартенсит α-Fe (55 об.%), аустенит γ-Fe (11 об.%), оксиды Fe_3O_4 и FeO (34 об.%).

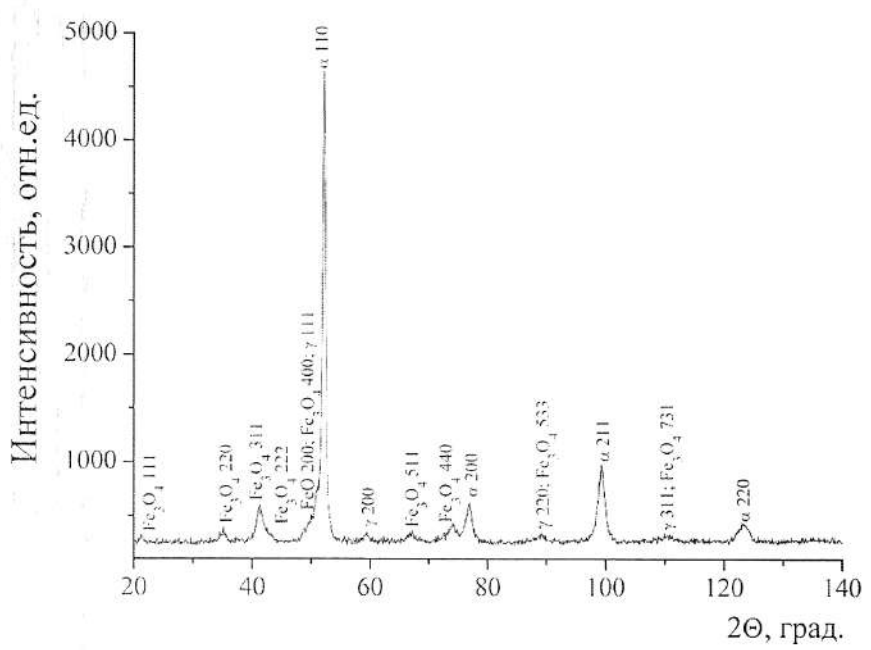


Рис. 2 – Фрагмент рентгеновской дифрактограммы от поверхностных слоев износостойкого покрытия из стали 40Х13

Для проведения полевых испытаний на территории Республики Беларусь 2017 году опытные детали установили на комбайн КВК-800 №1317. Сканограммы поверхности детали Короб КВС-1-0143425 представлены на рис.3,4,5. Зоны максимального износа имеют ярко выраженный темно зеленый цвет (на рисунках светло-серый оттенок). После сканирования тумбу КВС-1-0143210 устанавливали на тот же комбайн для продолжения испытаний, без конструктивных изменений технологического тракта.

Наработка за сезон 2017 года составила 15009 т: подбор трав – 3068 т, кошение трав – 4194 т, кошении кукурузы – 7747т. Средняя интенсивность износа: $39 \cdot 10^{-6}$ мм/т. Шероховатость поверхности R_a – (9,2 – 11,2) мкм. Сканограмма поверхности представлена на рисунке 3. Зона максимального износа находится в верхней части детали. Площадь износа составляет ≈ 10%.

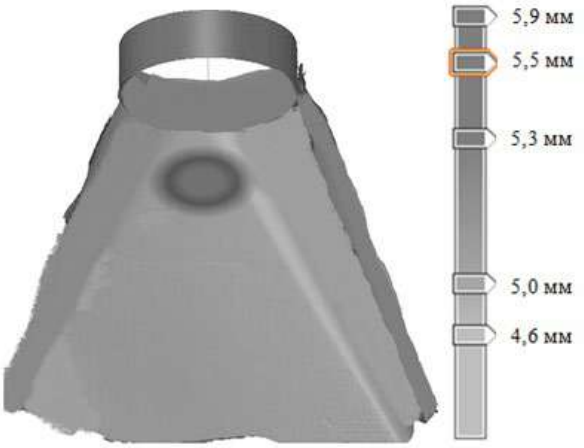


Рис. 3 – Сканограмма поверхности детали КВС-1-0143425 после испытаний в сезоне 2017 г

В сезоне 2018 года наработка составила 31788 т (подбор трав – 10206 т, кошение трав –2454 т, кошении кукурузы–19 128 т). Средняя интенсивность износа: $28 \cdot 10^{-6}$ мм/т. Шероховатость поверхности R_a – (8,7 – 9,5) мкм. Сканограмма поверхности представлена на рисунке 4. Зона износа не изменилась, площадь износа увеличилась до ≈ 30%.

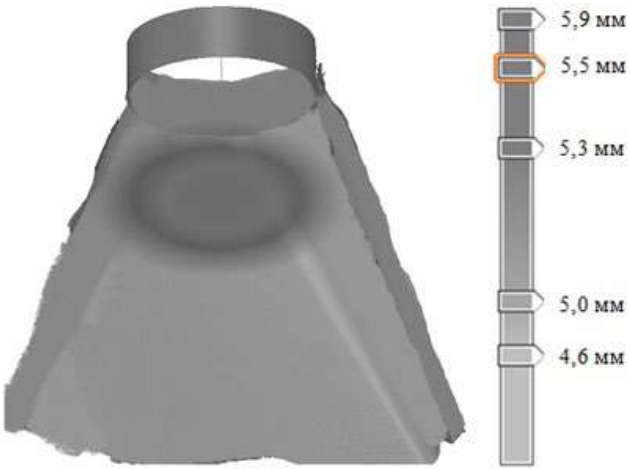


Рис. 4 – Сканограмма поверхности детали КВС-1-0143425 после испытаний в сезоне 2018 г

В уборочном сезоне 2019 года наработка составила 27918 т (подбор трав – 5288,5 т, уборка кукурузы – 18869,9 т, кошение трав – 3760 т). Средняя интенсивность износа: $21 \cdot 10^{-6}$ мм/т. Шероховатость поверхности R_a – (6,8 – 8,7) мкм. Сканограмма поверхности представлена на рисунке 5. Произошло смещение зоны износа в нижнюю часть детали, суммарная площадь износа достигла ≈ 60%.

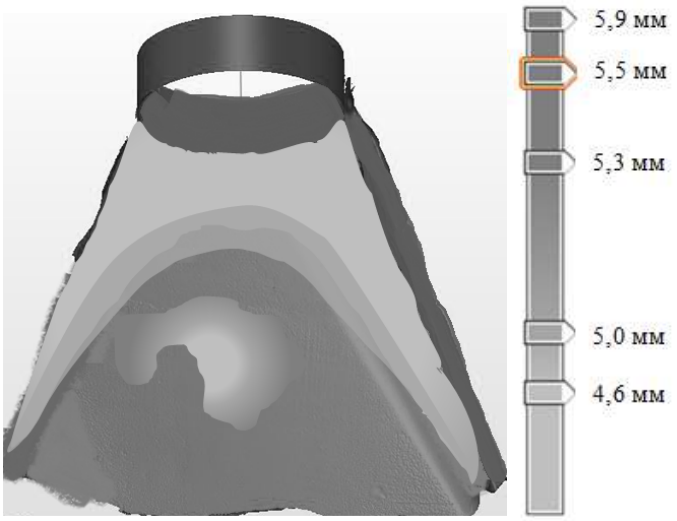


Рис. 5 – Сканограмма поверхности детали КВС-1-0143425 после испытаний в сезонах 2017- 2019 гг

На рисунке 6 показано изменение интенсивности износа покрытия поверхности детали технологического тракта Короб КВС-1-0143425 в зависимости от наработки. Интенсивность износа определяли в 5 точках максимального износа поверхности детали. Установлено: максимальная интенсивность износа приходится на первый год испытания детали (2017 г), что на наш взгляд связано с процессом приработки. При транспортировке измельченной массы на вершинах микронеровностей поверхности трения создаются напряжения близкие к пределу текучести материала, что ведет к износу вершин и последующему плакированию впадин поверхности. Режим установившегося трения характеризуется уменьшением интенсивности износа, связанного с изменением (ростом) фактической площади контакта, уменьшением контактных напряжений на поверхности трения и преобразованием фазового состава покрытия (образованием мартенсита деформации).

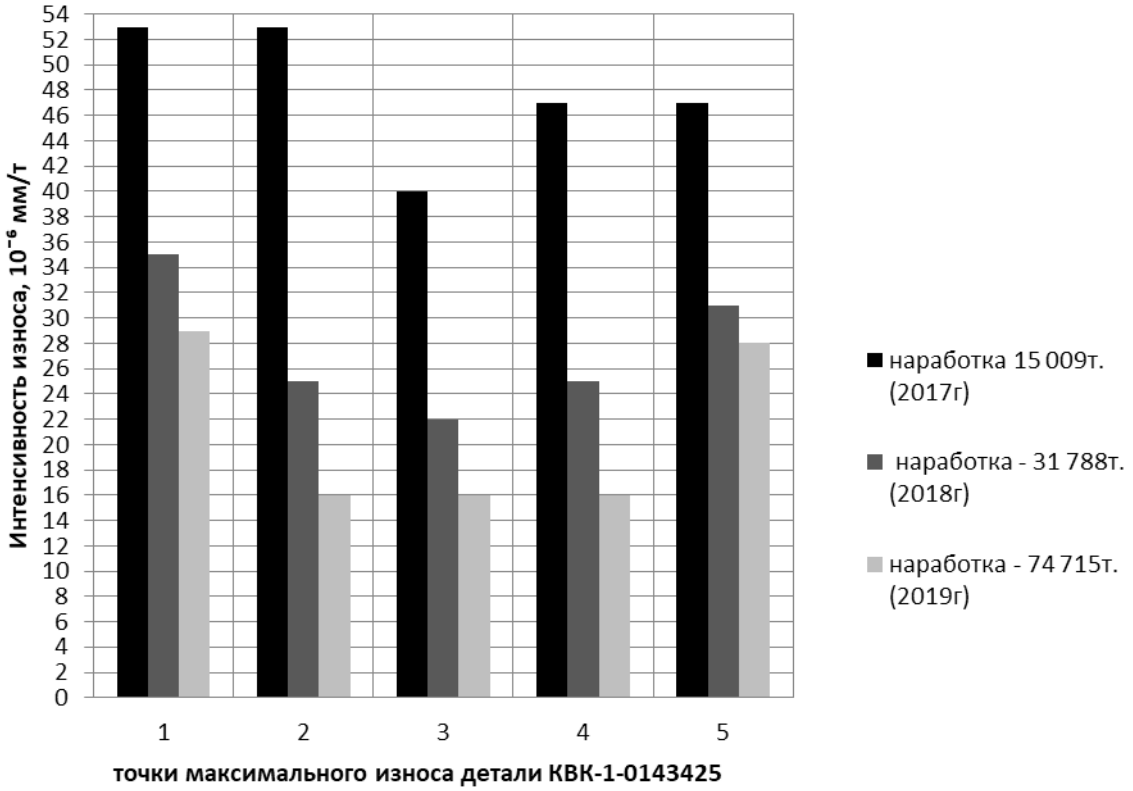


Рис. 6 – Диаграмма изменения интенсивности износа покрытия поверхности детали КВС-1-0143425

Общая наработка за весь период испытаний (2017÷2019 гг) составила 74715т., что превышает уровень наработки в гарантийный период эксплуатации.

Проведен экономический расчет эффективности использования способа изготовления деталей технологического тракта. Согласно техпроцесса серийного производства изготовление тумбы КВС-1-0143210 состоит из 31 операции общей трудоемкостью ≈ 726 мин. Техпроцесс при опытном изготовлении тумбы КВС-1-0143210 сократился на 7 операций и общая трудоемкость составила ≈ 330 мин. Таким образом ожидаемый экономический эффект составит ≈ 396 мин трудозатрат.

Выводы.

Установлено:

1. Износостойкость покрытий, полученных методом гиперзвуковой металлизации, зависит от следующих факторов: материалов, фазового состава, подготовки исходной поверхности, топографии поверхности, толщины покрытия и шероховатости поверхности.

2. При транспортировке измельченной массы по технологическому тракту плотность его потока изменяется и износ сопрягаемой поверхности неравномерен. Внутри технологического тракта

возникает разряжение, что оказывает тормозящее действие на процесс транспортировки измельченной массы и неравномерность распределения зон износа.

3. При нарушении герметизации технологического тракта область износа перемещается вниз или вверх в зависимости от степени разряжения и реализации центробежно-инерционно-вихревого метода транспортировки измельченной массы.

4. Детали с покрытием из стали 40Х13, нанесенным методом гиперзвуковой металлизации, обеспечивают ресурс детали на весь период гарантийного обслуживания.

5. Трудозатраты на изготовление опытной тумбы на 45% меньше в сравнении с серийным процессом изготовления.

В 2023 году исследования по совершенствованию процесса нанесения покрытий методом гиперзвуковой металлизации для достижения шероховатости R_a (8,2 – 11,2)мкм и интенсивности износа не более 21 $*10^{-6}$ мм/т. в режиме установившегося трения будут продолжены.

УДК 621.785.5

УПРОЧНЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ

В.С. Капленко, И.Л. Поболь, Д.В. Жук
Государственное научное учреждение «Физико-технический институт НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

Введение. Технология ионно-плазменного азотирования (ИПА) в тлеющем разряде активно используется в промышленно развитых странах. ИПА может применяться взамен газового азотирования, никотрирования, жидкостного азотирования в соляных ваннах, в некоторых случаях вместо цементации (нитроцементации), а также ТВЧ-закалки [1].

В пищевой отрасли используется большая номенклатура различных машин, агрегатов, устройств и установок, материалом для их производства служат в том числе высокохромистые стали. При измельчении продуктов и перемалывании сырья резание происходит в процессе скольжения лезвия ножа по противорежущей поверхности. Поверхности режущих ножей подвергаются деформированию, многократное повторение которого приводит к физико-химическим изменениям в поверхностных слоях материалов, их разупрочнению и износу [2].

Режущие элементы для измельчения продуктов (ножи, решетки, противорежущие пластины) изготавливаются из углеродистых и легированных инструментальных сталей. Объемная или поверхностная закалка придает им высокую твердость (порядка 60 HRC), однако они обладают недостаточной коррозионной стойкостью для работы в агрессивных средах [2]. Технология ИПА позволяет осуществлять упрочнение сталей, сохранять и повышать их коррозионные свойства.

ИПА высокохромистых сталей имеет особенности. При их азотировании возникает проблема получения упрочнённого слоя достаточной глубины из-за высокого содержания хрома, который образует оксидную пленку на поверхности стали и препятствует диффузии ионов азота в металл.

В работе [2] авторы упрочняли ножи перерабатывающего оборудования из стали 40Х13 методом нитроцементации (НЦ) в карбюризаторе. Обработка проходила в цементационной печи при температуре 880ºС в течение 3 ч. Последующая закалка проводилась с температуры 880-900°С в масле, отпуск при 180-200°С в течение 2 ч. В результате НЦ получали карбидный слой глубиной 200 мкм, микротвёрдость у поверхности ~1000-1100 HV, основы ~200 HV.

Метод ИПА по сравнению с НЦ имеет ряд преимуществ: автоматизированное оборудование; обеспечение серийной устойчивости

технологии; финишная, энерго- и ресурсосберегающая, экологически безопасная технология. ИПА – финишная операция, не требующая последующей механической и/или термической обработки. Управление параметрами процесса ИПА позволяет получать упрочненные слои разной глубины на изделиях из каждой марки стали [1].

Ионному азотированию коррозионностойких сталей уделяется большое внимание. Обработка аустенитных сталей проводится с целью повышения твердости и износостойкости материала вблизи поверхности на режимах, не ведущих к снижению коррозионной стойкости. Так, в работе [3] (в ней также приведен обширный перечень публикаций касательно этой проблемы) ионное азотирование стали AISI 316L выполнялось при повышенных температурах (более 520 С) не более 2 ч. Достигались высокая твердость материала вблизи поверхности (980 HV) и глубина азотированного слоя до 8 мкм, а также повышенная коррозионная стойкость в растворе 3,5% NaCl.

Целью работы было проведение ИПА образцов из высокохромистых сталей мартенситного (30Х13) и аустенитного (AISI 316L, аналог 03Х16Н15М3) классов, использующиеся в как в машиностроении, так и в пищевой промышленности, сравнение свойств азотированных слоев.

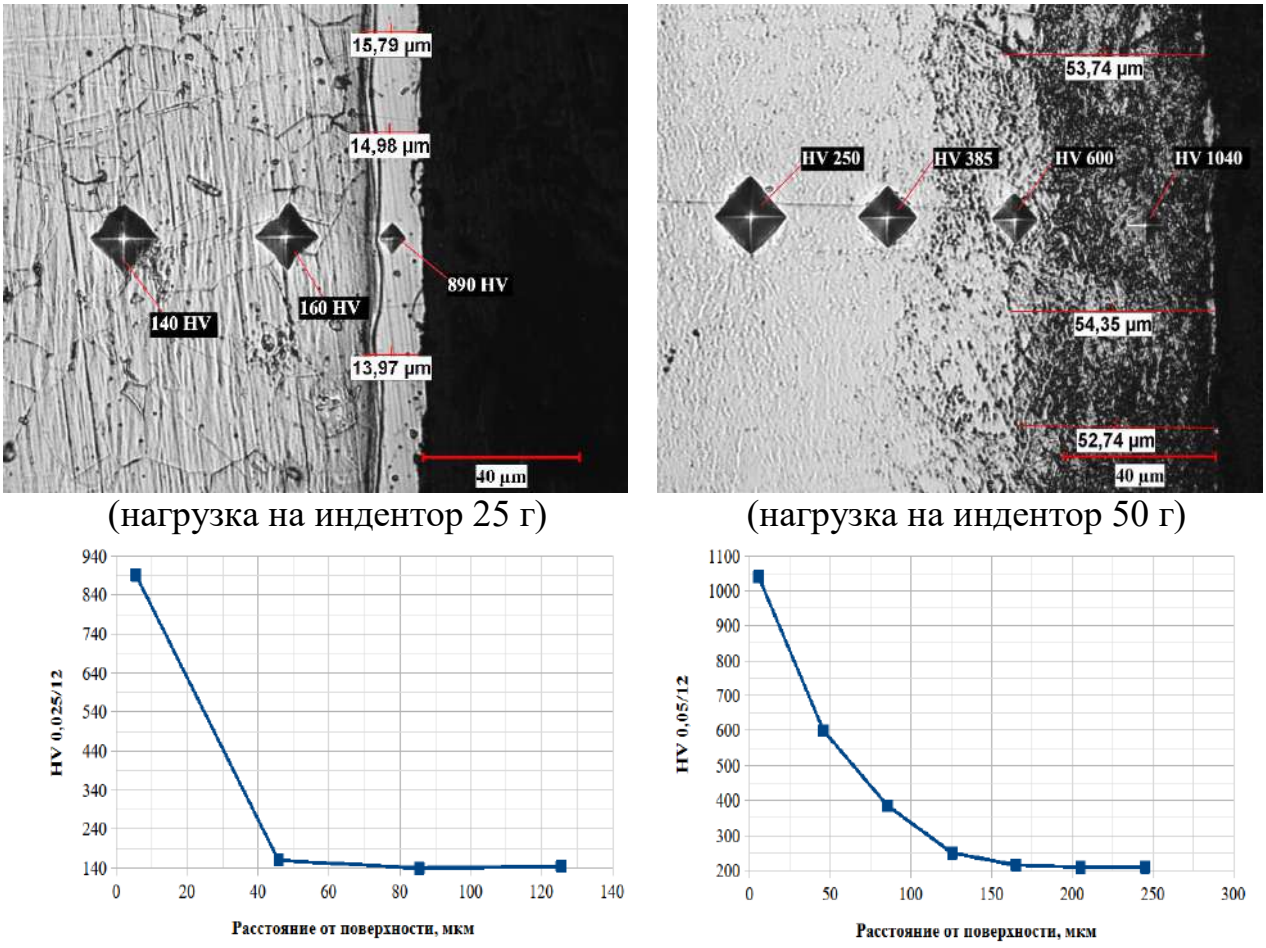
Экспериментальные исследования. ИПА проводили в установке колпакового типа с «холодными стенками» производства ФТИ НАН Беларуси. Учитывая имеющийся опыт азотирования высокохромистых сталей, были выбраны оптимальные режимы обработки для каждой марки стали (табл.1). В качестве рабочей среды использована смесь газов N_2+H_2+Ar.

Таблица 1. Режимы ИПА и характеристики упрочнённых слоев

Марка стали	Температура азотирования, ^oC	Время выдержки, ч	Микротвёрдость материала у поверхности, HV		Глубина азотированного слоя, мкм
			Исходное состояние	После ИПА	
30Х13	530	18	190	1000-1060	200
AISI 316L	420	16	140	940-1020	14-16

Из обработанных образцов изготовлены поперечные шлифы. Металлографические исследования микроструктуры полученных образцов выполняли на оптическом микроскопе МИ-1, микродюрометрические - на микротвердомере AFFRI-MVDM8. Травление поверхности шлифов проводили реактивом Марбле – сульфат меди $CuSO_4$ (20 г), соляная кислота HCl (100 мл), дистиллированная вода (100 мл).

При азотировании стали 30Х13 на приведенных режимах получен упрочнённый диффузионный слой глубиной 200 мкм (табл. 1, рис. 1). Он состоит из нитридного слоя, переходной зоны к основе. На стали AISI 316L сформирован нитридный слой глубиной 14-16 мкм, за которым следует основа, диффузионный слой оптической микроскопией не выявляется.



(нагрузка на индентор 25 г) (нагрузка на индентор 50 г)

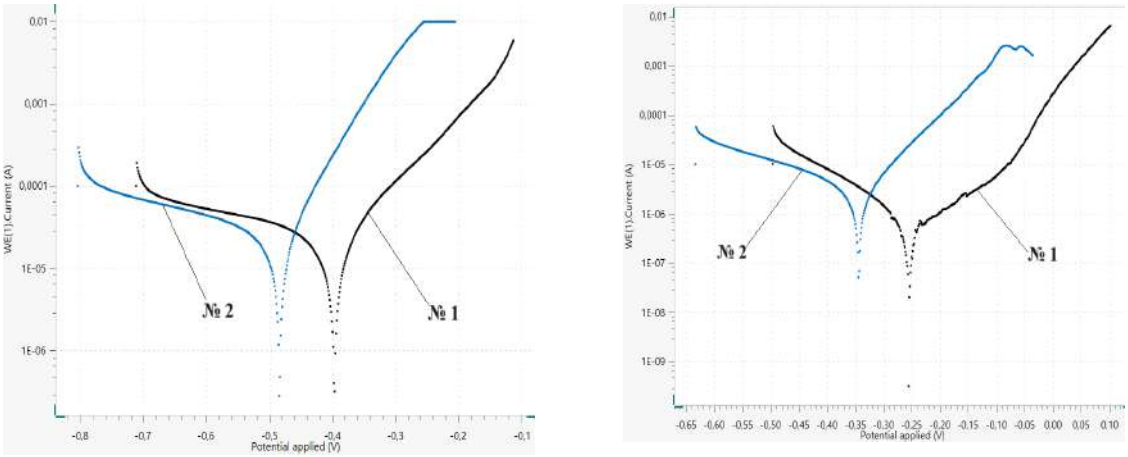
AISI 316L 30Х13

Рис. 1 – Микроструктура и распределение микротвёрдости по глубине азотированного слоя образцов из сталей AISI 316L и 30Х13

Коррозионные испытания образцов проводили в 10%-ном растворе NaCl комнатной температуры в трёхэлектродной ячейке с электродом сравнения Ag/AgCl/KCl и вспомогательным платиновым электродом на потенциостате/гальваностате Multi Autolab/M204 (рис. 2). Значения коррозионной стойкости определяли с помощью программы Nova (табл. 2). Скорость годовой коррозии оценивали согласно ГОСТ 13819-68 [4].

Таблица 2. Коррозионные свойства упрочнённых слоев на сталях AISI 316L и 30Х13

Марка стали	Годовая скорость коррозии, мм/год		Потенциал коррозии, V		Поляризационное сопротивление, Ω	
	исходное состояние	после ИПА	исходное состояние	после ИПА	исходное состояние	после ИПА
30Х13	0,187	0,263	-0,396	-0,483	1614,7	1150,7
AISI 316L	0,009	0,032	-0,198	-0,343	30924	9412,4



AISI 316L 30Х13

1 - в исходном состоянии, 2 - после ИПА

Рис. 2 – Зависимость логарифмической силы тока от потенциала коррозии образцов сталей AISI 316L и 30Х13 при линейной поляризации:

Скорость годовой коррозии стали 30Х13 соответствует пониженной группе стойкости, шестому баллу стойкости, как в исходном состоянии металла, так и после ИПА. Скорость годовой коррозии стали AISI 316L в исходном состоянии соответствует третьему баллу, весьма стойкой группе стойкости. После ИПА скорость годовой коррозии увеличивается до четвёртого балла, стойкой группы стойкости.

Для восстановления коррозионной стойкости после ИПА до исходных значений материала используется метод электролитно-плазменной полировки, при которой происходит удаление осажденного на поверхностный слой инородных материалов [5].

Заключение. Метод ИПА позволяет формировать равномерные упрочнённые слои, необходимые для качественной работы режущего инструмента из высокохромистой стали мартенситного и аустенитного классов. Высокая износостойкость ножей обеспечивается азотированием с образованием нитридных слоев на обработанной поверхности.

Метод ИПА позволяет достигать схожих результатов упрочнения высокохромистой стали мартенситного и аустенитного классов что и

метод НЦ. Технология ИПА, по сравнению с НЦ является низкотемпературным процессом.

Сталь AISI 316L после ИПА имеет требуемые показатели микротвёрдости азотированного слоя для режущей поверхности, сохраняет высокие коррозионные свойства и подходит для использования в агрессивной среде (растворе 10% NaCl).

На поверхности стали 30Х13 после ИПА образуется нитридный и диффузионный упрочнённый слой, который способен сопротивляться динамическим нагрузкам. Коррозионные свойства 30Х13 после ИПА остаются низкими. Использование данной марки стали для пищевой отрасли в хлорсодержащей среде представляется нецелесообразным из-за её склонности к повышенной коррозии.

Литература

1. Босяков М.Н. Научные основы разработки промышленных технологических процессов плазменной химико-термической обработки изделий машиностроения / М.Н. Босяков, С.В. Бондаренко, А.С. Бондаренко, Д.В. Жук, В.Г. Залесский, А.А. Козлов, П.А. Матусевич, А.Н. Моисеенко, И.Л. Поболь // Современные методы и технологии создания и обработки материалов: Сборник научных трудов. В 2-х книгах. Книга 1. – Минск, 2021. – С. 60 – 80.

2. Воскобойников Д.В., Гатилов М.Г. Нитроцементация ножей перерабатывающего оборудования из стали 40Х13 для повышения работоспособности обеспечения самозатачивания / Д.В. Воскобойников, М.Г. Гатилов // Актуальные проблемы инженерно-технического обеспечения АПК: материалы Международной научно-практической конференции, Курск, 23-25 января 2013 г. / Издательство Курской государственной сельскохозяйственной академии. – Курск, 2013. – С. 34–38.

3. Li Y. Wang Z., Wang L. Surface properties of nitrided layer on AISI 316L austenitic stainless steel produced by high temperature plasma nitriding in short time // Applied Surface Science. – 2014. - V. 298, 15 April. – P. 243-250.

4. Десятибалльная шкала для оценки коррозионной стойкости металлов и сплавов в агрессивных средах: ГОСТ 13819–68. Государственный комитет СССР по стандартам.

5. Kaplenko V.S. Effect of ion-plasma nitriding and electrolyte-plasma polishing on the hardness and corrosion resistance of high-chrome steels/ V.S. Kaplenko, S. I. Bahayeu, D.V. Juk, I.P. Pobol, I. P. Smyaglikov // Plasma Physics and Plasma Technology : X International conference, Minsk, 12–16 Sept. 2022: contributed papers. – Minsk, 2022. – P. 342–345.

УДК 621.744.072.2; 621.792; 621.88

СОЗДАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ ПЕНООБРАЗНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ШЛАКОВ

М.Л. Калиниченко
Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Известно [1], что от стоимости модельного комплекта и его срока службы напрямую зависит себестоимость получаемой отливки. В области массового или крупносерийного производства отливок стоимость модельного комплекта не играет большой роли, т.к. он рассчитан на выпуск миллионных партий, а в условиях единичного производства он может быть изготовлен из любых дешевых материалов (вплоть до пластилина). Таким образом, наиболее уязвимым является выпуск мелких партий отливок, в которых модельный комплект не может быть изготовлен как из дорогих материалов, в связи с малой потребностью выпускаемых изделий, так и из дешевых материалов, по причине не возможности из-за экономической и технологической не целесообразности, доводки материалов в ручную. Как следствие, представляет интерес получения износостойких модельных комплектов на основе отходов, имеемых на предприятии-изготовителе литейной продукции.

В качестве объекта исследования были выбраны высокопористые алюминиевые шлаки и другие пористые алюминиевые составляющие.

Проведя их первоначальные механические испытания [2], было принято решение изготовления ряда образцов, являющихся прототипами модельной оснастки на основе вышеуказанных материалов. Были изготовлены 3 группы образцов: на основе склеенного высокопористого алюминия (рис. 1 а), а также склеенных более плотных шлаков в виде цилиндра (рис. 1 б) и усеченной пирамиды (рис. 1 в). Для придания им тела все образцы были склеены влагостойким белорусским клеем на эпоксидной основе.

Как видно, образцы, представленные на рис. 1а были подвергнуты шлифовке на наждачном круге, а образцы, представленные на рис. 1б и 1в, токарной и фрезерной обработке соответственно. Образцы хорошо вынесли приложенные к ним нагрузки, возникающие как при вращении образца, в случае токарной обработки, так и при вращении режущего инструмента, в случае фрезерования.

Так же из рис. 1 видно, что все типы образцов имеют грубую поверхность, которую невозможно использовать для проведения формовочных работ.



а



б



в

Рис. 1 – Вид склеенных образцов: а – образец из высокопористого алюминия; б – образец цилиндрической формы; в – образец формы усеченной пирамиды

Так как дальнейшее выравнивание поверхности невозможно методами механической обработки, было принято решение сгладить неровности с помощью термоусадочных материалов.

Полиолефиновая термоусаживаемая трубка может использоваться как электроизоляционный, маркировочный и декоративный материал. Предназначена для изоляции кабелей, изолирования жил, мест соединения проводов, бандажирования жгутов проводов, для механической защиты изделий, для защиты от грязи, для цветовой маркировки изделий и т.д. Основное свойство термоусаживаемой трубки - способность сжиматься (усаживаться) под воздействием высокой температуры (от 90 до 125°С). Процесс усадки происходит очень быстро, термоусадочная трубка полностью повторяет контуры предмета. Можно использовать тепловой пистолет (фен), что делает термоусаживаемую трубку легкой в бытовом применении, например, в качестве альтернативы изоляционной ленте [3].

Благодаря нагреванию термоусадочная трубка плотно и очень надежно охватывает изолируемый предмет, обеспечивая хорошую изоляцию, а также предоставляет механическую защиту. По толщине стенки делятся на: тонкие, средние, толстые [3].

Учитывая незначительные размеры образцов и их габариты, в работе были использованы термоусадочные трубки фирмы KLS Electronic (Китай) красного и черного цветов, свойства которых указаны в таблице 1.

Таблица 1. Ряд свойств термоусадочных труб фирмы KLS Electronic

Цвет терм. трубы	Температура усаживания, °С	Диаметр трубы до/после усадки, мм	Толщина стенки трубы до/после усадки, мм	Рабочая температура, °С
красный	+90 - +125	30/15	0,35/0,45	-20 - +80
черный	+90 - +125	50/25	0,6/0,8	-45 - +125

Для апробации эффекта сглаживания были взяты образцы из группы высокопористого алюминия (рис. 1 а), которые были покрыты термоусадочной трубкой низкой высокой толщины (рис. 2)



а б в г

Рис. 2 – Вид образцов высокопористого алюминия с термоусадочным покрытием: а, б – образцы, покрытые термоусадочной трубкой 0,35 мм; в, г – образцы, покрытые термоусадочной трубкой 0,6 мм

На высокопористых заготовках видно, что термоусадочное покрытие толщиной 0,35 мм хоть и облагораживает поверхность, однако полностью копирует все углубления, при применении более толстого покрытия наблюдается тот же эффект, но с менее выраженными явлениями. Исходя из анализа поверхности, было принято решение в увеличении термоусадочных слоев. Для этого на некоторые образцы, уже покрытые красной (0,35 мм) и черной (0,6 мм) термоусадочной трубой был посажен еще один слой трубы толщиной 0,6 мм (рис. 3, 4).



а б

Рис. 3 – Вид на торец образцов высокопористого алюминия с двойным термоусадочным покрытием: а – образцы, с комбинированным покрытием 0,35 мм и 0,6 мм; б – образцы, с комбинированным покрытием 0,6 мм и 0,6 мм



а б в г

Рис. 4 – Вид образцов сверху высокопористого алюминия с одинарным и с двойным термоусадочным покрытием: а – образцы, с одинарным покрытием 0,35 мм; б – образцы, с одинарным покрытием 0,6 мм; в – образцы, с комбинированным покрытием 0,35 мм и 0,6 мм; г – образцы, с комбинированным покрытием 0,6 мм и 0,6 мм;

В случае более плотных материалов, основанных на шлаках, имеющих относительно не высокую пористость было принято решение использовать один слой черной термоусадочной трубы, исключительно для скрытия поверхностных неровностей (рис. 5).



а б

Рис. 5 – Вид образцов с одинарным термоусадочным покрытием: а – образец цилиндрической формы с покрытием 0,6 мм; в – образец формы усеченной пирамиды с покрытием 0,6 мм;

Исходя из приведенных испытаний, можно сделать вывод о возможности создания гладких, износостойких модельных комплектов на основе различных типов алюминиевых шлаков и пористых материалов. Срок службы данных изделий будет зависеть от качества применяемого клеевого состава, так и износостойкости термопластика. Однако учитывая, даже минимальную стойкость вышеуказанного материала, она должна в разы превышать стойкость штучных гипсовых и других моделей.

Литература

1. Калиниченко, М.Л. Технология склеивания: теория, практика, материалы / М.Л. Калиниченко, Л.П. Долгий, В.А. Калиниченко. – Минск: БНТУ, 2021. – 187 с.

2. Калиниченко, М.Л. Методика визуальной оценки клеевого шва на примере соединения элементов модельных комплектов, созданных из отходов производства / М.Л. Калиниченко / Материалы X МНПК Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях. – ФГБОУ «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова» 16-17 мая 2023 г. Саратов. Амирит. 2023. – С. 298–305.

3. ПВС – Энергоплюс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pvs.by/1386/1663/1678/. – Дата доступа: 12.10.2023.

УДК 629.02:631.3: 697.3:62-714

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕГО РАДИАТОРА МАСЛЯНОГО

Д.И. Хропаков, В.В. Подрез, В.С. Шиш
Научно-технический центр комбайностроения
ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

В работе представлена конструкция радиатора масляного, разработанная в качестве альтернативы импортному радиатору, применяемому в комбайнах КЗС-2124 производства ОАО «Гомсельмаш». Авторами проведен анализ комплектующих радиатора масляного, представлены результаты испытаний первого опытного образца и аналога, проведен расчет рассеиваемой мощности обоих радиаторов с сравнительным анализом их эффективности.

Введение. В условиях увеличивающихся сроков поставки ведущими производителями гидравлического оборудования вследствие введения ограничительных мер в связи с экономическими санкциями, производители техники на постсоветском пространстве испытывают значительные трудности в ритмичном обеспечении производства покупными изделиями, значительная часть которых поступает из стран дальнего зарубежья. С целью исключения «форс-мажора», а также снижения затрат на приобретение покупных комплектующих изделий (далее-ПКИ), предприятия проводят плановую работу, директивно обязывая свои структурные подразделения постоянно искать альтернативных поставщиков для комплектации серийной продукции [1].

Объект исследования. Радиатор масляный.

Цель исследования – разработка конструкция радиатора масляного.

Методология исследований. Системный и сравнительный анализ, расчетно-конструктивный.

Результаты исследований. Применяемый в конструкции комбайнов КЗС-2124 радиатор масляный, обеспечивающий температурный режим гидросистемы, производится фирмой «AKG», Германия. Аналогов подобному комплектующему изделию на территории постсоветского пространства не существует.

С целью обеспечения импортозамещения и увеличения доли комплектующих собственного производства для изготовления комбайнов, было принято решение о разработке конструкции масляного радиатора собственного изготовления.

Проведя анализ составляющих комплектующих изделий, входящих в радиатор, были определены основные узлы (рис.1) конструкции, которые

экономически выгодно приобрести у специализированных производителей. Результаты поиска производителей из дружественных стран приведен в таблице 1.

Таблица 1. Производители основных комплектующих узлов*

Узел	Производитель покупного комплектующего изделия
Охладитель	Производитель ОХЛ1
Крыльчатка	Производитель Кр1, Производитель Кр2, Производитель Кр3
Гидромотор	Производитель ГМ1, Производитель ГМ2

* Информация о производителях предоставляется по отдельному запросу.

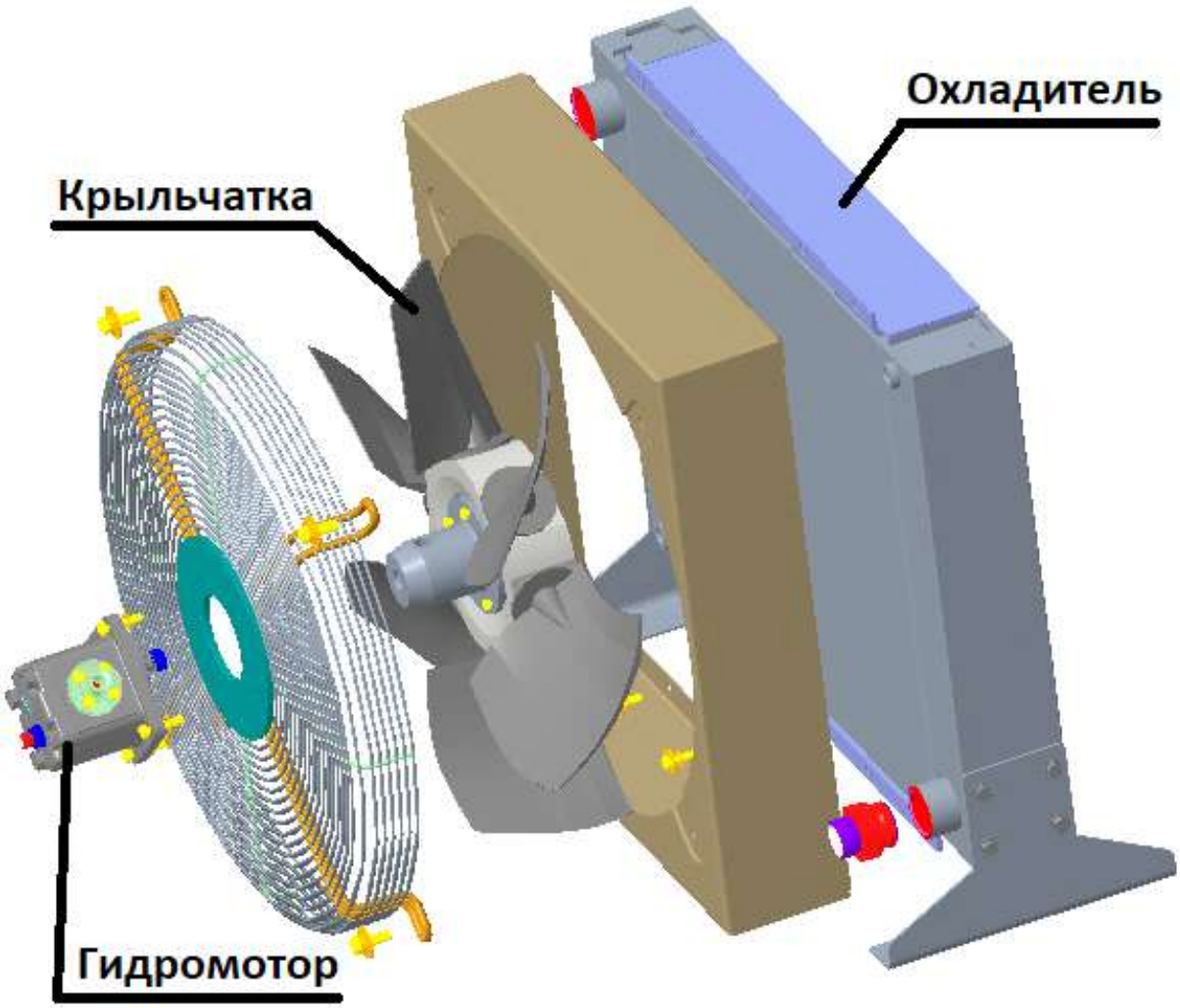


Рис. 1 – Составляющие узлы радиатора масляного

На базе комплектующих фирм Производитель ОХЛ1 (далее – Пр. ОХЛ1), Производитель Кр3 (далее – Пр. Кр3) и Производитель ГМ1 (далее – Пр. ГМ1) был изготовлен опытный образец маслорадиатора, проведены

сравнительные стендовые испытания маслорадиаторов собственного производства и фирмы «AKG» - см. таблицы 2 и 3.

Таблица 2. Параметры функционирования радиатора масляного фирмы «AKG»

№ опыта	Расход через радиатор, л/мин	Частота вращения вентилятора об/мин	Температура рабочей жидкости, °С			Средняя скорость потока воздуха по фронту радиатора, м/с
			на входе	на выходе	перепад	
1	59,7	1719	56,4	44,3	12,1	6,1
2	60,2	2175	60,6	42,2	18,4	7,8
3	60,9	2400	59,9	41,7	18,2	8,5
4	62,5	1860	52,1	37,8	14,3	6,7

Таблица 3. Параметры функционирования радиатора масляного собственного производства

№ опыта	Расход через радиатор, л/мин	Частота вращения вентилятора об/мин	Температура рабочей жидкости, °С			Средняя скорость потока воздуха по фронту радиатора, м/с
			на входе	на выходе	перепад	
1	59,1	1693	57,1	46,5	10,6	5,9
2	60,6	1911	58,2	45	13,2	7,2
3	60,8	2150	62,4	44,3	18,1	7,7
4	61,2	2413	61,3	42,9	18,4	8,8

Для определения эффективности радиаторов проведен расчет рассеиваемой мощности для каждого опыта по формуле (1):

$$Q = cQ_M(t_{\text{вход}} - t_{\text{выход}}) \qquad (1)$$

где Q – рассеиваемая мощность, кДж/с;
c – удельная теплоемкость масла, кДж/кг·°С, c = 1,67 кДж/кг·°С [2];
Q_M – массовый расход масла, кг/с;
$t_{\text{вход}}$ – температура масла на входе в радиатор, °С;
$t_{\text{выход}}$ – температура масла на выходе из радиатора, °С.

Массовый расход масла определим по формуле (2):

$$Q_M = Q_V \cdot \rho \qquad (2)$$

где Q_M – массовый расход, кг/с;
Q_V – расход масла, м^3/с;
ρ – плотность масла, кг/ м^3, $\rho = 875$ кг/ м^3 [3].

Результаты расчетов рассеиваемой мощности представлены в таблице 4 для каждого радиатора по каждому из опытов.

Таблица 4. Результаты расчетов рассеиваемой мощности

П/п № опыта	Радиатор «AKG», кДж/с	Радиатор ОАО «Гомсельмаш», кДж/с
1	17,62	15,29
2	27,03	19,52
3	27,04	26,85
4	21,81	27,48

По полученным результатам построены графики зависимости рассеиваемой мощности от расхода и от скорости потока воздуха по фронту радиатора рисунок 2 и рисунок 3.

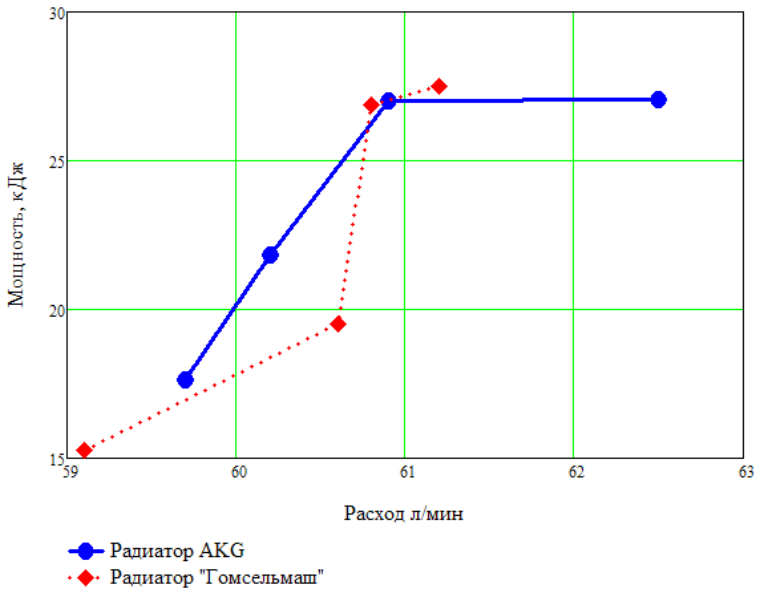


Рис. 2 – График зависимости рассеиваемой мощности от расхода масла

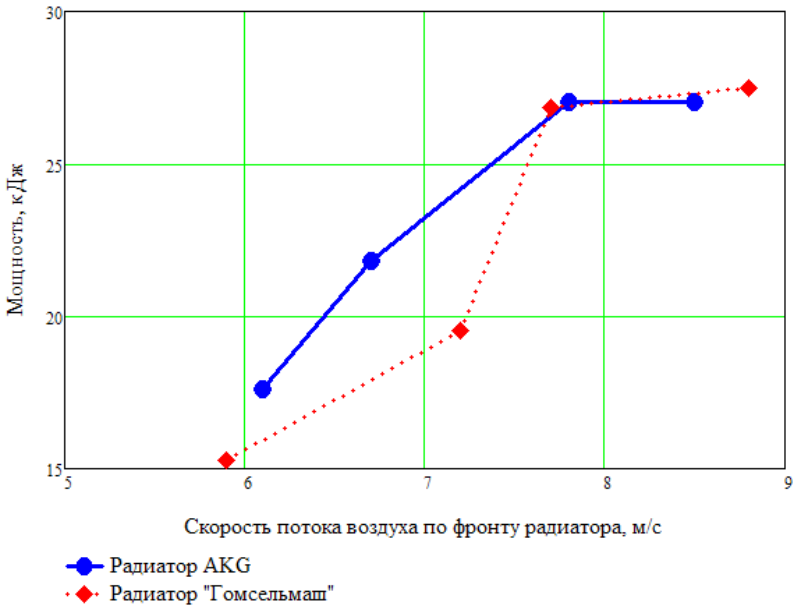


Рис. 3 – График зависимости рассеиваемой мощности от скорости потока по фронту радиатора

По представленным результатам расчетов рассеиваемой мощности и графикам зависимостей рассеиваемой мощности от расхода масла и скорости потока по фронту радиатора сделаны следующие выводы.

При условии, что конструкция и габариты элементов охладителя практически совпадают, значение рассеиваемой мощность в большей степени зависит от скорости воздушного потока, которая в свою очередь, зависит от частоты вращения крыльчатки.

При сопоставлении полученных значений рассеиваемой мощности эффективность радиатора производства ОАО «Гомсельмаш» на 25% ниже аналога. Однако при частоте вращения крыльчатки выше 2000 об/мин эффективность радиатора производства ОАО «Гомсельмаш» ниже аналога не более 5%. С целью повышения уровня эффективности будут произведены испытания с другими производителями крыльчаток.

Заключение.

1. Разработанная конструкция радиатора в исполнении с комплектующими Производителей ОХЛ1, Кр3 и ГМ1 показала результаты по рассеиваемой тепловой мощности на 25% ниже, чем у радиатора АКГ. При обеспечении частоты вращения крыльчатки выше 2000 об/мин вновь спроектированный радиатор полностью заменяет импортный аналог.
2. Для окончательного выбора варианта серийного производства, в том числе в качестве альтернативных вариантов, так как в составе радиатора применяются покупные изделия различных поставщиков, необходимо провести испытания в различных вариантах сочетаний Производителя ОХЛ1 с Производителями Кр1, Кр2 и Производителем ГМ2.

Литература

1. Е.А. Неретина, О.Н. Курочкин. Обоснование альтернативных вариантов выбора поставщика комплектующих изделий на основе концепций межфирменного взаимодействия//Региональная экономика, №11, 2012

2. Я.М. Вильнер, Я.Т. Ковалев, Б.Б. Некрасов. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам. Под ред. Б.Б. Некрасова. – Минск, 1976. – 416 с.

3. В.А. Васильченко. Гидравлическое оборудование мобильных машин: Справочник – М.: Машиностроение, 1983. – 301 с.

УДК 621.744.072.2; 621.792; 621.88

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ СКЛЕЕННЫХ ПЛАСТИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

М.Л. Калиниченко
Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Известно [1], что промышленные пластиковые модельные комплекты производятся с помощью технологии склеивания, а именно, из набора разнотолщинных плит соединенных клеевыми составами. Однако если прочностные характеристики склеенных материалов достаточно хорошо изучены [2], то поведение стыка пластик/клей/пластик остается мало изученным аспектом. Так же для его оценки берутся достаточно спорные отправные точки. Известно [3], что при использовании абсолютно новых фрез с заводской заточкой, качество обработки перехода пластик/клей/пластик не вызывает никаких технических проблем. На фрезах, прошедших 15-25% технологического цикла могут присутствовать отклонения на выше упомянутом стыке, а после превышения 50-60 %, при еще годной фрезе, могут наблюдаться процессы раздробления хрупких клеев схематично показанных на рис. 1, где представлено раздробление клеевой составляющей при продвижении фрезы.

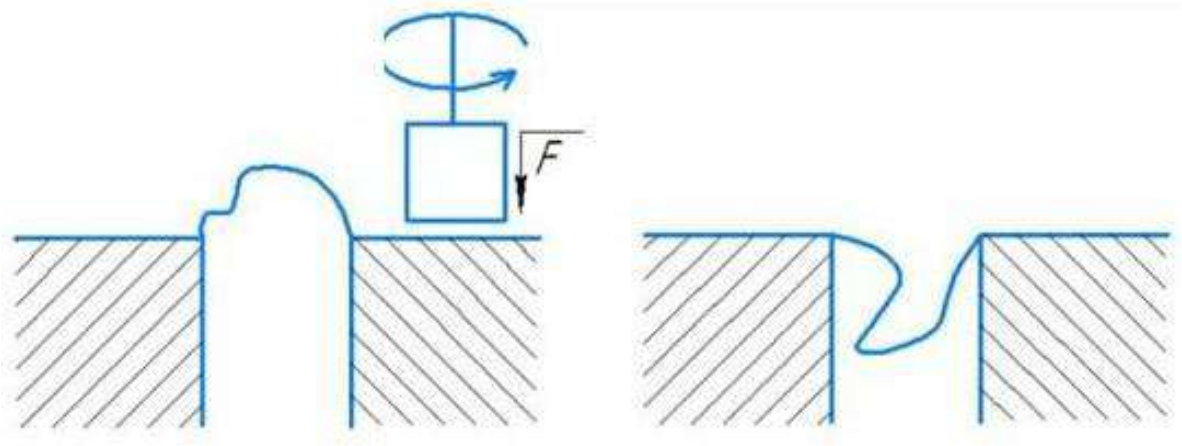


Рис. 1 – Схематический принцип обработки клеевого шва соединенного хрупким клеевым составом

В случае мягких и пластичных клеев, например на полиуретановой или резиновой основе, наблюдается первоначальное вмятие клеевого шва

под действием резца, с последующей его релаксацией с образованием выпуклости, схематически представлено на рисунке 2.

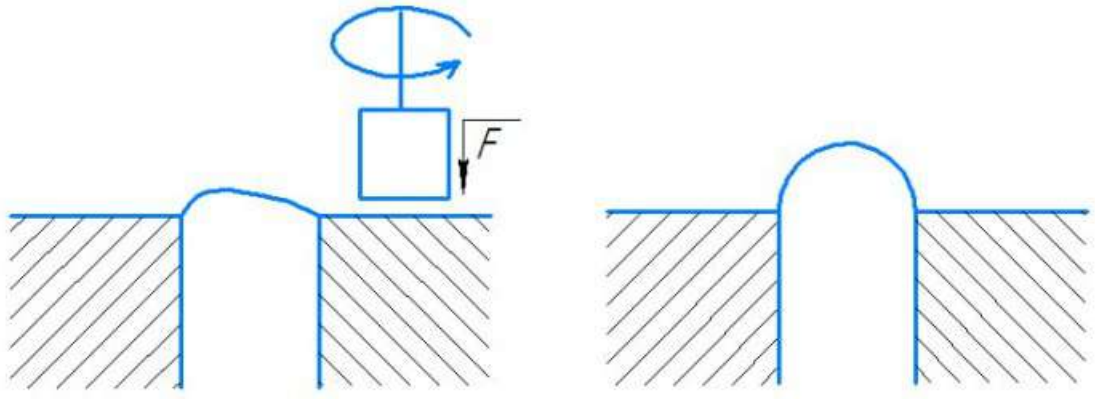


Рис. 2 – Схематический принцип обработки клеевого шва соединенного мягким клеевым составом

При использовании на стыках твердых высокопрочных клеев, наблюдается диаметрально противоположная картина, характеризуемая образование впадины (рис. 3) .

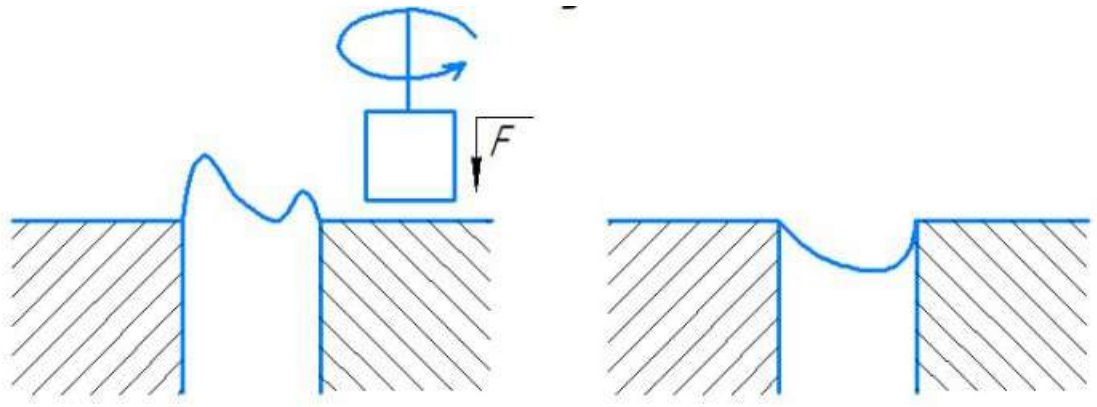


Рис. 3 – Схематический принцип обработки клеевого шва соединенного высокопрочным клеевым составом

Другим важным моментом является выбор типа фрезы (от 1 до 12 режущих кромок), скорость резанья и скорость подачи. Как следствие, для оценки качества отфрезерованной поверхности была выбрана фреза с 4-мя режущими кромками (рис. 4), которая воздействовала на модельный пластик средней твердости марки LAB 850 (Axson), плотностью 1,18 г/см^3, прочностью на сжатие 41 МПа и прочностью на изгиб 57 МПа.

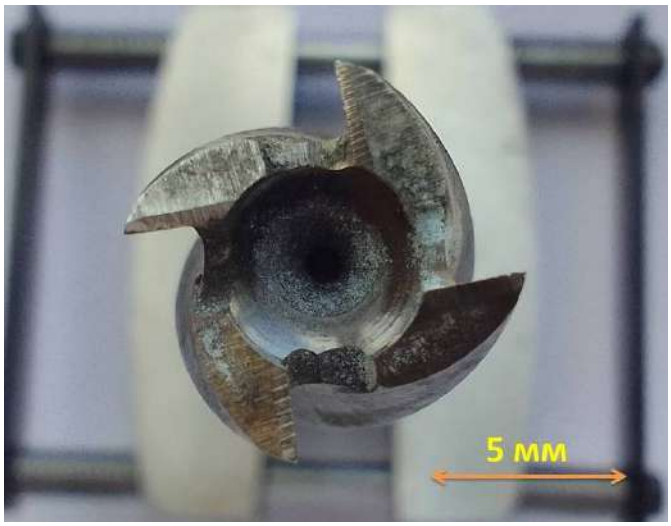


Рис. 4 – Вид выбранной фрезы

На рисунке 5 показан образец, обработанный при скорости 1000 об/мин и различной величине подачи режущего инструмента. При условии что, обработка начиналась с права на лево, от наиболее высокой подачи к низкой по скоростям переключения станка.

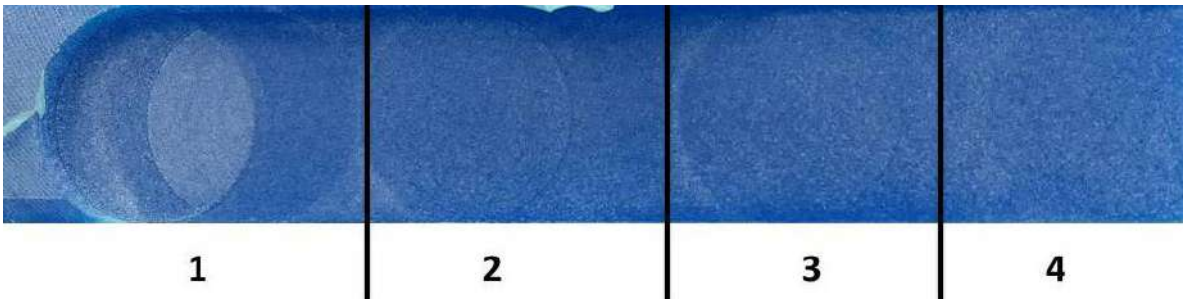


Рис. 5 – Обработанный модельный пластик с различной скоростью подачи фрезы

Как видно из рисунка 5, применение высокой скорости резания и высокой подачи обеспечивает наибольшую гладкость получаемой поверхности (зоны 4 и 3 рис. 5), при снижении подачи наблюдаются задиры (зона 2 рис. 5) и следы, оставляемые от вращения фрезы (зона 1 рис. 5).

Кроме того необходимо отметить, что в результате проведенных экспериментов было замечено, что для получения наиболее гладкой поверхности следует применять инструмент с наименьшим углом заточки режущей кромки.

Было выявлено, что режущий клин фрезы в зависимости от его заточки (рис. 5) может скалывать материал с заготовки неравномерно.

Было отмечено, что сила резанья, температура резца и иные факторы, возникающие в месте стыка пластик/клей/пластик нарушают правильный контакт инструмента и заготовки с последующими деформациями на всю систему взаимодействия.

Литература

1. Сборник трудов. Тезисы докладов IV Международной научно-технической конференции «Современные достижения в области клеев и герметиков: материалы, сырье, технологии» - Н. Новгород: О.В. Гладкова (гл. ред.), 2023. – 293 с.
2. Калиниченко, М.Л. Технология склеивания: теория, практика, материалы / М.Л. Калиниченко, Л.П. Долгий, В.А. Калиниченко. – Минск: БНТУ, 2021. – 187 с.
3. Multicut [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://multicut.ru/. – Дата доступа: 13.10.2023.

УДК 62-342

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДА НОЖА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЖАТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УГЛОВОГО ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА

Н.М. Костров
Научно-технический центр комбайностроения ОАО ”Гомсельмаш”,
г. Гомель, Республика Беларусь

Введение. В настоящий момент широкое распространение получил угловой планетарный редуктор. В данной статье я хочу рассмотреть применение данного редуктора для привода режущего аппарата в различных жатках с предоставлением математической модели для проектирования новых адаптеров.

Основная часть. Для привода ножа режущего аппарата жаток широкое распространение получило применение углового планетарного редуктора. В данной статье приведен математический аппарат и результаты расчета кинематических, динамических и энергетических характеристик привода ножа с использованием углового планетарного редуктора на примере зерновой жатки с шириной захвата 9 метров ЖЗС-9.

На рисунке 1 показана конструкция углового планетарного редуктора.

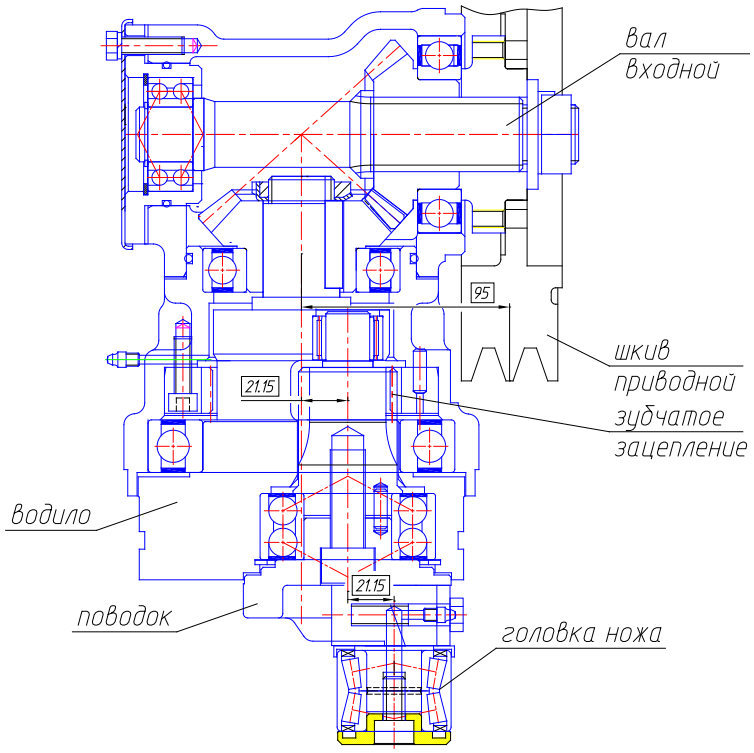


Рис. 1 – Конструкция углового планетарного редуктора

Редуктор состоит из конического зацепления, обеспечивающего передачу движения от входного вала к поводку ножа под углом 90 градусов (поэтому название угловой) и планетарной зубчатой передачи. Особенностью планетарной зубчатой передачи является то, что поводок ножа принадлежит сателлиту, ось которого находится на линии делительного диаметра сателлита.

Для проведения расчета примем следующие исходные данные:

– Частота вращения входного вала: 670.0 об/мин.

– Передаваемая мощность: не менее 10 кВт (13.6 л.с.).

– Передаточное отношение конической передачи: $\frac{z_1}{z_2} = \frac{18}{20} = 0.9$

– Номинальный ход головки ножа: $21.15 \cdot 4 = 84.6$ мм.

– Масса ножа: 23.0 кг.

В таблице 1 приведены геометрические параметры планетарного зубчатого зацепления редуктора.

Таблица 1. Геометрические параметры планетарного зубчатого зацепления с внутренними зубьями.

Параметр		Обозначение	Значение
Число зубьев	Сателлита	Z_1	18
	Колеса	Z_2	36
Модуль зацепления, мм	-	m_n	2.25
Коэффициент смещения	Сателлита	X_1	0
	Колеса	X_2	+0.459
Межосевое расстояние, мм	Z_2-Z_3	Aw	21.15057
Делительный диаметр, мм	Сателлита	d_1	40.5
	Колеса	d_2	81
Начальный диаметр, мм	Z_2-Z_3	d_{w1}	42.301
	Колеса	d_{w2}	84.602
Диаметр вершин зубьев, мм	Z_2-Z_3	d_{a1}	44.980
	Колеса	d_{a2}	79.168
Наименьшее значение диаметра вершин зубьев колеса при условии, что шестерня обрабатывается инструментом реечного вида соответственно исходному контуру по СТ СЭВ	-	d_{a2}	78.85
Диаметр впадин зубьев, мм	Сателлита	d_{f1}	34.875
	Колеса	d_{f2}	88.461
Высота зуба, мм	Z_2-Z_3	h_1	5.052
	Колеса	h_2	4.646

Продолжение таблицы 1

Параметр		Обозначение	Значение
Высота зуба колеса при условии, что шестерня обрабатывается инструментом реечного вида соответственно исходному контуру по СТ СЭВ	-	h_2	4,806
Основной диаметр, мм	Сателлита	d_{b1}	38.058
	Колеса	d_{b2}	76.115
Длина общей нормали колеса, мм	Сателлита	W_1 (z_N)	17.173 (3)
Размер по роликам при диаметре ролика 3,5 мм, мм	Колесо	M_2	78.95

Для данной конструкции имеется следующая особенность движения выходного звена. Головка ножа (поводок ножа) движется по траектории соответствующей гипоциклоиде (линия, описываемая точкой окружности радиусом r, катящейся без скольжения по другой окружности радиусом R внутри нее (рис. 2)). В редукторе гипоциклоида образуется с помощью зубчатого зацепления с внутренними зубьями (рис.1). Прямолинейное, возвратно поступательное, движение головки ножа обеспечивается соотношением чисел зубьев планетарной передачи $\frac{z_1}{z_2} = \frac{18}{36} = 0.5$ которое является модулем гипоциклоиды. Таким образом, образующие гипоциклоиду радиусы окружностей составляют (см. табл.1, Aw): $r = 21.15057$ мм, $R = 2 \cdot r = 2 \cdot 21.15057 = 42.30114$ мм.

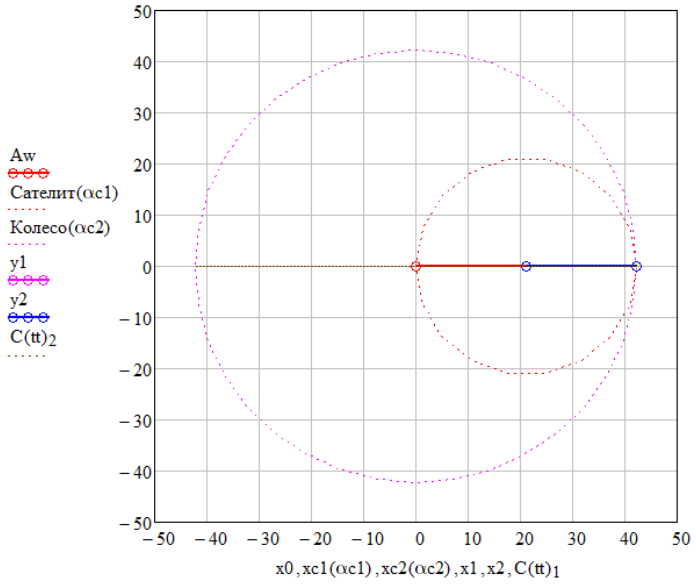


Рис. 2 – Траектория гипоциклоиды

Частота вращения входного вала n_1=670 об/мин.

Передаточное отношение конической передачи:

$$U_{кон} = \frac{z_1}{z_2} = \frac{18}{20} = 0.9 \quad (1)$$

Тогда частота вращения водила или частота двойных ходов поводка может быть найдена из выражения 2.

$$n_2 = n_1 \cdot U_{кон} = 670 \cdot 0.9 = 603 \quad (2)$$

Угловая скорость водила и круговая частота поводка может быть найдена из выражения 3.

$$\omega = \frac{n_2 \cdot \pi}{30} = 63.146 \quad (3)$$

Где ω – (рад/с) угловая скорость водила и круговая частота поводка.

Ход ножа $H_{ножа}$=84,6 мм, тогда радиус окружности образующей гипоциклоиду буде равен $R_{окр.} = 0.5 \cdot H_{ножа} = 0.5 \cdot 84.6 = 0.0423$.

Частота колебаний ножа находится из выражения 4.

$$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = 10.05 \quad (4)$$

Где f – (Гц) частота колебаний ножа.

Период колебаний находится из выражения 5.

$$T = \frac{1}{f} = 0.0995 \quad (5)$$

Где T – (с) период колебаний ножа.

Рассмотрим движение выходного звена редуктора (поводка ножа) в диапазоне времени t = от 0 до T, т.е. за один цикл.

Ход ножа можно определить из выражения 6.

$$H_{нож}(t) = R_{окр} - R_{окр} \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (6)$$

Где $H_{нож}(t)$ – (м) ход ножа.

Скорость ножа определим из выражения 7.

$$V_{нож}(t) = R_{окр} \cdot \sin(\omega \cdot t) \cdot \omega \quad (7)$$

Где $V_{нож}(t)$ – (м/с) скорость ножа.

Ускорение ножа определим из выражения 8

$$A_{нож}(t) = R_{окр} \cdot \cos(\omega \cdot t) \cdot \omega^2 \quad (8)$$

Где $A_{нож}(t)$ – (м/с^2) ускорение ножа.

Если масса ножа $m_{нож}$=23 кг, сила инерции ножа может быть определена из выражения 9.

$$F_{ин}(t) = A_{нож}(t) \cdot m_{нож} \quad (9)$$

Где $F_{ин}(t)$ – (Н) сила инерции ножа.

Мощность инерции ножа можно определить из выражения 10.

$$N_{иннож}(t) = F_{ин}(t) \cdot V_{нож}(t) \cdot \frac{1.36}{1000} \quad (10)$$

Где $N_{иннож}(t)$ – (л.с.) мощность инерции ножа.

Крутящий момент на водиле от инерции ножа может быть найден из выражения 11.

$$M_{иннож}(t) = \frac{N_{иннож}(t)}{\omega} \cdot \frac{1000}{1.36} \quad (11)$$

Где $M_{иннож}(t)$ – (Нм) крутящий момент на водиле от инерции ножа.

Сила сопротивления движению ножа, значение 600 кгс которой подобрано расчетным путем для достижения расчетной средней потребляемой мощности 13,6 л.с (см. п.1). При этом максимальное значение потребляемой мощности составляет 25 л.с. (18,3 кВт). Причем эта сила сопротивления всегда направлена против скорости движения, т.е. от скорости движения ножа она получает знак, противоположный скорости. Это важно при суммировании силы сопротивления с силой инерции.

Тогда суммарная сила на ноже может быть найдена из выражения 12.

$$F_{\Sigma}(t) = F_{ин}(t) + F_{сопр}(t) \quad (12)$$

Где: $F_{\Sigma}(t)$ – (Н) суммарная сила на ноже;
$F_{сопр}(t)$ – (Н) сила сопротивления на ноже.

Суммарная мощность на ноже из выражения 13.

$$N_{\Sigma}(t) = F_{\Sigma}(t) \cdot V_{нож}(t) \cdot \frac{1.36}{1000} \quad (13)$$

Где: $N_{\Sigma}(t)$ – (л.с.) суммарная мощность на ноже.

Суммарный крутящий момент на водиле из выражения 14.

$$M_{\Sigma}(t) = \frac{N_{\Sigma}(t)}{\omega} \cdot \frac{1000}{1.36} \quad (14)$$

Где $M_{\Sigma}(t)$ (Нм) суммарный крутящий момент на водиле.

На рисунках 3-5 показаны кинематические, динамические и энергетические характеристики движения ножа от времени за 1 оборот водила.

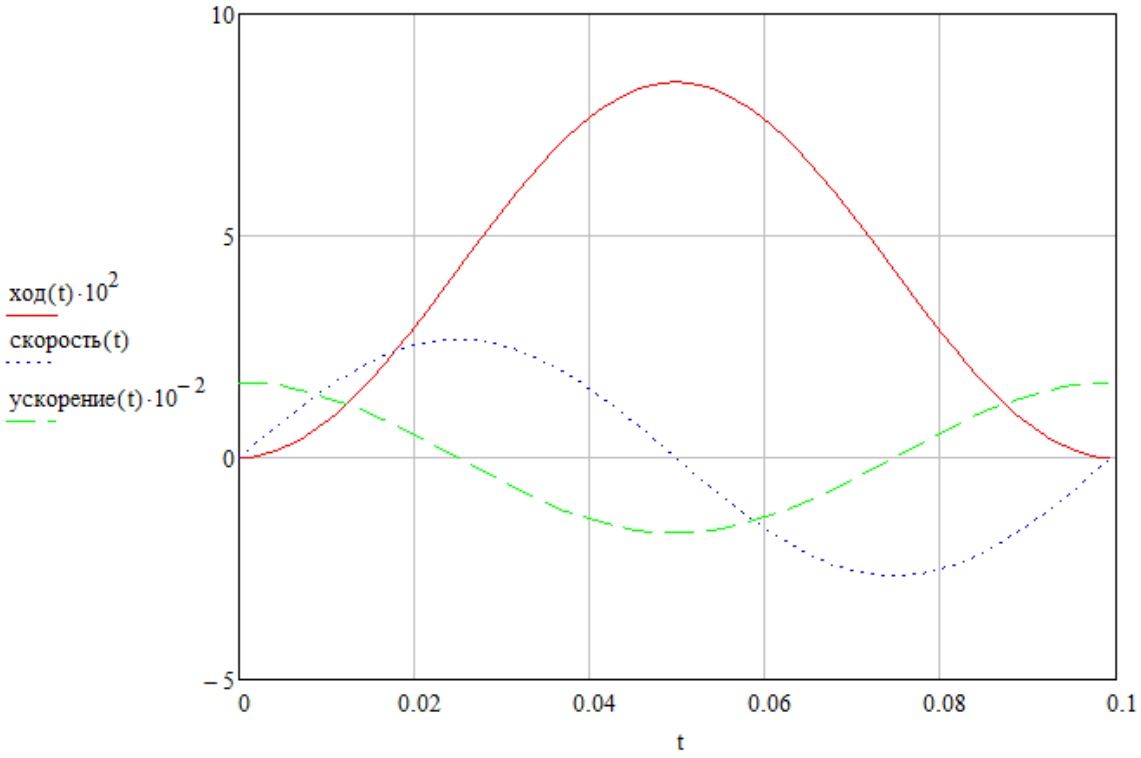


Рис. 3 – кинематические характеристики движения ножа

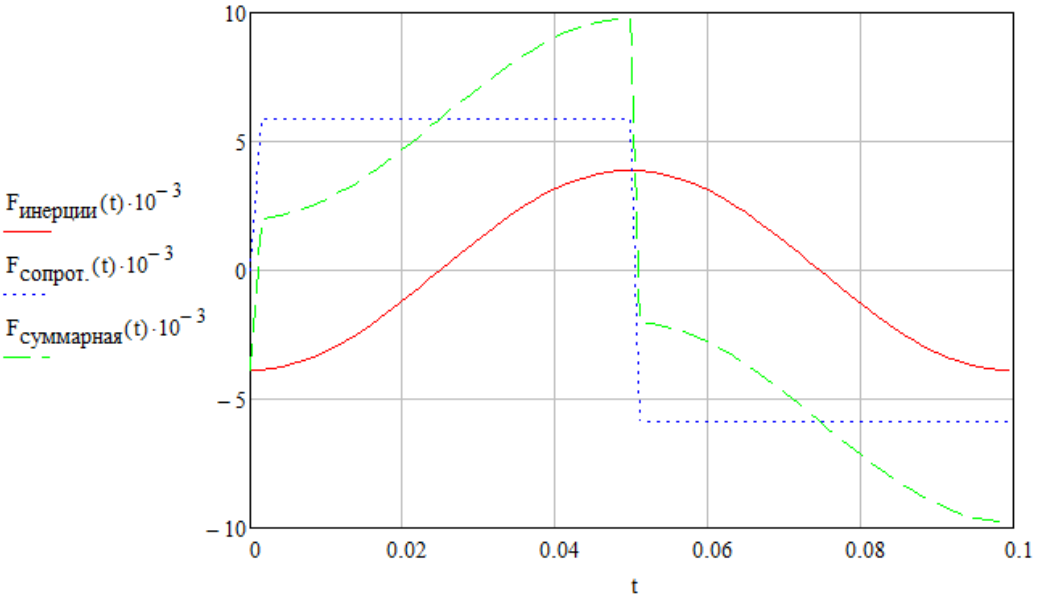


Рис. 4 – динамические характеристики движения ножа

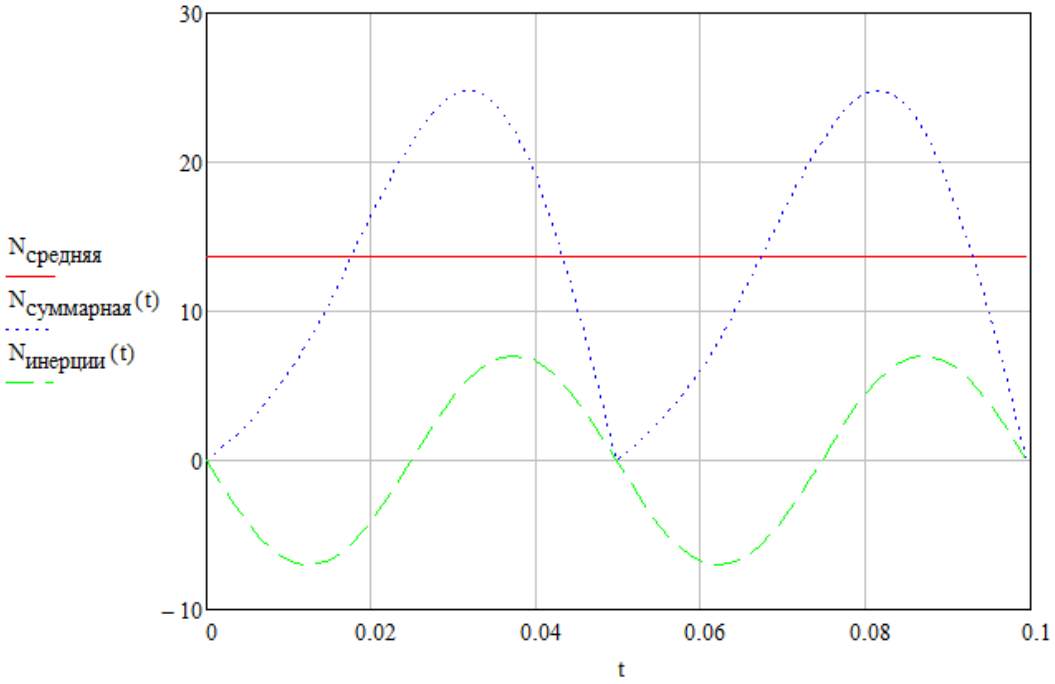


Рис. 5 – энергетические характеристики движения ножа

На рисунках 3-5, виден характер изменения описанных выше вычисляемых параметров за один цикл.

Показанная выше зависимость наглядно иллюстрирует характеристики движения ножа, позволяет правильно подобрать параметры системы и провести прочностные расчеты элементов привода.

Заключение

1. Приведенная выше математическая модель позволяет вычислить кинематические, динамические и энергетические характеристики движения ножа в любой момент времени за цикл.

2.Вычисленные характеристики движения ножа позволяют правильно подобрать параметры системы и провести прочностные расчеты элементов провода.

3.Широкое распространение данного редуктора для привода режущего аппарата различных жаток говорит о важности представленной выше математической модели для проектирования новых адаптеров.

Литература

1. Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике. М.: “Наука”, 1973. –т. 3.

2. Планетарная передача / Б.А. Сарсенов , Н.А. Максудова // Молодой учёный. – ISSN 2072-0297 – 2018. – Т. 234, № 48. – С. 46–48.

3. Планетарный редуктор в машиностроении / Д.О. Шалагин , И.В. Толстик // Молодой учёный. – ISSN 2072-0297 – 2018. – Т. 234, № 48. – С. 46–48.

УДК 620.178.4

ИЗНОСОУСТАЛОСТНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

С.А. Тюрин, И.Л. Коцур
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Проблемы прочности и износостойкости являются центральными в обеспечении надежности и ресурса современных машин и оборудования [1]. При этом наиболее сложными и малоизученными являются закономерности комплексных – износоусталостных повреждений (ИУП) [2]. Последние обусловлены кинетическим взаимодействием явлений усталости, трения в любых его проявлениях, изнашивания и (или) эрозии (рис. 1).

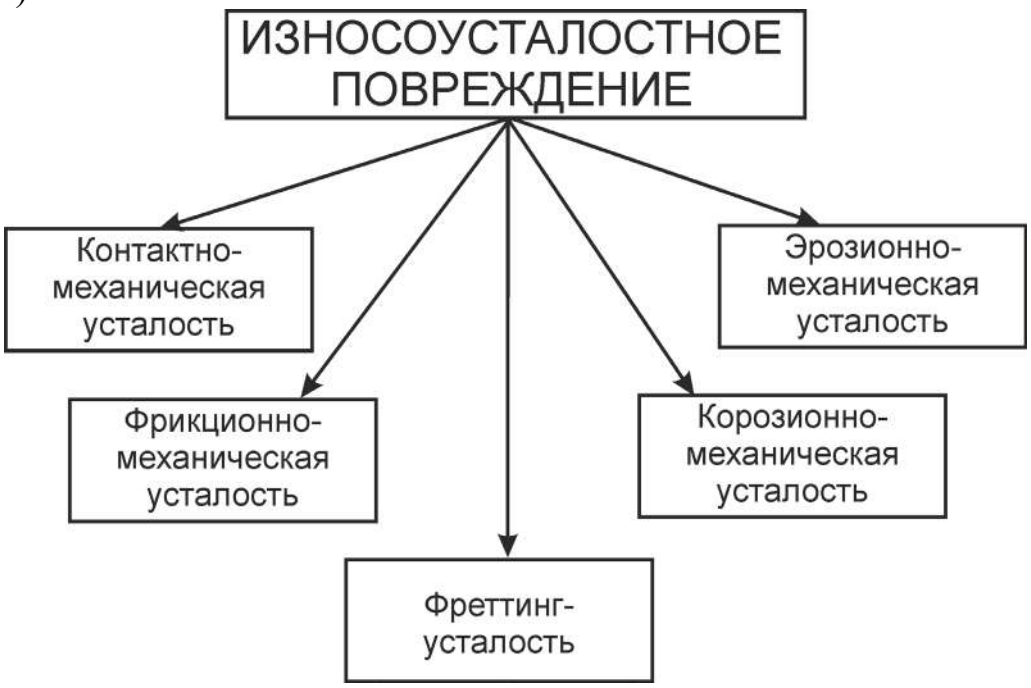


Рис. 1 – Виды износоусталостного повреждения

Такого рода повреждения характерны для силовых систем – так называют механические системы, в которых реализуется процесс трения в любых его проявлениях и которые одновременно воспринимают и транзитно передают повторно-переменную нагрузку. Как правило, это наиболее ответственные и массовые узлы современных машин и оборудования. Чаще всего именно их преждевременные отказы приводят к снижению эксплуатационной долговечности и соответствующему

повышению затрат труда, средств и материалов для поддержания работоспособности машин. В табл. 1 приведены типичные примеры силовых систем и указаны характерные виды их повреждения, в том числе и комплексного.

Таблица 1. Явления, приводящие к повреждению некоторых объектов современной техники

Типичная силовая система	Ведущие процессы повреждения в эксплуатации	Комплексное повреждение
Шейка коленчатого вала – шатунная головка с подшипником скольжения	Усталость, изнашивание	Фрикционно-механическая усталость
Колесо – железнодорожный рельс	Усталость, питтинг, изнашивание	Контактно-механическая усталость
Шлицевой вал – муфта	Усталость, фреттинг-коррозия, фреттинг-изнашивание	Фреттинг-усталость
Вал гребного винта – морская вода	Усталость, коррозия	Коррозионно-механическая усталость
Лопатки центробежного насоса – вода	Усталость, гидроэрозия, кавитационная эрозия	Эрозионно-механическая усталость

По имеющимся сведениям, в среднем до 90 % и более всех эксплуатационных отказов машин и оборудования происходит по причине развития ИУП. Так, статистика свидетельствует о том, что из общего количества эксплуатационных отказов на автомобильном транспорте отказы, связанные с ИУП, составляют от 50 до 100 % в зависимости от узла. Преждевременные отказы сельскохозяйственной техники в значительной мере определяются такими явлениями, как механическая усталость, трение и изнашивание, износоусталостные повреждения (до 80–90 % отказов). Отказы мелиоративных машин, связанные с ИУП, составляют 86...98 % общего количества отказов. Аналогичные примеры хорошо известны и в других отраслях машиностроения.

Эксплуатационные отказы деталей машин, статистика которых приведена выше, обусловлены и том число и несовершенством расчетных методов. Добавим, что недостаточная надежность машин приводит к экономическим потерям, снизанным, в частности, с необходимостью

восстановления поврежденных деталей и узлов. Обычно ремонтом автомобилей занято в 4-5 раз больше работающих, чем их производством, а 40 % металла, расходуемого автомобильной промышленности, тратится на запасные части. Потери рабочего времени из-за выхода техники из строя составляют 35...40 % для сельскохозяйственных машин, 30...40 % – для строительных, 30...35 % – для механизированных комплексов угольной промышленности и т.д. Расходы на ремонт оборудования в черной металлургии равны средствам, которые выделяются для освоения новых мощностей в этой отрасли. Из-за недостаточной надежности машин и оборудования растет риск аварий и катастроф, связанных с жизнью и здоровьем людей, загрязнением окружающей среды. А вопросы безопасности технических систем, как известно, выдвигаются сегодня на первый план.

Следует подчеркнуть, что накопление повреждений в узлах и деталях машин определяется не одним каким-либо повреждающим явлением, а некоторой их совокупностью. Например, долговечность железнодорожных рельсов по критерию механической усталости зависит от интенсивности их механического изнашивания, условий взаимодействия с коррозионной средой.

Теоретический анализ и экспериментальные исследования показывают, что влияние процессов изнашивания на сопротивление усталости при повторно-переменных нагрузках (прямой эффект) и циклических напряжений на износостойкость (обратный эффект) существенны. Игнорирование этих эффектов при традиционной оценке надежности деталей по отдельным критериям (либо сопротивления усталости, либо износостойкости) приводит в ряде случаев к тому, что эксплуатационная долговечность элементов системы оказывается значительно меньше прогнозируемой расчетом.

В этой связи значимость разработки методов прогнозирующей оценки долговечности силовых систем, приемлемых с инженерной точки зрения, переоценить трудно. В работе кратко изложены основные методы анализа и прогнозирования ИУП, базирующиеся на комплексе теоретических и экспериментальных исследований основных закономерностей такого повреждения. Эти методы разработаны на основе критериев усталости, износостойкости, коррозионно-эрозионной стойкости материалов и моделей силовых систем [2].

Литература

1. Проблемы надежности и ресурса в машиностроении / Под ред. К. В. Фролова и А. П. Гусенкова. – М. : Наука, 1986. – 247 с.

2. Сосновский, Л. А. Механика износоусталостного повреждения / Л. А. Сосновский. – Гомель : БелГУТ, 2007. – 434 с.

УДК 621.785.54

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ СТАЛЬНОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ЗАКАЛКЕ СКАНИРОВАНИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ЛАЗЕРА

С.Н. Целуева, М.Ю. Целуев, С.И. Красюк
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Введение. С совершенствованием технологического оборудования и аппаратуры технология лазерной закалки находит все более широкое применение для повышения твердости, улучшения износостойкости и сопротивления усталостному разрушению поверхностных слоев деформирующего и режущего инструмента, деталей машин и механизмов различного назначения. К достоинствам лазерной закалки сталей относят высокие механические характеристики закаленного слоя, труднодостижимые традиционными методами закалки, низкую окисляемость поверхности, практически полное отсутствие коробления детали, что в ряде случаев позволяет применять лазерную закалку в качестве завершающей операции обработки [1, 2].

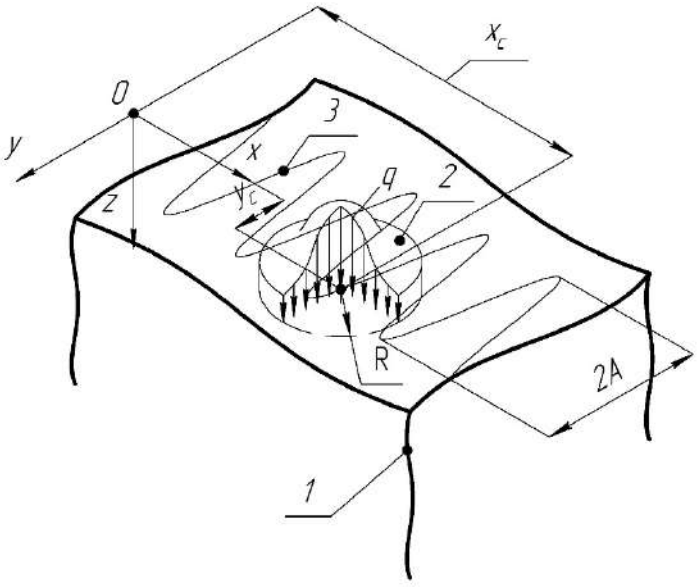
К настоящему времени выполнено значительное количество экспериментальных и теоретических исследований [1-3], по результатам которых разработаны практические рекомендации, предложен ряд технологических схем сканирования излучения и режимов лазерной поверхностной закалки сталей различного химического состава. Несмотря на полученные теоретические результаты и разработанные практические рекомендации, до настоящего времени вопрос поиска оптимальных траекторий сканирования и законов регулирования мощности излучения лазера, обеспечивающих высокие показатели качества закаленного поверхностного слоя стальных деталей, является важной и актуальной научно-технической задачей в технологии термической обработки и металловедении.

Целью работы является обоснование временной зависимости для управления мощностью лазера на основе теоретического исследования температурного поля массивной стальной заготовки при закалке сканированием излучения лазера по полосовой области плоской поверхности.

Методы исследований. Высокие показатели качества при лазерной обработке стальных деталей, к которым относятся равномерность толщины закаленного слоя, качество поверхности и точность размеров, однородность физико-механических характеристик и структурно-фазового состава поверхностного слоя, в значительной степени определяются

особенностями формирования температурного поля на этапах нагрева и охлаждения стали.

В работе на основе закономерностей классической теории теплопроводности сформулирована тепловая задача нагрева и последующего охлаждения массивной стальной заготовки при сканировании по полосовой области ее плоской поверхности излучения непрерывного лазера с нормально-круговым распределением плотности мощности в поперечном сечении луча и регулированием мощности лазера во времени. Схема рассматриваемой тепловой задачи представлена на рисунке 1.



1 – заготовка, 2 – излучение лазера, 3 – траектория перемещения излучения лазера по поверхности заготовки

Рис. 1 – Схема обработки плоской поверхности массивной заготовки излучением лазера со сканированием по полосовой области

Решение тепловой задачи, полученное методом тепловых источников, имеет вид:

$$T = T_0 + \frac{2(1-r)}{c\left[4\pi d\right]^{3/2}} \int_0^t \frac{P(t')}{\left[t-t'\right]^{1/2}\left[t_0+t-t'\right]} \times \exp\left(-\frac{z^2}{4d\left[t-t'\right]} - \frac{\left[x-Vt'\right]^2 + \left[y - A\sin\left(2\pi f t'\right)\right]^2}{4d\left[t_0+t-t'\right]} \right) dt', \quad (1)$$

где $T=T(x,y,z,t)$ – нестационарное температурное поле заготовки, зависящее от координат x, y и z прямоугольной координатной системы и времени t; T_0 – температура окружающей среды; r – коэффициент

отражения излучения лазера от поверхности; c – объемная теплоемкость материала; d – температуропроводность материала; $P=P(t)$ – зависимость мощности излучения лазера от времени; $t_0=[4md]^{-1}$ – постоянная времени; $m=3/R^2$ – коэффициент сосредоточенности теплового источника; $2R$ – диаметр пятна нагрева на поверхности заготовки; V – скорость продольного перемещения излучения лазера; $2A$ – ширина полосовой области сканирования; f – частота колебаний излучения лазера при сканировании.

Закон изменения мощности излучения $P=P(t)$, обеспечивающий высокую равномерность распределения энергии лазера по ширине полосовой области сканирования поверхности заготовки, найдем в предположении малой продольной скорости перемещения $V\approx 0$ точечного теплового источника мощностью $P=P(t)$ из условия:

$$2\int_0^{t_c} P(t)\delta(y_c - A\sin(2\pi ft))dt = \frac{P(t)}{A\pi f\left|\cos(2\pi ft)\right|} = const, \qquad (2)$$

где $\delta(t)$ – дельта-функция.

Согласно (2) закон изменения мощности излучения, обеспечивающий равномерное распределение энергии лазера по ширине полосовой области сканирования, примет вид:

$$P = P_m\left|\cos(2\pi ft)\right|. \qquad (3)$$

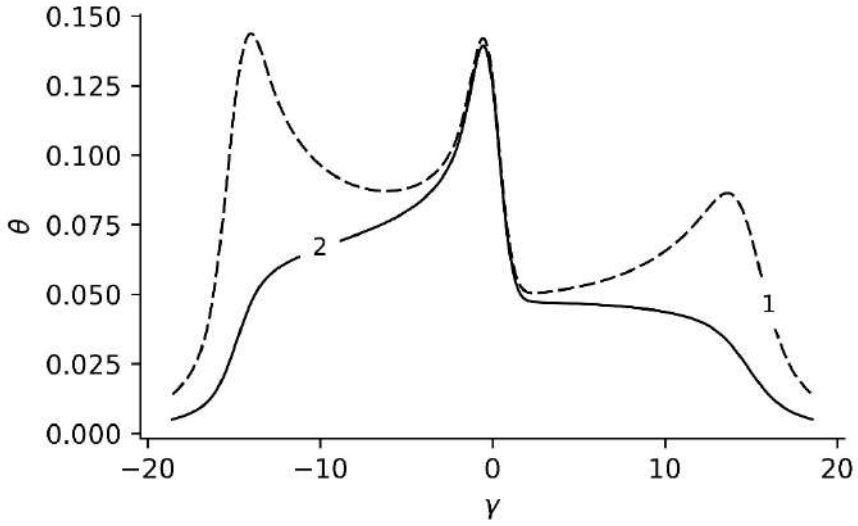
где P_m – максимальная мощность лазера на оси $y=0$ полосовой области поверхности заготовки.

Особенности формирования температурного поля при сканировании по полосовой области плоской поверхности заготовки излучения лазера исследовали путем численного решения математической модели (1). Для целей исследования была разработана компьютерная программа, написанная на языке FORTRAN 95, в которой вычисление определенного интеграла, входящего в (1), осуществлялось с помощью подпрограммы QAG библиотеки алгоритмов численного интегрирования QUADPACK. Расчеты выполняли для оптических и теплофизических характеристик, характерных для быстрорежущей стали Р6М5, для случаев постоянной мощности (P=const) и регулирования мощности излучения итербиевого лазера (длина волны λ=1070 нм) в соответствии с выражением (3). Ширина полосовой области сканирования лазера составляла $2A$=6 мм,

диаметр пятна излучения на поверхности заготовки – $2R$=0,7 мм, частота сканирования – f=220 Гц, коэффициент перекрытия следа от движущегося пятна излучения на поверхности заготовки – $K=V/(2Rf)$=0,05. Мощность излучения лазера определялась путем итерационных вычислений из условия отсутствия плавления поверхности заготовки.

Полученные результаты. Как видно из графических данных, представленных на рисунке 2, обработка образца сканированием излучения лазера постоянной мощности приводит к неравномерному нагреву поверхности. Зависимость безразмерной температуры $\theta=\pi k(T-T_0)/(P_m m^{1/2})$ от безразмерной координаты $\gamma=ym^{1/2}$ свидетельствует о наличии трех локальных максимумов температуры, расположенных на границах полосовой области сканирования излучения и в месте текущего положения пятна нагрева лазера.

При сканировании излучения с регулированием мощности лазера в соответствии с зависимостью (3) по ширине полосовой области поверхности заготовки наблюдается один максимум температуры, перемещающийся вместе с движением пятна нагрева.



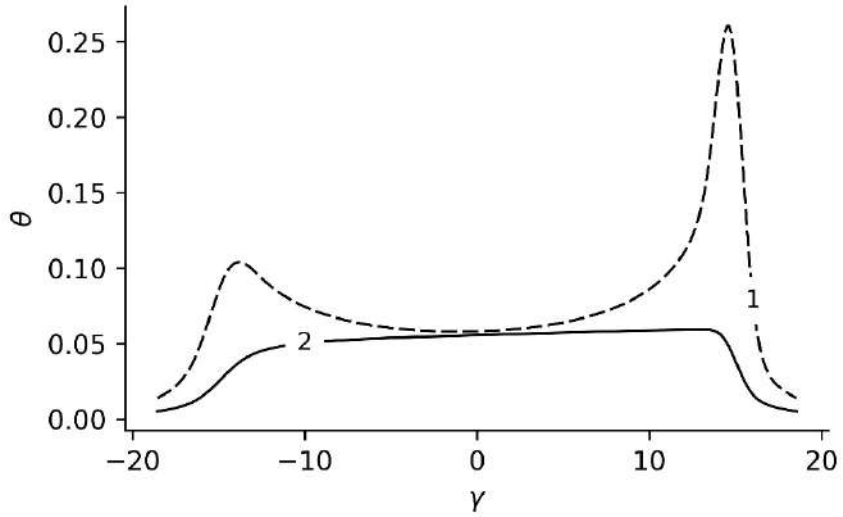
1 – без регулирования мощности излучения; 2 – с регулированием мощности излучения

Рис. 2 – Зависимость безразмерной температуры θ на поверхности заготовки от безразмерной координаты γ в момент положения центра пятна нагрева в центре полосовой области сканирования

Согласно графической зависимости, приведенной на рисунке 3, в момент положения пятна нагрева на краю полосовой области сканирования наблюдаются два максимума температуры нагрева поверхности заготовки. При этом максимальная температура превышает минимальную температуру нагрева поверхности в 4,496 раза. Таким образом, обработка заготовки излучением лазера без регулирования мощности с высокой вероятностью будет вести к снижению однородности

физико-механических характеристик и равномерности толщины закаленного поверхностного слоя в изделии.

В случае сканирования излучения с регулированием мощности лазера графическая зависимость, приведенная на рисунке 3, показывает близкое к однородному распределение температуры нагрева поверхности заготовки по ширине полосовой области обработки. Отношение максимальной температуры к минимальной температуре поверхности в пределах ширины 2A полосовой области нагрева составляет 1,065.



1 – без регулирования мощности излучения; 2 – с регулированием мощности излучения

Рис. 3 – Зависимость безразмерной температуры θ на поверхности заготовки от безразмерной координаты γ в момент положения центра пятна нагрева на краю полосовой области сканирования

Заключение. Предложена математическая модель (1) нестационарного температурного поля в массивной стальной заготовке при поверхностной закалке сканированием по полосовой области плоской поверхности излучения непрерывного лазера с нормально-круговым распределением плотности мощности при регулировании мощности излучения во времени.

Для случая сканирования излучения лазера по поверхности заготовки с гармоническим законом поперечного перемещения пятна нагрева предложена зависимость (3) для регулирования мощности излучения, обеспечивающая высокую равномерность распределения поглощенной энергии лазера и температуры нагрева поверхности по ширине полосовой области обработки.

Литература

1. Григорьянц А.Г. Технологические процессы лазерной обработки / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров. – Под ред. А.Г. Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.

2. Майоров В.С. Лазерное упрочнение металлов // Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных и прикладных разработок / Под ред. В.Я. Панченко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – С. 439–469.

3. Девойно О.Г. Моделирование поверхностной закалки с использованием сканирующего оптоволоконного лазера / О.Г. Девойно, В.В. Жарский, А.П. Пилипчук // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия физико-технических наук. – 2018. – Т. 63. – № 4. – С. 435–443.

УДК 631.354.2.076

АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ СТУПИЦЫ БОРТОВОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ПРИ ДВИЖЕНИИ НА СКЛОНЕ

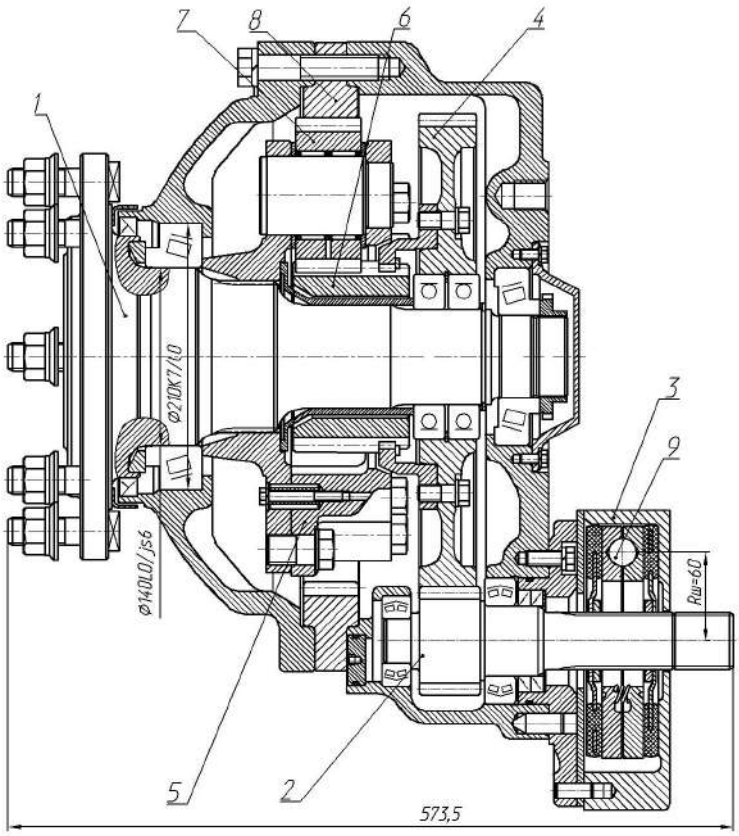
П.Е. Родзевич, С.В. Шишков
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Зерноуборочный комбайн предназначен для прямой и раздельной уборки зерновых колосовых культур, а, с применением комплектов оборудования или специальных приспособлений для уборки подсолнечника, кукурузы на зерно, зернобобовых и крупяных культур, семенников трав и рапса на равнинных полях с уклоном до 8º.

Привод колес ведущего моста комбайна (молотилки) осуществляется от гидромотора через коробку диапазонов, полуоси и бортовые редуктора. Бортовой редуктор ведущего моста зерноуборочного комбайна представлен на рисунке 1. Редуктор является двухступенчатым, быстроходная ступень которого представляет собой цилиндрическую зубчатую пару, тиходонная ступень выполнена в виде планетарного редуктора с классической компоновкой: солнечная шестерня – ведущая, водило – ведомое, эпициклическое (коронное) колесо – закреплено. Передаточное число редуктора составляет 19,64, что позволяет значительно увеличить крутящий момент, подводимый к ведущим колесам.

Особенностью конструкции данного редуктора является то, что выходной вал проходит через весь редуктор и является несущим для ведомого колеса быстроходной ступени. Представляет интерес рассмотреть его нагруженность в условиях движения комбайна на склоне.

При движении комбайна на колесо будет действовать сила F_1, которая соответствует весу комбайна, приходящегося на одно колесо, касательная сила тяги F_2, а также на поперечном уклоне с углом $\alpha = 8^\circ$ со стороны почвы будет возникать сила F_3, создающая изгибающий момент на радиусе колеса $R = 840$ мм.



1 – ступица колеса; 2 – ведущий вал-шестерня; 3 – дисковый тормоз;
4 – ведомое зубчатое колесо; 5 – корпус планетарного механизма;
6 – солнечная шестерня; 7 – сателлит; 8 – эпициклическое колесо;
9 – шарик тормоза

Рис. 1 – Бортовой редуктор ведущего моста комбайна

Анализ схем приложения нагрузок показывает, что наиболее нагруженный случай при движении на поперечном уклоне.

Схема нагрузок, приложенных к ступицам левого (нижнего) и правого (верхнего) колес, приведена на рисунке 2.

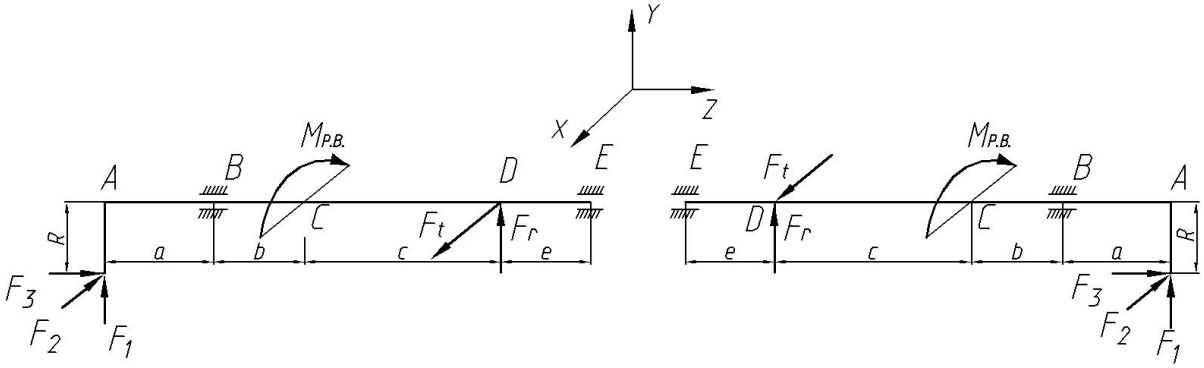


Рис. 2 – Схема нагрузок, приложенных к ступицам

Анализ схем приложения нагрузок к ступицам и предварительные расчеты показывает, что наибольшая нагруженность возникает на консоли

$a = 75$ мм, в месте установки подшипника (сечение В). Силы окружная F_t и радиальная F_r, возникающие в зубчатом зацеплении в расчете не учитываются. Изгибающие моменты в вертикальной и горизонтальной плоскостях на консольной части определятся выражениями:

для левой ступицы – $M_X(z) = F_1 a - F_3 R$; $M_Y(z) = F_2 a$; (1)

для правой ступицы – $M_X(z) = F_1 a + F_3 R$; $M_Y(z) = F_2 a$. (2)

Вертикальная нагрузка на колесо изменяется в зависимости от навешиваемого адаптера и полноты бункера. Максимальная нагрузка на колесо составляет F_1 = 80 кН. При движении по уклону она изменяется до значения F_1 = 79,2 кН. Касательная сила или сила сопротивления перекатыванию $F_2 = fF_1$ с коэффициентом сопротивления качению $f = 0{,}1$ (для стерни). Сила F_3 изменяется от 0 (на горизонтальном участке отсутствует) до 11 кН на уклоне. Кроме того, на вал действует крутящий момент M_K = 7500 Нм.

Для анализа нагруженности ступицы бортового редуктора была составлена конечно-элементная модель (рис. 3).

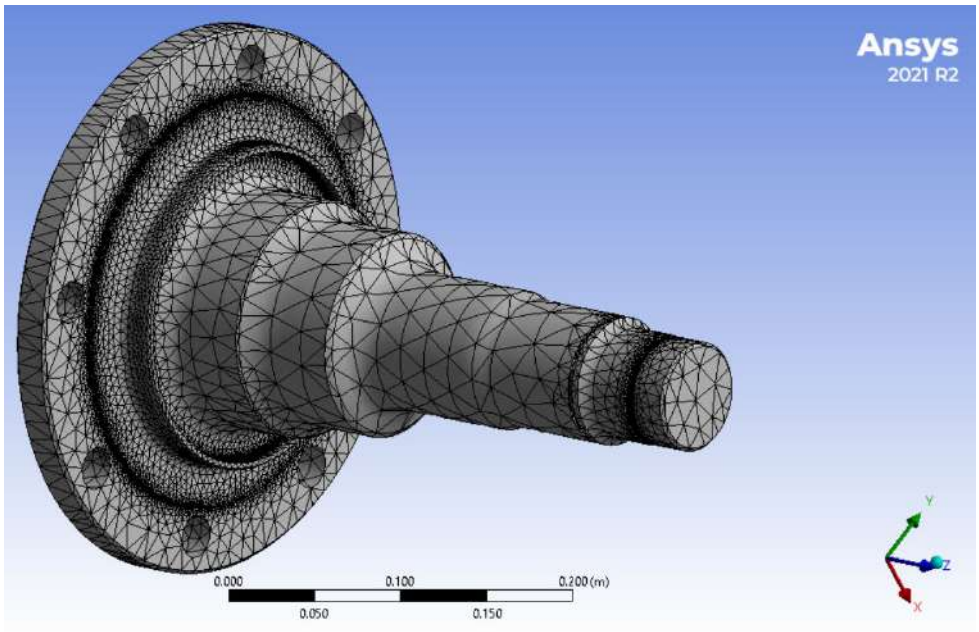


Рис. 3 – Конечно-элементная модель

Исходные данные к расчету:

Материал	Сталь 18ХГТ
предел прочности σ_B, МПа	1150
предел текучести σ_T, МПа	980
предел усталости σ_{-1}, МПа	575

На рисунках 4, 5 представлены картины изолиний коэффициентов запаса и эквивалентных напряжений (по Мизесу) при совместном действии изгибающих и скручивающих нагрузок для левой (нижней ступицы).

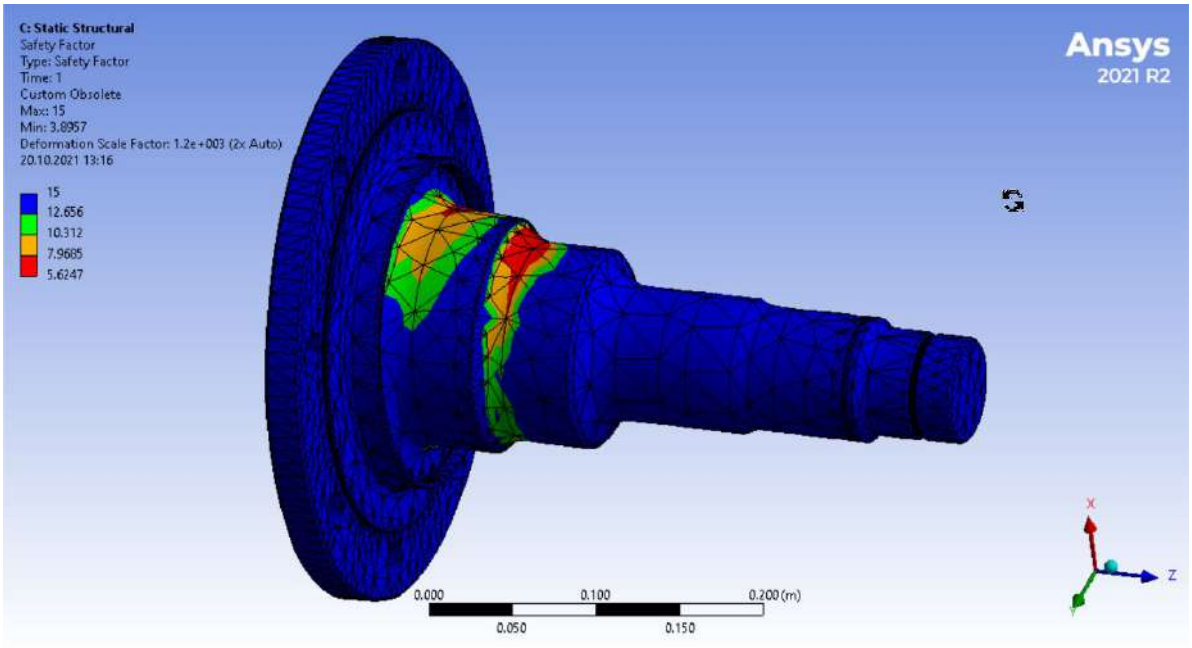


Рис. 4 – Картины изолиний коэффициентов запаса

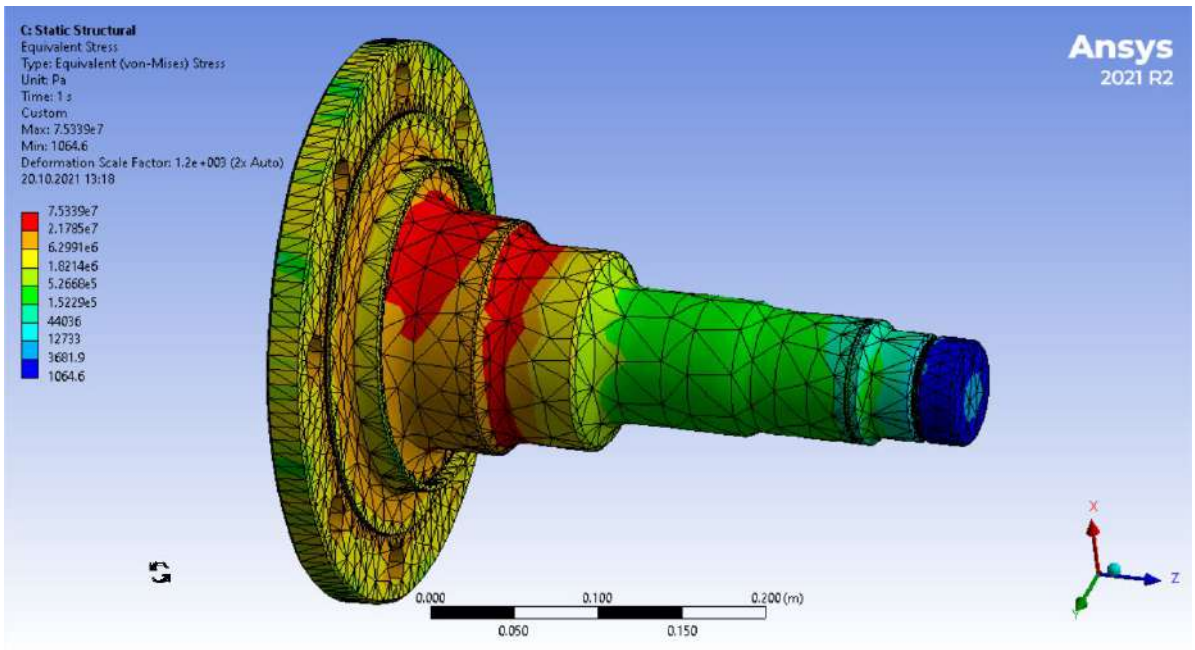


Рис. 5 – Картины изолиний эквивалентных напряжений

Из рисунков 4, 5 видно, что при совместном действии изгиба и кручения для нижней ступицы минимальный коэффициент запаса

составляет 3,89 единицы, а максимальные эквивалентные напряжения составляют 75,34 МПа.

На рисунках 6, 7 представлены картины изолиний коэффициентов запаса и эквивалентных напряжений (по Мизесу) при совместном действии изгибающих и скручивающих нагрузок для правой (верхней ступицы).

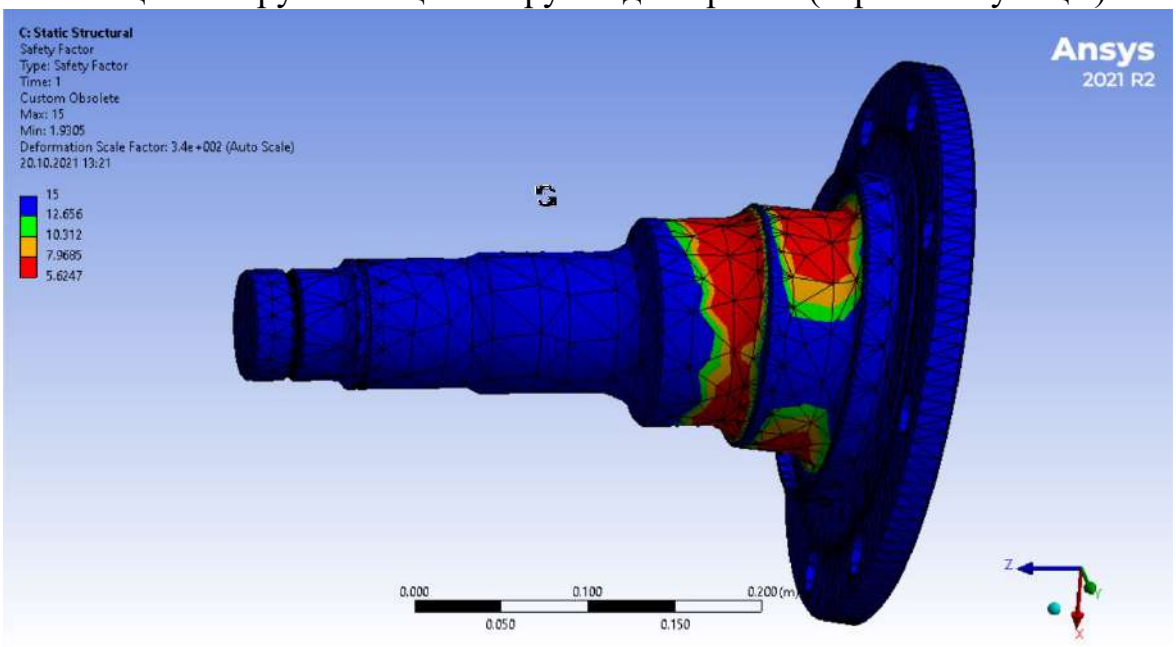


Рис. 6 - Картины изолиний коэффициентов запаса

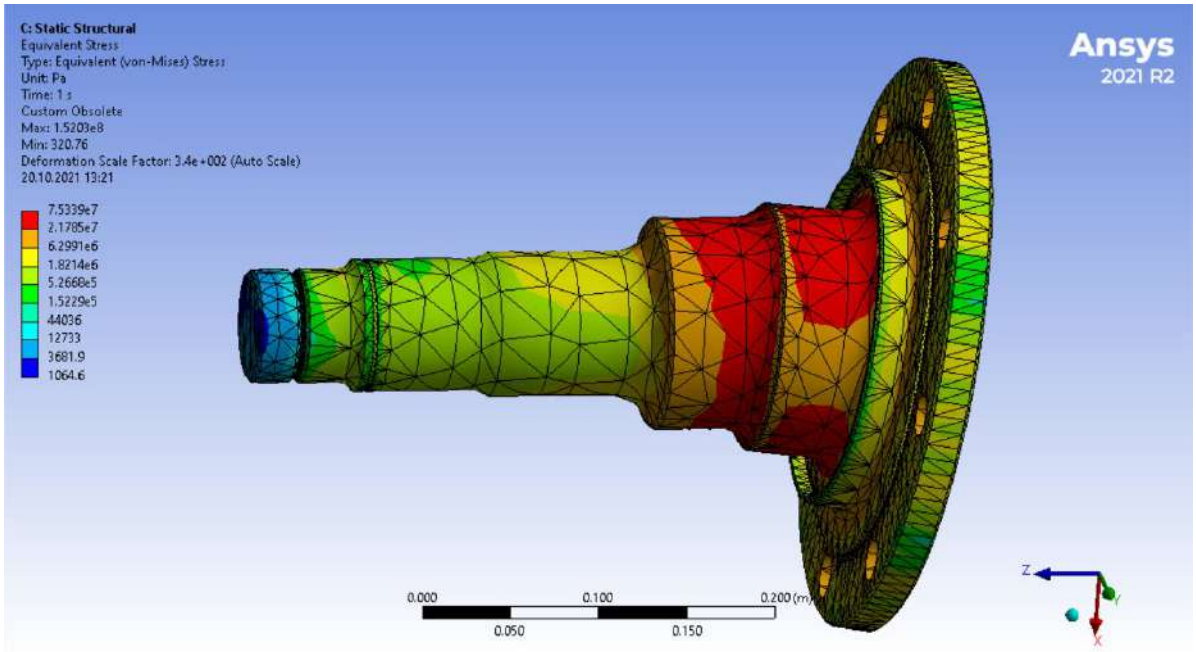


Рис. 7 - Картины изолиний эквивалентных напряжений

Из рисунков 6, 7 видно, что коэффициент запаса при движении по склону уменьшается до значения 1,93 единицы, а максимальные эквивалентные напряжения составляют 152,03 МПа.

В условиях динамических нагрузок (при наезде на препятствия, попадании колеса в ямы) значения динамических напряжений могут привести к пластическим деформациям и разрушению ступицы в окрестности подшипника.

УДК 539.4: 541.68

СОПОСТАВЛЕНИЕ АБС-ПЛАСТИКОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ НА МАЛОЦИКЛОВУЮ УСТАЛОСТЬ

С.В. Шилько, А.П. Сазанков
Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси», г. Гомель, Республика Беларусь

Введение. Изготавливаемые из полимерных конструкционных материалов, как правило, на основе АБС-пластика (сополимера акрилонитрила, бутадиена и стирола) кузовные элементы сельскохозяйственной техники, в частности, капоты комбайнов (рис. 1), при эксплуатации и перевозке подвергаются вибрационному воздействию. По этой причине в зонах закрепления указанные изделия испытывают циклические инерционные нагрузки, вызывающие появление трещин. Представляет интерес определение усталостной прочности АБС-пластиков, в особенности при низких температурах, когда проявляется эффект охрупчивания полимеров (таковы условия транспортировки комбайнов по железной дороге).



Рис. 1 – Капот комбайна из АБС-пластика.

Прочностные характеристики АБС-пластика во многом зависят от исходного сырья, используемого поставщиками указанного термопласта, и технологических режимов его переработки в изделия. Для получения экспресс-оценки основного параметра усталостной прочности в виде предела выносливости, обычно определяемого посредством длительных и трудоемких стандартизованных многоцикловых испытаний [1, 2], целесообразно использовать методики, основанные на экстраполяции результатов «быстрых» и экономичных мало- и среднецикловых тестов.

Цель работы – выбор производителя и входной контроль качества АБС-пластика по критерию усталостной прочности.

Материалы и методы исследования. Из листовых заготовок 6-ти используемых для изготовления капотов комбайнов полимерных материалов 3-х производителей, включая АБС – пластик и АБС/ПММА – пластик (САПТ, Россия), АБС – пластик и АБС/ПММА – пластик производства Senosan (Австрия), АБС – пластик и АБС/ПММА – пластик прототипа (John Deere, США) фрезерованием были изготовлены призматические образцы размером 80*10*h мм, где h – толщина образца, равная толщине листовой заготовки. Из тех же листовых заготовок вырезались двухсторонние лопатки для испытаний на одноосное статическое растяжение [3]. При изготовлении образцов учитывалось требование высокой гладкости поверхности, обусловленное чувствительностью прочностных показателей при циклическом изгибе к поверхностным дефектам (царапинам), попадающим в зону действия максимальных растягивающих напряжений [4].

По методике, описанной в работе [5], проводили испытания на мало- и среднецикловую усталость при знакопеременном консольном изгибе с экстраполяцией полученных экспериментальных данных для расчетного прогнозирования предела выносливости при многоцикловой усталости. При той же температуре определяли предел прочности при растяжении.

Хотя число циклов до разрушения термопластичных полимеров при циклическом нагружении невелико ($N = 10^5–10^6$) в сравнении с металлами (прежде всего, сталью), для которых характерны числа порядка $N = 10^7$, особенностью циклического нагружения полимеров является интенсивное тепловыделение вследствие значительного внутреннего трения. Кроме того, саморазогреву способствует низкая теплопроводность полимеров в сравнении с металлами. В свою очередь, увеличение температуры образца приводит к существенному изменению деформационно-прочностных свойств полимерного материала, что сказывается на точности определения его усталостных характеристик. Это ограничивает частоту нагружения, что влечет за собой значительное увеличение длительности испытаний.

В настоящем исследовании для испытаний использовался компактный электромеханический привод мощностью 800 Вт. Регистрация числа циклов производилась электронным счетчиком с оптическим (инфракрасным) датчиком положения, установленным вблизи нагружаемого конца образца. Данное устройство благодаря его малогабаритности размещалось в климатической камере СМ 70/100-250ТВХ, что обеспечивало эффективное охлаждение полимерного образца и возможность испытания при пониженной температуре.

Результаты исследования. В ходе испытаний АБС-пластиков на знакопеременный изгиб были определены числа циклов до усталостного

разрушения при 5-ти уровнях изгибающего напряжения. Разрушение происходило в непосредственной близости к зоне закрепления образца (рис. 2), как итог развития плоской трещины в направлении нормали к поверхности образца. Предвестником трещины в ряде случаев являлось изменение цвета (побеление) материала, обусловленное крейзообразованием (формированием микродефектов), наблюдаемым при деформировании и разрушении многих термопластов. Излому образца предшествовало уменьшение максимального изгибающего усилия, что отражалось на мощности, потребляемой электроприводом нагружающего устройства.



Рис. 2 – Вид разрушенного образца АБС-пластика Senosan

На рис. 3 сравниваются значения предела прочности при статическом растяжении и прогнозируемого предела выносливости исследованных АБС-пластиков для $N = 10^5$ циклов нагружения при нормальной температуре (20 °С).

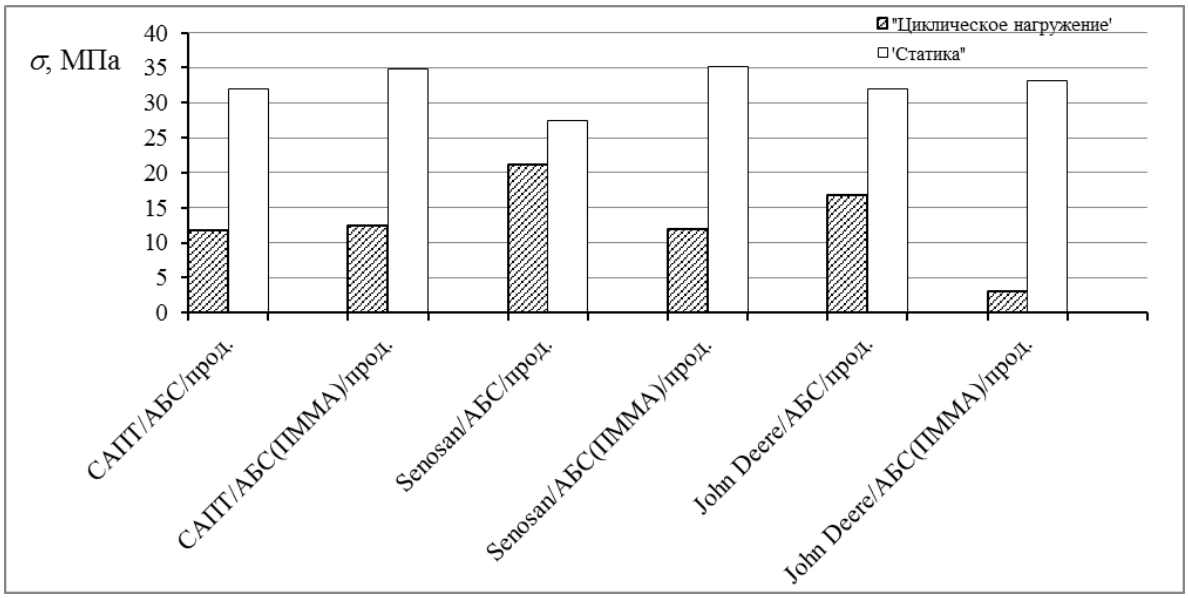


Рис. 3 – Статическая прочность при растяжении и прогнозируемые значения предела выносливости для $N = 10^5$ циклов нагружения АБС-пластиков разных производителей при 20 °С

При температуре 20 °С прогнозируемые значения предела выносливости σ^{20} в области многоцикловой усталости ($N = 10^5$) существенно ниже предела статической прочности при растяжении $\sigma_р$.

Такое соотношение вариабельно для разных производителей; разница наиболее заметна для АБС-пластика John Deere (σ^{20} / $\sigma_p \approx 10$), в то время как параметры σ^{20} и σ_p АБС-пластика Senosan имеют близкие значения.

Аналогичное сопоставление сделано на рис. 4 для результатов испытаний при температуре -30 °С. Наблюдается та же закономерность, что и в предыдущем случае T = 20 °С, но при ином соотношении статической и циклической прочности.

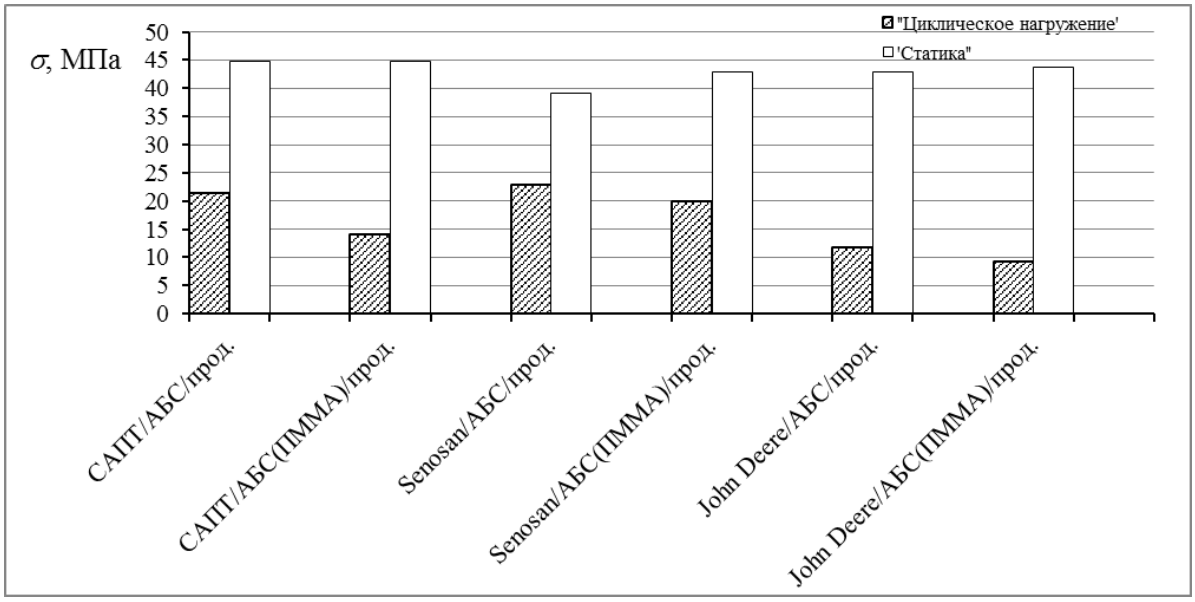


Рис. 4 – Статическая прочность при растяжении и прогнозируемые значения предела выносливости для $N = 10^5$ циклов нагружения АБС-пластиков разных производителей при -30 °С

Заключение. На примере АБС-пластиков показана возможность быстрого входного контроля качества, гарантирующего требуемую усталостную прочность пластиковых элементов комбайнов при циклической нагрузке в условиях транспортировки и эксплуатации, а также облегчающего получение исходных данных для проектировочных расчетов.

Литература

1 ГОСТ 33845-2016. Композиты полимерные. Метод определения характеристик усталости в условиях циклического нагружения.

2 ASTM D7774-12, Standard Test Method for Flexural Fatigue Properties of Plastics, D20.10.24, Ed. West Conshohocken, PA: ASTM International, 2013.

3 ГОСТ 11262-2017. Пластмассы. Метод испытания на растяжение.

4 Marissen R., et al. The Effect of Material Defects on the Fatigue Behaviour and the Fracture Strain of ABS // J. of Mater. Science. – 2001. – Vol. 36, No. 17. – P. 4167–4180.

5 Шилько С.В., Черноус Д.А., Сазанков А.П. Методика определения усталостной прочности полимерных материалов для капотов комбайнов // Иннов. технол. в агропром. комплексе – сегодня и завтра: Сб. тез. докл. 5 междунар. н/п конф. – Гомель: НТЦ комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2021. – С. 43.

УДК 658.012.011.56

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ ВЕНТИЛЯТОРА СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

И.А. Баран
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Аннотация. В статье рассматривается моделирование и анализ вентилятора системы очистки зерноуборочного комбайна. Сформировано формализованное описание k-ε-модели турбулентности, используемой в расчете сплошной среды. Проведение моделирования для получения более равномерного распределения аэродинамического потока в верхнем раструбе вентилятора системы очистки зерноуборочного комбайна.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, система очистки, воздушный поток, аэродинамика, зерновой ворох, кинетическая энергия, двухфазный поток, компьютерное моделирование, метод конечных элементов.

В современных условиях жесткой конкуренции между производителями сельскохозяйственных машин использование компьютерных технологий исследований и разработки высокотехнологичной наукоемкой техники является необходимым условием, обеспечивающим конкурентоспособность выпускаемой продукции. В Научно-техническом центре комбайностроения ОАО «Гомсельмаш» (НТЦК) данные технологии обеспечивают совместную работу над проектом исследователей, конструкторов, технологов и испытателей, что является основой для разработки и изготовления опытных образцов сельхозмашин с заданными параметрами функционирования и надежности. Вопросы доводки машин при проведении стендовых и полевых испытаний сведены к минимуму, что позволяет сократить объём испытаний, а с учетом резкого сокращения времени на исследования и разработку при использовании современных компьютерных технологий материальные и временные затраты на разработку и производство новой техники значительно снизились. Таким образом в НТЦК реализована основная часть технологии поддержки жизненного цикла продукции (так называемой CALS технологии) – совмещение во времени выполнения многовариантных инженерных расчетов (CAE, компьютерный инжиниринг – наукоемкая составляющая CALS-технологий), компьютерного проектирования изделия (CAD) и технологической подготовки производства (CAM), что позволяет использовать проектные данные, начиная с самих ранних стадий

проектирования и инженерного анализа одновременно различными группами специалистов (PDM). [1].

Объектом исследования, описываемым в данной статье, является вентилятор системы очистки зерноуборочного комбайна. В научной литературе достаточно публикаций, посвященных функциональному моделированию и проектированию её основного компонента – системы очистки [2-4].

Основные проблемы при определении параметров системы очистки состоит в повышении ее производительности. Повышение пропускной способности технологического тракта зерноуборочного комбайна связано, в том числе, с аэродинамическим анализом подачи воздуха в систему очистки их вентилятора.

Цель работы – обоснование и выбор распределения аэродинамического потока в кожухе вентилятора системы очистки и подача его в технологический тракт зерноуборочного комбайн.

Зерноуборочный комбайн предназначен для прямой и раздельной уборки зерновых колосовых культур, а с применением специальных приспособлений – для уборки зерновой части подсолнечника, зернобобовых, крупяных культур и семенников трав. Комбайн производит срез, обмолот, сепарацию, очистку зерна, накопление зерна в зерновом бункере с последующей выгрузкой, а также обеспечивает уборку незерновой части урожая по следующим технологическим схемам: укладка соломы в валок, измельчение и разбрасывание соломы по полю.

Комбайн состоит из двух основных частей: жатвенной и молотильной, не считая ходовой части и средств для уборки соломы и половы.

В жатвенную часть комбайна входят мотовило, режущий аппарат и транспортирующие органы (рис. 1). При раздельном комбайнировании мотовило и режущий аппарат не используются, так как заменяются подборщиком.

Основными органами молотильной части являются молотильное устройство, соломотряс, очистка, шнеки и элеваторы.

Одной из отличительных особенностей работы зерноуборочных комбайнов является наличие движущегося зернового вороха в воздушном потоке, проходящем через сложное геометрическое пространство технологического тракта. Решение задачи движения воздуха и зернового вороха в технологическом тракте комбайна позволяет определить рациональные геометрические формы корпусных элементов и кинематические параметры рабочих органов с точки зрения эффективности технологического процесса и его энергоемкости.



Рис. 1 – Самоходный зерноуборочный комбайн КЗС-2124

Качество выделения зерна из вороха, при прочих равных условиях, зависит от воздушного потока вентилятора, размеров отверстий решет и их кинематики.

Разделение вороха в СОЗК на зерно и незерновые примеси производится в основном по весу и парусности частиц. В зерноуборочных комбайнах применяют регулируемые жалюзийные решета для настраивания размеров отверстий. Зерновой ворох, прошедший через отверстия удлинителя верхнего решета, и сходы с решета поступают в колосовой шнек, откуда в зависимости от содержания недомолоченного колоса направляются в молотильный аппарат или на соломотряс (рис. 2).



Рис. 2 – Система очистки зерноуборочного комбайна

Основной путь увеличения производительности зерноуборочного комбайна - подбор оптимальных параметров СОЗК путем компьютерного моделирования процесса очистки на основе экспериментальных данных и численного моделирования аэродинамики технологического тракта.

Для компьютерного моделирования турбулентных течений в системе очистки зерноуборочного комбайна в НТЦК ОАО «Гомсельмаш» используется модуль ANSYS Fluent программно-аппаратного комплекса ANSYS. Использование возможностей программного комплекса ANSYS Fluent при моделировании аэродинамических потоков позволяет получить реальное представление о физических процессах, происходящих внутри исследуемой области, что в свою очередь дает возможность улучшить конструкции проточных частей систем очистки зерноуборочных комбайнов.

На основании анализа результатов расчетов, проведенных с использование приведенных выше моделей турбулентности, и экспериментальных исследований аэродинамических потоков в системах очистки зерноуборочных комбайнов, проведенных в НТЦК ОАО «Гомсельмаш», для расчета сплошной среды в системе очистки зерноуборочного комбайна было принято решение об использовании k-ε-модели турбулентности при проведении компьютерного моделирования аэродинамики в проточных частях аэродинамического тракта комбайнов.

Модель-k-ε относится к классу дифференциальных моделей турбулентности с двумя уравнениями, в ней строятся два дополнительных дифференциальных уравнения переноса для осредненных пульсационных характеристик, через которые затем выражается коэффициент турбулентной вязкости μ_t .

Для определения турбулентной вязкости в этой модели рассматриваются два скалярных параметра: удельная кинетическая энергия турбулентности:

$$\mathrm{k} = \frac{1}{2}\overline{\vec{v}'\cdot\vec{v}'}, \qquad (1)$$

и скорость вязкой диссипации энергии турбулентности:

$$\varepsilon = 2\nu tr\left(\overline{grad\vec{v}'\cdot\left(grad\vec{v}'\right)^T}\right), \qquad (2)$$

Уравнение для кинетической энергии турбулентности можно найти с помощью некоторых преобразований с учетом (1) получим:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + gradk\cdot\vec{v}' = \overline{\vec{v}'\cdot\vec{v}'}grad\cdot\overline{\vec{v}'} + div\left(\nu gradk - \overline{\vec{v}'\left(\frac{p'}{p}+\frac{1}{2}\vec{v}'\cdot\vec{v}'\right)}\right) - 2\nu tr\left(grad\overline{\vec{v}'}\cdot\left(grad\cdot\overline{\vec{v}'}\right)^T\right) \qquad (3)$$

По форме это уравнение является стандартным уравнением переноса. Рассмотрим физический смысл слагаемых, входящих в уравнение (3):

- левая часть описывает конвективный перенос вещества (здесь это энергия турбулентности);

в правой части:

- первый член описывает генерацию турбулентности;
- второй член – диффузионный перенос кинетической энергии турбулентности двух видов:
  - молекулярный (первое слагаемое в скобках);
  - турбулентный (второе слагаемое);
- третий член описывает диссипацию кинетической энергии турбулентности.

Первый из членов в правой части (3) содержит тензор турбулентных напряжений, который, по гипотезе Буссинеска, выражается через осредненные характеристики потока. Последний член представляет собой не что иное, как скорость вязкой диссипации энергии турбулентности (2).

Таким образом, неопределенным остается только член, отвечающий за турбулентную диффузию, и для замыкания уравнения (3) необходимо записать его через осредненные характеристики. Для этого используется гипотеза градиентной диффузии, согласно которой турбулентный диффузионный перенос кинетической энергии турбулентности выражается по аналогии с молекулярным переносом через ее градиент:

$$\overline{\vec{v}'}\left(\frac{p'}{p}+\frac{1}{2}\overline{\vec{v}'\cdot\vec{v}'}\right) = \frac{1}{\sigma_k}\nu_t gradk, \qquad (4)$$

где νt−кинематический коэффициент турбулентной вязкости,

σk−безразмерная эмпирическая константа.

$$\frac{\partial k}{\partial t} + gradk \cdot \vec{v'} = P_k + div\left(\left(v + \frac{v_t}{\sigma_k}\right) gradk\right) - \varepsilon, \qquad (5)$$

где

$$P_k = -T_n grad \cdot \vec{\vec{v'}} \qquad (6)$$

При этом $T_n = \frac{T_t}{p}$ нормированный на плотность тензор турбулентных напряжений, также равный $T_{tr} = \overrightarrow{v'} \cdot \overrightarrow{v'}$,что видно из (3) и (5).

Тогда $T_n = \frac{T_t}{p} = \frac{2\mu_t D - \frac{2}{3} pkI}{p} = \left[v_t = \frac{\mu_t}{p} \right] = 2v_t D - \frac{2}{3} kI$

С учетом $D = \frac{1}{2}\left(grad\vec{v} + \left(grad\vec{v}\right)^T \right)$

$$T_{tr} = v_t\left(grad\vec{v'} + \left(grad\vec{v'}\right)^T \right) - \frac{2}{3} kI \qquad (7)$$

Для связи кинематического коэффициента турбулентной вязкости с осредненными параметрами модели используется соотношение, выражающее гипотезу Колмогорова – Прандтля:

$$v_t = C_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \qquad (8)$$

где C_μ− безразмерная эмпирическая константа.

Уравнения для скорости вязкой диссипации энергии турбулентности ε можно получить двумя способами:

1) вывести при помощи процедуры осреднения по Рейнольдсу аналогично тому, как описано выше для удельной кинетической энергии турбулентности k. Это уравнение будет содержать различные корреляции, которые невозможно определить через осредненные параметры потока. Естественно, в этом случае потребуются некоторые дополнительные предположения для моделирования членов полученного уравнения;

2) записать стандартную форму уравнения переноса для ε и предположить, что генерация и диссипация ε пропорциональны аналогичным величинам для k (входящим в уравнение (3)) с эмпирическими коэффициентами пропорциональности.

Так или иначе, оба пути приводят к уравнению, вид которого подобен виду аналогичного уравнения для *k* (5) с двумя эмпирическими константами C_1 и C_2 :

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + grad\varepsilon \cdot \vec{v'} = C_1 \frac{\varepsilon}{k} + div\left(\left(v + \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon}\right) grad\varepsilon\right) - C_2 \frac{\varepsilon^2}{k} \qquad (9)$$

Уравнения (5) – (9), которые надо решать совместно с осредненным по Рейнольдсу уравнением Навье – Стокса, составляют так называемую стандартную (высокорейнольдсовую) модель турбулентности Сполдинга − Лаундера. На основе калибровки констант для этой модели, выполненной по экспериментальным данным для струйных течений, приняты следующие их значения:

$$\sigma_k \approx 1,\ C_\mu \approx 0{,}09 \qquad (10)$$

$$\sigma_\varepsilon \approx 1{,}3,\ C_1 \approx 1{,}44,\ C_2 \approx 1{,}92$$

Стандартная модель (как и другие высокорейнольдсовые модели) дает хорошие результаты для струйных и других свободных течений, однако плохо работает вблизи стенок, поскольку здесь локальное турбулентное число Рейнольдса Re_t мало.

Для расчета пристенных течений используются либо низкорейнольдсовые модели, либо версии k-ε -моделей, в которые введены пристенные функции, т.е. в этих моделях в уравнения вводятся дополнительные функции, отвечающие за влияние стенок на турбулентность. В общем случае большинство низкорейнольдсовых k-ε -моделей могут быть записаны следующим образом:

$$\frac{\partial k}{\partial t} + gradk \cdot \vec{v'} = P_k + div\left(\left(v + \frac{v_t}{\sigma_k}\right) gradk\right) - \varepsilon - f_k \qquad (11)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + grad\varepsilon \cdot \vec{v'} = C_1 \frac{\varepsilon}{k} + div\left(\left(v + \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon}\right) grad\varepsilon\right) - C_2 f_2 \frac{\varepsilon^2}{k} - f_\varepsilon \qquad (12)$$

$$v_t = C_\mu f_\mu \frac{k^2}{\varepsilon} \qquad (13)$$

Здесь введены четыре пристенные функции – f_k, f_2, f_ε и f_μ, зависящие от k и ε.

В популярной низкорейнольдсовой модели функции задаются в форме:

$$f_\mu = e^{-\frac{3.4}{\left(1+0{,}02\,\mathrm{Re}_t\right)^2}} \qquad (14)$$

$$f_2 = 1 - 0{,}3e^{-\mathrm{Re}_t^2} \qquad (15)$$

Отметим, что локальное турбулентное число Рейнольдса также можно определить через величины k и ε:

$$\mathrm{Re}_t = \frac{k^2}{v\varepsilon} \qquad (16)$$

К достоинствам k-e-моделей относится высокая точность при расчете свободных сдвиговых течений. Они достаточно универсальны и не требуют задания каких-либо дополнительных параметров. Тем не менее, трудности, связанные с их применением в пристенных областях, заставляют исследователей изобретать все новые и новые модели. Однако до настоящего времени никаких предпочтений среди моделей, базирующихся на концепции осреднения по Рейнольдсу, по существу, не наблюдается, поскольку не существует «универсальной» модели турбулентности.

Использование возможностей программного комплекса ANSYS Fluent при моделировании аэродинамических потоков позволяет получить реальное представление о физических процессах, происходящих внутри исследуемой области, что в свою очередь дает возможность улучшить конструкции проточных частей СОЗК (рис. 3).

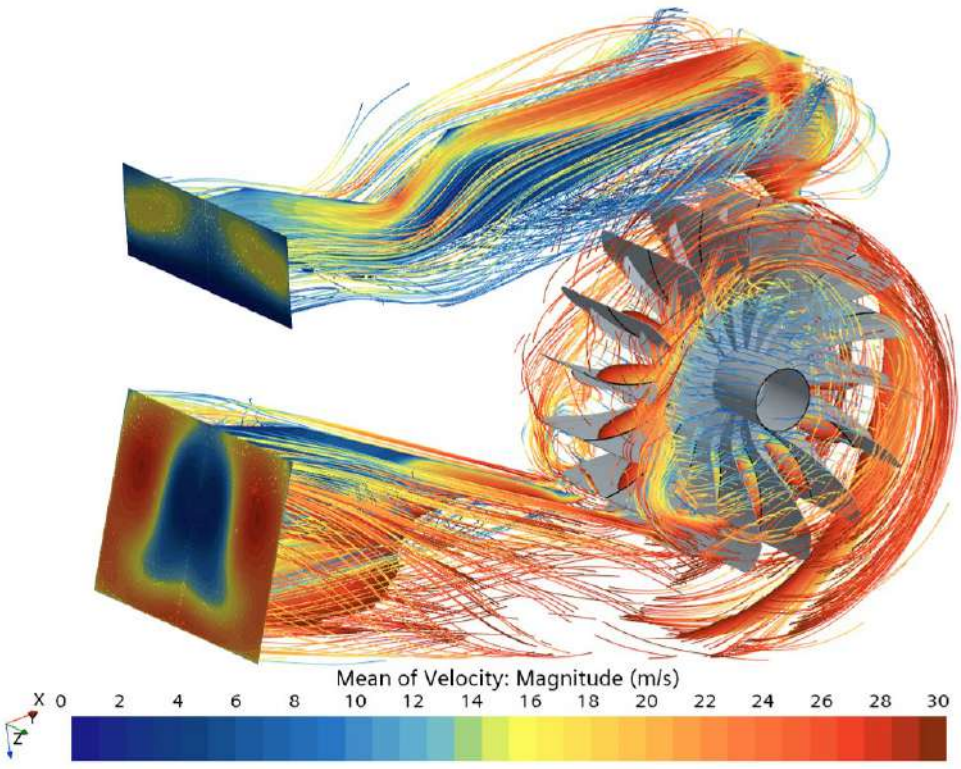


Рис. 3 – Моделирование вентилятора системы очистки зерноуборочного комбайна.

На рисунке 4 представлены результаты компьютерного моделирования аэродинамических потоков в корпусе вентилятора системы очистки зерноуборочного комбайна КЗС-2124.

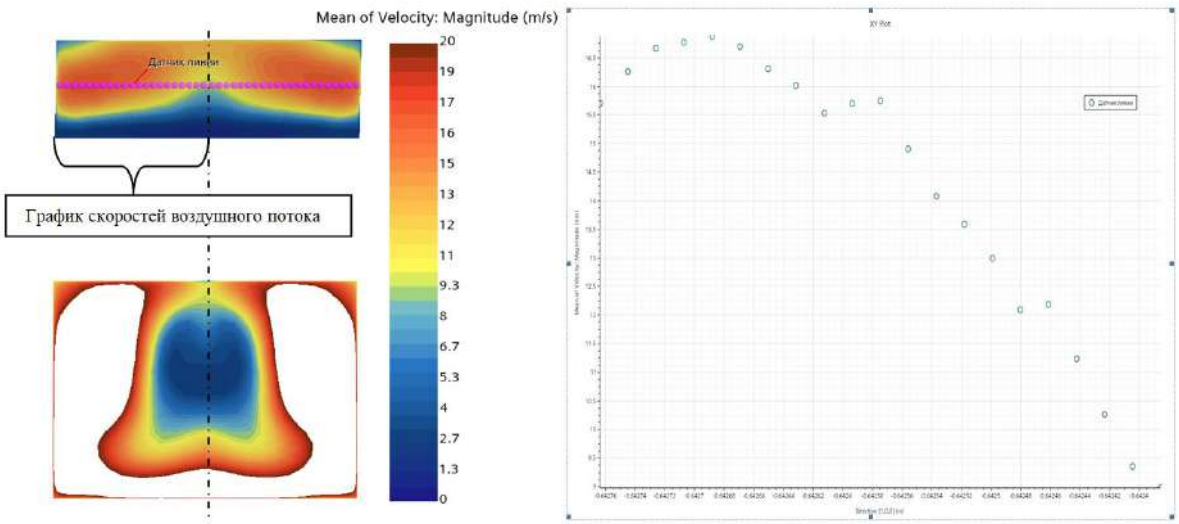


Рис. 4 – Моделирование вентилятора системы очистки зерноуборочного комбайна с распределением скоростей воздушного потока в характерных точках верхнего раструба.

Графики построены по результатам определения скоростей в точках, которые были равномерно распределены на выходе из верхнего раструба корпуса вентилятора. Таким образом, путем изменения конструкции корпуса вентилятора получили необходимое распределение аэродинамического потока на выходе из верхнего раструба системы очистки зерноуборочного комбайна равномерны

Выводы. Внедренная в НТЦК ОАО «Гомсельмаш» в процесс проектирования новой техники методика компьютерного моделирования аэродинамических потоков позволила создать зерноуборочный комбайн, имеющий лучшие показатели, а также позволяет подобрать оптимальные конструктивные параметры технологического тракта для получения заданной производительности зерноуборочного комбайна и энергоемкости процесса разделения зернового вороха на фракции.

Литература

1. Крот А.М., Минервина Е.Б., Ткачева П.П., Балдин В.А. Численное моделирование на основе программного пакета STAR-CD аэродинамических потоков с целью выявления ударных волн в турбокомпрессоре // II международная научно-техн. конференция «Авиадвигатели XXI века», Москва, ЦИАМ, 6 – 9 декабря 2005 г. – Т.1 – С.3

2. Бойко Л.И. Динамическое взаимодействие колеблющегося органа ашины с источником энергии ограниченной мощности // Весці НАН РБ. Сер. фізіка-тэхнічных навук – 1998. – №3. – С. 28 – 36

3. Баран И.А., Попов В.Б. К вопросу о повышении производительности системы очистки самоходного зерноуборочного

комбайна / И.А. Баран, В.Б. Попов // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно - практический журнал. – 2023. – № 1. – С. 20 – 30

4. Попов В.Б. К вопросу о параметрической оптимизации механизма очистки зерноуборочного комбайна // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра: сб. тезисов докладов 2-ой междунар. науч.-практ. конф., 4–5 окт. 2018 г. – Гомель, 2018. – С. 50 – 52

5. Баран И.А. Использование компьютерного моделирования аэродинамических потоков при проектировании систем очистки зерноуборочных комбайнов / И.А. Баран, А.Н. Вырский, С.В. Труханович // Молодежь в науке – 2014: приложение к журналу "Весцi Нацыянальнай акадэмii навук Беларусi": [материалы Международной научной конференции молодых ученых, Минск, 18 – 21 ноября 2014 г.]: в 5 ч.. Ч. 3: Серия физико-технических наук; Серия физико-математических наук. Минск 2015 – С. 56 – 61

6. Баран И.А. Исследование распределения воздушных потоков в системе очистки зерноуборочного комбайна КЗС-1319 в зависимости от геометрических параметров проточных областей / И.А. Баран, С.В. Труханович // Вестник аграрной науки Дона – 1(45), 2019: Теоретический и научно-практ. журнал. Россия. Зеленоград – С. 29 – 38

УДК 62-82-112.6(083.13)

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

В.В. Пинчук[1], А.А. Гинзбург[2], О.К. Гурбан[1]
[1]Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республик Беларусь
[2]ОАО «ГСКТБ ГА», г. Гомель, Республика Беларусь

Введение. Создание конструкций гидроблоков управления машин и механизмов на основе гидравлической схемы привода является одной из основных задач при его проектировании. Решить эту задачу возможно только на основе учета факторов, оказывающих влияние на эффективность гидроблоков управления (систематические изменения: принципиальных гидросхем, вызванные конструктивными особенностями технологических машин; присоединительных размеров гидроаппаратов, вызванные их параметрической оптимизацией; граничных условий, исходящих от используемых в гидроблоков управления аппаратов и устройств комплектуемой машины при их функционировании; ошибки при конструировании и выход параметров гидроблоков управления за допустимые пределы, которые вызваны тем, что задачу поиска оптимальных структур гидроблоков управления решают на основе эвристического подхода). Рациональное проектирование гидроблоков управления является предпосылкой того, что бы с одной стороны они могли выполнять свои задачи, а с другой – функционировали с необходимой эксплуатационной надежностью. Большое количество требований при постановке задачи, а также многочисленные граничные условия и воздействующие факторы, исходящие от используемых в гидроблоках управления аппаратов и устройств при их функционировании, вынуждают разработчиков становиться на путь системного подхода. В связи с чем при проектировании гидроблоков управления возникают многочисленные варианты технических решений, которые должны быть проанализированы с целью выбора оптимального.

Однако, решение этой задачи представляет определенные трудности из-за проведения работы по выбору ограниченного числа критериев их оптимальности, что до настоящего времени в полной мере не сделано.

Постановка задачи. Сократить количество подлежащих анализу вариантов технических решений гидроблоков управления и тем самым упростить процесс их проектирования позволяет ограничение и усреднение отдельных его показателей и параметров путем классификации гидроприводов машин. В работе [1] гидроприводы машин классифицированы по давлению, способу регулирования скорости движения исполнительных органов, виду циркуляции рабочей жидкости в гидросистеме, методу контроля при различных нарушениях в работе гидропривода.

С учетом классификации гидроприводов в работе [1, с.452] приводится типовая последовательность этапов разработки гидроприводов, которая должна начинаться с анализа технического задания (ТЗ) технологической машины.

Далее, при проектировании анализируются различные варианты принципиальной гидросхемы. При этом решаются вопросы техники безопасности, в том числе при различных нарушениях в работе гидрооборудования (случайные падения давления, сгорание обмотки электромагнита, засорение малых отверстий и т.п.); вводятся блокировки, исключающие возможность несовместимых движений, падения вертикально расположенных рабочих органов, включения движений при отсутствии смазки и т.п.; обеспечивается необходимый минимум регулировок.

После составления принципиальной схемы приступают к подбору гидроаппаратов и других узлов гидропривода по их функциональному назначению и величине условного прохода, рассчитывают проходные сечения трубопроводов в зависимости от расхода масла, проходящего по тому или иному участку гидросистемы, и рекомендуемой скорости потока рабочей жидкости.

На основе принципиальной гидросхемы и выбранных гидроаппаратов и узлов выполняют проектирование гидропривода. При этом гидравлические схемы приводов современных машин, как правило, составляются из нормализованных аппаратов и агрегатов, серийно изготовляемых специализированными заводами, что позволяет упростить процесс проектирования, монтаж гидравлических систем и их эксплуатацию.

Из нормализованных аппаратов (или функциональных узлов) создаются разнообразные системы, обеспечивающие работу по сложным циклам с широким диапазоном регулирования скорости.

Следовательно, в процессе конструирования как ГУ, так и гидроаппаратов необходимо учитывать фактор вариативности принципиальных гидросхем приводов.

Таким образом, гидроблок управления является составной частью гидросистемы, поэтому все требования, предъявляемые к гидроприводу, в

равной степени относятся и к гидроблокам управления. Вместе с тем, при составлении принципиальной гидросхемы, являющейся основой для проектирования гидроблоков управления, рассматриваются только гидроаппараты, где учитывается их функциональное назначение и величина условного прохода, определяемая исходя из рекомендуемой скорости потока рабочей жидкости [2]. Однако в состав гидроблоков управления кроме гидроаппаратов входят и монтажные корпуса, параметры которых также необходимо учитывать не только при конструировании гидроблоков управления, как сборочной единицы гидропривода, но и в процессе создания самих гидроаппаратов.

Целью настоящего исследования является обоснование и выбор критериев оптимальности ГУ приводов технологического оборудования при их проектировании.

Методы исследований. В общем случае исходным требованием при проектировании гидроблоков управления является получение конструкции, обеспечивающей минимум затрат на ее изготовление и эксплуатацию при удовлетворительных значениях надежности. То есть, математическую модель гидроблоков управления (W) можно выразить следующей формулой [1]:

$$W = <x, D, X>, \quad (1)$$

где x - вектор управляемых переменных; D - множество допустимых вариантов проектируемой конструкции (т.е. конкретное значение x, определяемое некоторым числом ограничений); X - функционал цели, описывающий эффект от выбора того или иного варианта проектируемого гидроблоков управления.

Задача оптимизации гидроблоков управления состоит в определении значения X, удовлетворяющего условию:

$$X \rightarrow extr \quad (2)$$

$$x \in D$$

Однако, ГУ является сложной технической системой, включающей гидроаппараты и монтажные корпуса, каждый из которых характеризуется своими признаками, в связи с чем, для реализации условия (2) необходим выбор показателей качества ГУ и назначение критериальных ограничений.

Под признаками технической системы [4, с.99] (гидроблока управления) понимаются характеристики ее свойств, причем они могут быть как качественными, так и количественными.

По способу определения они могут быть измеряемыми и оцениваемыми в баллах. К измеряемым показателям относятся: размерные (габаритные размеры всего ГУ и его составных частей), массы

(конструктивная масса, общая масса и др.). К показателям, оцениваемым в баллах, относятся: способ монтажа , демонтажа и др.

Отработка конструкции гидроблоков управления на технологичность связана со снижением трудоемкости и себестоимости его изготовления, технического обслуживания и ремонта. Некоторые из приведенных показателей могут иметь абсолютные значения, другие относительные и удельные.

Установленные признаки гидроблоков управления в процессе проектирования вступают в бинарные отношения с целями разработки. Описание, включающее цели и признаки, является концептуальным. Оно сводится к построению подмножества признаков, элементы которого вступают в бинарные отношения с элементами выбранного подмножества целей.

То есть, совокупность частных признаков лишь сужает множество допустимых вариантов *D* проектируемых конструкций гидроблоков управления, задавая в нем область Парето - множество компромиссно-оптимальных проектов, оценки которых не могут быть улучшены одновременно по всем частным признакам. Область Парето является важной характеристикой многокритериальной задачи (многокритериальный оптимум всегда находится в области Парето) [4]. Однако эта область имеет слишком много элементов, поэтому для выбора оптимального варианта нужна дополнительная информация. Методы Парето, используемые для решения задач инженерного синтеза [4], позволяют оценивать решение по множеству противоречивых критериев и учитывать опыт конструктора при назначении критериальных ограничений. Выделение множества паретовских решений в ходе исследования пространства параметров гидроблоков управления существенно облегчает конструктору поиск оптимальных вариантов, особенно при синтезе структурно-сложных многопараметрических систем на заключительных его этапах.

Таким образом, оптимальные конструкции гидроблоков управления могут быть получены при установлении бинарных отношений. На основе учета результатов исследований конструктивных решений гидроблоков управления установлено [4, 7], что таковыми являются следующие признаки ГУ:

− занимаемый объем и его масса;

− трудоемкость, и соответственно, стоимость изготовления;

− гидравлические потери давления в системе (энергетические характеристики);

− надежность;

− шумоизлучение;

− герметичность ГУ, т.е "гидравлические утечки рабочей жидкости";

− способ монтажа системы элементов и уровень их унификации в гидроблоках управления.

В этом случае оптимальным параметрам гидроблоков управления будет отвечать минимальное значение *V*. Трудоемкость же изготовления гидроблоков управления, которую мы можем учитывать на этом этапе разработки, зависит от размеров поверхностей *S* монтажных корпусов, обрабатываемых в процессе их изготовления. От размера поверхностей *S* зависит и шумоизлучение. То есть, для удовлетворения требованиям минимальных значений стоимости и шумоизлучения размеры поверхностей монтажных корпусов также должны быть минимальны.

Гидравлические потери давления Δp при проходе жидкости по каналу с диаметром *d* определяют по известной формуле Дарси [5]:

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \rho \frac{\upsilon^2}{2} \qquad (3)$$

где λ - коэффициент Дарси, l – длина канала, ρ - плотность жидкости, $\upsilon = 4Q/\pi d^2$ - средняя скорость течения жидкости по каналу, Q – расход жидкости по каналу.

Увеличение давления в гидросистеме, также увеличивает объем и размеры поверхностей монтажных корпусов, т.к. безотказность для блочных способов монтажа проектировщики рассчитывают из условия достаточной прочности крепежных элементов (шпилек, болтов) при подаче в каналы гидроблоков управления рабочей жидкости под давлением, а также конструктивно задаваемых размеров стенок между смежными каналами в корпусах [4].

Вместе с тем получить одновременно оптимальные значения всех перечисленных ранее признаков гидроблоков управления невозможно из-за противоречия параметров, возникающих по следующим причинам:

- габаритные и присоединительные размеры компонентов должны обеспечивать собираемость агрегатно-модульных гидроблоков управления, что не позволяет минимизировать все их размеры без исключения;

- с повышением давления в гидросистеме, а также улучшением энергетических характеристик гидроблоков управления увеличиваются их габаритные размеры и вес, повышается трудоемкость изготовления.

Таким образом, выражение (1), если учесть перечисленные признаки гидроблоков управления будет содержать параметры, между которыми необходим поиск оптимально-компромисных решений. Установлено [4] , что для выполнения параметрической оптимизации гидроблоков управления в расчетную модель оптимизации гидроблоков управления (1) должны быть включены: объем гидроблоков управления и его масса, гидравлические потери давления гидроблоков управления в

системе (энергетические характеристики), трудоемкость и стоимость изготовления, а также приняты ограничения, (количество подлежащих уплотнению отверстий на одной стыковой плоскости и уровень унификации в гидроблоков управления разрабатываемой системы блоков).

Литература

1. Свешников В.К. Станочные гидроприводы. Справочник. 5-е издание переработанное и дополненное / В.К. Свешников. – М.: Машиностроение, 2008. – 510 с.

2. Дабагян А.В. Оптимальное проектирование машин и сложных устройств/ А.В. Дабагян. – Москва: Машиностроение, 1979 – 280с.

3. Пинчук В.В. Обобщенные модели гидроблоков управления /В.В. Пинчук // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2007, №2 – С. 58 – 63.

УДК 631.354.2.076

АНАЛИЗ КИНЕМАТИКИ МЕХАНИЗМА СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ РОТОРНОГО ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Д.В. Джасов[1], О.В. Прядко[1], Н.В. Иноземцева[2], М.О. Прядко[2]
[1]Научно-технический центр комбайностроения
ОАО «Гомсельмаш» г. Гомель, Республика Беларусь;
[2]Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Современный зерноуборочный комбайн является технически сложным изделием, конкурентоспособность которого определяется техническим уровнем, надежностью его агрегатов и систем, а также стабильностью выполнения технологического процесса с заданным уровнем потерь.

Важным элементом конструкции, определяющим производительность комбайна, является система очистки, в которой происходят сложные процессы взаимодействия различных фракций технологического продукта, находящихся под действием гравитационных сил и воздушного потока. К данной системе непосредственно относится механизм привода очистки, испытания и доводка которого на реальном комбайне является трудоемким процессом. Поэтому при проектировании новых сельскохозяйственных машин, возникает необходимость определения работоспособности и долговечности отдельных узлов и механизмов. С этой целью проводится ряд теоретических исследований, позволяющих обеспечить гарантированную работоспособность и стабильное протекание технологического процесса. Параметрами, влияющими на стабильность протекания технологического процесса, а также на качество сепарации зерна, являются кинематические параметры механизма – перемещение, скорость и ускорение стрясной, скатной доски и решетных станов. Если эти параметры отличаются от целевых показателей, это приводит к нарушению технологического процесса, увеличению потерь и чистоты зерна в бункере [1].

Как было сказано выше, одним из важнейших узлов, влияющих на работоспособность зерноуборочного комбайна с роторной системой обмолота и сепарации производства открытого акционерного общества «Гомсельмаш» является привод системы очистки. На начальном этапе проектирования роторного комбайна была предложена схема, представленная на рисунке 1.

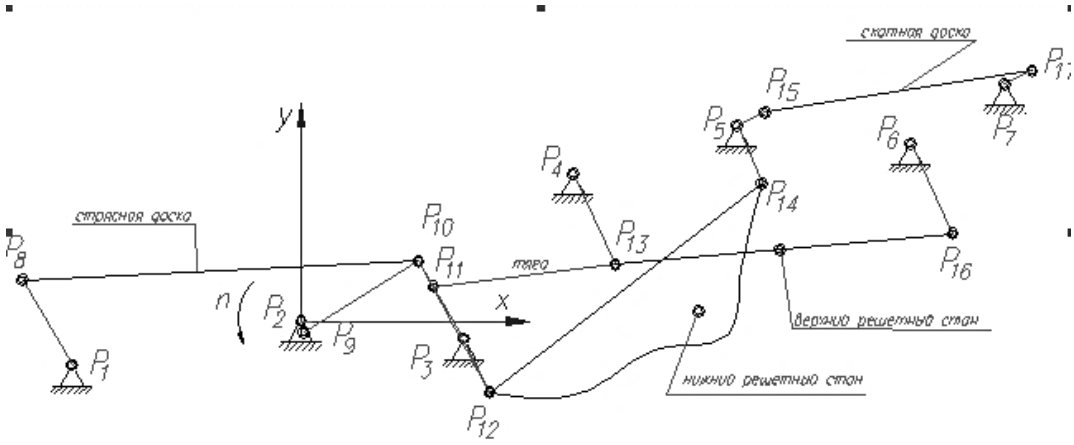


Рис. 1 – Предварительная кинематическая схема механизма очистки

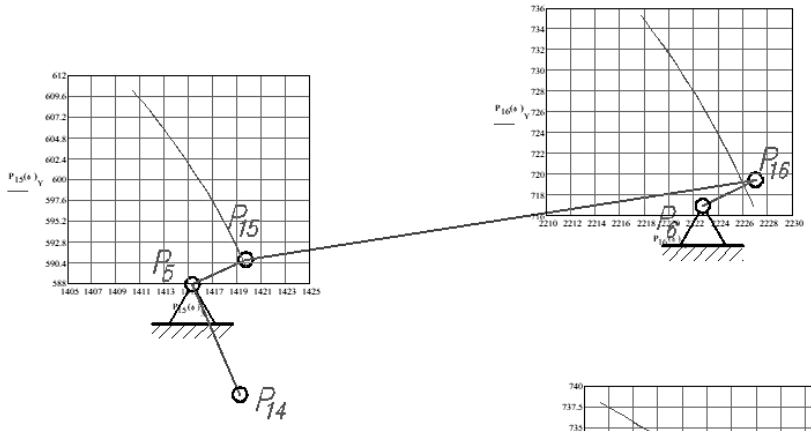
С целью определения значений кинематических параметров элементов предложенной конструкции привода механизма очистки было выполнено теоретическое исследование работы привода исходя из его геометрических параметров. Кинематический анализ привода механизма очистки был проведен с помощью аналитического способа, основанного на применении векторного анализа, который уже более 20 лет успешно применяется в НТЦК ОАО «Гомсельмаш» при проектировании рычажных механизмов сельскохозяйственных агрегатов [1, 2]. Основой рассматриваемого метода является система аналитического преобразования координат исходного вектора [3] в вектор, который может быть получен из исходного путем поворота его на некоторый угол в заданном направлении в рассматриваемой плоскости.

По результатам составленной функциональной математической модели были определены перемещение, скорость и ускорение характерных точек механизма, а также углы закручивания сайлентблоков, используемых в шарнирах механизма очистки. Угол закручивания сайлентблоков в подвижных шарнирах был вычислен как половина угла размаха (амплитуда) двух звеньев образующих данный шарнир. Это связано с тем, что сборка конструктивных элементов механизма должна происходить в среднем положении, от которого происходит колебания всех звеньев.

Предварительный кинематический анализ конструкции показал, что привод скатной доски оказался, расположен в зоне, близкой к вырождению плеча рычага P_{7_17} (см. рис. 1). С учетом допусков на расположение точек механизма это привело бы к гарантированной неработоспособности механизма. Кроме этого, расположение звеньев P_{5_15} и P_{7_17} (см. рис. 1) привода скатной доски близкое к горизонтальному положению привело бы к нарушению параметров технологического процесса. Это связано с тем, что траектория, а соответственно и ускорения, точек скатной доски (см. рис. 2, *а*) исходной конструкции, имеют вертикальные составляющие

ускорений значительно больше, чем горизонтальные (см. табл. 1). Это обстоятельство, в случае реализации этой схемы, приводило бы к подбрасыванию зерновой массы, поступающей с роторного соломосепаратора, без перемещения в зону сброса. В свою очередь происходило бы скапливание этой массы и забивание, как скатной доски, так и последующих рабочих органов системы очистки. В связи с этим было внесено предложение по изменению параметров привода скатной доски таким образом, чтобы траектория движения точек скатной доски имела не только подбрасывающие колебания, но и продольные со скоростью обеспечивающей прохождение массы вперед в зону сброса (рис. 2, *б*).

а)



б)

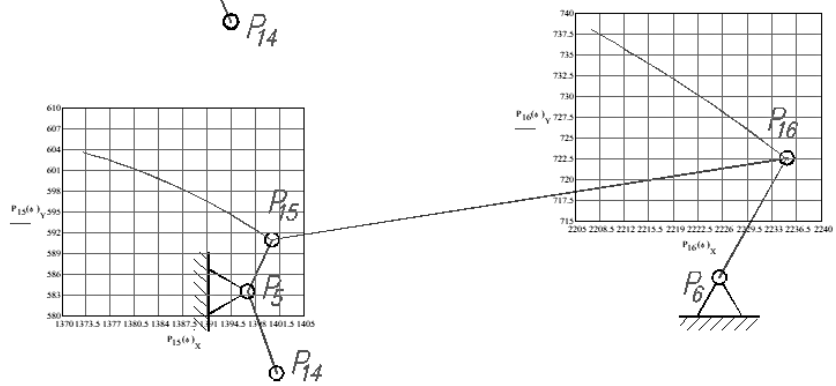


Рис. 2 – Траектории движения точек скатной доски: а – первоначальный вариант; б – предложенный вариант

По результатам расчета (таблица 1) соотношение максимальных величин горизонтальной составляющей ускорений точек P_{15} и P_{16} скатной доски к вертикальной составляющей для исходной конструкции составляет 0,47 и 0.58. Как было сказано выше горизонтальная составляющая точек скатной доски для исходной конструкции значительно ниже вертикальных составляющих. Для предложенной конструкции, показанной на рисунке 2,*б* соотношение горизонтальной составляющих ускорений точек P_{15} и P_{16} к вертикальной составляет 1.51 и 1,62. Таким образом, при сохранении уровня вертикальных ускорений, была значительно увеличена

поступательная скорость зерновой массы, направляемой в зону сброса на последующие рабочие органы.

Таблица 1. Итоговые результаты анализа кинематики движения шарниров механизма очистки

Параметры	Подвижные шарниры механизма очистки			
	P_{15}		P_{16}	
	Исходная схема	Доработанная схема	Исходная схема	Доработанная схема
Min скорость по X, м/с	-0.14	-0.461	-0.136	-0.462
Min скорость по Y, м/с	-0.29	-0.263	-0.268	-0.261
Max скорость по X, м/с	0.14	0.459	0.135	0.46
Max скорость по Y, м/с	0.29	0.266	0.269	0.263
Max модуль скорости, м/с	0.32	0.529	0.3	0.53
Min ускорение по X, м/с^2	-3.12	-11.72	-2.92	-11.76
Min ускорение по Y, м/с^2	-7.28	-6.12	-6.94	-6.79
Max ускорение по X, м/с^2	4.51	14.66	4.45	14.68
Max ускорение по Y, м/с^2	9.62	8.73	7.69	8.01
Max модуль ускорения, м/с^2	10.11	15.88	8.25	16.18

Кроме вышеперечисленного, предварительный кинематический анализ конструкции выявил в некоторых шарнирах превышение предельной величины углов закручивания указанной производителем сайлентблоков. Как следствие, работоспособность сайлентблоков не гарантирована.

Также, предварительная проработка конструкции узлов комбайна показала, что размещение приводного вала-колебателя P_2 (см. рис. 1) очистки в данном положении невозможна из-за компоновочных ограничений, вызванных конструктивным расположением других рабочих органов, а именно вентилятора системы очистки. Поэтому необходимо было изменить расположение приводных элементов механизма очистки таким образом, чтобы это изменение не повлияло на кинематические параметры элементов очистки, а именно стрясной доски, верхнего и нижнего решет.

В связи с этим была проведена оптимизация параметров механизма по представленным выше критериям и ограничениям и предложен измененный вариант схемы очистки, приведенный на рисунке 3.

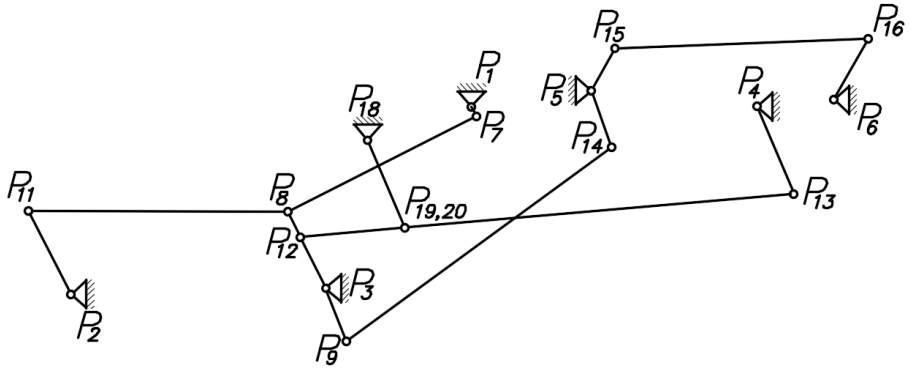


Рис. 3 – Оптимизированная кинематическая схема механизма очистки

Сравнительные результаты углов закручивания сайлентблоков в некоторых точках механизма для двух представленных вариантов конструкции привода механизма очистки приведены в таблице 2.

Таблица 2. Итоговые результаты углов закручивания сайлентблоков в некоторых точках механизма очистки

Вариант	Амплитуда угла закручивания, град												
	неподвижные					подвижные							
	P_2	P_4	P_5	P_6	P_{18}	P_8	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}	P_{19}
Исходный	6,65	4,22	9,4	4,14	4,23	8,75	6,61	7,06	4,23	9,45	9,31	4,05	4,23
Предложенный	6,65	4,26	6,93	4,74	4,26	7,98	6,62	7,04	4,26	6,97	6,93	4,74	4,27

Как видно по результатам расчета углов закручивания сайлентблоков, в критических точках механизма очистки удалось значительно снизить эти величины: в точке P_5 – в 1.35 раза, в точке P_8 – в 1.1 раза, в точках P_{15} и P_{16} – в 1.34 раза. Благодаря этому удалось обеспечить работоспособность сайлентблоков без применения специализированного типоразмера сайлентблоков.

Заключение. Математическая модель, составленная на основе существующих геометрических параметров механизма, позволила определить значения и провести анализ величин кинематических параметров характерных точек механизма привода системы очистки роторного зерноуборочного комбайна. Благодаря оптимизации параметров некоторых точек механизма привода очистки еще на этапе предварительной проработки удалось исключить забивание скатной доски и последующих рабочих органов системы очистки, обеспечить равномерную загрузку зоны продувки и улучшить качество ее работы. Оптимизация конструкции позволила снизить повышенные углы закручивания сайлентблоков и обеспечить их работоспособность при сохранении скоростей и ускорений ключевых точек механизма.

При оптимизации механизма привода системы очистки удалось получить дополнительные положительные эффекты. Перенос вала-

колебателя позволил: упростить конструкцию привода очистки роторного зерноуборочного комбайна, уменьшить длину ремня привода зернового и колосового шнеков, увеличить углы обхвата шкивов и улучшить условия работы ременной передачи, уменьшить расстояние между вентилятором очистки и решетом, за счёт чего удалось улучшить качество продувки решет системы очистки. Уменьшение размеров толкателя привода привело к снижению металлоёмкости, а исключение применения специализированного типоразмера сайлентблоков увеличивает унификацию и снижает стоимость изготовления техники.

Литература

1. Джасов Д.В. Анализ кинематики механизма привода системы очистки зерноуборочного комбайна КЗС-10К / Д.В. Джасов, А.Н. Вырский, Ю.В. Чупрынин // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / ГНУ «Объед. ининститут машиностроения Нац. акад. наук Беларуси». — Минск, 2018 — Вып. 7 / редкол.: С.Н. Поддубко (пред.) [и др.]. — С. 79-82

2. Котов А.В. Применение векторного анализа для оптимизации механизма привода системы очистки зерна зерноуборочного комбайна при его проектировании / А.В. Котов, Ю.В. Чупрынин // Механика машин, механизмов и материалов. – 2009. – №2 (7). – С. 43–48

3. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов/ И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981

УДК 620.169.2

РАСЧЕТ РЕЖИМА ИСПЫТАНИЙ КОНСТРУКЦИЙ, ДВИЖУЩИХСЯ ПО ГАРМОНИЧЕСКОМУ ЗАКОНУ

Е.А. Белова, А.Я. Машук, Ю.В. Чупрынин
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Как известно из специальной технической литературы [3], элементы конструкции, испытывающие в процессе эксплуатации циклическое нагружение, после набора базового числа циклов без повреждений работают без разрушения неограниченное количество времени.

Для обеспечения работоспособности нового ранее не производимого изделия, перед постановкой на производство для подтверждения достаточной надежности целесообразно проведение стендовых испытаний до набора базового числа циклов. Однако не всегда это возможно из-за большой длительности испытаний и затрат средств. Поэтому, для сокращения времени испытаний проводятся ускоренные испытания.

Для проведения ускоренных испытаний формируется режим ускоренных испытаний. Как известно из специальной технической литературы [4], коэффициент ускорения испытаний по времени в общем случае может быть определен из выражения 1.

$$K_{уск} = \left(\frac{\sigma_{исп}}{\sigma_{экспл}} \right)^m \quad (1)$$

где $K_{уск}$ – коэффициент ускорения испытаний по времени;
$\sigma_{исп}$ – (МПа) напряжение в элементах при испытании;
$\sigma_{экспл}$ – (МПа) напряжение в элементах при эксплуатации;
m – показатель степени кривой выносливости.

Показатель степени кривой выносливости [5] для деталей, изготовленных из улучшенных и нормализованных сталей, m=6; для деталей из закаленных и легированных сталей, m=9; при расчете деталей на контактную прочность, m=3.

В случае, когда элементы конструкции совершают возвратно-поступательное движение с известной частотой по гармоническому закону, преобладающими нагрузками, воздействующими на конструкцию, являются инерционные силы, величина которых, как и соответственно напряжений в элементах конструкции, пропорциональна квадрату

круговой частоты. В этом случае коэффициент ускорения испытаний по времени будет определяться из выражения 2.

$$K_{уск} = K_{увчаст}^{2 \bullet m+1} \quad (2)$$

где $К_{увчас}$ – коэффициент увеличения частоты колебаний, который может быть определен из выражения 3 как отношение частоты колебаний системы при испытаниях к частоте на номинальном режиме.

$$K_{увчаст} = \frac{n_{исп}}{n_{раб}} \quad (3)$$

где $n_{исп}$ – (об/мин) частота колебаний при испытаниях,
$n_{раб}$ – (об/мин) частота на номинальном режиме.

Множитель 2 в показателе степени в выражении 2 перед коэффициентом m соответствует квадрату, пропорционально которому растут нагрузки на элементы конструкции при повышении частоты, а прибавленная единица соответствует тому, что еще в первой степени повышается ускорение испытаний за счет большей скорости набора циклов из-за повышения частоты.

Продолжительность испытаний до набора базового числа циклов на номинальном режиме можно определить из выражения 4.

$$T = \frac{N_б}{n_{раб} \cdot 60} \quad (4)$$

где $N_б$ – базовое число циклов для данного материала.

Тогда продолжительность испытаний, эквивалентное набору базового числа циклов на ускоренном режиме можно определить из выражения 5.

$$T_{уск} = \frac{T}{K_{уск}} \quad (5)$$

А коэффициент увеличения нагрузки из выражения 6.

$$K_{увнагр} = K_{уск}^{2} \quad (6)$$

Проиллюстрируем вышеприведенный алгоритм для определения коэффициента ускорения испытаний по времени для элементов конструкции, которые совершают возвратно-поступательное движение с известной частотой по гармоническому закону на примере элементов режущего аппарата жатки для уборки зерновых культур.

Предположим, что частота двойных ходов косы режущего аппарата на номинальном режиме составляет $n_{раб} = 540$ об/мин.

Базовое число циклов для конструкционной стали, из которой изготовлены элементы режущего аппарата жатки $N_б = 10^7$.

Продолжительность испытаний до набора базового числа циклов на номинальном режиме, определенная из выражения 4 при этом составит 308.642 часа.

Примем коэффициент увеличения частоты колебаний при испытаниях в диапазоне $К_{ув.час} = 1…1,2$.

Частота колебаний на режиме ускоренных испытаний может быть определена из выражения 7, что следует из выражения 3.

$$n_{исп} = n_{раб} \cdot K_{увчаст} \qquad (7)$$

Примем в соответствии с [5] величину показателя степени кривой выносливости m=6. Тогда коэффициент ускорения испытаний по времени будет варьироваться в соответствии с принятым диапазоном изменения коэффициента увеличения частоты колебаний при испытаниях (1…1,2) от 1 до 10,699.

В таблице 1 приведены возможные режимы ускоренных испытаний с дискретностью изменения коэффициента увеличения частоты колебаний 1,025.

Таблица 1. Режимы ускоренных испытаний с дискретностью

№ п/п	Коэффициент увеличения частоты колебаний, $К_{увчас}$	Частота колебаний при испытаниях, $n_{исп}$,об/мин	Коэффициент ускорения испытаний по времени, $К_{уск}$	Время ускоренных испытаний, эквивалентное набору базового числа циклов, $Т_{уск}$, час	Коэффициент увеличения нагрузки $К_{увнагр}$
1	1	540	1	308,642	1
2	1,025	553,5	1,379	223,895	1,051
3	1,05	567	1,886	163,679	1,102
4	1,075	580	2,56	120,544	1,156
5	1,1	594	3,452	89,403	1,21
6	1,125	607,5	4,624	66,753	1,266
7	1,15	621	6,153	50,163	1,322
8	1,175	634,5	8,138	37,928	1,381
9	1,2	648	10,699	28,847	1,44

На рисунке 1 показана зависимость коэффициента увеличения нагрузки от коэффициента увеличения частоты колебаний. Как видно из графика, зависимость имеет чисто линейный характер.

На рисунке 2 показана зависимость коэффициента ускорения по времени от коэффициента увеличения частоты колебаний. Как видно из графика, зависимость имеет нелинейный резко растущий характер.

На рисунке 3 показана зависимость продолжительности испытаний, эквивалентной набору базового числа циклов на ускоренном режиме от коэффициента увеличения частоты колебаний. Как видно из графика, зависимость имеет нелинейный резко падающий характер.

Как видно из сравнения графиков, при несущественном увеличении частоты колебаний и не значительном увеличении нагрузки можно получить значительное ускорение испытаний по времени.

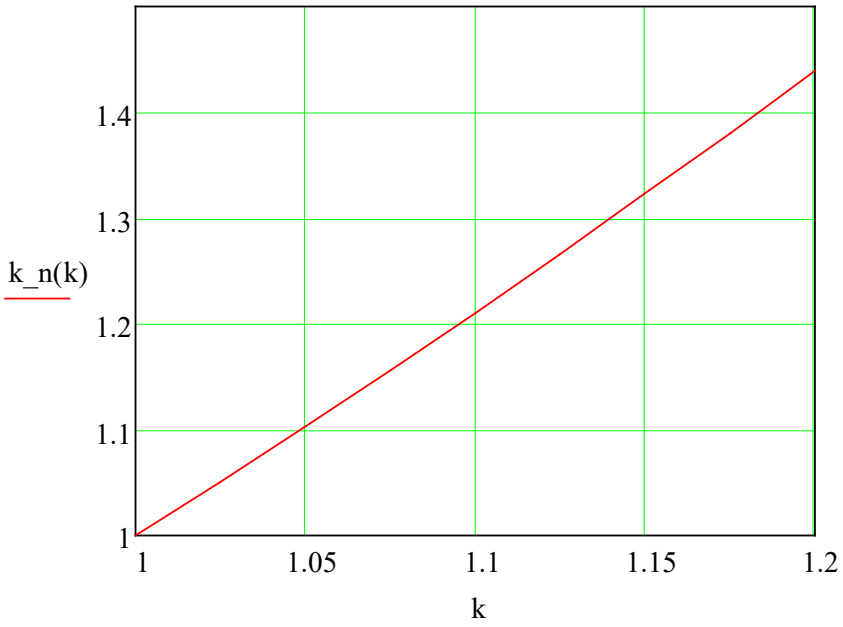


Рис. 1 – График зависимости коэффициента увеличения нагрузки от коэффициента увеличения частоты колебаний при ускоренных испытаниях

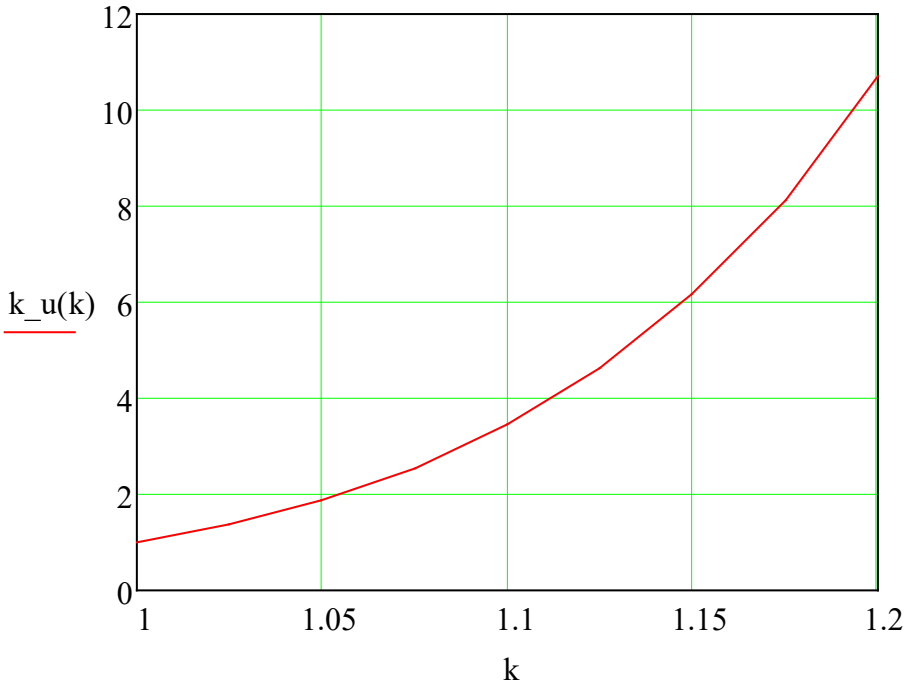


Рис. 2 – График зависимости коэффициента ускорения испытаний по времени от коэффициента увеличения частоты колебаний

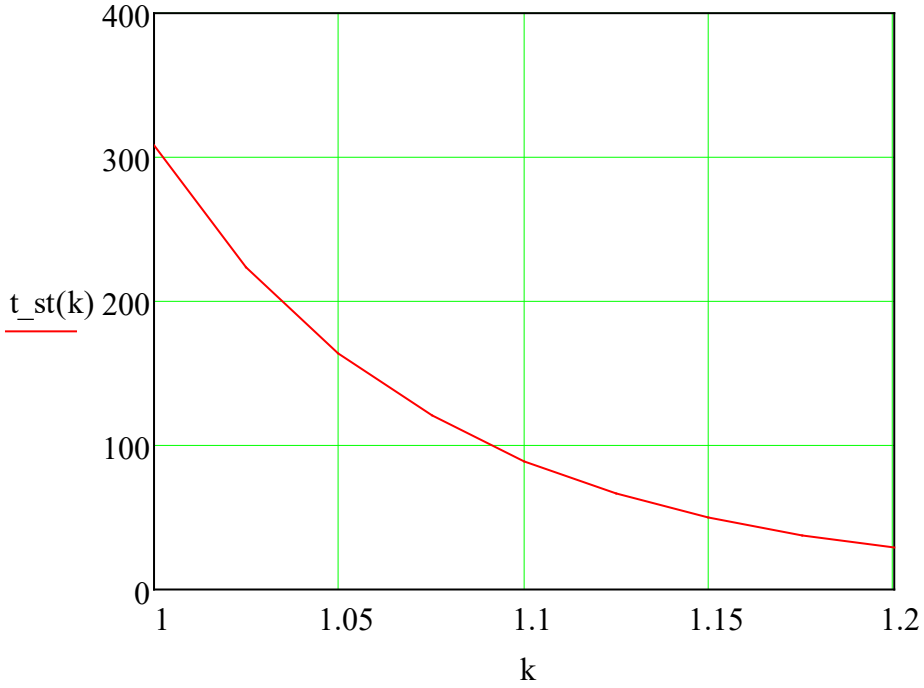


Рис. 3 – График зависимости продолжительности испытаний, эквивалентной набору базового числа циклов на ускоренном режиме от коэффициента увеличения частоты колебаний

Данный алгоритм формирования режима ускоренных испытаний для элементов конструкции, которые совершают возвратно-

поступательное движение с известной частотой по гармоническому закону, успешно применяется в НТЦК ОАО «Гомсельмаш» уже более 20 лет. Однако, как показала практика, необходимо выбирать режим ускоренных испытаний такой, чтобы коэффициент ускорения испытаний по времени не превышал величины 3,5. При использовании режима с большим коэффициентом ускорения испытаний по времени, чем 3,5 возможно получение необратимых изменений в элементах конструкции и невозможность интерпретации результатов испытаний.

С использованием данного алгоритма формирования ускоренных режимов испытаний проведены успешно испытания и доводка различных элементов режущего аппарата различных жаток, испытания и доводка элементов системы очистки различных зерноуборочных комбайнов. Данный метод позволяет получить интерпретируемый результат в гораздо более короткий срок сэкономить средства на стендовые испытания и время на доводку машин.

Выводы.

1. Приведенный в статье алгоритм позволяет зряче формировать режимы ускоренных стендовых испытаний для элементов конструкции, совершающих возвратно-поступательное движение с известной частотой по гармоническому закону.

2. Использование данного алгоритма с определенным ограничением по величине коэффициента ускорения испытаний по времени позволяет получить интерпретируемый результат в гораздо более короткий срок сэкономить средства на стендовые испытания и время на доводку машин.

Данный алгоритм успешно применяется в НТЦК ОАО «Гомсельмаш» уже более 20 лет, действенность алгоритма проверена временем, алгоритм является надежным инструментом для доводки машин в условиях ускоренных стендовых испытаний.

Литература

1. Е.К. Почтенный, Прогнозирование долговечности и диагностика усталости деталей машин / Е.К. Почтенный. – Минск : Наука и техника, 1983. – 246 с.

2. М.П. Александров, Подъемно-транспортные машины / М.П. Александров: Высшая школа – Москва, 1985. – 520 с.

3. В.В. Москвитин, Циклические нагружения элементов конструкций / В.В. Москвитин : Наука. Москва 1981. – 344 с.

4. Е.Г. Есюнин, В.Г. Новоселов, А.П. Панычев, Основы надежности машин / учеб. Пособие – Екатеринбург: Урал. Гос. лесотехн. Ун-т, 2009 – 140с.

УДК 631.352

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОТКЛИКА БОКОВИН АДАПТЕРА КОСИЛКИ САМОХОДНОЙ НА ГАРМОНИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА

Н.Л. Прокопенко, А.Н. Кондрашова
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В работе представлены результаты исследования величин вибрационного отклика боковин жатки ЖВ-7 для косилки самоходной. Авторами проиллюстрирован подход к созданию расчетной конечно-элементной модели для исследования влияния воздействия от работы режущего аппарата на величину гармонического отклика, а так же приведена верификация расчетной модели с результатами экспериментальных исследований. По результатам созданной модели предложено техническое решение, позволяющее снизить вибронагруженность элементов конструкции до оптимально допустимых значений.

Введение. Среди всего многообразия видов нагружения по своей распространенности и опасности для работоспособности сельскохозяйственных конструкций доминирующую роль играет переменное нагружение, приводящее к вынужденным колебаниям. При совпадении частоты внешнего воздействия с частотой собственных колебаний этой системы происходит резкое возрастание амплитуды колебаний, что приводит к большим деформациям и, как следствие, к разрушению конструкции [1].

Конструкцией, подверженной вынужденным колебаниям, является жатка валковая шириной захвата 7 м ЖВ-7, которая используется для агрегатирования с косилкой самоходной.

Важной задачей на этапе проектирования жаток и различных адаптеров является проведение предварительных виртуальных исследований для получения отклика конструкции под воздействием внешних сил. В 2020 г НТЦК ОАО «Гомсельмаш» приобрело программно-аппаратный комплекс для выполнения высокопроизводительных расчетов на базе программного обеспечения ANSYS Workbench. Этот комплекс позволяет проводить гармонический анализ конструкций по заданным показателям средствами численного моделирования с помощью модуля Harmonic Response [2]. Модуль позволяет выполнять гармонический анализ и определять установившийся отклик системы на усилие, действующее на конструкцию по гармоническому закону в определенном диапазоне частот.

Объект исследования: жатка для скоса и укладки в валок ЖВ-7 для косилки самоходной.

Предмет исследования: боковины жатки ЖВ-7 для косилки самоходной.

Цель исследования – создание расчетной математической модели жатки самоходной косилки, исследование различных вариантов конструкций боковин адаптера с целью поиска оптимального варианта конструкции, обеспечивающего допустимый уровень амплитуды виброускорений и виброперемещений.

Методология исследования. Для исследования возникшей научно-технической проблемы была создана расчетная модель конструкции жатки валковой с использованием программного обеспечения Ansys Workbench [2]. В частности, для данного расчета использовалась система численного моделирования с помощью модуля Harmonic Response с применением метода суперпозиций, который заключается в предварительном расчете модальных форм и собственных частот конструкции боковин адаптера, а также учитывает предварительное нагружение и демпфирование конструкции [3]. Данный метод при достаточно высоком качестве конечно-элементной сетки позволяет сократить время расчета.

Для того чтобы процесс моделирования возмущающего отклика от режущего аппарата был более точен, необходимо учесть моменты инерции боковин, а также точечных сосредоточенных масс рабочих органов с учетом их инерционных характеристик. Важным параметром для определения виброускорения в исследуемой зоне является коэффициент демпфирования, который представляет собой отношение коэффициента модального затухания к круговой частоте свободных колебаний. Для расчета принят коэффициент демпфирования 2,5 %, определенный ранее экспериментально на аналогичной конструкции жатки.

Основным источником гармонической возбуждающей силы, действующих на раму жатки, является сила инерции от режущего аппарата жатки, которые в сочетании с упруго–инерционными характеристиками узлов определяют уровень вибраций всей жатки.

Вибрация характеризуется связанными между собой колебательными характеристиками: виброперемещением, виброскоростью, виброускорением, силой реакции опор. В CAE-пакете ANSYS для имитации движения режущего аппарата и получения вибрационных характеристик сборки используются два модуля: Modal и Harmonic Response. Использование модуля Modal необходимо для определения критических частот и изгибных форм. Модуль Harmonic Response предназначен для определения амплитудно-частотных характеристик, деформаций, напряжений, нашей конструкции [3]. После расчёта сохранялась информация по величинам виброускорений и сил реакции в местах навески жатки. Получаемые характеристики рассчитываются в виде

ряда значений в определённом диапазоне частот. Диапазон берётся в районе критической частоты.

Конструкция жатки ЖВ-7 нагружалась силой от работы режущего аппарата жатки, приложенной в зоне углового редуктора, изменяющейся по гармоническому закону, с амплитудой 3545Н, с частотой двойных ходов режущего аппарата *f* = 10,9Гц.

$$F = m \cdot a = 17{,}8 \cdot 199{,}14 = 3544{,}7\ H; \quad (1)$$

где *F* - сила инерции подвижной части (косы) режущего аппарата, Н;

m - масса подвижной части (косы), m=17.8 кг;

a - ускорение подвижной части (косы), м/с2;

$$a = \omega^2 \cdot A = (2 \cdot 3{,}14 \cdot 10{,}9)^2 \cdot 0{,}0425 = 199{,}14\ м/с2; \quad (2)$$

где $\omega = 2\pi \cdot f$ – круговая частота двойных ходов режущего аппарата, рад/с;

A - амплитуда подвижной части режущего аппарата, м;

$$A = 0{,}5 \cdot H = 0{,}5 \cdot 0{,}085 = 0{,}0425\ м; \quad (3)$$

где *H*– размах подвижной части (косы) режущего аппарата, *H*=85мм.

Для верификации выполненного расчета, были проведены испытания на виброустойчивость косилки ЖВ-7. Замеры виброускорения были выполнены прибором анализатором спектра «ЭКОФИЗИКА-110А» в зоне установки углового редуктора привода режущего аппарата.

Результаты исследования. Процент «отстройки» от резонансной частоты (Р) и динамический коэффициент усиления внешнего воздействия при приближении к зоне резонанса (k_d), рассчитываем по формулам 5 и 6 [5]:

$$P = (1 - \frac{f_s}{f}) \cdot 100\% \quad (5)$$

$$k_d = \frac{1}{1 - \frac{f_s^2}{f^2}} \quad (6)$$

где f_s – собственная частота конструкции Гц.

Результаты расчетов собственных частот серийной конструкции жатки - собственная частота первой формы колебаний составляет 8,87 Гц, отстройка от резонансной частоты двойных ходов режущего аппарата равна 18,62 %, что не удовлетворяет условиям виброустойчивости (минимально допустимая отстройка $[\Delta]_{min} \geq 20\%$).

Так как отстройка от резонансной частоты двойных ходов режущего аппарата не обеспечивается, для более детального анализа рассмотрим отклик данной конструкции на гармоническое воздействие и определим величину виброускорения для зоны установки датчика расчетным и экспериментальным путем.

На рисунке 1а приведены результаты расчета гармонического отклика исходной конструкции боковины жатки в зоне установки тензодатчика при воздействии нагрузок от режущего аппарата.

По результатам расчета, значения виброускорения в зоне установки датчика на частоте двойных ходов режущего аппарата f = 10,9Гц в исходной конструкции жатки составляет A_p=7,06м/с^2 (рис.1, а)

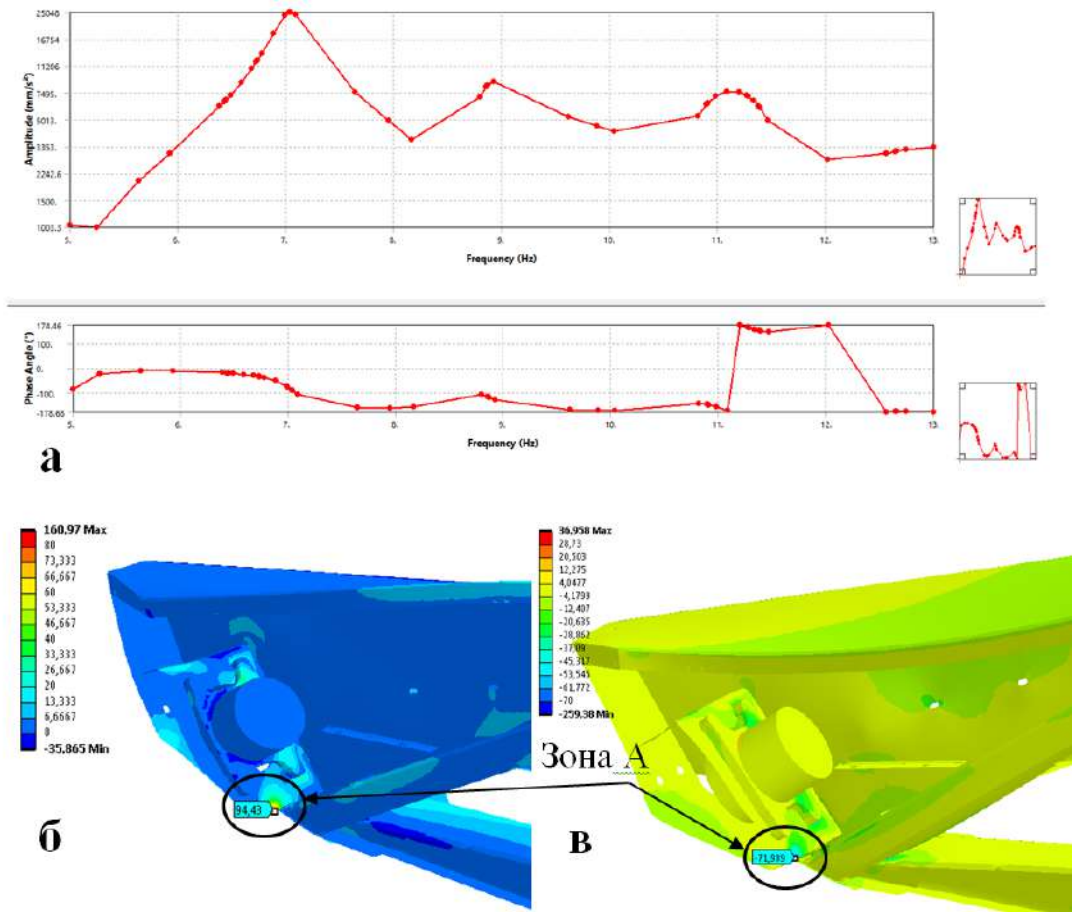


Рис. 1 – Результаты исследования исходной конструкции жатки: а – график зависимости виброускорения от частоты конструкции; б, в – поля главных напряжений

Рассмотрим результаты замеров виброускорений в конструкции жатки при действии нагрузки от режущего аппарата.

Согласно результатам виброметрирования исходной конструкции (рис. 2), в месте установки датчика, соответствующему расчетному, значение виброускорения составляет A_{on} = **7,21 м/с²** на частоте двойных ходов режущего аппарата f = 10,9Гц.

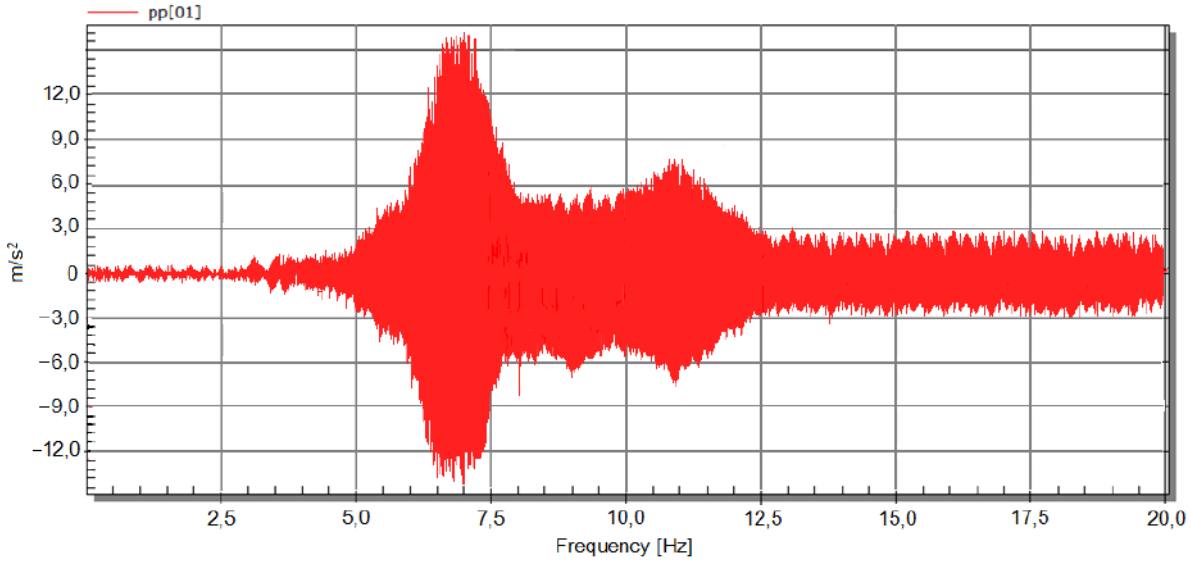


Рис. 2 – Результаты виброметрирования исходной конструкции

Таким образом, погрешность расчетного значения виброускорения на частоте двойных ходов режущего аппарата в сравнении с результатами виброметрирования составляет менее 5%.

Для проведения расчетов усталостной прочности использовался программно-аппаратный комплекс высокопроизводительных расчетов на базе программного обеспечения ANSYS Workbench, в основе которого лежит метод конечных элементов [4]. Данный метод при достаточно высоком качестве конечно-элементной сетки позволяет определить локальное повышение действующих напряжений, связанное с особенностями геометрии конструкции [1]. Поэтому при назначении расчетных коэффициентов концентрации напряжений необходимо учитывать только технологические факторы, оказывающие влияние на локальное повышение напряжений (сварные швы, шероховатость поверхности, переходы зон с различной твердостью, натяг, и т.д.).

Расчет усталостной прочности для зоны А в исходной конструкции (рис. 1 б,в):

$$n_\sigma^A = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot K_\sigma + \psi_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{185}{83,2 \cdot 2,1 + 0,15 \cdot 11,22} = 1,05 \qquad (7)$$

где σ_{-1} – предел выносливости: для стали 3пс σ_{-1} =185 МПа,

σ_{max} – максимальное напряжение цикла, σ_{max}=94,43 МПа (рис.1б);
σ_{min} – минимальное напряжение цикла, σ_{min}=-71,98 МПа (рис.1в);
σ_a – амплитуда напряжений цикла, МПа:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = \frac{94{,}43 + 71{,}98}{2} = 83{,}2 \text{ МПа} \quad (8)$$

σ_m – среднее напряжение цикла, МПа:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = \frac{94{,}43 - 71{,}98}{2} = 11{,}22 \text{ МПа} \quad (9)$$

K_σ – эффективный коэффициент концентрации напряжений для опасного сечения K_σ = 2,1 (сварной шов);

ψ_σ – коэффициент чувствительности материала к асимметрии цикла принимаем ψ_σ = 0,15;

Для поиска решения по уменьшению величины виброускорения и увеличению запаса усталостной прочности была построена параметрическая модель исследуемой конструкции, на основании которой проводилась оптимизация конструкции по заданным критериям. В качестве варьирующих аргументов функции выбрана толщина косынки, подкрепляющей плиту установки углового редуктора привода режущего аппарата, а также длина дополнительного ребра жесткости, усиливающей боковину жатки (рис. 3) [6]. Результатом функции является значение амплитуды виброускорения на частоте 10,9 Гц в зоне установки датчика, по величене которой были подобраны оптимальные параметры наших усилений.

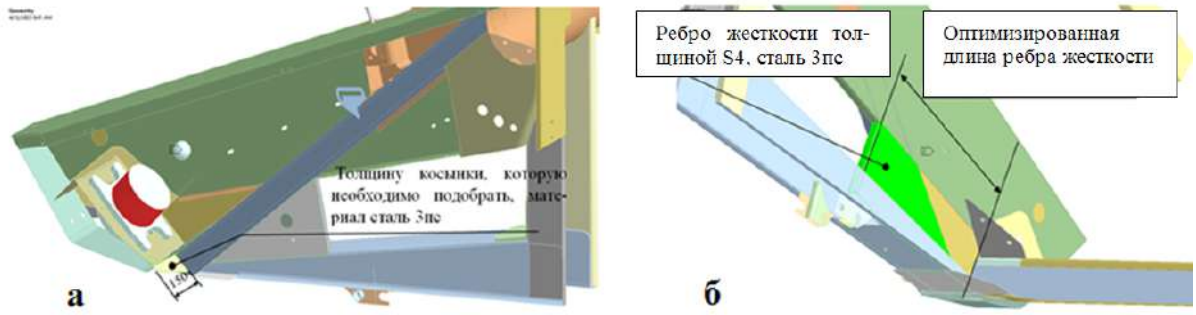


Рис. 3 – Оптимизация конструкции жатки: а – оптимизация толщины косынки, б – оптимизация длины ребра жесткости

Исследование конструкции состоит в создании поверхности отклика и ее оптимизации. В свойствах оптимизации был выбран метод

нелинейного квадратичного программирования Лагранжа, который представляет собой алгоритм на основе градиента, подходящий для локального определения одного выходного сигнала с непрерывными параметрами.

Из графика, представленного на рисунке 4 видно, что параметрическая функция имеет два минимальных экстремума, для которых величина амплитуды виброускорения меньше 1м/с^2. Как следует из графика, для исследуемой зоны А, где запас усталостной прочности меньше допустимого, целесообразно применить толщину косынки равной 6мм, и соответственно величину длинны жесткости равную 450мм.

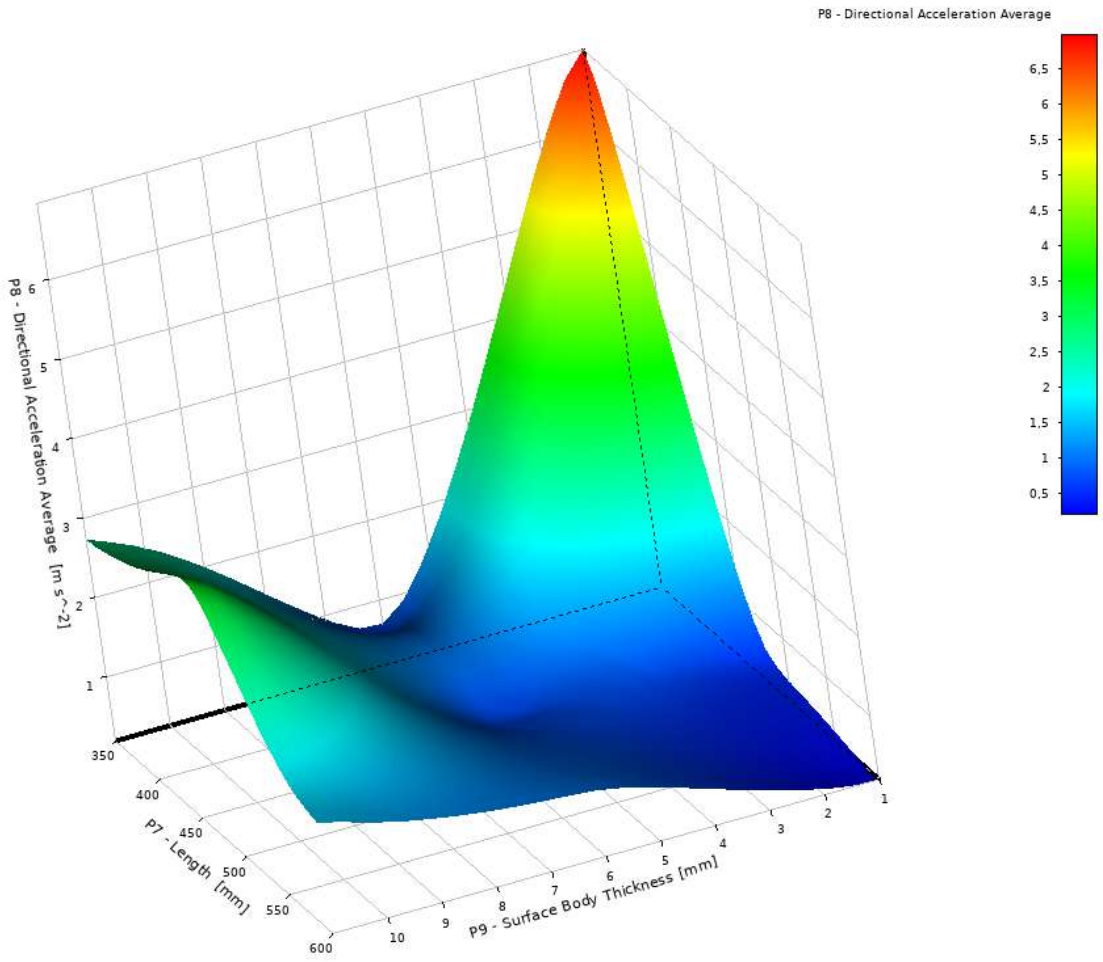


Рис. 4 – Поверхность отклика величины виброускорения от исследуемых параметров

На рисунке 5а приведены результаты расчета гармонического отклика оптимизированной конструкции боковины жатки в зоне установки тензодатчика при воздействии нагрузок от режущего аппарата.

По результатам расчета, значение виброускорения в зоне установки датчика на частоте двойных ходов режущего аппарата f = 10,9Гц составляет A_p=**0,98м/с^2**.

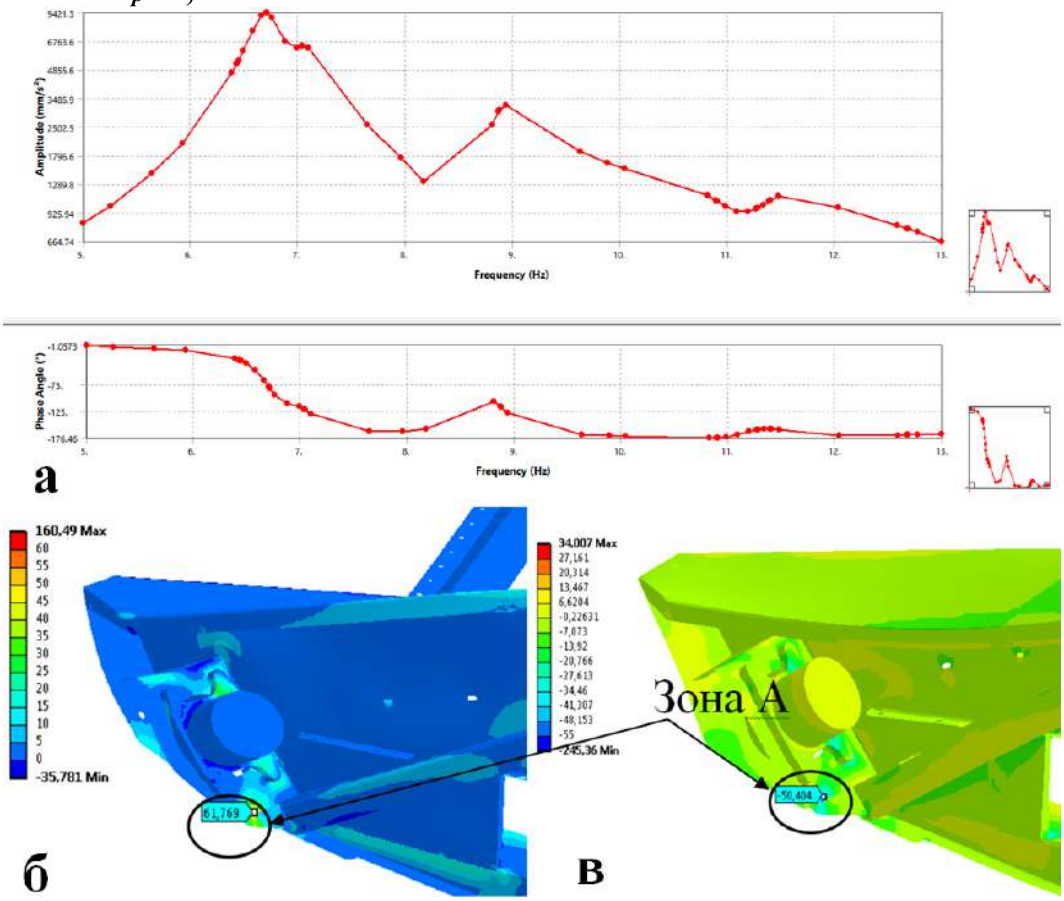


Рис. 5 – Результаты исследования оптимизированной конструкции жатки: а – график зависимости виброускорения от частоты; б, в – поля главных напряжений

На основании представленных на рисунке 5б,в, результатов расчетов прочности конструкции боковины жатки в зоне А, проведен расчет усталостной прочности по формулам (7)-(9) [7].

Расчет усталостной прочности в зоне А оптимизированной конструкции:

$$n_\sigma^A = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot K_\sigma + \psi_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{185}{56{,}08 \cdot 2{,}1 + 0{,}15 \cdot 5{,}68} = 1{,}56$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} = \frac{61{,}77 + 50{,}4}{2} = 56{,}08 \text{ МПа}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} = \frac{61{,}77 - 50{,}4}{2} = 5{,}68 \text{ МПа}$$

Проведенные расчеты показали, что для оптимизированной конструкции запас усталостной прочности в опасной зоне А увеличился в 1,5 раза по сравнению с серийной конструкцией.

Так же анализ результатов виброметрирования жатки показал, что величина амплитуды виброускорения в рекомендуемой конструкции на частоте двойных ходов режущего аппарата 10,9 Гц уменьшилась в 7,2 раза по сравнению с серийной конструкцией жатки. Уменьшение значения виброускорения в конструкции жатки также повлияло на уменьшения величины силы реакции в местах навески жатки на наклонной камере в плоскости работы режущего аппарата, что благоприятно повлияло на виброускорения на месте оператора.

Заключение. Авторами разработано техническое решение, позволяющее при помощи конечно-элементного пакета ANSYS Workbench получать отклик конструкции жатки на гармоническое воздействие от работы режущего аппарата. В частности, использование модулей Modal и Harmonic Response позволило получить расчетным путем значения вибрационных характеристик (виброускорений, виброперемещений) и обеспечить с учетом этих характеристик достаточный запас усталостной прочности.

Поскольку при моделировании используется реальная 3D геометрия изделий, результаты расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными. Проведенные сравнения результатов виртуального моделирования и результатов экспериментальных измерений показали, что расхождения не превышают 5%.

Приведенный подход по оптимизации параметрической модели конструкции позволил сократить время на поиск варианта конструкции, обеспечивающей допустимый уровень амплитуды виброускорений, а также необходимый запас усталостной прочности на этапе проектирования. Приведенное техническое решение внедрено и успешно используется на ОАО «Гомсельмаш» при проектировании самоходных сельскохозяйственных уборочных машин.

Литература

1. Леонтьев Н.В. Применение системы ANSYS к решению задач модального и гармонического анализа. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006, 101 с.

2. Басов, К.А. ANSYS справочник пользователя/ К.А Басов. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 640 с.

3. Reddy, J.N. An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis/ J.N. Reddy. – Oxford University Press, 2004. – 488 с.

4. Клочков, А.В. Зерноуборочные комбайны / А.В. Клочков, А.В. Адась, В.А. Попов. – Мн: Дизайн ПРО , 2004. – 240с.

5. Штейнвольф, Л.И. Динамические расчеты машин и механизмов / Л.И. Штейнвольф. – М.: Машгиз, 1961. – 339 с.

6. Иванов, Н.И. Основы виброакустики / Н.И. Иванов, А.С. Никифоров – М.: Политехника, 2000. – 482 с.

7. Биргер, И. А. Расчет на прочность деталей машин: Справочник / И. А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Г. Б. Иоселевич – М.: Машиностроение, 1979.– 702 с.

УДК 629.114.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

В.Б. Попов, Д.Г. Кудренок
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет им.П.О.Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

В статье представлено формализованное описание процесса перевода навесного оборудования фронтального погрузчика (ФП) (рис.1) из рабочего в транспортное положение, выполняемое посредством механизма подъема стрелы (МПС). Описание включает процедуры геометрического, кинематического и силового необходимые для определения грузоподъемности МПС. По результатам расчета выходных параметров МПС делается заключение о запасе его грузоподъемности.



Рис.1 – Погрузчик фронтальный одноковшовый АМКОДОР 342В

ФММ геометрического и кинематического анализа представляются алгебраическими зависимостями и системами уравнений, описывающими установившийся режим подъема ковша. Геометрический и кинематический анализ МПС и МПК выполнялись по методу замкнутых векторных контуров [1]. Геометрический анализ (рис.2) выполнялся, исходя из предположения о несжимаемости рабочей жидкости в ГЦ и абсолютной жесткости звеньев механизмов в правой декартовой системе координат [2].

$$\varphi_3 = \arcsin\left[\frac{s^2 - \left(l_{13}^2 + l_3^2\right)}{2 \cdot l_{13} \cdot l_3}\right] - arctg\left[\frac{x_{03} - x_{01}}{y_{03} - y_{01}}\right]$$

$$x_{23} = x_{03} + l_3 \cdot \cos\varphi_3 \qquad y_{23} = y_{03} + l_3 \cdot \sin\varphi_3$$

В результате геометрического анализа определяются: координаты центра тяжести и оси подвеса стрелы, её максимальная высота подъема и вылет, а также угол поворота траверсы. В результате кинематического анализа были получены аналитические выражения для аналога угловой скорости стрелы и его передаточное число (ПЧ) [3]:

$$\varphi_3'(s) = \frac{2 \cdot s}{\sqrt{4 \cdot l_{13}^2 \cdot l_3^2 - \left[s^2 - \left(l_{13}^2 + l_3^2\right)\right]^2}}$$

$$\mathrm{I_{S3}(s) = \varphi_3'(s) \cdot l_{S3} \cdot \cos\left[\varphi_3(s) + \Delta\varphi_1\right]} \qquad (1)$$

где $\varphi_3'(S)$ - аналог угловой скорости стрелы; $\mathrm{I_{S3}(S)}$ – аналог вертикальной скорости (ПЧ) оси подвеса стрелы; S - обобщенная координата МПС.

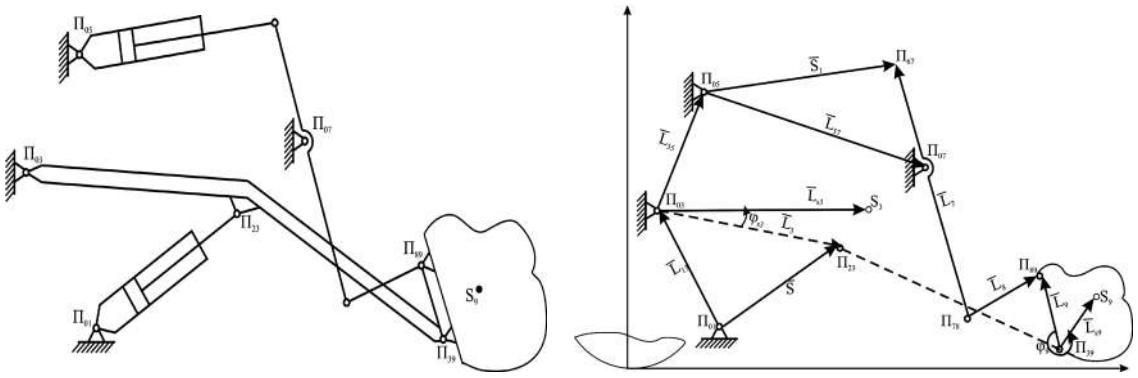


Рис. 2 – МПС и МПК и векторная интерпретация их работы

Возможность навешивания рабочих орудий (РО) и машин на МПС ФП определяется грузоподъемностью МПС, управляемостью колесного ФП с РО в транспортном положении, а также грузоподъемности шин.

Грузоподъемность МПС определяется весом поднимаемого навесного оборудования (рабочего орудия или навесной машины) при максимально допустимой величине усилия на штоке силового цилиндра $F_{гц}^{макс}$, которое, в свою очередь, зависит от максимально допустимого давления в нагнетающей магистрали гидропривода.

Таким образом, вес поднимаемого стрелой груза и усилие на штоке ГЦ связаны соотношением

$$P = \frac{F_{гц}^{\max}}{I_{S3}} \qquad (2)$$

где P – вес поднимаемого груза (например, ковша); I_{S3} – передаточное число механизма подъема стрелы

Вышеприведенная формула приближенная, поскольку не учитывает влияния инерционных сил, возникающих в момент отрыва груза (РО) от опорной поверхности, массы стрелы МПС и сил трения в шарнирах его звеньев.

В технических характеристиках фронтальных погрузчиков, как правило, указывается осредненная грузоподъемность, приведенная или к оси подвеса, или к какому-то определенному расстоянию от нее.

Ниже приведена уточненная формула для определения грузоподъемности МПС, независимо от расположения центра тяжести РО:

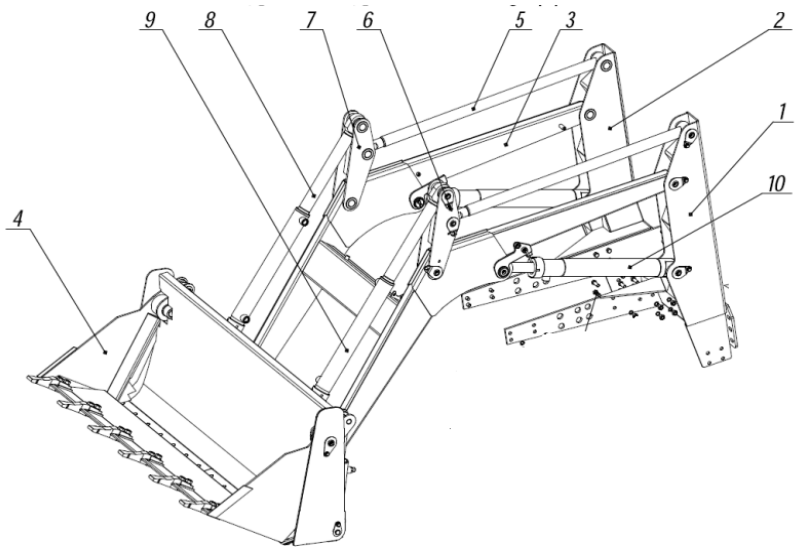
$$G_{S3}(s) = \frac{2 \cdot p_{гц}^{\max} \cdot F_{гц} \cdot \eta_{\Sigma}}{\left[I_{S3}(s) \cdot \frac{m_{стр}}{m_{ро}} \right]} \tag{3}$$

Она позволяет определить грузоподъемность как собственно ФП, так и ФП сформированных на базе колесных тракторов (рис.3).

Грузоподъемность оценивается по минимальному значению $G_{S3}(s)$, что соответствует максимальному значению знаменателя из формулы (3).

Запас грузоподъемности определяется в соответствии с выражением

$$\Delta G_{S3} = \frac{G_{S3}^{\min} - P_3}{P_3} \cdot 100\% \tag{4}$$



1, 2 – портал; 3 – стрела; 4 – ковш; 5 – тяга; 6, 7 – рычаги;
8, 9 – гидроцилиндры механизма поворота ковша; 10 – гидроцилиндр МПС

Рис. 3 – Погрузочное оборудование, размещаемое на колесном тракторе

Необходимо отметить, что приведенная методика определения грузоподъемности МПС позволяет оценить возможность агрегатирования в энергетическом аспекте любого навесного рабочего орудия или машины с любой другой моделью ФП, имеющего идентичное по структуре МПС.

Разработанная ФММ может быть использована в качестве базового модуля при параметрической оптимизации как данного, так и идентичных по структуре МПС на ранних стадиях их проектирования.

Литература

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский - М.: Машиностроение 1988. С. – 640

2. Озол О.Г. Теория механизмов и машин. пер. с латыш./ под ред. С.Н. Кожевникова. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы 1984. С. – 432

3. Попов В.Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функции механизмов навески энергоносителей / В.Б. Попов // Вестник ГГТУ им. П.О.Сухого – 2000. – №2 – С. 25–29.

УДК 621.7.044.7

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Д.А. Роговенко, И.В. Царенко
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Суть магнитно-импульсной упрочняющей обработки (МИО) заключается в пластической деформации металлов, которая возможна при прямом преобразовании электроэнергии в механическую в обрабатываемом изделии. Основой магнитно-импульсной обработки являются электродинамические силы, возникающие в проводящем теле изделия, находящемся в переменном электромагнитном поле. Преимуществом такой обработки по сравнению с другими методами упрочнения является то, что магнитно-импульсная обработка не меняет геометрические параметры и качество поверхности упрочненных изделий, имеет низкое энергопотребление, высокую производительность и экологическую чистоту. Но этот метод не лишен недостатков: трудно получить детали с глубокой вытяжкой обрабатываемого материала; необходимость в промежуточных металлических прокладках-«спутниках» для металлов с низкой электропроводностью; ограниченность формы и геометрических размеров обрабатываемых заготовок для магнитно-импульсной обработки; низкая стойкость индукторов, особенно при обработке стальных заготовок.

В работе [1] предложено использование КМИО (комбинированная магнитно-импульсная обработка) для повышения износостойкости твёрдосплавного инструмента. В качестве объекта исследования использовались образцы, изготовленные из сменных многогранных пластин твердого сплава Т15К6, так как данный сплав является одним из самых широко применяемых при металлообработке. Многостадийная обработка образцов включает следующие операции: предварительный нагрев образца током высокой частоты в комбинированном индукторе; обработка образца импульсным магнитным полем; выдержка образца на неметаллической поверхности, длительностью в 24 ч. Обработка образцов проводилась единичным импульсом магнитного поля длительностью – 0,007 с.

Согласно полученным данным, минимальные остаточные напряжения растяжения наблюдаются в образцах, у которых температура предварительного нагрева составила 600 °С. Микротвердость поверхности и распределение микротвердости по глубине обработки определялись в соответствии с ГОСТ 25172-82 на микротвердомере WolpertGroup 402MVD. Исследованные образцы твердого сплава характеризовались

высокими значениями микротвердости. Построение гистограмм микротвердости контрольного и обработанного при температуре 600 °С образцов показало, что распределение микротвердости является в большинстве случаев близким к нормальному закону распределения. Это обстоятельство свидетельствует о том, что структура образцов твёрдого сплава состояла из менее твёрдой матрицы с включениями более твёрдых фаз карбидов. Согласно величине смещения пика распределения микротвёрдость образцов твердого сплава Т15К6 после МИО увеличилась на 1100 МПа.

По результатам работы можно сделать следующие выводы: КМИО способствует уменьшению остаточных напряжений в структуре твердого сплава. Максимальное снижение остаточных напряжений растяжения обеспечивается предварительным нагревом образцов током высокой частоты до температуры 600 °С и составляет 400 МПа. Проведение КМИО твердого сплава Т15К6 с предварительным нагревом до 600 °С способствует повышению микротвердости поверхностного слоя на 1100 МПа. КМИО с предварительным нагревом до 600 °С способствует изменению распределения модификаций кобальтовой фазы в сплаве в сторону увеличения кубической.

Перспективность использования МИО для динамической штамповки деталей описана в работе [2]. Одной из наиболее перспективных технологий динамической штамповки деталей в настоящее время является магнитно-импульсная обработка металлов, основанная на использовании больших электродинамических сил, возникающих в электропроводных материалах при взаимодействии внешнего импульсного магнитного поля с индуцированными им в материале вихревыми токами.

Одним из направлений интенсификации и расширения технологических возможностей МИО металла является обеспечение возможности обработки заготовок из материалов с низкой электропроводностью: коррозионностойких, специальных сталей, титановых сплавов и т.д., составляющих значительную часть номенклатуры тонколистовых деталей и других изделий машиностроительного производства. Вследствие сильной диффузии поля их обработка непосредственным воздействием ИМП возможна практически только при высоких частотах. При этом общий КПД процесса крайне низок, в связи с малой длительностью импульса давления, часто недостаточной для преодоления инерции заготовки. Эффективным средством интенсификации процессов МИО этих материалов является штамповка с использованием передающих сред или технологических спутников.

Из результатов исследований процессов формовки-калибровки тонкостенных трубчатых заготовок получено, что большая динамическая жёсткость материала медного спутника обеспечивает, при одной и той же

скорости соударения заготовки с оснасткой, большую глубину распространения дополнительных пластических деформаций, чем в случае алюминиевого спутника. Из этого следует, что с целью минимизации энергозатрат в процессах формовки следует использовать более лёгкие алюминиевые спутники, но при необходимости обеспечения высокой точности в операциях формовки-калибровки более предпочтительны медные спутники.

Использование МИО для улучшения шероховатости поверхностей деталей из титановых и алюминиевых сплавов изучено в работе [3]. После обработки МИО по титановым сплавам получено уменьшение шероховатости с Ra1,6 до Ra0,8, по алюминиевым сплавам уменьшение шероховатости с Ra3,2 до Ra0,9 по стали уменьшение шероховатости с Ra3,0 до Ra1,0-Ra2,0. Независимо от марки материала с удалением от края индуктора улучшается шероховатость. Вероятно, это связано с распределением напряженности магнитного поля в индукторе. Получение шероховатости Ra0,8 и Ra0,9 на титановых и алюминиевых сплавах после МИО показывает возможность использования МИО на этих сплавах вместо шлифования. На титановых сплавах это дает возможность исключить прижоги и улучшить макроструктуру, на алюминиевых сплавах — избежать засаливания шлифовальных кругов. Улучшение шероховатости связано с уплотнением поверхностного слоя металлов при воздействии магнитного импульса. Уплотнение поверхностного слоя приводит к увеличению коррозионной стойкости металлов. Обычно коррозионные поражения гораздо сильнее.

Таким образом, применение МИО значительно улучшает шероховатость поверхности обрабатываемой детали, также возможно применение МИО при обработке деталей из титановых и алюминиевых сплавов вместо операции шлифования, кроме того возможно применение МИО для увеличение коррозионной стойкости деталей.

Литература

1. Овчаренко А.Г., Козлюк А.Ю., Курепин М.О. Исследование влияния комбинированной магнито-импульсной обработки на качество твёрдосплавного инструмента // Обработка металлов. – 2011. – №3 (52). – С. 95 – 98.

2. Барвинок В.А., Самохвалов В.П., Кирилин А.Н. Магнито-импульсная обработка деталей летательных аппаратов из труднодеформируемых материалов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 1999. – №2. – С. 319 – 324.

3. Юркевич С.Н., Люцкевич А.И., Константинов В.М., Юркевич К.С. Применение магнито-импульсной обработки для улучшения шероховатости поверхности деталей из титановых и алюминиевых сплавов // Перспективные материалы и технологии: материалы международного симпозиума: – Витебск: ВГТУ, 2017. – Ч. 1. – С. 76 – 78.

УДК 631.354.2.076

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОЖДЕНИЯ КОМБАЙНА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО

А.В. Курач, А.Д. Ширай
Научно-технический центр комбайностроения ОАО “Гомсельмаш”,
г. Гомель, Республика Беларусь

В работе рассматривается предложенная методика проведения испытаний широко распространённой в настоящее время системы автоматического вождения сельскохозяйственной техники, которая позволяет с погрешностью не превышающей 1 см определить точность автовождения по прямолинейной и криволинейной траекториям, а также эффективность системы автовождения в сравнении с ручным управлением.

Введение. Одним из основных направлений совершенствования сельскохозяйственной техники является установка систем автоматического вождения (рисунок 1), которая предназначена для реализации функции автовождения на сельскохозяйственной технике при выполнении технологического процесса в полевых условиях.



Рис. 1 – Вид на комбайн зерноуборочный с установленной на нем системой автоматического вождения

Принцип работы системы основан на использовании технологий технического зрения, нейронных сетей и заключается в визуальном распознавании сцены уборки и выработке управляющего воздействия для осуществления плавного и точного хода комбайна.

Испытания системы автоматического вождения в составе комбайна зерноуборочного проводятся с целью определения работоспособности и оценки эффективности выполнения функционального назначения, заявленного изготовителем в руководстве по эксплуатации системы, по рабочей программе-методике испытаний.

Предмет исследования: система автоматического вождения в составе комбайна зерноуборочного.

Цель исследования: совершенствование методики проведения испытаний системы автоматического вождения.

Методология исследования: сравнительный и системный анализ.

Результаты исследования. Существующая методика оценки работоспособности системы автоматического вождения комбайна зерноуборочного предлагает определить смещение с помощью установленной дополнительной видео камеры и маркировки, нанесенной на мотовило с шагом 10 см.

Данная методика не позволяет достаточно корректно определить величину смещения жатки от кромки стеблестоя, а также определить прямолинейность траектории движения комбайна на всей длине гона, а лишь дает возможность провести оценку работоспособности системы автовождения в случае, когда смещение происходит в пределах рабочей ширины захвата жатки. В случае смещения жатки в несрезанный стеблестой с шириной большей, чем ширина захвата жатки, остаются не срезанные участки стеблестоя. Следовательно, представленная методика не позволяет оценить величину (ширину) не срезанного участка.

Для возможности получения более полной оценки работоспособности системы автоматического вождения зерноуборочного комбайна было предложено проводить испытания с использованием вешек (рисунок 2), установленных на определенном расстоянии от стеблестоя, и мерной рулетки. Смещение жатки при этом определяется из многократных замеров (рисунок 3) рулеткой расстояний между заранее установленными вешками и вновь образованной кромкой стеблестоя после прохода комбайна. По предлагаемой методике можно с точностью до 1 см определить точность автовождения по прямолинейной и криволинейной (рисунок 4) траекториям, а также эффективность систем автовождения в сравнении с ручным управлением комбайна (механизатором).



Рис. 2 – Вид на вешки, установленные на расстоянии от стеблестоя



Рис. 3 – Вид на проведение работ по замерам расстояния между кромкой стеблестоя и вешкой после 1 прохода комбайна



Рис. 4 – Вид на криволинейную кромку стеблестоя после 10 проходов комбайна

Многолетний опыт испытаний систем автоматического вождения на основе GPS в составе комбайнов зерноуборочных, тракторов и других сельскохозяйственных агрегатов позволяет сделать вывод, что фактическое отклонение от заданной траектории машин, оснащённых данной системой, составляет ±2 см, а параллельность вождения обеспечивает подготовку учетного участка поля с равномерной шириной по всей длине гона.

Данные параметры работы системы автоматического вождения установлены на зерноуборочном комбайне КЗС-3321КР №0001 и позволили подготовить учетный участок, по ширине рассчитанный на 10 проходов комбайна, для определения криволинейности движения комбайна.

Эффективность систем автовождения в сравнении с ручным управлением определяется на двух смежных участках поля в одинаковых условиях.

Результаты замеров смещения комбайна зерноуборочного от скошенной кромки при выполнении технологического процесса в режиме автоматического вождения по камерам с допустимой шириной захвата 8,9 – 9,2 м и криволинейности сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты замеров смещения комбайна зерноуборочного от скошенной кромки при автоматическом вождении

Наименование показателя	**Проход 1 левая камера**			**Проход 2 правая камера**			**Проход 3 левая камера**			Ширина оставшегося учетного участка, (криволинейность), см
	Ширина захвата, см	Отклонение от траектории, (допустимой ширины захвата), см		Ширина захвата, см	Отклонение от траектории, (допустимой ширины захвата), см		Ширина захвата, см	Отклонение от траектории, (допустимой ширины захвата), см		
		+	–		+	–		+	–	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Расстояние от каждой вешки до кромки стеблестоя, см	898			907			896			441
	904			901			906			506
	907			891			915			547
	890			908			900			584
	888		**2**	889		**1**	903			595
	908			892			900			584
	888		**2**	890			895			559
	908			899			911			543
	904			917			908			512
	877		**13**	927	**7**		900			473
	903			903			884		**6**	462
	898			911			892			474
	911			885		**5**	894			495
	892			905			880		**10**	528
	892			902			877		**13**	542
	885		**5**	891			886		**4**	537
	900			897			901			509
	899			904			888		**2**	489
	890			918			895			473
	902			915			902			486

Продолжение таблицы 1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	905			910			907			504
	912			909			920			519
	907			879		**11**	902			527
	900			909			877		**13**	546
	910			900			914			570
	919			941	**21**		911			588
	911			990	**70**		929	**9**		531
	909			897			917			587
	906			903			882		**8**	564
	892			913			910			538
	898			886		4	905			531
	899			862		**28**	911			522
	893			892			888		**2**	553
	905			868		**22**	926	**6**		554
	904			872		**18**	921	**1**		544
Мах отклонение ширины захвата свыше допустимой, см	13			70			13			
Стандартное отклонение, см	8,9			21,7			13,4			
Коэффициент вариации, %	1,0			2,4			1,5			

Примечание:
+ увеличение ширины захвата жатки и увод комбайна в сторону не скошенного стеблестоя;
– уменьшение ширины захвата жатки и увод комбайна в сторону скошенного стеблестоя.
Жирным шрифтом выделено превышение отклонения движения комбайна сверх допустимых 30 см и означает:
– при знаке + не скошенный стеблестой (огрех);
– при знаке – большое перекрытие.

Выводы. В результате проведения полевых испытаний системы автоматического вождения по существующей методике был выявлен ряд проблем, в числе которых то, что она не позволяет оценить величину (ширину) не срезанного участка. Следовательно, методика не дает возможности в полной мере оценить работоспособность рассматриваемой системы.

Предложенная методика исключает эту проблему, она с погрешностью не превышающей 1 см позволяет определить точность автовождения по прямолинейной и криволинейной траекториям, а также эффективность системы автовождения в сравнении с ручным управлением комбайна.

Литература

1. Ганькин Ю.А. Системы автоматического вождения машино-тракторных агрегатов / Ю.А. Ганькин – М.: «Конструирование и расчет трактора», 1975. – 37 с.

УДК 004.4

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА МОДЕЛИ НА ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ПЛАГИН ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА МОДЕЛЕЙ В CREO PARAMETRIC 4.0

М.С. Мароха
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Трехмерное проектирование деталей и узлов в изделиях машиностроения зарекомендовало себя одним из самых эффективных и перспективных направлений, более известное как 3D-моделирование в системах автоматизированного проектирования. 3D-моделирование — это возможность представить или показать будущий продукт в объемном формате и более точно описать будущие изделия, чтобы не допустить ошибок в производстве.

Системой САПР, реализующей процесс 3D-моделирования, называется CAD система (Computer Aided Design System). В условиях современного производства ни одно машиностроительное предприятие при технологическом проектировании изделий не обходится без использования CAD системы.

3D-моделирование изделий машиностроения позволяет спроектировать деталь или узел изделия в виде конечного готового состоянии, соблюдая все конструктивные критерии и особенности конструкторско - технологической документации.

Уже более десяти лет в НТЦК ОАО «Гомсельмаш» (НТЦК) используется система 3D-моделирования Creo Parametric (Creo), которая обладает набором инструментов для проектирования разнообразных типов изделий. В Creo можно спроектировать 3D модель детали или узла и построить ассоциативный чертеж.

Построить 3D-модель достаточно непросто. Чтобы добиться реализма, нужно знать особенности моделирования. Но при проектировании важно не только получить реалистичную модель, но и построить ее таким образом, чтобы она соответствовала правилам построения Cad системы и требованиям предприятия. Если модель создана с ошибками, неточностями или неправильными параметрами, это может привести к неправильным расчетам, ошибкам в конструкции и низкому качеству конечного продукта.

При коллективной работе, с большим количеством участников, ошибки сделанные на более низких уровнях (узел) будут влиять на работу с верхним уровнем (комбайн) это и увеличение времени загрузки,

увеличение объема памяти компьютера, а также длительная регенерация моделей, откат модели до исходного состояния после регенерация и т.д..

Для быстрого поиска ошибок в сборках автором статьи был разработан плагин, позволяющий в автоматическом режиме выполнять проверку на наличие ряда ошибок: подавленные конструкторские компоненты, состояние входящих ДСЕ, таблица гибов для листовых деталей, состояние ДСЕ, масса модели, назначенный материал, расположение ДСЕ в папках Windchill, внешние зависимости, неудавшиеся конструкторские элементы, таблица семейств, подавленные конструкторские элементы, циклические ссылки, заблокированные или остановленные компоненты, ошибки уравнений, незакрепленные компоненты, неудавшиеся компоненты, фиксированные компоненты.

Подавленные конструкторские компоненты в сборке может ускорить процесс работы с моделью. При больших и сложных моделях, временное отключение некоторых компонентов позволяет снизить нагрузку на систему и улучшить производительность, дает возможность быстро переключаться между различными вариантами сборки. Это позволяет легко сравнивать разные конфигурации и экспериментировать с разными идеями на этапе проработки. Однако после завершения этапа проработки подавленные элементы должны отсутствовать в моделях при совместной работе и при использовании сборок другими пользователями, так как они могут ограничивать функциональность модели, также их наличие влияет на загрузку модели в рабочую область. Если компонент подавлен, то он не участвует в расчетах в сборке или других операциях с моделью. Это может ограничить возможности моделирования и проектирования. При корректировке модели может быть сложно учесть все подавленные элементы, становится сложно отследить, какие изменения были внесены и как они влияют на модель. Это может затруднить совместную работу и управление проектом. Также подавленные компоненты все равно попадают в спецификацию, загружаются в рабочую область и влияют на время загрузки и объем памяти. Если конструкторский элемент больше не требуется в модели или сборке, необходимо удалить его полностью.

Также для проработки моделей в Creo можно создать конфигурации модели или сборки, которые могут содержать различные состояния включенных или исключенных элементов. Это позволяет легко переключаться между разными конфигурациями в зависимости от требований проекта, без использования команды «Подавить».

Перед сдачей на хранение подавленные элементы необходимо либо удалить из сборки, либо восстановить.

Состояние ДСЕ. Политикой предприятия запрещено использовать модели в состоянии «Запрещено к применению». Все запрещенные модели

необходимо заменить на модели в состоянии «Выпущено» либо «В работе».

Таблица гиба. Важным этапом процесса проектирования листовых деталей является использование таблицы гиба. Таблица гиба содержит информацию о параметрах гиба, таких как радиус гиба, угол гиба и минимальный допустимый радиус гиба для конкретного материала и толщины листа.

Таблица гиба управляет вычислениями припусков на гиб длины развертки плоского материала. Длина развертки зависит от типа материала, его толщины и радиусов гибки.

Поэтому при работе с листовыми деталями очень важным является значение атрибута таблицы гиба. Для нашего предприятия используется таблица гиба, согласованная с технологами с учетом производственного опыта предприятия по наиболее часто использующимся материалам, table_from_RTM. Если таблица гиба не назначена или назначена не та таблица, то ее необходимо назначить перед сдачей на хранение.

Масса модели, так как если масса модели слишком большая, то это значить, что неправильно был назначен материал, а, следовательно, не правильно задана плотность материала, не правильно будет рассчитана масса всего комбайна, а она, как и положение центра масс важна для конструктора при проектировании. Кроме того, данные будут переданы технологам при подготовке производства и возникнет конфликт при назначении материальных норм. В моделях необходимо проверить правильность назначения материала и плотности материала.

Отметка о том обозначен ли атрибут массы, т.е. будет ли он в дальнейшем передаваться в SAP. Для исправления данной ошибки необходимо перед сдачей на хранение сохранить модель и атрибут установиться автоматически либо обозначить его вручную. Для автоматической простановки массы модели автором статьи был разработан специальный плагин, который выполняется при запуске команды «Сохранить».

Материал, который назначен на деталь для корректного отображения массы модели в соответствии с плотностью материала. В случае отсутствия материала перед сдачей на хранение модели необходимо назначить материал.

Расположение. Модель не должна находиться в корзине, так как в корзину помещаются модели, которые были созданы ошибочно либо не нужны для дальнейшего проектирования. Все модели, расположенные в корзине, в сборке должны быть заменены.

Внешние зависимости. Привязки элемента представляют собой зависимости между различными элементами конструкции. Они создаются в контексте одной детали или в контексте сборки.

Зависимости конструкторского элемента могут являться локальными или внешними привязками. Локальные привязки ссылаются на геометрию только той модели, в которой они были созданы. Внешние привязки ссылаются на геометрию, расположенную вне модели, в которой они были созданы. Если внешние файлы или компоненты не доступны или изменены, это может привести к ошибкам и потере функциональности модели. Это особенно важно при совместной работе с другими пользователями или при обмене моделями. Внешние зависимости могут усложнить управление и контроль версий модели. Если необходимо изменить или обновить внешние файлы, это может потребовать дополнительных усилий и внимания к деталям.

Если модель имеет множество внешних зависимостей, это замедляет работу с моделью. При совместной работе над одним проектом не допускается использовать внешние зависимости и перед сдачей на хранение их необходимо устранить.

Таблица семейств. Таблицы семейств запрещено создавать и использовать при проектировании в НТЦК, так как при использовании одного из элемента таблицы семейств в рабочую область загружаются все исполнения, для корректировки одного из исполнений таблицы семейств необходимо брать к изменению все элементы, входящие в таблицу семейств, а также не существует механизма контролирующего удаление исполнения таблицы семейств. При использовании одного из элементов таблицы семейств ее необходимо разбить.

Циклические ссылки. В моделях Creo циклические ссылки возникают, когда два или более объекта взаимно ссылаются друг на друга, создавая замкнутую цепочку. Это может произойти, например, когда один компонент сборки ссылается на другой компонент, который в свою очередь ссылается обратно на первый компонент. Циклические ссылки могут привести к проблемам при обновлении модели, так как система Creo сталкивается с противоречивыми или неоднозначными зависимостями. Если в модели существуют циклические ссылки, рекомендуется проанализировать структуру модели и разорвать циклы, чтобы устранить противоречия и упростить зависимости между компонентами.

Заблокированные или остановленные компоненты - это компоненты, которые были намеренно заблокированы или остановлены от обновления или изменения. Это может быть полезно в случае, когда нужно временно заблокировать или остановить компоненты для избегания нежелательных изменений или для ускорения работы с большими сборками.

Заблокированные или остановленные компоненты нельзя изменять или обновлять, компонент Creo не обновляться и не вычисляется его положение и размеры, что может значительно сократить время работы со сборкой. Однако необходимо помнить о том, что компоненты

заблокированы и при необходимости проверить их положение сняв блокировку и повторно выполнить регенерацию.

Обратите внимание, что заблокированные или остановленные компоненты все еще остаются видимыми в сборке и влияют на ее структуру, но они не будут обновляться или изменяться.

Для разблокировки или возобновления компонента просто снова использовать соответствующую команду или контекстное меню.

Ошибки уравнений в Creo могут возникать в процессе моделирования и сборки, когда уравнения, используемые для определения размеров и положений компонентов, содержат ошибки или несовместимые выражения. Это может привести к неправильному размещению компонентов, конфликтам или другим проблемам в модели.

Некоторые из распространенных ошибок уравнений в Creo включают:

– синтаксические ошибки: ошибки, связанные с неправильным синтаксисом уравнений, могут возникать из-за неправильного использования операторов, скобок или функций. Например, неправильное использование скобок или отсутствие необходимых операторов может привести к ошибке в вычислении уравнения.

– неправильные ссылки: если уравнение ссылается на неправильные параметры или размеры, которые не существуют или были изменены, это может привести к ошибке. Например, если уравнение ссылается на параметр, который был удален, или на размер, который был изменен, то уравнение будет недействительным.

– несовместимые выражения: если в уравнении используются несовместимые выражения или операции, это также может вызвать ошибку. Например, деление на ноль или использование неверного типа данных может вызвать ошибку в уравнении.

Чтобы исправить ошибки уравнений в Creo, необходимо внимательно проверить и исправить синтаксические ошибки, убедиться, что все ссылки на параметры и размеры корректны, и убедиться, что выражения и операции в уравнении совместимы и корректны.

Незакрепленные компоненты. В программе Creo незакрепленные компоненты представляют собой компоненты, которые не имеют ограничений или связей с другими компонентами в сборке. Это может привести к проблемам с моделированием и сборкой. Если компонент не имеет ограничений или связей с другими компонентами, его положение может быть неопределенным или неправильным. Это может привести к неправильному размещению компонента в сборке или модели. Незакрепленные компоненты могут быть нестабильными и подвержены случайным сдвигам или перемещениям. Это может привести к неправильной работе модели или сборки. Также незакрепленные компоненты могут пересекаться или входить в конфликт с другими

компонентами в сборке. Это может привести к ошибкам или невозможности правильно собрать модель.

Установка правильных ограничений и связей для незакрепленных компонентов помогает обеспечить правильное размещение и стабильность модели или сборки, предотвращает конфликты и пересечения, а также обеспечивает точные результаты при расчетах и анализе модели.

Для исправления проблем, связанных с незакрепленными компонентами, необходимо установить правильные ограничения и связи между компонентами в сборке или модели. Это может включать использование различных методов, таких как ограничения на положение, угол или размеры компонентов, а также использование связей, например, совпадающий, расстояние, нормаль, параллельно и т.д.

Неудавшиеся компоненты в Creo могут быть связаны с различными проблемами или ошибками в процессе моделирования или сборки. Возможные причины и способы решения проблем с неудавшимися компонентами в Creo:

– неудачная загрузка компонента: если компонент не может быть загружен в Creo, возможно, он отсутствует. Проверьте, что файл компонента существует.

– проблемы с зависимостями: если компонент зависит от других компонентов или файлов, неудачная загрузка или отсутствие этих зависимостей может привести к неудавшемуся компоненту. Убедитесь, что все необходимые компоненты и файлы доступны и находятся в правильном месте.

– конфликты и ошибки моделирования: неудавшиеся компоненты также могут быть связаны с конфликтами или ошибками в моделировании. Проверьте модель на наличие ошибок, таких как перекрытия, неправильные размеры или некорректные связи между компонентами.

Если у вас возникают проблемы с неудавшимися компонентами в Creo, рекомендуется проверить все вышеперечисленные аспекты и попробовать устранить проблему

Фиксированные компоненты – это компоненты, которые были закреплены в определенном положении в сборке и не могут быть перемещены или изменены. Это может быть полезно, когда нужно сохранить определенное положение компонента в сборке или предотвратить его случайное перемещение.

Фиксированные компоненты не могут быть перемещены или изменены в сборке. Это позволяет сохранить их текущее положение и избежать нежелательных изменений. Однако при изменении привязок в рядом стоящей сборке не приведет к изменению положения фиксированного компонента, и он будет висеть «в воздухе»

При фиксации компонента Creo перестает его обновлять и вычислять его положение и размеры, что может существенно повлиять на дальнейшее проектирование и привести к ошибкам при разработке ДСЕ.

Чтобы закрепить компонент в Creo, можно использовать команду "Править определение" или контекстное меню компонента. Фиксированные компоненты все еще остаются видимыми в сборке и влияют на ее структуру, но они не будут перемещаться или изменяться.

Для того чтобы запустить плагин необходимо открыть сборку для которой необходимо выполнить анализ либо подготовить список моделей в файле *.xls и нажать кнопку Анализ на вкладке Инструменты и выбрать соответствующие пункты меню (см. рисунок 1)

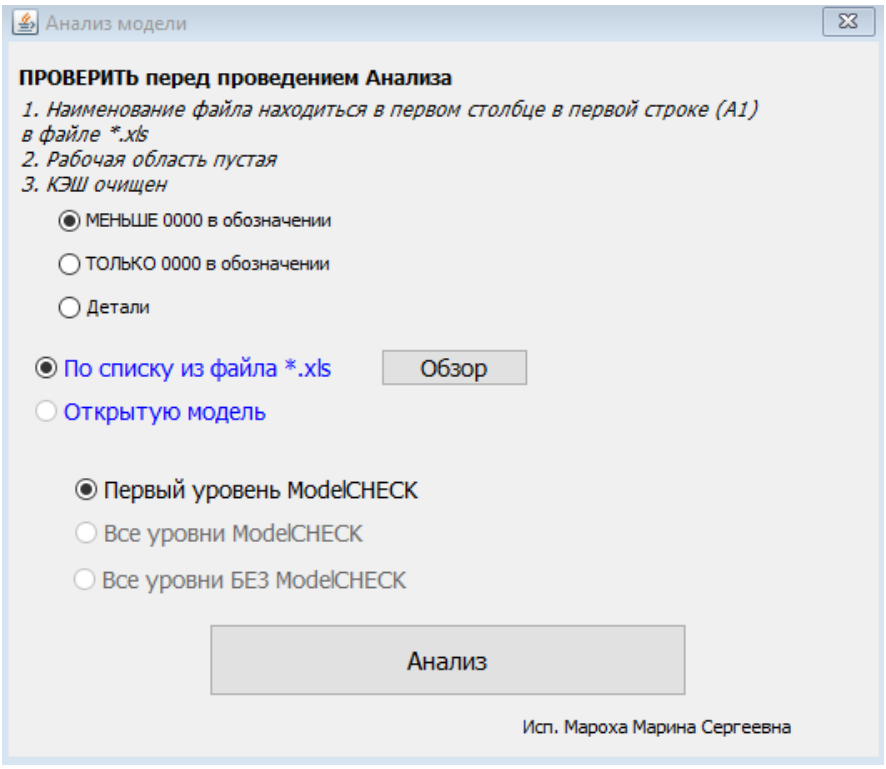


Рис. 1 – Анализ модели

После нажатия кнопки Анализ программа начнет выполнять анализ моделей и после завершения работы плагина появиться сообщение о том что проверка завершена. Файл анализа сохраняется на диск p:\analiz\.

Благодаря плагину можно быстро провести анализ сборки и исправить ошибки, влияющие на коллективную работу тем самым повысить качество модели, а качественная модель обеспечивает точность и надежность проектирования, обеспечивает более ясное представление о проектируемом изделии и упрощает коммуникацию между участниками проекта.

Литература

1. Интернет-ресурс: https://support.ptc.com/help/creo/creo_pma/russian

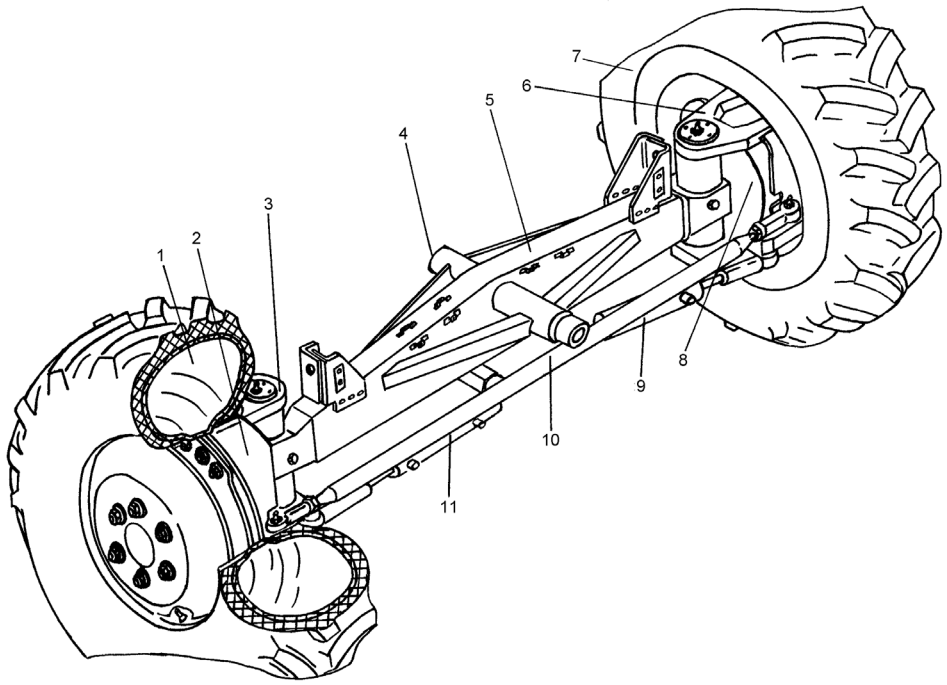
УДК 631.354.2.076

АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ БАЛКИ УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА ЭНЕРГОСРЕДСТВА УЭС-2-250А ПРИ ДВИЖЕНИИ НА СКЛОНЕ

П.Е. Родзевич, Е.С. Городнянский
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Универсальное энергосредство УЭС-2-250А предназначено для выполнения различных сельскохозяйственных работ, выполняемых в агрегате с полунавесными, навесными и прицепными машинами и орудиями.

Мост управляемых ведущих колес (рис. 1) состоит из балки моста, поворотных кулаков, гидромотор-колес, рулевой тяги и двух гидроцилиндров. Поворот колес моста осуществляется гидроцилиндрами. Поперечная рулевая тяга служит для синхронизации поворота колес.



1, 7 – колёса; 2, 8 – гидромотор-колеса; 3, 6 – кулаки поворотные; 4 – ось; 5 – балка моста; 9,11 – гидроцилиндры; 10 – рулевая тяга
Рис. 1 – Мост управляемых ведущих колёс

Балка моста управляемых колес универсального энергосредства УЭС-2-250А (рис. 2) выполнена в виде трубы прямоугольного поперечного сечения, к которой для придания большей жесткости приварена косынка переменного поперечного сечения. Поворот колес осуществляют гидроцилиндры поворота. Для синхронизации управлением поворотом

колес служит поперечная рулевая тяга, с помощью которой производят установку сходимости колес.

Балка моста работает в условиях неплоского изгиба, при котором изгиб происходит в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (главных плоскостях инерции) балки.

Нормальные напряжения при неплоском изгибе в произвольной точке любого поперечного сечения балки вычисляются следующим образом:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{M_y x}{I_y} \qquad (1)$$

где I_x, I_y – главные центральные моменты инерции поперечного сечения;

x, y – координаты точек в системе главных центральных осей, в которых наблюдаются максимальные значения напряжений.

Действием поперечных сил при изгибе балки, а, следовательно, и касательными напряжениями пренебрегаем.

Балка моста работает на полях с уклоном до 8°. Приложение нагрузок в условиях неплоского изгиба и при движении по горизонтальной поверхности ($\alpha = 0^\circ$) можно рассмотреть на примере моста зерноуборочного комбайна (рис. 2). В вертикальной плоскости на балку действует вес энергосредства G_y, приходящийся на управляемый мост, а также вес самого моста G_M, распределенный по длине. Сила F_1, которая соответствует весу энергосредства, приходящегося на одно колесо. В горизонтальной плоскости – сила сопротивления перекатыванию $F_2 = fF_1$ с коэффициентом сопротивления качению $f = 0{,}1$ (для стерни).

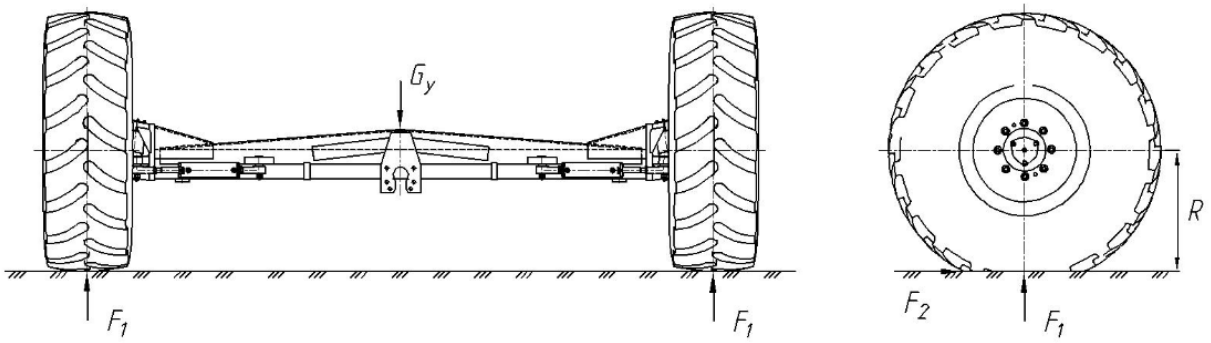


Рис. 2 – Схема приложения нагрузок на мост при движении по горизонтальной поверхности

При движении энергосредства на склоне с углом $\alpha = 8^\circ$ со стороны почвы будет возникать сила F_3, создающая изгибающий момент на плече R (рис. 3).

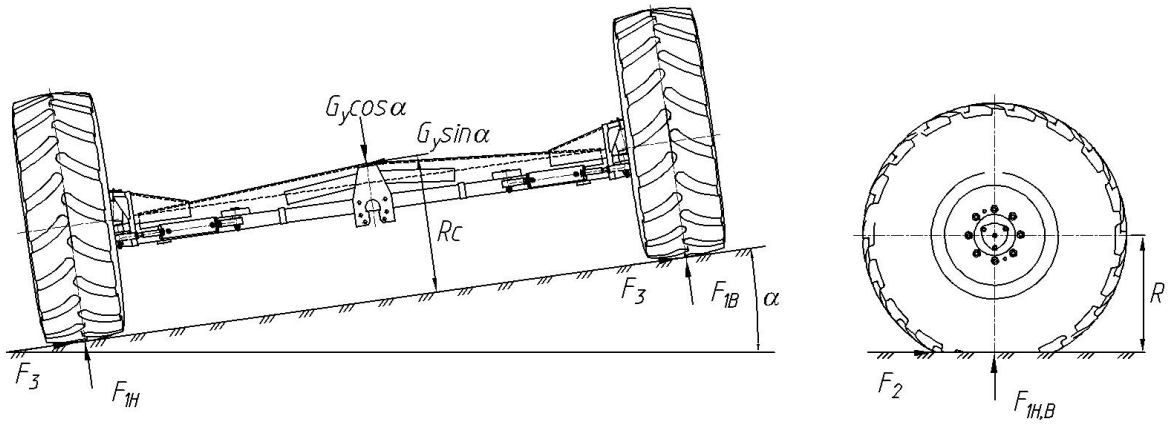


Рис. 3 – Схема приложения нагрузок на управляемый мост при движении на склоне ($\alpha = 0...8^\circ$)

Приложение нагрузок при движении энергосредства по горизонтальной поверхности и на склоне происходит симметрично, поэтому расчетную схему можно представить в виде консольной балки и с учетом веса моста, распределенного по длине, она будет иметь следующий вид (рис. 4).

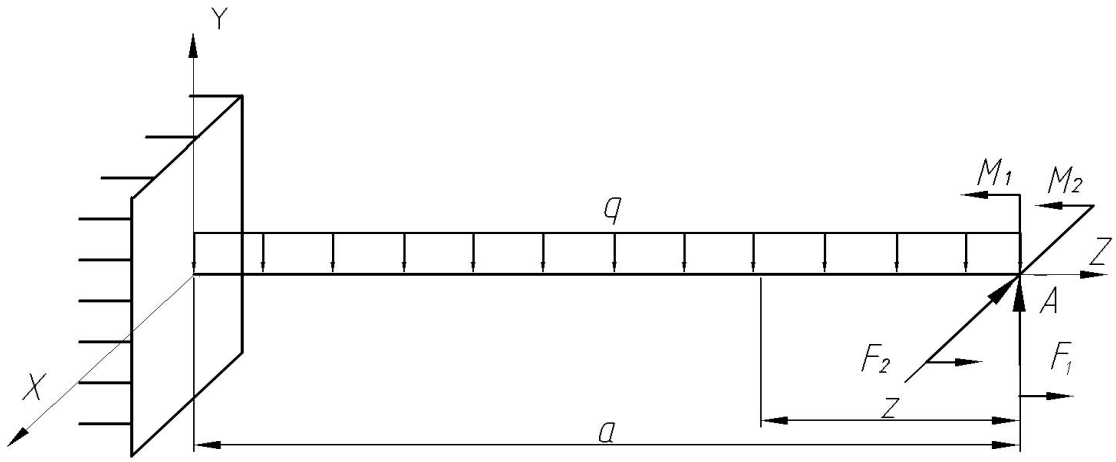


Рис. 4 – Расчетная схема

Изгибающие моменты M_x и M_y относительно главных центральных осей x и y могут быть вычислены в любом поперечном сечении балки, но наиболее опасным является сечение, в котором эти моменты достигают своих наибольших значений.

Изгибающие моменты M_x и M_y, возникающие в левой (условно нижней) и правой (условно верхней) частях моста будут определяться выражениями:

для левой части – $M_x(z) = M_1 + F_1 z - q\dfrac{z^2}{2} - F_3 R$, (2)

для правой части – $M_x(z) = M_1 + F_1 z - q\frac{z^2}{2} + F_3 R$, (3)

для левой и правой части – $M_y(z) = M_2 + F_2 \cdot z$, (4)

где M_1, M_2 – изгибающие моменты от сил F_1 и F_2, приведенные в точку А балки моста трубчатого сечения;

z - переменная функции изгибающего момента, изменяющаяся от 0 до $a = 1{,}2$ м;

При движении на горизонтальном участке и на склоне силы F_1 и F_3 будут определяться выражениями:

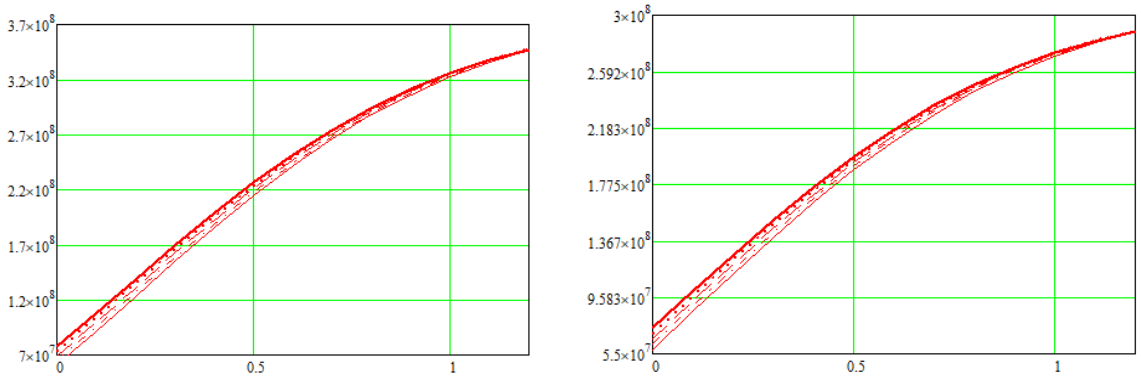
для левой (нижней) части – $F_{1H} = \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot l - G \cdot \sin\alpha \cdot R}{2 \cdot l}$; (5)

для правой (верхней) части – $F_{1B} = \frac{G \cdot \cos\alpha \cdot l + G \cdot \sin\alpha \cdot R}{2 \cdot l}$; (6)

$$F_3 = \frac{G}{2}\sin\alpha, \quad (7)$$

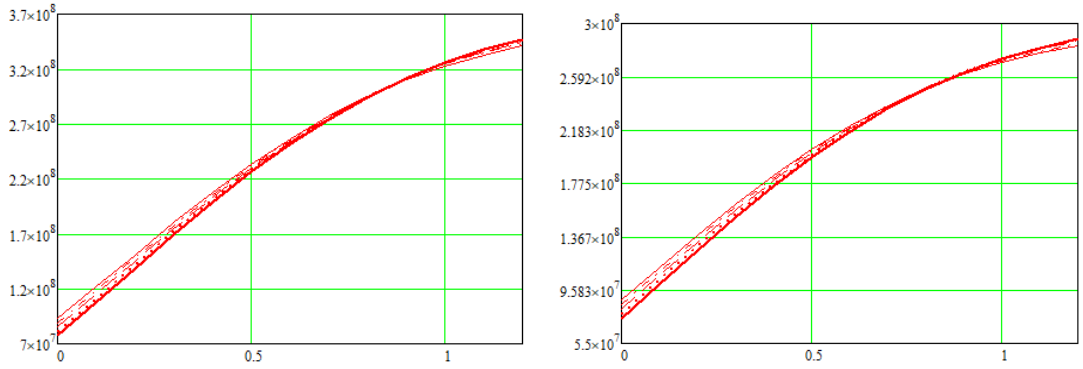
где l – расстояние между колесами (колея), $l = 3{,}2$ м.

На рисунках 5, 6 представлены графики изменения напряжений в балке управляемого моста энергосредства при движении по горизонтальному участку и при различных углах уклона.



а б

Рис. 5 – График изменения напряжений (значения по оси OY, Па) при растяжении (а) и сжатии (б) по длине балки моста (значение по оси OX, м) для левой части в зависимости от угла на склоне α: — α=0; ···· α=2°; — α=4°; - · - α=6°; — α=8°.



а б

Рис. 6 – График изменения напряжений (значения по оси OY, Па) при растяжении (а) и сжатии (б) по длине балки моста (значение по оси OX, м) для правой части в зависимости от угла на склоне α: — - α=0; ···· - α=2°; — - α=4°; - - - α=6°; — - α=8°.

Анализ работы моста с учетом угла наклона показывает, что наиболее нагруженной частью моста является правая (верхняя) часть моста, ввиду появления изгибающего момента от силы F_3.

Ввиду действия боковой силы F_3 напряжения в правой части моста оказались на 25-35% больше при малых значениях переменной z, однако, к середине моста при $z=$ 1,2 м происходит перераспределение максимальных напряжений и более нагруженной становится левая часть балки.

В целом сечение балки моста расположено рационально – наибольшие напряжения возникают в области сжатия. При движении энергосредства или комбайна по полю возможно возникновение динамических нагрузок, связанных с наездом на препятствия (камни, ямы, инородные предметы). Появление динамических нагрузок может существенно увеличить напряжения в сечениях моста, что приведет к появлению пластических деформаций и как результат усталостному разрушению.

Литература

1. Дарков А.В., Шпиро Г.С. Сопротивление материалов. Учебник для втузов. М.: Высш. школа, 1989.

2. Универсальное энергетическое средство УЭС-2-250А “Полесье-2-250А”. Инструкция по эксплуатации. “ПО Гомсельмаш”, 2006. – 212с.

3. Шельманова Е.П. Анализ нагруженности балки управляемого моста универсального энергосредства УЭС-2-250А / Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы X Междунар. межвуз. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2010, с. 72–76.

УДК 631.334

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАБОТЫ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

А.М. Мухаметдинов
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет», г. Уфа, Российская Федерация

В настоящее время применяются различные современные методы проектирования и исследования сельскохозяйственных машин. Также применяется метод моделирования технологического процесса обработки почвы в различных программных комплексах (ANSYS, Abaqus, OpenFOAM, FlowVision, Rocky DEM, APM) [1,2]. ОАО «Гомсельмаш» активно применяет 3D моделирование при проектировании сельскохозяйственного оборудования [3].

Рассмотрим применение на практике программных комплексов при моделировании технологического процесса обработки почвы сельскохозяйственными машинами. Данные исследования также проводятся на кафедре мехатронных систем и машин аграрного производства ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ. Данная методика проведения исследований состоит из проведения патентного исследования, выявления недостатков у существующих аналогов, предложения по решению этих недостатков, создания конструктивной схемы рабочего органа, создание 3D модели, проведение исследований в программном комплексе, изготовление натурного образца, проведение испытаний в реальных лабораторных и полевых условиях.

Применяемые в настоящее время рабочие органы почвообрабатывающих орудий не в полной мере удовлетворяют агротехническим требованиям по качеству обработки почвы по засыпанию борозды, прикатывании. Необходимо создать 3D модель проектируемого рабочего органа. Для этого используется программа КОМПАС-3D (рисунок 1, 2, 3).

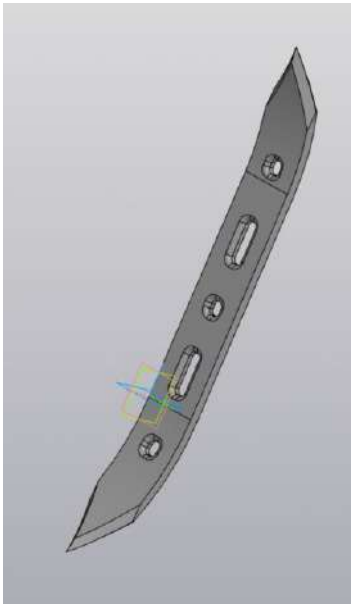


Рис. 1 – 3D модель долото рабочего органа

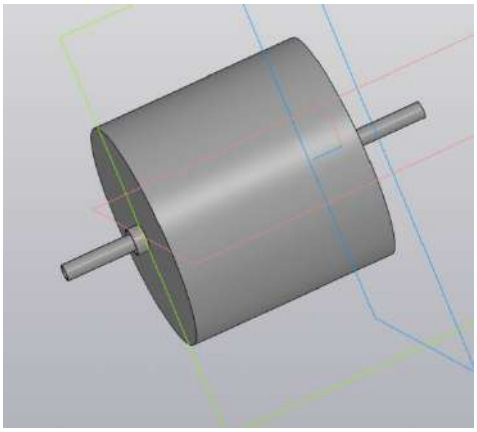


Рис. 2 – 3D модель прикатывающего катка рабочего органа

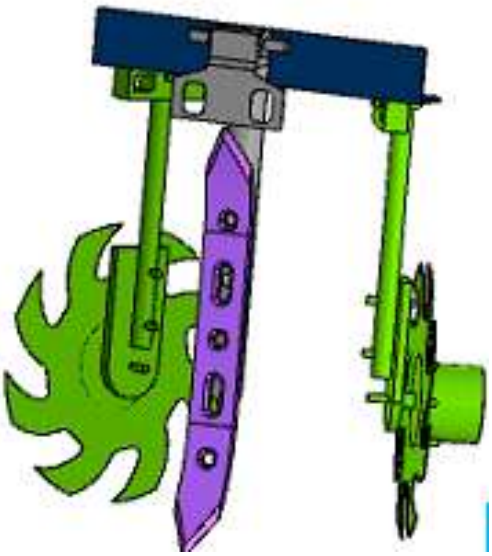


Рис. 3 – 3D модель рабочего органа почвообрабатывающей машины

После разработки 3D модели рабочего органа почвообрабатывающей машины были проведены эксперименты в программном комплексе FlowVision (рисунок 4) [3].

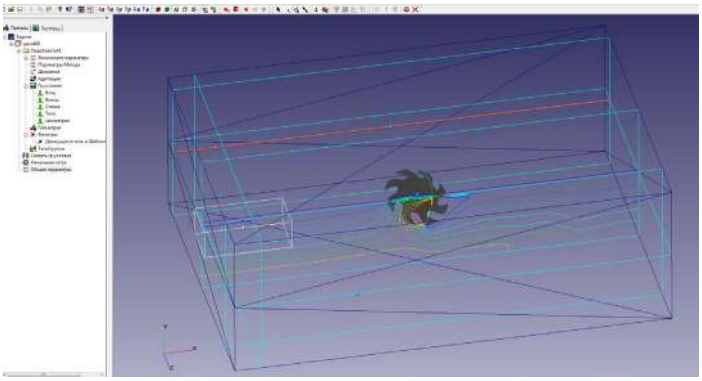


Рис. 4 – Разработанная модель реализована в программном комплексе FlowVision

В данном программном комплексе исследовались такие параметры как зависимость ширины засыпания борозды от угла установки дисков, тяговое сопротивление.

Расчеты на прочность производим при помощи системы прочностного анализа APM STRUCTURE 3D (рисунок 5) [2].

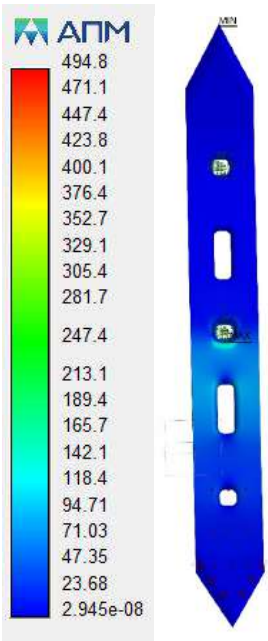
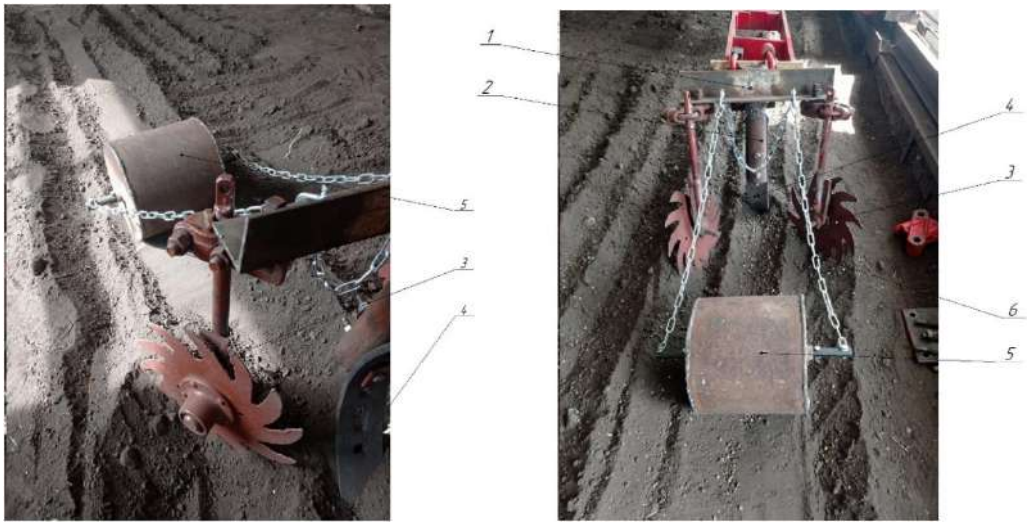


Рис. 5 – Карта эквивалентное напряжение по Мизесу

Данная система позволяет получать такие данные как напряжения, нагрузки, перемещения, коэфф. запаса по пределу текучести, деформации.

После обоснования параметров был изготовлен экспериментальный

рабочий орган. Экспериментальные исследования выполнены на почвенном канале кафедры мехатронных систем и машин аграрного производства ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ (рисунок 6) [3].



1 – рама; 2 – стойка; 3 – диск; 4 – долото; 5 – прикатывающий каток; 6 – цепь

Рис. 6 – Лабораторная установка по исследованию качества обработки почвы

Диски могут устанавливаться в соответствии с особенностями почвы путем регулировки угла в диапазоне от 4-34°, для супесчаных почв устанавливается больший установочный угол, для суглинистых меньший установочный угол (рисунок 7) [3].



Рис. 7 – Определение формы профиля борозды

Такая целостная методика применение программных комплексов при исследовании работы рабочего органа для обработки почвы позволяет получить расчетные данные сопоставимые с реальными лабораторными экспериментами.

В дальнейших исследованиях планируется моделирование технологического процесса обработки почвы и внесения гранулированных удобрений. Для этого необходимо произвести калибровки удобрений в соответствии с их гранулометрическим составом.

Литература

1. Мухаметдинов А.М., Фархутдинов И.М. Применение программных комплексов при моделировании обработки почвы // В сборнике: Современное состояние, традиции и инновационные технологии в развитии АПК. материалы международной научно-практической конференции в рамках XXIX Международной специализированной выставки «Агрокомплекс-2019». Башкирский государственный аграрный университет. 2019. – С. 134 – 137.

2. Билалов Н.Р. Исследование нагрузок стойки долотообразного рабочего органа в APM FEM / НР. Билалов, А.М. Мухаметдинов // Молодые ученые в формировании приоритетов научно-технологического развития страны в условиях современных вызовов: материалы международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 23 июня 2023 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, 2023. – С. 133 – 136.

3. Мухаметдинов А.М. Разработка рабочего органа для обработки почвы / А.М. Мухаметдинов, Д.И. Мингалиев, И.М. Фархутдинов // Наука молодых – инновационному развитию АПК : материалы XV Национальной научно-практической конференции молодых ученых, Уфа, 16–17 ноября 2022 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Башкирский государственный аграрный университет»; Совет молодых ученых университета. Том часть I. – Уфа: Башкирский государственный аграрный университет, 2022. – С. 284 – 287.

УДК: 633.521:631.334

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА ДИСК СОШНИКА С ОДНОСТОРОННИМИ РЕБОРДАМИ

В.В. Амеличев, В.Р. Петровец
Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Когда перемещаются диски сошника в почве, то на них действуют силы сопротивления со стороны почвенного слоя. Основными рабочими поверхностями, которые контактируют с почвой в процессе движения сошника, являются режущие кромки дисков и коническая поверхность реборды. По сравнению с другими типами сошников, дисковые сошники обладают более низким тяговым сопротивлением за счет постоянного вращения дисков [1, 2].

Дисковый сошник представляет с собой систему, состоящую из диска с радиусом $r_д$, усеченной конической реборды с радиусом основания конуса $r_{p.max}$, углом при основании конуса μ и ширины $b_р$ (рис. 1).

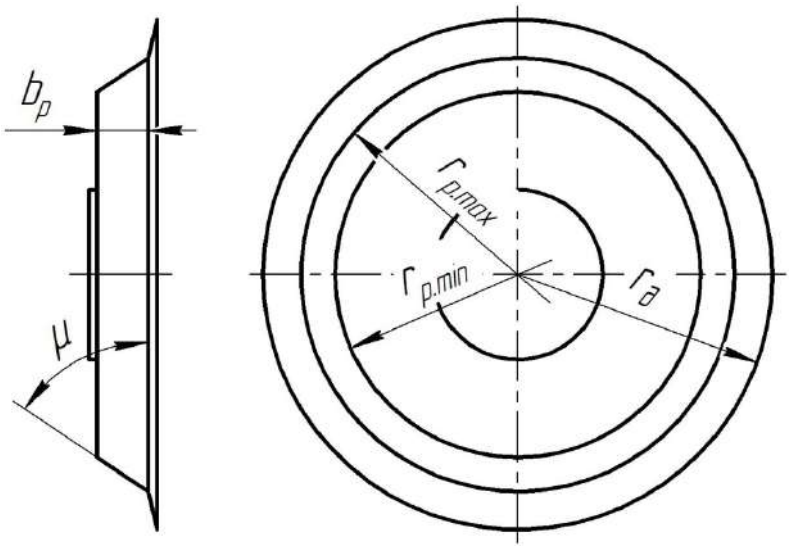


Рис. 1 – Схема диска сошника с односторонними ребордами

Почва состоит из твердой фазы, влаги и воздуха. Твердая фаза состоит из твердых микрочастиц, которые образуют пустоты. Размер этих пустот характеризуется пористостью почвы ε, которая определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{V - V_т}{V} \cdot 100\%,$$

где V – общий объем почвы в ненарушенном сложении, м^3;

$V_т$ – объем твердых частиц почвы, м^3.

Твердые частицы могут располагаться более или менее близко друг относительно друга, образуя почвенный скелет. Это влияет на изменение пористости почвы ε и общий объем V. Следовательно, изменяется плотность скелета почвы, которая определяет необходимые условия прорастания семян [2].

Подвергая почву сжатию, можно более тесно сблизить твердые частицы, увеличив плотность скелета почвы. При этом, чем больше увеличивается плотность, тем большую нагрузку необходимо приложить [2]. Зависимости сопротивления почвы σ от глубины смятия h можно представить следующими формулами

$$\sigma = kh; \quad (1)$$

$$\sigma = \left(\frac{k_c}{b} + k_f\right) h^v, \text{при } v < 1; \quad (2)$$

$$\sigma = \sigma_0 \text{th}\left(\frac{k}{\sigma_0} h\right), \quad (3)$$

где k – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м^3;

k_c – коэффициент сцепления с почвой;

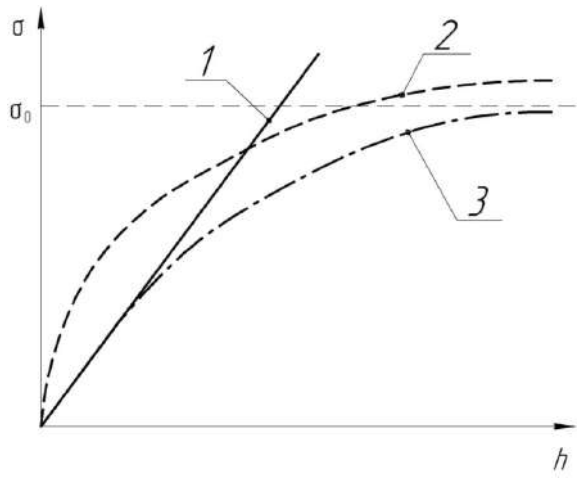
b – наименьший размер штампа, м;

k_f – коэффициент трения с почвой;

v – коэффициент, который характеризует степень возрастания нагрузки при смятии;

σ_0 – предельная несущая способность почвы, Н/м^2 [2–7].

Зависимости сопротивления почвы σ от глубины смятия h, приведенные формулами (1), (2) и (3), можно представить в виде графиков (рис. 2).



1 – линейная зависимость; 2 – зависимость по формуле М.Г. Беккера; 3 – зависимость по формуле В. В. Кацыгина

Рис. 2 – Зависимость сопротивления почвы σ от глубины смятия h

Из рисунка 2 видно, что недостатком формулы (2), предложенной Беккером М.Г. [5], является то, что при малых значениях глубин смятия h сопротивление почвы σ резко возрастает. По формуле (3), предложенной Кацыгиным В.В. [6], при малом значении глубины смятия h сопротивление почвы σ фактически совпадает со значениями линейной зависимости [7], определенной по формуле (1). Однако если по линейной формуле сопротивление почвы увеличивается с неограниченным ростом глубины смятия, то по формуле Кацыгина с увеличением глубины смятия, сопротивление почвы стремится получить значение σ_0.

Это соответствует как физическому представлению, так и опытным данным. Однако при вычислении суммарных усилий сжатия формула приводит к громоздким вычислениям и часто к таким интегралам, которые невозможно выразить через элементарные функции. Это приводит к использованию приближенных методов [3, 4].

Если при разложении $\mathrm{th}\left(\frac{k}{\sigma_0}h\right)$ в ряд и ограничиться первым членом, то это равносильно использовать формулу (1). Необходимо проверить, до каких значений h допустима линейная формула (1) вместо формулы (3), и оценить возникшую ошибку.

Обозначим $x = \mathrm{th}\left(\frac{k}{\sigma_0}h\right)$ и сравним формулы $y = x$ и $y = \mathrm{th}x$.

Функцию th$x$ разложим в ряд Маклорена в окрестности точки $x = 0$ вида:

$$thx = x - \frac{x^2}{3} + \frac{2}{15}x^5 - \ldots .$$

Известно, что при отбрасывании членов знакочередующегося ряда погрешность первого отбрасываемого члена не превышает размера. Поэтому, если для вычисления th$x$ используется только первый член ряда, ошибка не будет превышать $x^3/3$. Используем прямое вычисление для проверки значений x, до которых x допустимо, а не th$x$.

Выясним, какие значения x может принимать в реальных условиях, когда происходит смятие почвы с жестким направленным колесом. Согласно данным [8]

$$x = 4kr_{\text{р}}(\cos\alpha/2 - \cos\alpha_0/2)$$

где α_0 – угол обхвата опорной поверхности почвы, $0 < \alpha < \alpha_0$, град;

$r_{\text{р}}$ – радиус реборды, мм;

k – коэффициент объемного смятия почвы.

Согласно отношению k/σ_0 практически не превосходит единицы для всех видов почв и только в трех случаях это значение составляет не более 1,6. Выражение в скобках достигает наибольшего значения при $\alpha = 0$. Следовательно, значение x не превышает $4r_{\text{р}}(1 - \cos\alpha_0/2)$.

Согласно рис. 3 видно, что $\cos\alpha_0 = (r_{\text{р}} - h)/r_{\text{р}}$.

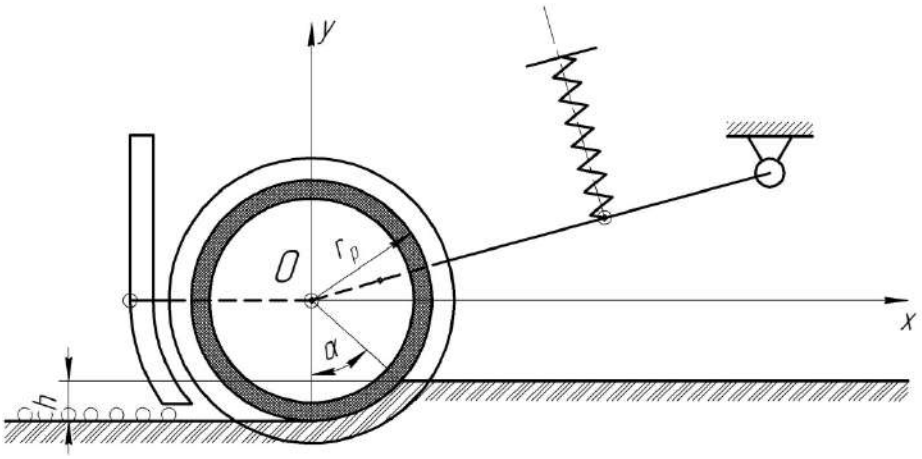


Рис. 3 – Схема для определения угла охвата поверхности почвы дисковым сошником с ребордой

Предположим весьма маловероятное для диска сошника, что $h = r_p/2$. Тогда $\alpha_0 = 60°$, а значит $\cos\alpha_0/2 = \cos 30°$.

Следовательно, $4r_p(1 - \cos\alpha_0/2) \leq 0{,}56r_p$.

Для сошников обычно принимают радиус реборды r_p не более 150 мм. А значит для вышесказанных условий значение x не превосходит величины 8,4 мм. Замена th$x$ на x дает погрешность не более 0,5%. Это обосновывает возможность использования формулы (1) для расчета воздействий почвы на сошник при смятии почвы.

Литература

1. Нотов Р.А. Обеспечение работоспособности двухдисковых сошников зерновых сеялок на почвах различной влажности: : специальность 05.20.03 "Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве": диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Нотов Руслан Адальбиевич. – Ставрополь, 2020. – 170 с.

2. Габаев А.Х. Конструктивно-технические решения повышения эффективности работы сеялки в условиях повышенной влажности почв: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Габаев Алий Халисович. – Санкт-Петербург, 2017. – 147 с.

3. Petrovets V.R. Seeding grain crops with disc cutters with trimmed-taper furrousers-compactors / V.R. Petrovets, N.I. Dudko, V.V. Amelichev – Gorki: BSAA, 2021. – 92 p.

4. Петровец В.Р. Посев зерновых культур дисковыми сошниками с усечено-конусными бороздкообразователями-уплотнителями: монография / В.Р. Петровец, С.В. Авсюкевич, Н.И. Дудко. – Горки: БГСХА, 2015. – 212 с.

5. Беккер М.Г. Введение в теорию систем местность–машина. Ч. 1, Ч. 2, Местность. Машина / Пер. с англ. д-ра техн. наук В. В. Гуськова. – М. : Машиностроение, 1973. – 520 с.

6. Кацыгин В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных сельскохозяйственных машин и орудий / В.В. Кацыгин // Вопросы с.-х. техники. – Минск: Ураджай, 1964. – № 13. – С. 5–147.

7. Волков С.А. Технология возделывания и урожайность зерновых / С.А. Волков, Ю.И. Верещагин // Достижения науки и техники АПК. – 2001. – №7. – С. 13 – 14.

8. Тракторы. Теория: учеб. для студ. вузов по спец. «Автомобили и тракторы» / В.В. Гуськов [и др.]; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.

УДК 631.352

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ В ЗОНЕ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С ГИБРИДНОЙ СХЕМОЙ ОБМОЛОТА С РОТОРНЫМ СОЛОМОТРЯСОМ

Д.В. Воробьев
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В работе рассмотрены подходы к формированию цифровой модели и приведены результаты исследования технологического процесса перемещения зерновой массы в зоне очистки зерноуборочного комбайна. С помощью созданной цифровой модели исследованы особенности технологического процесса, а также выявлены его недостатки. По результатам исследования предложено техническое решение, позволяющее обеспечить равномерность схода массы из домолачивающего устройства распределительным шнеком по всей ширине стрясной доски.

Введение. При конструировании новых моделей зерноуборочных комбайнов важно иметь представление о технологических процессах, протекающих внутри технологического тракта. Неполное понимание этих процессов приводит к необходимости экспериментальным путем проводить доработку конструкции на реальном образце с помощью использования дорогостоящих стендовых, доводочных, натурных и других видов испытаний.

При испытании опытного образца конструкции зерноуборочного самоходного комбайна были высказаны замечания о неустойчивом выполнении технологического процесса при уборке на полях с большой урожайностью, вызванного скоплением технологической массы в зоне домолачивающего устройства очистки комбайна. Это приводило к необходимости снижать скорость движения комбайна, и, следовательно, к снижению его производительности или увеличению потерь за очисткой, а также наблюдалась повышенная засоренность зерна в бункере элеватора и неравномерное распределение зерновой массы по стрясной доске.

Известно, что в комбайнах с двухроторной системой обмолота и сепарации с неподвижным статором существует тенденция к одностороннему распределению вымолоченной массы по стрясной доске. Производители таких комбайнов решают данный вопрос различными способами с разной степенью успешности. Поэтому понимание процессов перемещения хлебной массы и зернового вороха в роторных молотильно-сепарирующих устройствах и по транспортирующим рабочим органам в системе очистки комбайна являются одним из ключевых моментов для

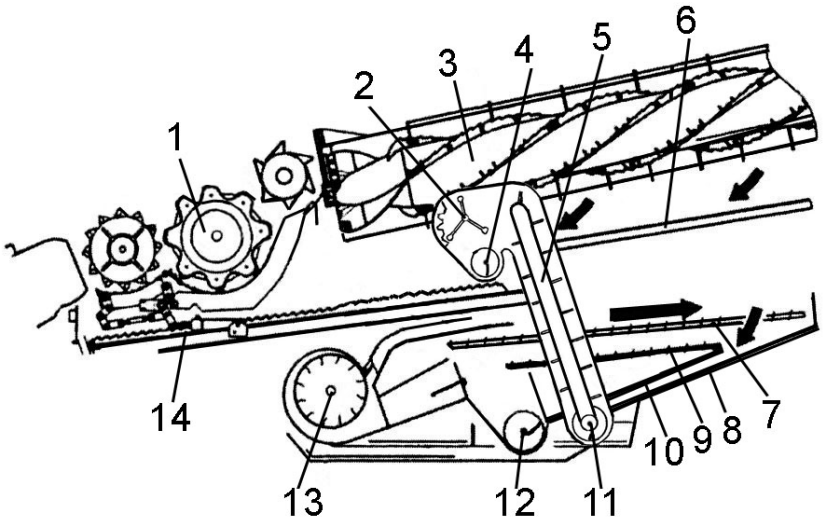
оптимизации процессов качественного выделения зерна, его очистки и обеспечения оптимальной загрузки рабочих органов комбайна.

Процессы движения хлебной массы и зернового вороха рассматриваются различными авторами [1-3], однако недостатками таких работ являются попытки создания упрощенных математических моделей движения одиночной частицы по поверхности рабочих органов. Такие модели не описывают полную картину поведения зерновой массы или зернового вороха при перемещении. Кроме того, не учитывается, что частица попадает на транспортирующий рабочий орган с начальной скоростью, близкой к скорости предыдущего рабочего органа, имеет при этом упругие свойства, а также геометрическую форму, влияющие на характер ее перемещения.

Объект исследования: домолачивающее устройство и распределительный шнек в системе очистки зерноуборочного комбайна.

Предмет исследования: конструкция рабочих органов распределительного шнека системы очистки зерноуборочного комбайна.

Схема работы очистки представлена на рисунке 1.



1 – молотильный аппарат; 2 – устройство домолачивающее; 3 – роторный соломосепаратор; 4 – шнек распределительный; 5 – элеватор колосовой; 6 - скатная доска; 7 – верхнее решето; 8 - поддон колосовой; 9 – нижнее решето; 10 – поддон зерновой; 11 – шнек колосовой; 12 - шнек зерновой; 13 – вентилятор; 14 – стрясная доска

Рис. 1 – Схема работы очистки

Зерновой ворох, попавший после обмолота в молотильном аппарате 1 (см. рис.1) на стрясную доску 14, совершающую колебательные движения, предварительно перераспределяется – зерно и тяжелые соломистые частицы опускаются вниз и движутся в нижней зоне слоя, а легкие и крупные соломенные частицы перемещаются в его верхней зоне.

На пальцевой решетке стрясной доски 14 идет дальнейшая предварительная сепарация вороха: зерно, движущееся в нижней зоне слоя, поступает на верхнее решето 7, а крупные соломенные частицы проходят по пальцевой решетке над решетами. Полова и легкие примеси под действием воздушной струи вентилятора 13 выдуваются из очистки и оседают на поле. Крупные соломенные частицы, идущие сходом с верхнего решета, также попадают на поле. На второй секции верхнего решета 7 выделяются недомолоченные колоски, которые по колосовому поддону 8 поступают в колосовой шнек 11. Зерно, очищенное на верхнем решете 7, поступает на нижнее решето 9, где очищается окончательно.

Очищенное зерно по поддону зерновому 10 подается в зерновой шнек 12 и далее зерновым элеватором и загрузным шнеком в бункер зерна, а сходы с нижнего решета поступают по поддону колосовому 8 в колосовой шнек 11, после чего транспортируются колосовым элеватором 5 на повторный обмолот в домолачивающее устройство 2, а затем распределительным шнеком 4 распределяется повторно по ширине стрясной доски 14.

Соломистый ворох после обмолота в молотильном аппарате 1 попадает для дальнейшей сепарации и транспортировки в роторные соломосепараторы 3.

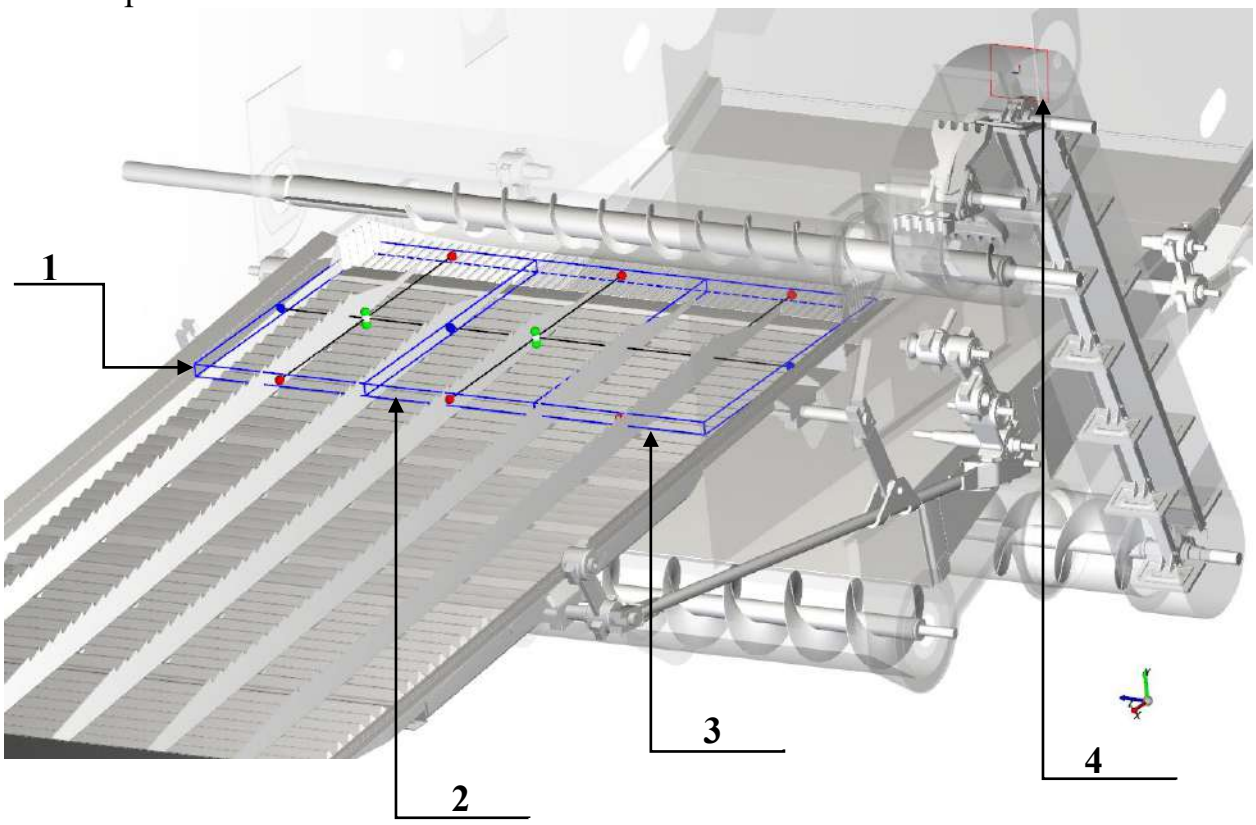
Цель исследования – формирование и исследование математической цифровой модели высыпания зерновой массы из домолачивающего устройства распределительным шнеком на поверхность стрясной доски с целью оптимизации распределения массы по ширине стрясной доски.

Методология исследования. Имитационное моделирование и исследование технологических процессов перемещения зерновой массы по стрясной доске очистки комбайна было решено выполнить с помощью программного комплекса ROCKY. ROCKY – это современное программное обеспечение, позволяющее создавать прогностические имитационные компьютерные модели технологических процессов, формируемых различными видами обрабатывающих и транспортирующих рабочих органов, с использованием сыпучих материалов любой формы с учетом их упругих свойств.

С целью исследования высыпания, перемещения и распределения технологической массы по ширине стрясной доски системы очистки роторного зерноуборочного комбайна была создана 3D-модель конструкции рабочих органов, представленная на рисунке 1. Для этого конструкторская модель системы очистки комбайна была импортирована из Windchill, геометрия преобразована в SpaceClaim и подготовлена для расчета в ROCKY.

Подача технологической массы в модель задана из ячейки 4 (см. рис. 2), имитирующей зоны выхода этой массы из кожуха элеватора, с

начальной скоростью V_0, соответствующей частоте вращения колосового элеватора.



1, 2, 3 – области контроля сбрасываемой массы; 4 – область подачи массы в модель

Рис. 2 – Виртуальная модель системы очистки зерноуборочного комбайна исходной конструкции

Для процесса моделирования перемещения зерновой массы в системе домолота были выбраны модели колоса и зерна пшеницы (см. рис. 3). Это позволяет, при соизмеримой насыпной плотности убираемых зерновых культур, уменьшить количество частиц, одновременно находящихся в модели и ускорить время моделирования без потери функционального качества имитационной модели технологического процесса.

Параметры, характеризующие геометрические размеры, массу, а также взаимодействие частиц, были получены из различных источников. Согласно данным работы Егорова Г.А. [4], размеры зерна пшеницы в колосе варьируются в зависимости от спелости зерна. В таблицах 1 и 2 приведены размеры зерен пшеницы.

Таблица 1. Размеры зерен пшеницы

Растение	Размеры семян, мм.			Критическая скорость, м/с.	Удельный вес, гр/см^3.	Вес 1000 семян, гр.
	Толщина	Ширина	Длина			
Пшеница	1,5-3,8	1,6-4,0	4,2-8,6	8,9-11,5	1,2-1,5	22-42

Таблица 2. Количественные и размерные показатели растений

Культура	Количество стеблей на 1 м^2.	Полная длина стеблей, см.	Длина колоса, см.
Пшеница	300-800	45-130	4,5-6,0

На поведение перемещения зерновой массы влияют коэффициенты трения зерен пшеницы, как между собой, так и с поверхностями рабочих органов. Величины коэффициентов трения представляют собой варьируемые значения в зависимости от влажности зерна, фазы спелости и поверхностей соприкосновения. Коэффициенты трения, представленные в работе [4], приведены в таблицах 4-6. В работе Красниченко А.В. [5] приводятся данные по коэффициентам трения зерен и стеблей пшеницы, которые приведены в таблицах 7 и 8.

Таблица 3. Коэффициенты трения стеблей пшеницы при движении

Влажность стеблей, %	Влажность воздуха, %	Оцинкованная сталь	Шлифованная сталь	Дерево
17,7	15	0,24	0,39	0,38
17,0	81	0,32	0,56	0,32
49,6	81	-	0,83	0,4
6,7	26	0,29	0,36	0,29

Таблица 4. Коэффициенты трения стеблей пшеницы в покое

Влажность стеблей, %	Влажность воздуха, %	Оцинкованная сталь	Листовая сталь	Фанера
17,7	15	0,33	-	0,32
17,0	81	0,52	0,39	0,28
49,6	81	0,69	0,6	0,4
6,7	26	0,33	0,25	0,26

Таблица 5. Коэффициенты трения движения продуктов обмолота при засушливой/нормальной погоде

Поверхность трения	Коэффициенты трения при засушливой погоде				
	Зерно	Полова	Солома	Колосья	Стебли
Оцинкованная сталь	0,28	-	0,26	0,22	0,24
Шлифованная сталь	0,25	0,37	0,35	0,33	0,36
Коэффициенты трения при нормальной погоде					
Оцинкованная сталь	0,32	0,38	0,37	0,37	0,38
Шлифованная сталь	0,33	0,40	0,38	0,39	0,43

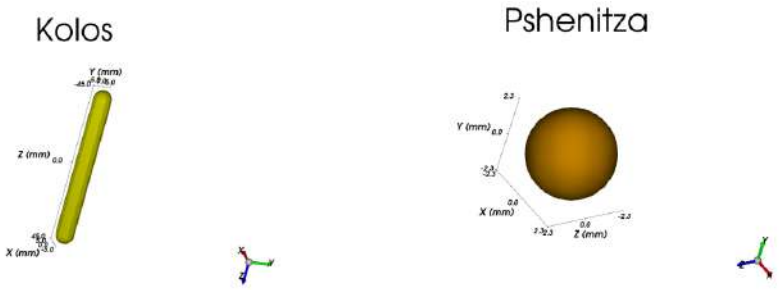
Таблица 6. Физико-механические свойства насыпных продуктов

Наименование	Объемный вес, т/м^3.	Коэффициент внутреннего трения	Коэффициент уплотнения	Коэффициент трения покоя по стали	Коэффициент трения покоя по дереву	Коэффициент трения покоя по резине
Пшеница	0,65-0,81	0,47-0,73	1,05-1,13	0,35-0,65	0,3-0,58	0,39-0,5

Таблица 7. Физико-механические свойства стеблей пшеницы

Культура	Влажность, %	Длина частицы, мм.	Объемный вес, кг/м^3.	Угол естественного откоса, град.
Солома озимой пшеницы, сухая	16	25	76	50-60
Солома озимой пшеницы, сухая	16	40	60	50-60
Солома озимой пшеницы, запаренная	72	14	242	–
Солома озимой пшеницы, запаренная	72	25	236	–
Солома озимой пшеницы, запаренная	72	40	159	–

Исходя из вышеперечисленных данных по геометрическим, массовым и упругим свойствам зерна кукурузы, создана цифровая модель зерновой массы, состоящей из двух типов частиц, отличающихся размерами и массой (см. рис.3). Для моделирования были приняты две модели, представленные зерном пшеницы в виде частицы Sphere со свойствами, соответствующими зерну кукурузы влажностью 15%, а также колосом пшеницы в виде частицы Straight Fiber со свойствами, соответствующими соломе озимой сухой пшеницы влажностью 15%.



а б

Рис. 3 – Виртуальная модель зерен пшеницы и колоса: а – модель колоса, выполненная в виде частицы Straight Fiber; б – модель зерна пшеницы, выполненная в виде частицы Sphere

Кинематическое движение стрясной доски задано путем указания амплитуды углового перемещения поддержек с частотой 4,49 Гц и амплитудой 8,558 градуса, принятых из предварительно проведенного кинематического анализа системы очистки, выполненного векторным способом, который хорошо зарекомендовал себя при анализе подобных систем [6].

После разработки цифрового двойника технологической массы зерновой культуры и пространства системы домолота с конструкцией стрясной доски, проведено планирование виртуального эксперимента [7]. После проведения серии расчетов проводилась постобработка результатов с целью определения оценочных критериев, а также выявления особенностей, происходящих при выполнении технологического процесса, что невозможно увидеть на реальном образце комбайна.

В качестве оценочного критерия было принято распределение технологической массы по ширине стрясной доски при сходе на верхнее решето в устоявшемся режиме работы. Для этого выделены три области 1, 2, 3 (см. рис. 1), в которых фиксируется количество массы, пройденное через них в текущий момент времени.

С помощью оптимизации конструкции созданной модели технологического процесса высыпания и перемещения зерновой массы по стрясной доске были рассмотрены несколько технических решений,

позволяющих перераспределить поток массы, обеспечивая равномерный сход по всей ширине стрясной доски.

Предложенное решение состоит в следующем. Для устранения одностороннего распределения обмолоченной зерновой массы в зоне ее схода со стрясной доски, а также исключения скапливания зерновой массы в зоне кожуха распределительного шнека, были подобраны варианты конструкции, включающие в себя увеличение диаметра витков распределительного шнека на 10 мм, а также увеличение угла поворота кожуха распределительного шнека на 15, 30 и 45 градусов включительно. Модели начальной и предложенных конструкции кожуха представлены на рисунке 4.

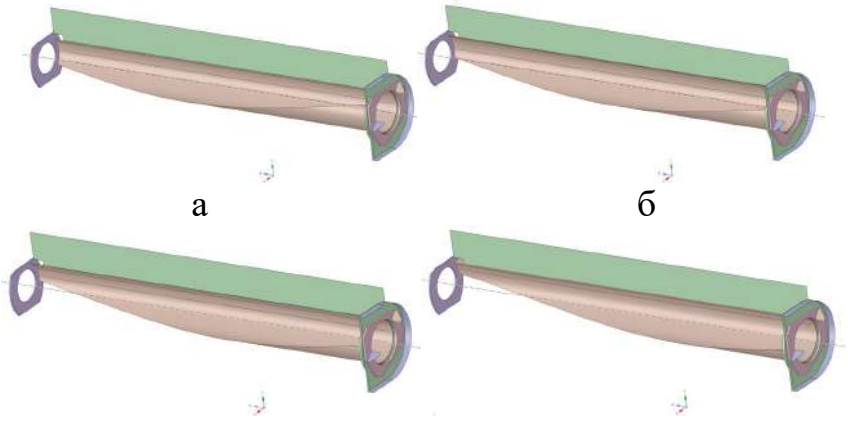
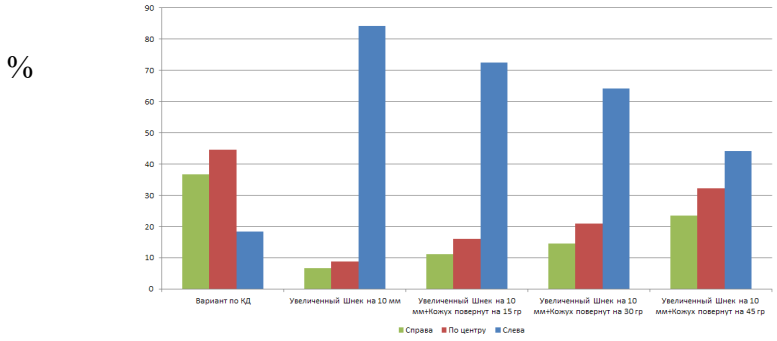


Рис. 4 – Рассматриваемые конструкции кожуха: а – начальная конструкция; б – поворот на 15 градусов; в – поворот на 30 градусов; г – поворот на 45 градусов

Результаты исследования. Результаты расчета рассматриваемых конструкций распределительного кожуха в виде зависимостей количества массы зерна, проходящей через выбранные области 1, 2 и 3 (см. рис. 1) в единицу времени при сходе со стрясной доски, показаны на рисунках 5 и 6.



1 - слева, 2 – по центру, 3 - справа

Рис. 5 – Гистограмма распределения массы в процентном соотношении, проходящей в областях схода со стрясной доски, для рассматриваемых конструкций

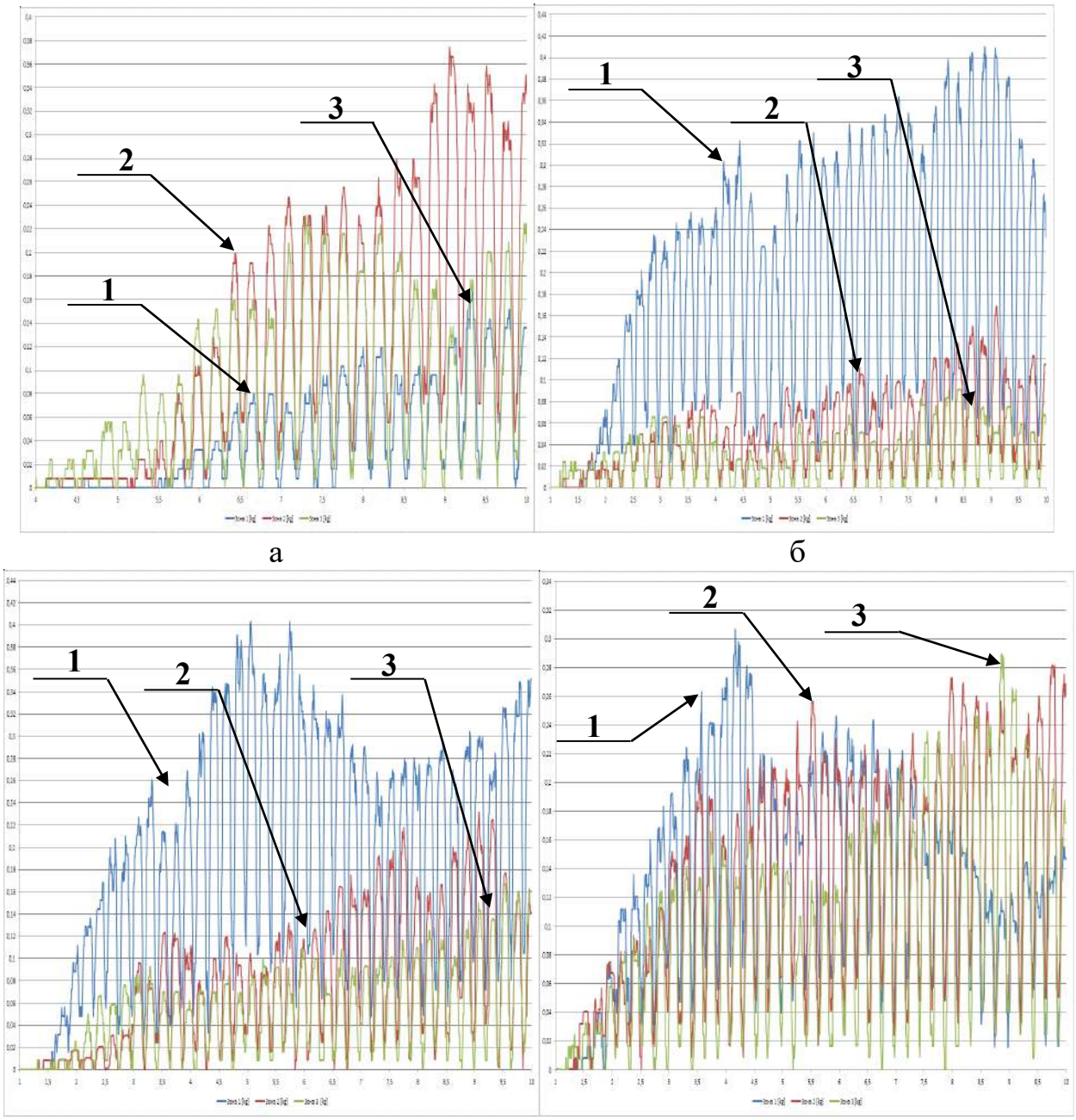


Рис. 6 – Количество массы, проходящей в областях схода со стрясной доски, для рассматриваемых конструкций: а – начальная конструкция; б – поворот кожуха на 15 градусов; в – поворот кожуха на 30 градусов; г – поворот кожуха на 45 градусов; 1 - слева, 2 – по центру, 3 – справа

Анализ результатов моделирования рассматриваемых конструкций показал, что распределение зерновой массы по ширине стрясной доски в зоне схода происходит следующим образом:

1) 18,34% сходит со стрясной доски с левой стороны, 44,62% – по центру и 36,65% – с правой стороны (см. рис. 5-6а).

2) 72,53% сходит со стрясной доски с левой стороны, 16,09% – по центру и 11,03% – с правой стороны (см. рис. 5-6б).

3) 64,24% сходит со стрясной доски с левой стороны, 21,03% – по центру и 14,51% – с правой стороны (см. рис. 5-6в).

4) 44,42% сходит со стрясной доски с левой стороны, 32,23% – по центру и 23,43% – с правой стороны (см. рис. 5-6г).

Серия предварительных расчетов показала, что увеличение радиуса лопаток распределительного шнека, а также изменение угла поворота кожуха для перераспределения технологической массы по ширине стрясной доски достаточно эффективно при загрузке МСУ подачей, близкой к максимальным значениям. Полученное перераспределение зерновой массы по ширине стрясной доски в зоне схода для предложенной конструкции кожуха (см. рис. 5-6г) позволяет наиболее эффективно распределять зерновую массу для дальнейшей сепарации и транспортировки в роторные соломосепараторы в процессе работы.

Выводы. Созданная имитационная модель высыпания и перемещения зерновой массы для исходной конструкции рабочих органов системы домолота и стрясной доски системы очистки зерноуборочного комбайна позволила на ее базе провести оптимизацию конструкции, обеспечивающую получение равномерного распределения технологической массы по ширине стрясной доски без существенного изменения ее скорости движения в продольном направлении. Предложенные конструктивные изменения также исключают чрезмерное накопление технологической массы в зоне кожуха распределительного шнека, которое наблюдается в базовой конструкции. В комплексе, предложенное решение дает возможность обеспечить качественную продувку зерновой массы в системе очистки комбайна, повысить его производительность, снизить потери за очисткой и содержание сорных примесей в бункерном зерне до приемлемых значений.

Из четырех рассмотренных вариантов, вариант с увеличением радиуса лопаток распределительного шнека и изменением угла поворота кожуха на 45 градусов (см. рис. 5-6г) является наиболее благоприятным по распределению массы и рекомендуется к использованию в конструкции комбайна.

Литература

1. Дрюк В.А. Математическое моделирование движения зернового вороха с динамическим разравниванием по решету системы очистки зернокомбайна/ В.А. Дрюк, С.Ф. Сороченко // Вестник ДГТУ. – Т. 8. – № 2. – С. 113–119.

2. Бердышев Е.В. Движение хлебной массы в молотильном пространстве аксиально-роторного молотильно-сепарирующего устройства/ Е.В. Бердышев, С.Г. Ломакин, В.В. Содатенков // Вестник

федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". № 2 (72), 2016. – С. 7–11.

3. Сороченко С.Ф. Математическая модель движения зернового вороха по решету адаптера очистки зерноуборочного комбайна / С.Ф. Сороченко // Вестник алтайского государственного аграрного университета. – № 12 (146), 2016. – С. 131–138.

4. Егоров Г.А. Технологические свойства зерна. – М.: Агропромиздат, 1985. – 334 с.

5. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин/ редкол.: А.В. Красниченко [и др.]. – Москва: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы. – 1961. – Том 2. – 862 с.

6. Джасов Д.В. Использование виртуальных испытаний при проектировании конструкций сельскохозяйственных машин/ Д.В. Джасов, Д.Н. Иванов, А.Н. Вырский, А.А. Калиновский// Стандартизация. – №1, 2021. – С. 40–46.

7. Джасов, Д. В. Анализ кинематики механизма привода системы очистки зерноуборочного комбайна КЗС-10К / Д.В. Джасов, А Н. Вырский, Ю.В. Чупрынин // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / ГНУ «Объед. ин-т машиностроения Нац. акад. наук Беларуси». – Минск, 2018 – Вып. 7 / редкол.: С. Н. Поддубко (пред.) [и др.]. – С .79–82.

УДК 631.316.022

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРА НА КРУГОВОМ ПОЧВЕННОМ СТЕНДЕ

Д.И. Комлач[1], В.М. Константинов[2], В.В. Голдыбан[1], Г.А. Ткаченко[2], О.В. Гельман[1]

[1]РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
[2] Учреждение образования «Белорусский национальный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Проведение испытаний стрельчатых лап культиватора на износ. Результаты получены при испытаниях лап на экспериментальной установке для исследования на износ.

Ключевые слова: испытания, рабочие органы, круговой почвенный стенд, износ.

Введение. Важнейшим направлением повышения технического уровня почвообрабатывающих машин было и остается увеличение ресурса их рабочих органов. Интенсификация почвообработки, повышение энергонасыщенности сельскохозяйственной техники обостряют эту проблему.

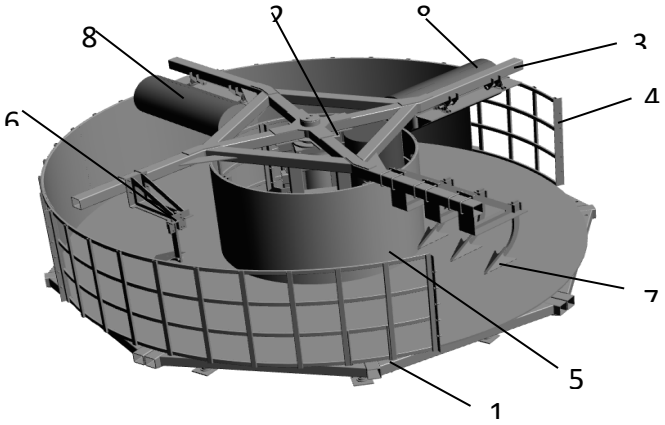
В результате интенсивного абразивного изнашивания изменяются геометрия режущей части и общие размеры рабочих органов, что является причиной нарушения агротехнических показателей, снижения качества обработки почвы, повышения энергетических затрат. Вынужденная частая замена деталей рабочих органов снижает производительность труда и повышает затраты на обработку.

Основная часть. Стрельчатая лапа является основным рабочим органом культиваторов для сплошной и междурядной обработки почвы. Основное её назначение борьба с сорной растительностью и рыхление почвы. Размеры и форма стрельчатой лапы характеризуются углом раствора, углом крошения, углом заточки, длиной лезвия и шириной захвата. По мере эксплуатации, в результате изнашивания, практически все эти параметры изменяются, снижая работоспособность лапы.

В результате изнашивания носовой части увеличивается радиус режущей кромки, косое резание переходит в категорию фронтального резания, вследствие чего повышается сопротивление, снижается заглубляющая способность лапы, нарушается равномерность глубины обработки.

С целью продления срока службы стрельчатых лап, нами выполнены упрочнение их режущей части с помощью локальной индукционной закалки и наплавки твердосплавным электродом. В работе использовали доэвтектоидные низколегированные стали.

Упрочненные и стандартные стрельчатые лапы испытывали в условиях интенсивного абразивного изнашивания незакрепленной массой абразивной почвенной смеси. Испытания стрельчатых лап культиватора проводились на круговом почвенном стенде (непрерывного) действия (рисунок 1) в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [1].



1 – основание, 2 – механизм привода, 3 – рамка, 4 и 5 – наружное и внутреннее ограждения, 6 – исследуемый рабочий орган, 7 – рыхлящие рабочие органы, 8 – прикатывающие катки

Рис. 1 – Круговой почвенный стенд (общий вид)

При подготовке к проведению испытаний почва в установке представляет собой смесь песка на 66 %, ила на 17 % и глины на 17 %. Согласно общей классификации почв, почва данной структуры относится к супесчаной. В данной почве кварцевые частицы составили 75 % - 85 % от объема. Эти частицы имеют значение твердости по Бринеллю до 1130 НВ. Частицы кварца наряду с высокой твердостью обладают высокой угловатостью и не являются когезионными, в то время как частицы глины имеют низкую твердость, низкую угловатость и являются когезионными.

Геометрические параметры исследуемых стрельчатых культиваторных лап: - ширина захвата 250мм; - длина лезвия 200 мм.

Лапа № 1 серийная лапа (без упрочнений). Сталь лапы 36 Mn B5 (таблица 1). Твердость 30 HRC.

Таблица 1. Химический состав стали

C	Si	Mn	P	S
0,33		0,8		
	< 0,3		0,025	< 0,025
0,38		1,1		

На базе лапы № 1 были сделаны упрочнения лап № 2 и № 3.

Лапа № 2 термическое упрочнение токами высокой частоты до твердости 50 HRC по контуру с последующим охлаждением в масле. Температура нагрева 920-960ºС, ширина закаленного участка составила 12 мм.

Лапа № 3 упрочнена наплавкой с помощью электрода Оливер 600 (DIN 8455: E6-UM -60GP) – универсального электрода для наплавки износоустойчивого слоя на детали из стали, подвергающиеся абразивному износу, износу металл-металл, сильным ударам и давлению. В таблице 2 представлено массовая доля элементов в наплавленном слое.

Таблица 2. Химический состав наплавленного слоя

Условное обозначение электродов (марка /тип)	Массовая доля элементов, %								
Оливер 600 DIN 8455: E6-UM-60GP	C	Si	Mn	Cr	Mb	Ti	B	S	P
	≤ 0,5	2,0 - 2,5	0,3 – 0,6	8,0 - 11,0	-	-	-	≤ 0,03	≤ 0,04

Твердость после наплавки 3-х слоев: без термообработки - HRC 56; одного слоя на детали из марганцовистой стали - HRC22; второго слоя на детали из марганцовистой стали - HRC40.

При испытаниях все исследуемые стрельчатые лапы были установлены на глубине 100 мм от поверхности почвы. Для корректировки их положения на стойках, было проведено их окрашивание с последующей притиркой на установке. По характеру истирания корректировалось их положение на стойке.

Каждый опыт проводится в течение 6-8 часов со средней скоростью 4,38 км/ч. При более высокой скорости происходила пересыпание почвы уплотняющим катками через ограждение экспериментальной установки. После завершения опыта фиксировалась потеря масс до грамма весовым методом. Увлажнение почвы осуществлялось через 3-4 дня работы установки интенсивным смачиванием поверхности почвы со шланга и последующим перемешиванием увлажненных слоев во время работы установки.

Относительные потери массы (ПМ) на гектар в результате износа рассчитывали путем деления разницы между начальной массой рабочего органа ($М_{нач}$) и его фактической новой массой после испытаний ($М_{износ}$) на площадь обработки ($S_{обр}$):

$$ПМ = \frac{(М_{нач} - М_{износ})}{S_{обр}}, г/га \quad (1)$$

Площадь обработки рассчитывалась, исходя из пройденного лапой пути за время испытаний и междурядья картофеля. В расчете принималось междурядье 75 см. Путь, пройденный лапой рассчитывался исходя из плеча, на котором находилась исследуемая лапа от центра вращения и частоты вращения рамки, на которой крепилась стойка с рабочим органом.

В качестве примера приведем расчет потери массы серийной лапой. Начальные условия: вес лапы до начала испытаний 1525 г, продолжительность испытаний 24 ч, расстояние от стойки лапы до оси вращения рамки установки 1475 мм, частота вращения рамки 10 об/мин.

Известно, что за 1 минуту рабочий орган совершает 10 оборотов, тогда за период испытаний количество оборотов рабочего органа составит $24\ \text{ч} \times 60\ \text{мин} \times 10\ \text{об} = 14\,400\ \text{об}.$

На плече 1475 мм лапа за один оборот проходит путь 9,26 м. Тогда за 14 400 оборото ее путь составит $14400\ \text{об} \times 0{,}00926\ \text{км} = 133\ \text{км}.$ При обработке одной лапой междурядья в 75 см, площадь обработки за 24 ч работы составит 10 га.

По выражению (1) определим потерю массы на гектар:

$$\text{ПМ} = \frac{(1525-1450)}{10} = \frac{75}{10} = 7{,}5\ \text{г/га}.$$

Результаты испытаний представлены в таблице 3 и на рисунках 2 - 5.

Таблица 3. Результаты экспериментальных исследований

Показатели	Стрельчатая лапа		
	№1	№2	№3
Упрочнение	Серийная	Термическое упрочнение	Упрочнение сферическими валиками
Наработка, га	74	69	73
Масса лапы до испытаний, г	1530	1525	1655
Масса лапы после испытаний, г	979	1222	1168
Потеря массы, г	591	303	487
Износ, г/га	8,0	4,36	6,60
Степень снижение износа, %		45	18

Как показали экспериментальные исследования, упрочнения режущей кромки позволяет существенно уменьшить потерю массы стрельчатой лапы в ходе абразивного изнашивания. Так, закалка токами высокой частоты позволяет снизить потерю массы лапы по сравнению с серийным образцом на 45 %, а упроченных наплавкой – на 18 %.



а б

Рис. 2 – Экспериментальная лапа №1 (серийная): а – вид сбоку; б – вид снизу

С одной стороны, как мы видим, применение термического упрочнения режущей кромки токами высокой частоты позволяет значительно замедлить потерю металла, а с другой стороны упрочненная таким образом лезвие лапы на протяжении всего опыта становилось все более тупым. Как известно, долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин определяется двумя группами факторов [2]:

– обеспечение функциональной работоспособности рабочего органа при сохранении его целостности и режущей кромки;

– снижение интенсивности абразивного изнашивания.

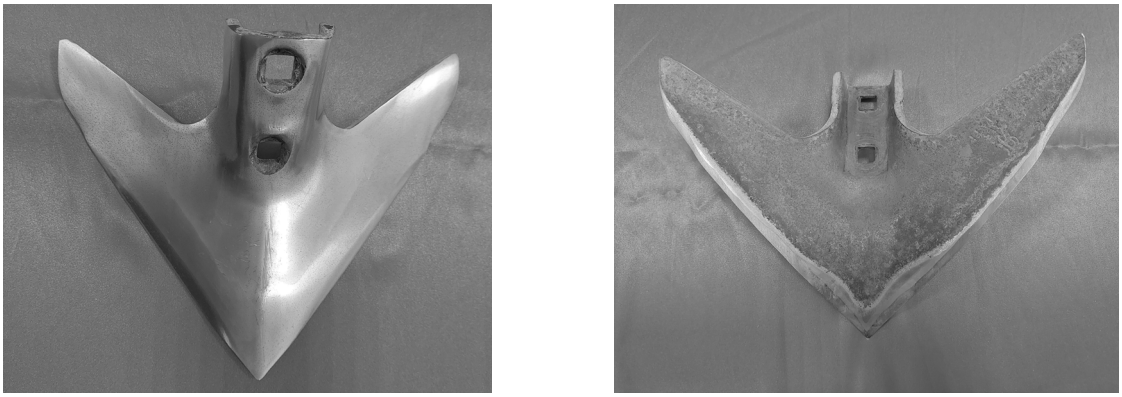
Зачастую именно проблема сохранения остроты режущей кромки является лимитирующим фактором работоспособности рабочего органа [3]. Многочисленными исследованиями ранее были установлены различные механизмы изнашивания, обеспечивающие самозатачивание режущей кромки [2,4,5 и др.]. В целом, авторы отмечают, что для самозатачивания необходимо наличие градиента абразивной износостойкости по сечению режущей кромки. Как правило, самозатачивание более устойчиво обеспечивается в условиях сильного абразивного изнашивания, что характерно для плужных лемехов и долотьев, работающих в тяжелых почвенно-климатических условиях. Для стрельчатых лап пропашных культиваторов условия работы менее жесткие – абразивное воздействие культурного почвенного слоя существенно ниже. Поэтому реализация самозатачивания является более сложной научно-технической задачей.

Индукционная закалка, по сути, обеспечивает равномерно упрочнение режущей кромки без градиента механических свойств. Ожидаемым является повышение абразивной износостойкости кромки. Однако самозатачивания в этом случае не наблюдается. Это является неприемлемым для стрельчатых лап пропашных культиваторов, которые в процессе эксплуатации должны сохранять остроту режущей кромки

достаточной для подрезания сорной растительности. Это требование ко всем стрельчатым лапам определяет их функциональную эффективность.

Следует отметить, однако, что упрочнение токами высокой частоты является простым, дешевым способом повышения абразивной износостойкости. Индукционная сталей закалка широко распространена в машиностроении. Поэтому возможно серийное упрочнение стрельчатых культиваторных лап в промышленных условиях. Однако, для обеспечения самозатачивания рабочих органах для междурядной обработки пропашных культур требует проведения дополнительных исследований. Речь идет о разработке способов для местного нагрева упрочненных локальных областей для обеспечения эффекта самозатачивания в процессе эксплуатации.

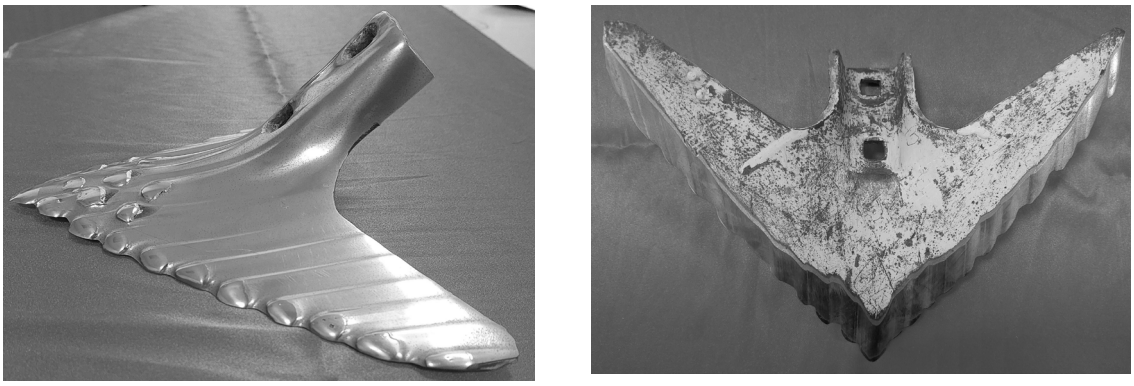
Основная причина замедления на 18 % абразивного изнашивания лапы № 3 (рисунок 4), упрочненной наплавленными сферическими валиками связана с изменение характера перемещения почвы по поверхности лапы. Наплавленные валики выполняют функцию турболизаторов почвенного потока, с тыльной стороны которых происходит отрыв движущейся почвенной массы и дальнейшее ее присоединение ближе заднему краю лапы.



а б

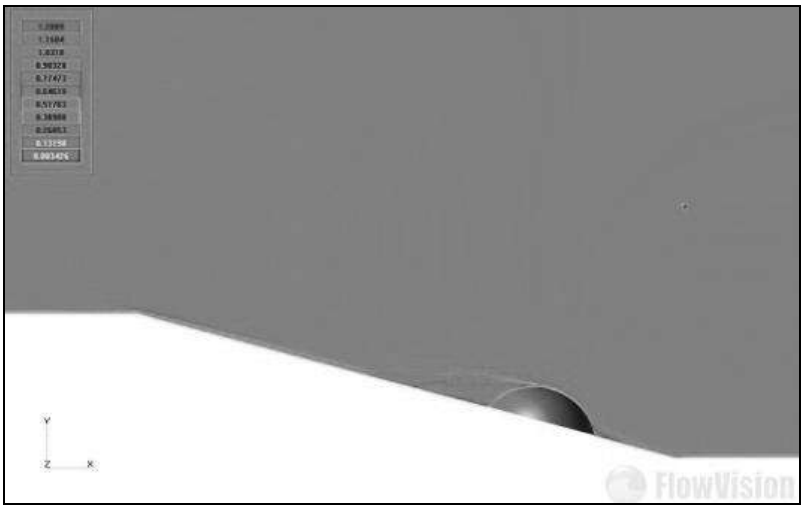
Рис. 3 – Экспериментальная лапа №2 (термоупрочнение токами высокой частоты): а - вид сбоку; б - вид снизу

Согласно выполненным ранее нами исследованиям (рисунок 5) с тыльной стороны сферического выступа образуется область сильно замедленного течения, некая мёртвая зона, в которой скорость перемещения почвенной массы близка к нулю. Почва, попавшая на эту поверхность, задерживается и не сходит с нее.



а б

Рис. 4 – Экспериментальная лапа №3 (упрочнение сферическими валиками): а - вид сбоку; б - вид снизу



Поля скоростей за сферическими выступами лапы № 3

Рис. 5 – Результаты исследований лапы № 3

По мере износа основного материала наблюдалось заострение режущего края и образования волнистого профиля режущей кромки (рисунок 4). Острота режущей кромки сохранялась на протяжении всего периода проведения исследований. Использование наплавленных полусфер вдоль наружной стороны режущей кромки формирует зубчатый профиль режущей кромки для уменьшения интенсивности изнашивания лезвия и более эффективного подрезания корней сорняков.

Заключение. Объемное упрочнение токами высокой частоты режущей кромки культиваторной лапы обеспечило существенное повышение абразивной износостойкости, но привело к потере работоспособности за счет затупления режущей кромки. Перспективным для реализации эффекта самозатачивания представляется дискретная индукционная закалка отдельных фрагментов режущей кромки стрельчатых лап культиватора.

Упрочнение периодической наплавкой износостойким сплавом верхней части стрельчатой лапы обеспечило снижение интенсивности абразивного изнашивания и реализацию эффекта самозатачивания.

Литература

1. Пат. 13253 Республика Беларусь, МПК G 01N 3/56 Круговой почвенный стенд [Текст] / Голдыбан В.В.; Барановский И.А.; Комлач Д.И.; Антоненко А.Н.; Азаренко В.В.; заявитель и патентообладатель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» - 2023.08.30; заяв. 12.12.22; опубл. 01.06.23,

2. Константинов В.М. Обеспечение самозатачивания наплавкой плужных наплавкой / В.М. Константинов, Г.А. Ткаченко, В.В. Голдыбан // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: РУП «Научн.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механиз. сельского хоз-ва». – Минск, 2022. – Вып. №57. – С. 86 – 100.

3. Константинов В.М., Ткаченко Г.А., Щербаков В.Г. Комплексное обеспечение долговечности корпуса почвообрабатывающего плуга поверхностным и объемным упрочнением быстроизнашиваемых деталей. Гл. 18 в коллективной монографии Перспективные материалы и технологии. Витебск, УО «ВТГУ», Т. 2. Под. Ред. В.В. Клубовича, 2017. – 509 с. – С. 300 – 323.

4. Рабинович А.Ш. Самозатачивающиеся плужные лемехи и другие почворежущие детали машин. – М.: Бюро технической информации ГОСНИТИ, 1962. – 106 с.

5. Ткачев В.Н. Работоспособность деталей машин в условиях абразивного изнашивания. — М.: Машиностроение, 1995. – 335 с.

6. СТБ 1616-2011 Техника сельскохозяйственная. Показатели надежности [Текст]. – Ведд. 2012-01-01 – Мн.: Госстандарта Республики Беларусь: Госстандарт, 2011 – 17 с.

УДК 631.316.4

АНАЛИЗ ТУРБОДИСКОВЫХ КУЛЬТИВАТОРОВ

И.Е. Припоров, В.С. Курасов, В. Бацунов
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина»
г. Краснодар, Российская Федерация

Почвозащитные технологии экологического земледелия требуют по сравнению с традиционными технологиями, втрое меньше времени на обработку почвы и в 2-3 раза меньше топлива [1].

В связи с этим, актуальной является проблема, которая направлена на совершенствование существующих и создание новых рабочих органов и орудий для экологического земледелия [1].

Зарубежный опыт внедрения экологического земледелия изучали В.В. Пидлиснюк, Т.Р. Стефановская, Р.М. Шмидт. Многие другие вопросы экологического производства разрабатывали С.С. Антонец, А.Д. Балаев, В.И. Кисель, П.П. Патыка, И.П. Страчевский, В.П. Федоренко, Н.К. Шикула и другие ученые [1].

Цель исследований – провести анализ конструкций рабочих органов для обработки почвы в технологиях экологического земледелия [1].

Используемый турбодисковый культиватор «ЭКСПРЕСС» представляет собой разновидность дисковой бороны (дискатор), на которой применяются волнистые диски (колтеры или турбодиски), установленные вертикально. Они позволяют рыхлить почву и разрезать растительные остатки, а бороны выравнивают поверхность поля и равномерно разбрасывают пожнивные остатки. Благодаря пружинным стойкам турбодисковый культиватор «ЭКСПРЕСС» работает на каменистых почвах. К недостаткам их относится сложность конструкции и высокая стоимость. При обработке почв лишенных растительных остатков за счет многократного действия рабочих органов возможно образование эрозионно-опасных частиц [1].

Турбодисковый культиватор позволяет сохранить влагу, который относится к орудию для влагосберегающей обработки почвы.

Дисковые колтеры (турбодиски) взрыхляют почву и разрезают растительные остатки. Бороны выравнивают борозды и равномерно разбрасывают пожнивные остатки по полю, что принципиально важно при нулевой или минимальной технологиях обработки почвы (MIN-TILL или NO-TILL) [4].

Волнистый диск применяется для эффективной обработки и получения лучших результатов на поле (рисунок 1) [2].



Рис. 1 – Образование следов при обработке почвы [2]

Диск эффективно работает при рабочих скоростях 15-20 км/ч и подходит для универсального дискового культиватора, доступен для агрегатов с шириной захвата от 3,0 до 12,25 м [2].

Турбодисковый культиватор «АГРИФЕСТ®-ЭКСПРЕСС» (рисунок 2) относится к орудиям по минимально-вертикальной обработке почвы, является гибридом дискатора и культиватора (на 10 м расход дизтоплива 3-4 л/га) [4].



Рис. 2 – Турбо-дисковый культиватор «АГРИФЕСТ®-ЭКСПРЕСС» ТДК-860/60 с роторно-зубовыми модулями [4]

На основе информации, которая представлена на сайте http://agristo.ru/Catalog/TechMain_Pochv_Kult_TurboDsk-Express.html. можно сделать вывод, что при достижении ширины захвата 8,7 м мощность – 238,29 л/с и количество стоек – 57. При весе турбодискового культиватора 9917 кг в зависимости от марки его производительность составит 13,1 га/ч.

В целом технология вертикальной обработки решает проблему с сохранением влаги и уплотнением почвы, формирует ее нормальную структуру, обеспечивает корневую систему растений влагой, увеличивает

эффективность потребления ими полезных веществ, ускоряет разложение пожнивных остатков, обеспечивает идеальное посевное ложе. Технология работает эффективно при правильном и регулярном применении системы современных машин [3].

Исходя из проведенного анализа турбодисковых культиваторов разных марок можно сделать вывод:

- необходимо провести модернизацию игольчатого диска, который воздействует на стерню сельхозкультуры, что позволит снизить тяговое сопротивление;

- у серийных турбодисковых культиваторов в зависимости от их марок ширина захвата – 8,7м, мощность – 238,29 л/с, количество стоек – 57, вес – 9917 кг и производительность - 13,1 га/ч.

Литература

1. Бабицкий Л.Ф., Куклин В.А. Анализ и тенденции развития орудий для экологического земледелия // Научные труды Южного филиала Национального университета биоресурсов и природопользования Украины "Крымский агротехнологический университет". Серия: Технические науки. 2013. № 156. – С. 19 – 25.

2. Жерновой М.Е. Почвообрабатывающий агрегат с рабочими органами в виде волнистых дисков // Образование. Наука. Производство. XIII Международный молодежный форум. Белгород, 2021. – С. 3228 – 3231.

3. https://www.agropromyug.com/salford-agromaster-yug/1870-printsip-otbojnogo-molotka-pri-obrabotke-pochvy.html.

4. http://agristo.ru/Catalog/TechMain_Pochv_Kult_TurboDsk-Express.html.

УДК 631.361.022

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ НАТЯЖЕНИЯ ПРИВОДА ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО БАРАБАНА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КВК-800 ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА СБОРКИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ

Е.П. Панько, Л.М. Сущенко
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Госмсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В статье рассматривается модернизация системы натяжения привода измельчающего барабана кормоуборочного комбайна КВК-800.

Привод измельчающего барабана кормоуборочного комбайна является одной из ключевых составляющих сельскохозяйственной машины. Основное его предназначение – это передача крутящего момента от двигателя к основным рабочим органам комбайна. Для этого привод должен быть достаточно надёжным.

В ходе анализа различных конструкций привода измельчающего барабана, был сделан вывод о том, что в большинстве из них есть проблема с трудностью сборки, а именно выставление и регулировки шкивов и натяжных роликов. Поэтому в данной работе предлагается модернизировать привод измельчающего барабана кормоуборочного комбайна КВК-800.

Рассмотрим его конструкцию. До модернизации в приводе использовалась трёхточечная пластина с осью, которая через шпильки крепилась к площадке входа комбайна. К данной пластине на ось крепится рычаг натяжения ременной передачи, в котором устанавливаются ролики, и производится выставление ременной передачи, с регулировкой системы натяжения (рисунок 1)

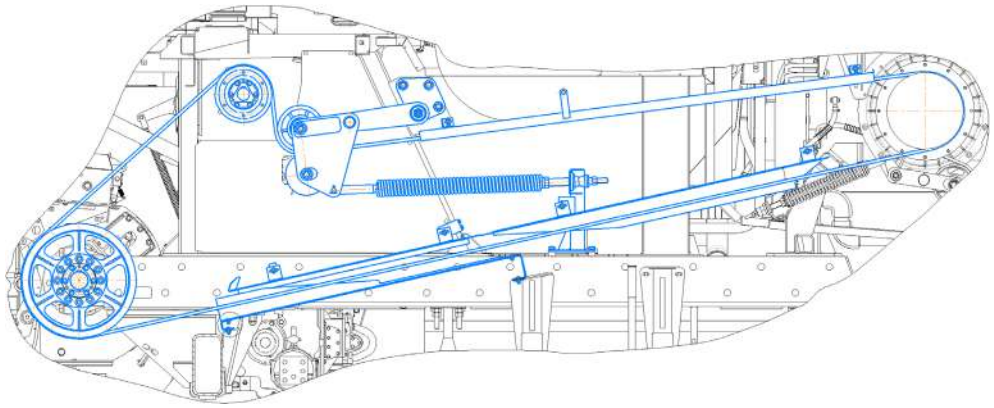


Рис. 1 – Схема привода измельчающего барабана до модернизации

Сложность данной конструкции заключается в её регулировке, т.к. для того, чтобы выставить соосность канавок и параллельность поверхностей шкивов и роликов, необходимо регулировать их по шпилькам на трёхточечной опоре относительно друг друга в трёх плоскостях. В следствие этого, может возникнуть перекос, что может привести к скорому выходу из строя привода, ремня, а также относящихся к нему узлам комбайна.

Для усовершенствования привода предлагается внести следующие изменения:

- Заменить имеющуюся крышку ускорителя выброса на крышку с дополнительными местами под опоры для установки рычага натяжения ременной передачи. В предлагаемой крышке производится механическая обработка как посадочного места под опору, на которую устанавливается вал ускорителя выброса, с последующей установкой шкива ускорителя выброса, так и поверхности под опору для рычага натяжения ременной передачи привода измельчающего барабана.

- Взамен рычага натяжения ременной передачи, установить на опоры, в измененной крышке ускорителя выброса, новый рычаг, состоящий из кронштейна и натяжного ролика. Данное решение позволяет выставить рычаг натяжения ременной передачи соосно со шкивом ускорителя выброса, чем облегчить регулировку привода измельчающего барабана. Вышеуказанный рычаг необходимо отрегулировать, в осевом направлении (рисунок 2)

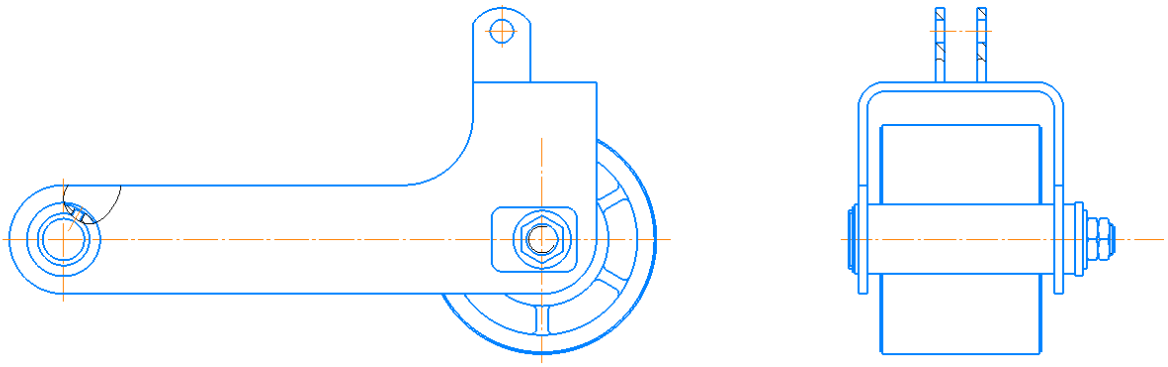


Рис. 2 – Рычаг

- Во избежание провисания на ведущей ветви ремня добавить поддерживающий ролик с опорой (рисунок 3)

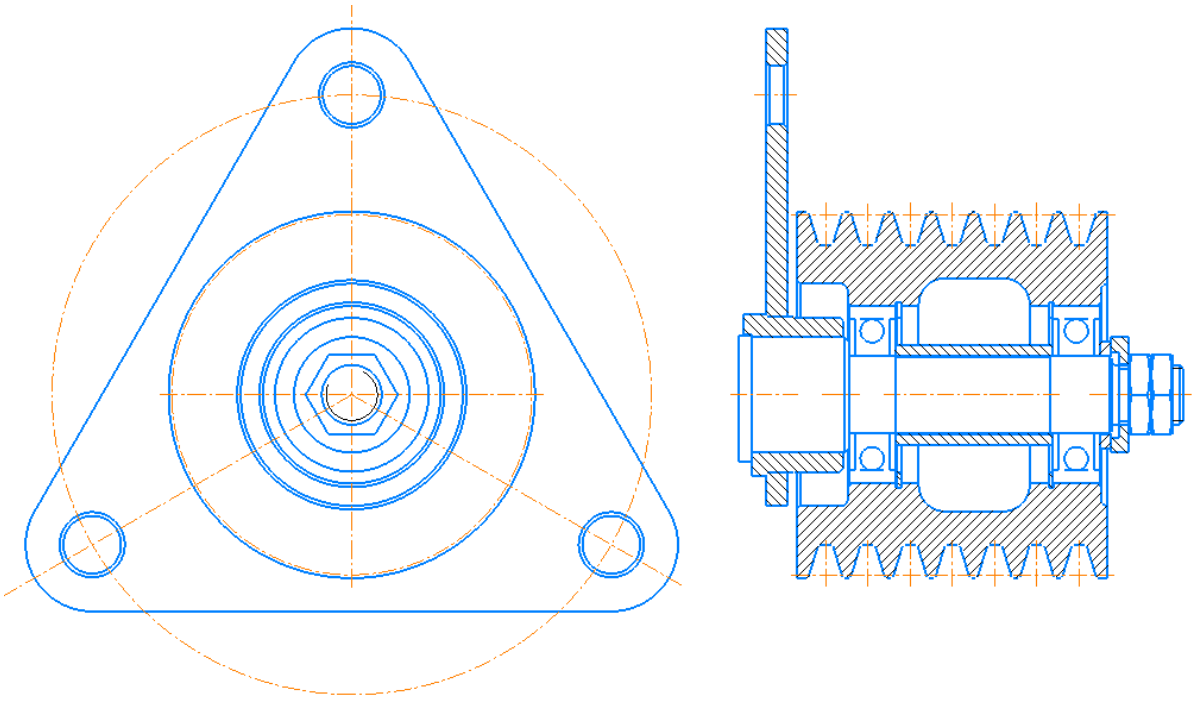


Рис. 3 – Ролик

- Заменить пружину растяжения на пружину сжатия.

На рисунке 4 представлен привод измельчающего барабана после модернизации, в котором были произведены все необходимые замены.

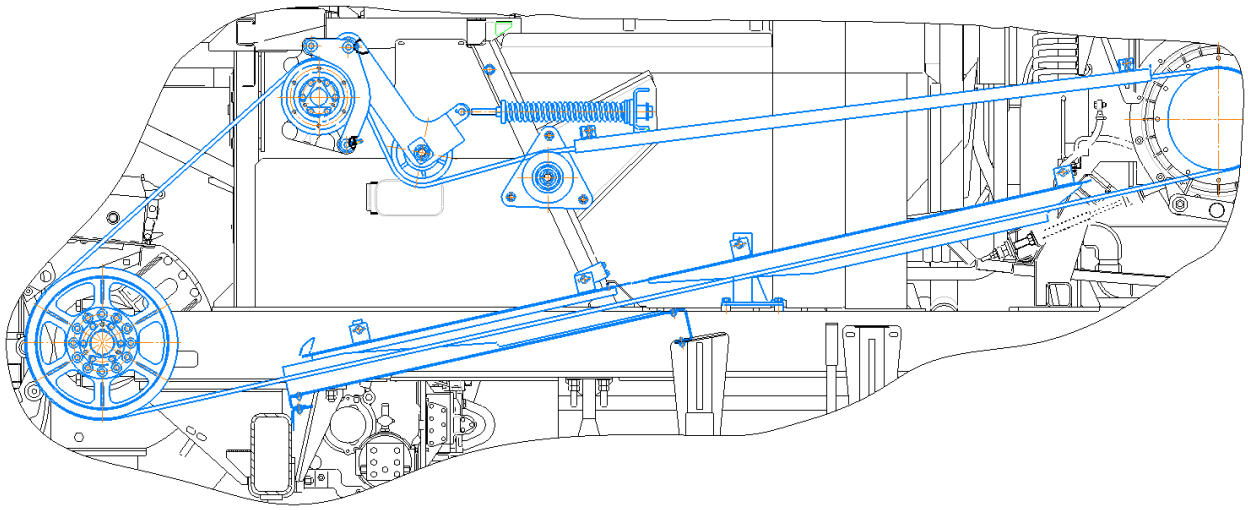


Рис. 4 - Привод после модернизации

Необходимым условием модернизации было сохранение габаритных размеров и не допустить сильного изменения присоединительных размеров шкивов в сборе, что позволило унифицировать 72% привода. Данное условие было выполнено.

Заключение. Предлагаемая модернизация конструкции привода измельчающего барабана приведёт к повышению надёжности и технологичности.

Литература

1. Руководство по эксплуатации комплекс кормоуборочный высокопроизводительный КВК-800 «ПАЛЕССЕ FS80-8» КВС-8-0000000 ИЭ.

УДК 631.3

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ МОДЕРНИЗАЦИЙ ВОЗДУШНО-РЕШЕТНОЙ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ОВС-25

В.С. Курасов, И.Е. Припоров, Д.О. Чумаченко
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Кубанский ГАУ имени И.Т. Трубилина

Одна из первых операций в технологии послеуборочной обработки [6,7,8] комбайнового вороха – его предварительная очистка, позволяющая повысить сыпучесть материала и снизить затраты на сушку. Кроме того, она открывает возможности для временного хранения очищенного зерна в бункерах активного вентилирования и предотвращения ухудшения качества наиболее спелых зерен, которые в первые часы взаимодействия с компонентами вороха увлажняются [4].

Высококачественные семена – низконатурный фактор увеличения урожайности сельскохозяйственных культур. особенно актуально в условиях тяжелого финансового состояния большинства сельхозтоваропроизводителей [3].

Машины предварительной очистки зерна – ворохоочистители, как правило, устанавливают в линиях перед бункерами накопителями или сушилками с целью выделения из сырого вороха крупных, легких, а иногда и мелких примесей. Они предназначены для работы со свежеубранным зерновым ворохом влажностью до 35 %. После прохода вороха содержание наиболее крупных и мелких примесей в очищенном зерне снижается с 15...20 % до 3 %, одновременно удаляется часть избыточной влаги, что увеличивает его сыпучесть, облегчает последующие процессы, особенно сушку, повышает устойчивость зерна к самосогреванию при временном хранении в насыпи [4].

Цель работы – провести обзор технических решений, которые направлены на модернизацию зерноочистительной машины.

Проведем оценку работы машины предварительной очистки зернового вороха типа ОВС-25, которая используется в большинстве сельскохозяйственных предприятий [4].

Зерноочистительная машина ОВС-25 предназначена для предварительной и первичной очистки вороха зерновых, зернобобовых, крупяных, масличных и технических культур от примесей на токах и в закрытых помещениях [2].

По мнению Волхонова М.С. устойчивость и качество работы машины ОВС-25 полностью зависит от первоначальной установки. Требуемая эффективность технологического процесса достигается лишь при строго горизонтальной установке ее рамы. Отсюда необходима

стационарная ее установка, для этого жестко закрепляют на полу, снять инерционные пылеотделители и обеспечить выведение пыли за пределы здания. При обработке влажного вороха происходит травмирование зерна скребками загрузочных транспортеров ОВС-25, а также наблюдается повышенный износ самих скребков. Для уменьшения износа и травмирования зерна скребки загрузочных транспортеров целесообразно размещать в специально оборудованных металлических или деревянных коробах. На сыром и засоренном ворохе в стационарном варианте машина ОВС-25 пропускает до 12 т/ч вместо 25 т/ч по паспортным данным. Дальнейшее увеличение подачи приводит к ухудшению отделения мелких семян сорняков – подсева [4].

Сычугов Н.П., Сычугова Ю.В., Исупова В.И., Скоробогатых В.Н. (ПКБ Зональный НИИ сельского хозяйства Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого) выявили также ее недостатки, которые следующие: при работе в режиме очистки зернового материала нижние решета В и Г станов в отличие от верхнего решета Б1 пропускают в единицу времени в два раза меньше количества материала, то есть они работают непроизвольно, а непроизводительна работа машины; невозможность использования обоих ярусов решет станов для разделения посевного материала – семян на фракции, когда более крупные полноценные (имеющие наибольшую ширину и толщину) семян, которые прошли через отверстия решета Б2, объединяются с менее полноценными семенами, прошедшими через отверстия делительного решета Б1 и идущими с решет В и Г (рисунок 1) [1].

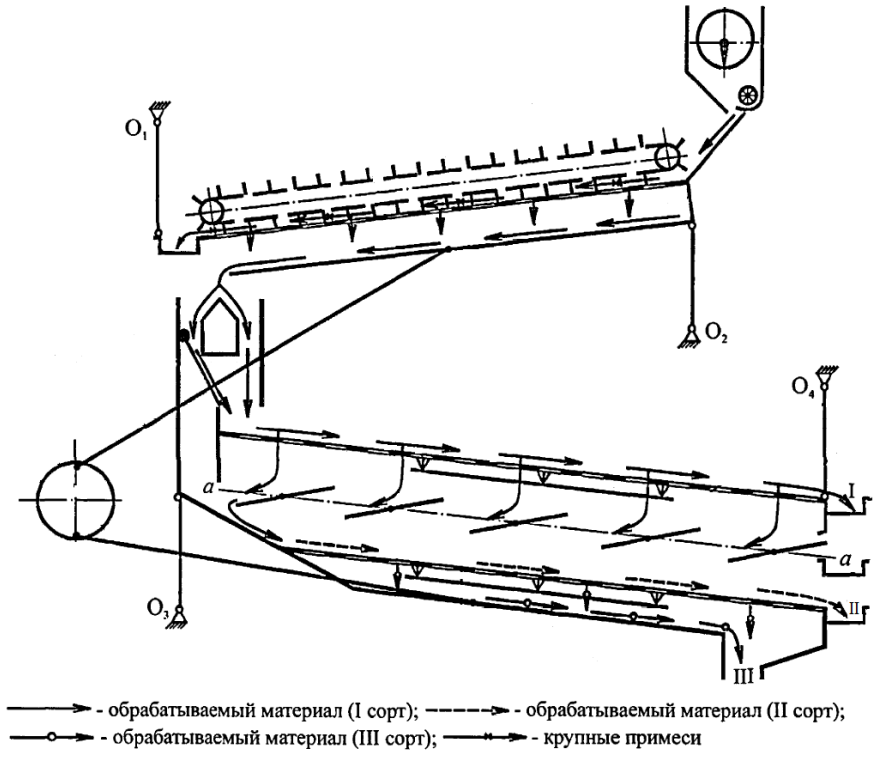
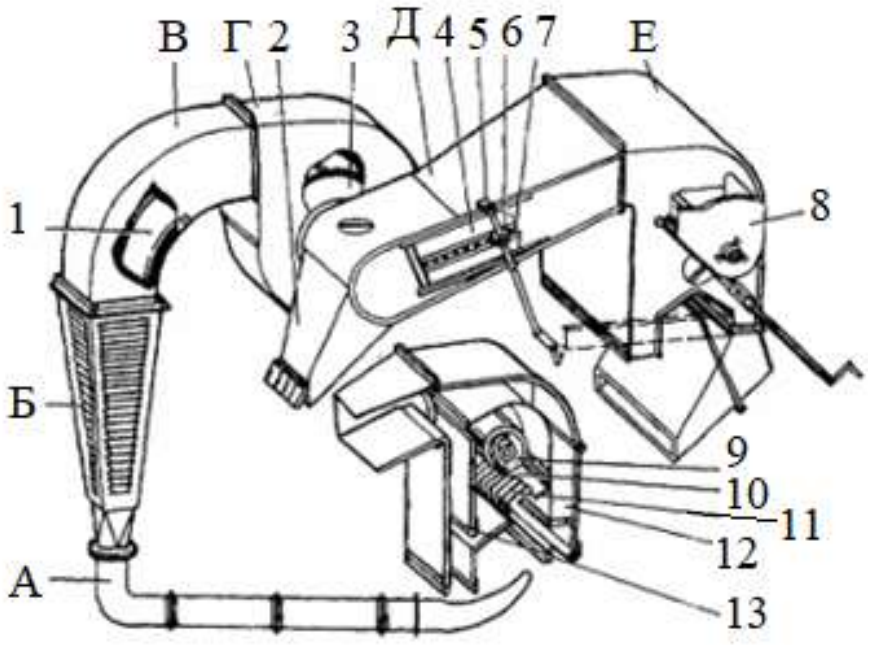


Рис. 1 – Схема решетной части зерносемяочистительной машины [1]

Ученые из Омского ГАУ предлагается заменить инерционный пылеотделитель на циклонный фильтр для того, чтобы при процессе очистки не выбрасывалась пыль в окружающую среду. Наличие системы аспирации в составе ОВС-25 с применением циклона, является оптимальным решением, так как параметры циклонов позволяют подбирать их по производительности в широком диапазоне, и они обеспечивают стабильную работу для данного загрязнённого воздуха. Очистка отработанного воздуха существенным образом повышает культуру производства, улучшает условия труда обслуживающего персонала, а самое главное способствует снижению пожароопасности (рисунок 2) [2].



А - пневмотранспортер, Б - инерционный пылеотделитель, В - переходник, Г - вентилятор, Д - воздуховод с отстойной камерой; Е - камера приемная с воздушными рабочими каналами, 1 - заслонка, 2 - камера отстойная, 3 - крылач, 4-заслонка, 5 - рукоятка, 6 - колесо зубчатое, 7 - рейка, 8 - лоток приемный, 9 - шнек распределительный, 10 - клапан-питатель, 11 - делитель, 12, 13 - каналы воздушные

Рис. 2 – Воздушная часть ОВС-25

Сравнительные испытания ее совместно с представителями Казанского АУ, Чистопольского и Алексеевского филиалов ФГУ «Госсеминспекция по РТ» показали, что она не способна выделить из семян овсюг, содержание которого не должно превышать 3 шт/кг [5].

Проведенный обзор технических решений показал, что в основном они направлены: на совершенствование воздушной части путем замены инерционного пылеотделителя на циклонный фильтр, была стационарной для снятия инерционного пылеотделителя и совершенствование скребков

загрузочных транспортеров, на модернизацию решетной части. Однако отсутствуют технические решения, которые были направлены на модернизацию решетной части, но в повышении равномерности распределения вороха семян подсолнечника по ширине решета.

Литература

1. Решетная часть зерносемяочистительной машины: пат. 2229787, Российская Федерация. №2002104588/12; заявл. 20.01.2002; опубл. 20.02.2002; Бюл. №16.

2. Бардола А.С., Головин А.Ю., Прокопов С.П., Сердалин М.К. Модернизация семяочистительной машины ОВС-25 // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях: сборник VI Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора технических наук, профессора Станислава Антоновича Корниловича (9 декабря 1931 г. - 25 октября 2020 г.). Омск, 2021. – С. 15–19.

3. Яруллин И.Х., Кашшапов М., Кузьмина Т.И. Безрешетная сепарирующая машина нового поколения // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 11. С. 31–32.

4. Волхонов М.С., Зимин И.Б., Островский Ю.Н. Анализ состояния предварительной очистки зерна в хозяйствах северо-западного региона Российской Федерации и перспективы совершенствования // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 2 (58). С. 82–86.

5. Яруллин И.Х., Кашшапов М., Кузьмина Т.И. Безрешетная сепарирующая машина нового поколения // Достижения науки и техники АПК. 2007. № 11. С. 31–32.

6. Припоров И.Е., Шафоростов В.Д. Технология послеуборочной обработки семян масличных культур // Инновации в сельском хозяйстве. 2014. № 5 (10). С. 10–14.

7. Шафоростов В.Д., Припоров И.Е. Оптимизация конструктивных параметров подающего устройства воздушно-решётной зерноочистительной машины МВУ -1500 // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2012. № 1 (150). С. 106–109.

8. Шафоростов В.Д., Припоров И.Е. Исследование воздушной системы зерноочистительной машины МВУ-1500 // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2008. № 2 (139). С. 82–83.

УДК 62-233.3/.9

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВИБРОШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

К.А. Грабок, Е.С. Гуцев
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Снижение шума зубчатых передач сельскохозяйственных машин в настоящее время является одной из наиболее актуальных задач в связи с ужесточением и нормированием требований к уровню шума сельскохозяйственной техники. Производство зубчатых передач и соответственно узлов с зубчатыми передачами с низким уровнем шума представляет собой сложную техническую задачу и требует соответствующих затрат.

Динамическая нагрузка, вибрации и шум передачи являются единым физическим процессом, а вибрации пропорциональны динамической нагрузке, действующей в зацеплении. К источникам вибраций следует отнести кинематические погрешности рабочего профиля, преуспевающие значительное увеличение в процессе эксплуатации коробок передач самоходных машин, а также такие составляющие, как накопленная погрешность шага, радиальное биение зубчатого венца, колебание длины общей нормали и другие [1].

Первым этапом по снижению шума в зубчатых передачах является недопущение использования деталей с отклонениями от требований, заложенных в конструкторской документации. После изготовления производится обмер зубчатых колес с определением основных параметров влияющих на заложенную при проектировании степень точности.

Следующим этапом работы по снижению шума узлов с зубчатыми передачами являются их силовые стендовые испытания на специальном оборудовании. Для узлов в сборе проводятся аналогичные мероприятия, устанавливающие требования для условий испытаний передачи под нагрузкой, а также ее норм точности и шума.

В настоящее время с развитием технических средств измерения, в первую очередь с освоением изготовления средств измерения основных параметров зубчатых колес, а также программных средств для обработки результатов таких измерений, появилась возможность перейти на новый уровень контроля виброшумовых характеристик зубчатых передач с помощью координатно-измерительных машин [2].

Существует множество современных координатно-измерительных машин для оценки изготовленных зубчатых колес, на ОАО “Гомсельмаш” используется машина модели ZEISS ACCURA (рисунок 1).



Рис. 1 – Координатно-измерительная машина для измерения деталей

Координатно-измерительная машина ZEISS ACCURA используется для выполнения чрезвычайно точных измерений деталей машин, она способна определять такие параметры зубчатых колёс как: окружной модуль зацепления, шаг зубьев по делительной окружности, диаметр делительной и основной окружностей, диаметры окружностей вершин и впадин, толщина зубьев по основной окружности, высота вершин и впадин зуба и др.

Вследствие разности фактических шагов ведущего и ведомого колес, возникают удары сопряженных зубьев в момент входа их в зацепление. Это вызывает колебательный процесс. Сила удара находится в прямой зависимости от разности шагов зацепления и окружной скорости. Поэтому при возрастании скорости вращения валов с зубчатыми колесами, возрастает и интенсивность шума [3].

Контроль качества изготовленных деталей на измерительных машинах помогает не допустить использование ДСЕ с таким дефектом зубчатой передачи как неправильная форма контакта пар зубьев, среди которых можно выделить следующие характерные случаи (рисунок 2).

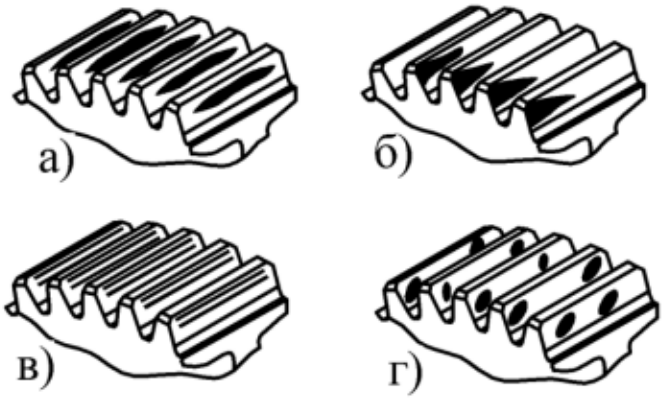


Рис. 2 – Формы пятна контакта пар зубьев

При форме пятна контакта, представленной на рисунке 2, а, зубчатая передача издает тихий шелест и низкое гудение, практически на увеличивающееся с ростом окружной скорости. В данном случае нагрузка распределяется равномерно по зубьям, и передача считается годной. При форме пятна контакта (рисунок 2, б), без нагрузки слышен шелест, а под нагрузкой вой, увеличивающийся с ростом окружной скорости. Передачи с формой пятна контакта показанной на рисунке 2, в, при работе без нагрузки издают мелкий стук, перерастающий в вой и частый перемежающийся стук. В случае, показанном на рисунке 2, г передача издает частый перемежающийся стук, перерастающий в вой.

Наиболее простым путем снижения уровня шума зубчатых передач предполагается повышение их точности изготовления. Не отрицая необходимости обеспечения достаточной точности для снижения шума, необходимо отметить, что только повышение точности изготовления является недостаточным для снижения шума, а в некоторых случаях может привести даже к обратному результату. Повышение точности изготовления зубчатых колёс приводит к повышению их чувствительности, к погрешностям изготовления корпусных деталей и монтажа в собранном узле. Поэтому повышение точности изготовления зубчатых колес сопровождается соответствующим повышением точности корпусных деталей, подшипников, базирования зубчатых колес, монтажа и т.д.

Другой причиной вибраций и шума зубчатых передач является мгновенное изменение жесткости зубчатого зацепления при переходе от двухпарного зацепления зубьев к однопарному, а также мгновенное изменение силы трения, действующей между рабочими профилями зубьев в полюсе зацепления. Это вызывает распространение вибрации от зубчатых колес ко всем деталям механизма зубчатой передачи и возникновение звуковых волн.

Значительное влияние на шум передачи оказывает материал из которого выполнены зубчатые колеса. Некоторые металлы, например,

марганцово-медные сплавы могут значительно демпфировать колебания. Однако, уже при температуре 65°С они теряют свои демпфирующие свойства.

Для повышения плавности в работе зубчатой передачи целесообразно использовать косозубые, шевронные и колеса с криволинейным зубом вместо прямозубых. Такие зубчатые передачи позволяют каждому зубу входить в зацепление не сразу по всей длине, как правило с ударом, а постепенно, плавно, вызывая упругие микродеформации участков зуба, компенсирующие погрешности окружного шага и направления зуба. Переход от прямозубой к косозубой или криволинейной форме зуба позволяет снизить уровень шума на 10–12 дБ.

Если конструкция зубчатой передачи по какой-либо причине не позволяет применение косо- или криволинейной формы зуба, снижения шума можно достичь за счет модификации формы зуба. Здесь можно выделить два способа: продольная модификация и модификация формы профиля зуба (рисунок 3). Продольная модификация заключается в плавном изменении размеров сечения зуба по его длине, и чаще всего сводится к применению зубьев бочкообразной формы. В таких зубчатых колесах ширина зуба уменьшается от середины к краям зубчатого венца. Профильная модификация заключается в плавном занижении профиля на головке и ножке зуба. Это позволяет уменьшить влияние перекоса зубьев вследствие не параллельности осей валов и погрешностей направления зуба, при этом шум зубчатой передачи снижается на 3–4 дБ [4].

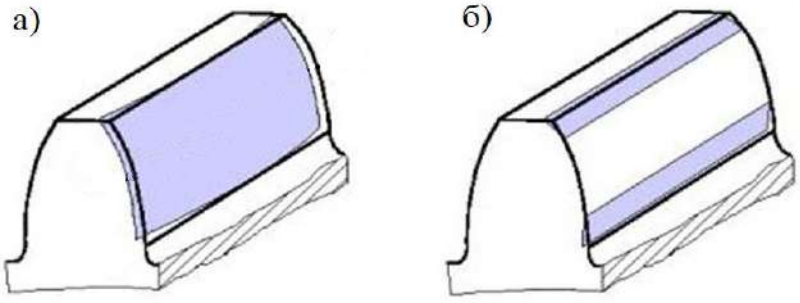


Рис. 3 – Модификация формы зуба: а – продольная модификация зуба; б – профильная модификация зуба

Изготовление, измерение и контроль зубчатой передачи для достижения требуемого качества – сложная техническая задача. Для ее решения необходимо наличие соответствующего оборудования, а для реализации возможностей такого оборудования – согласованная работа группы специалистов, включая конструктора зубчатой передачи, технологов по обработке зубчатых колес и сборке передач в узле,

специалистов по зубообрабатывающему инструменту, наладчиков зубообрабатывающего оборудования, испытателей коробок передач или трансмиссий, метрологов, специалистов по акустике и программному обеспечению. Требуется достаточно оснащенная лаборатория и измерительная база для оценки геометрических и шумовых характеристик передачи, а также стендовое оборудование с возможностью испытания передач под нагрузкой.

Литература

1. Манчев А.В. Основные предпосылки вибрационного диагностирования / Нива Поволжья – 2007. – №1. – С. 25–28.

2. Антонюк В.Е. Тенденции современного производства зубчатых колес / В.Е. Антонюк // Инженерный журнал – 2004. – № 12. – С. 2–15.

3. Косарев О.И. Способы снижения возбуждения и вибраций в прямозубом зацеплении. / О.И. Косарев // Вестник машиностроения. – 2001. – №4. С.8–14.

4. Рудницкий В. Н. Влияние геометрических параметров зубчатых колес на шум в зубчатых передачах / В.Н. Рудницкий. Сб. ст. Вклад ученых и специалистов в национальную экономику/ БГИТА – Брянск, 2001. – С .125–128.

УДК 631.363

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ

Д.Ю. Глазков, А.Н. Глобин
Азово-Черноморский инженерный институт Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Донской ГАУ, г. Зерноград Ростовской области, Российская Федерация

В статье проведено исследование процесса дозирования стебельных кормов и конструктивно-технологических параметров дозатора стебельных кормов. Выявлено, что для выполнения операций счесывания и выравнивания слоя кормов, движущихся на транспортере, целесообразно использовать рабочий орган, представляющий собой вращающийся навстречу потоку корма барабан с пальцами. Проведён расчёт основных рабочих органов дозатора, получены рекомендуемые параметры.

Ключевые слова: корма, стебельные корма, дозирование, дозатор, корморазда тчик.

При интенсификации производства животноводческой продукции возрастает значение качества кормов, представляющего собой совокупность свойств, которые удовлетворяют потребности сельскохозяйственных животных. О качестве корма судят по концентрации энергии, содержанию питательных веществ и диетическим свойствам. Качество кормов зависит от выполнения технологических требований на всех этапах их производственного цикла и является основой повышения продуктивности животных [1].

Качество приготовления кормов на животноводческих фермах обеспечивается проведением определенных технологических операций по подготовке, переработке, а, особенно дозировании кормов при приготовлении кормовых смесей, которое в конечном итоге является определяющим в достижении необходимого уровня требований к качеству кормов [2].

Наиболее сложным при дозировании компонентов кормовой смеси является процесс дозирования стебельных кормов. Поэтому исследование этого процесса является одним из актуальных направлений современной сельскохозяйственной инженерии. Ряд исследователей изучают процесс дозирования стебельных кормов как мобильными устройствами, так и стационарными питателями-дозаторами [3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10].

По исходным требованиям неравномерность выдачи стебельных кормов не должна превышать ±15%. Корморазда тчик КТУ-10-01, наиболее часто используемый для дозирования таких кормов, обеспечивает их выдачу со средней неравномерностью, например,

кукурузного силоса 25,6% при максимальных отклонениях от нормы до 50,0% и минимальных – 90%.

Целью статьи является исследование процесса дозирования стебельных кормов с целью определения оптимальных параметров дозирующего устройства.

В процессе исследования определились основные параметры дозаторов с битерным и транспортерным счесывающим рабочим органом. В частности, определялось: оптимальное расстояние между осью вращения битера (условным центром вращения счесывающего транспортера) и краем приёмного бункера, изучалось влияние дифференциала скоростей

$$\Delta = \frac{V_{дв}}{V_{тр}}, \quad (1)$$

где $V_{дв}$ – скорость движения счесывающих пальцев;

$V_{тр}$ – скорость движения транспортера кормораздатчика.

А также определялся угол наклона пальцев счесывающего устройства.

При испытаниях в качестве оценочного устройства была выбрана неравномерность выдачи корма σ.

После определения оптимальных значений параметров c, Δ, α проводились сравнительные испытания барабанного и транспортерного счесывающих органов (таблица 1).

Таблица 1. Значения параметров при сравнительных испытаниях рабочих органов

Наименование параметра	Обозначение	Дозатор-выравниватель транспортерный	Дозатор-выравниватель барабанный	
			D 500	D 600
Норма выдачи корма, кг/гол	q	14,3	12,7	14,6
Расстояние между приемным бункером и рабочим органом, м	c	0,8	0,3	0,5
Дифференциал скоростей рабочего органа и транспортера	Δ	3	3,1	3
Угол наклона рабочего органа, град	α	55	–	–

Авторы отдают предпочтение дозатору-выравнивателю барабанного типа, который обеспечивает меньшую неравномерность выдачи корма.

Дозатор стебельных кормов состоит из ленточного транспортера, счёсывающего игольчатого барабана и приемного бункера. Из питателя, например, из кормораздатчика КТУ-10А, корм загружается в приёмный бункер дозатора и транспортируется ленточным транспортером к игольчатому барабану, который счёсывает излишки корма и на ленте транспортёра остается слой корма заданной толщины.

При установившемся режиме работы дозатора перед барабаном образуется валик счёсанного корма, поперечный разрез которого можно представить в виде равнобедренного треугольника с углами у основания, равными углу естественного откоса (рисунок 1).

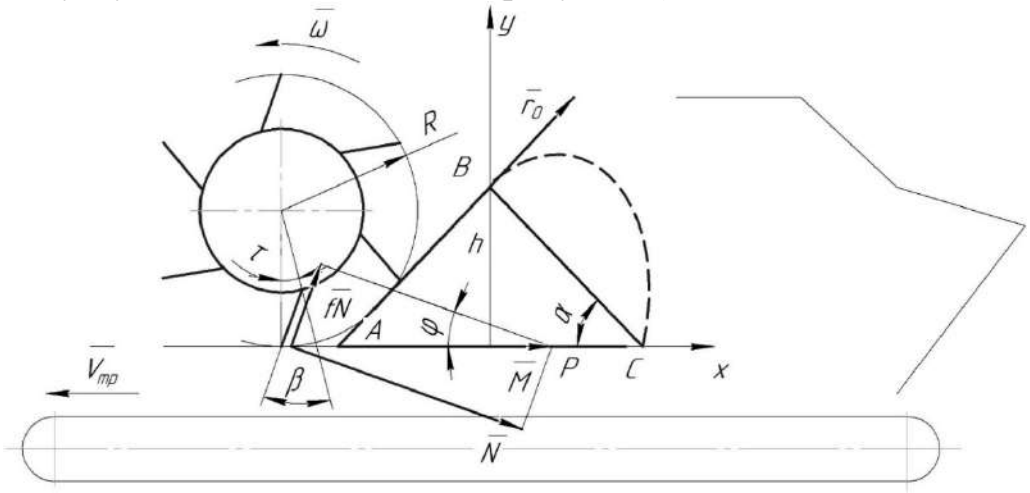


Рис. 1 – К расчёту дальности полёта частиц корма

Перебрасывание корма через барабан будет минимальным, если высота h треугольника ABC будет меньше радиуса R барабана. Примем для расчёта предельное значение $h = R$. Тогда высота треугольника ABC определится

$$h = \sqrt{\frac{q\sigma tg\alpha}{100b\upsilon\rho}}, \qquad (2)$$

где q – порция корма на одну голову, кг/гол.;

σ – неравномерность загрузки приемного бункера, %;

ρ – объемная масса корма, кг/м^3;

b – ширина барабана, м;

υ – скорость движения потока, м/с;

α – угол естественного откоса корма, град.

Перебрасывание корма через барабан можно уменьшить путём установки пальцев барабана под некоторым углом β к его радиусу (противоположно направлению вращения) и выбором оптимальной угловой скорости барабана.

Предельный угол β отклонения пальцев от радиуса барабана определяется тем, что для надёжного и без уплотнения захвата корма при

счёсывании результирующая сила P (рисунок 1) воздействия пальца на корм в начальный момент должна быть направлена горизонтально. Это условие выполняется, когда

$$\beta - \tau \le \varphi, \tag{3}$$

где τ – угол поворота радиуса барабана;

φ – угол трения о палец.

Применяя теорему синусов, определим

$$\beta = arctg \frac{R \sin \varphi}{R \cos 0 - l}, \tag{4}$$

где l – длина пальца, м.

Очистка пальца от счёсывающего корма будет происходить в момент, когда палец окажется около вершины образовавшегося валика.

Частицы корма должны сходить с пальцев со скоростью, обеспечивающей им полет хотя бы до точки C (рисунок 1).

$$V_0 = \sqrt{\frac{gR}{2 \sin \alpha (1 + \sin \alpha)}}. \tag{5}$$

Для определения значения угловой скорости барабана рассмотрим систему сил, действующих на частицу в зоне очистки от корма (рисунок 2).

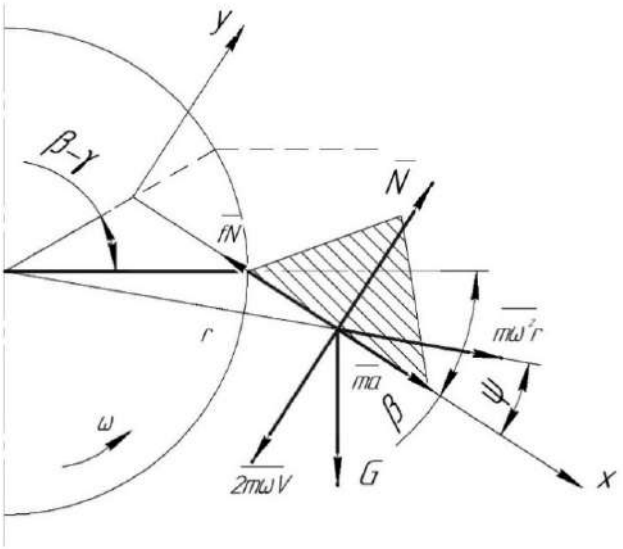


Рис. 2 – Схема действия сил на частицы корма, находящиеся на пальце счесывающего барабана в зоне очистки

В этой зоне частица под действием приложенных сил совершает относительное движение, которое согласно основному уравнению динамики можно рассматривать как абсолютное, если к действующим силам присоединить переносную и кориолисову силу инерции. Кроме этих сил, на частицу действует сила тяжести, $G = mg$, сила нормальной реакции пальца N и сила трения fN.

Условно приложим к частице центробежную силу и, расположив оси координат, как показано на рисунке, составим дифференциальное уравнение движения частиц корма вдоль оси x

$$mx'' = m\omega^2 r\cos\psi + mg\sin\beta - fN, \quad (6)$$

где $\psi = \omega t$ – угол действия центробежной силы, град.;

ω – угловая скорость барабана, $с^{-1}$;

t – длительность очистки пальцев, с;

f – коэффициент трения корма о палец;

r – радиус, определяющий положение частицы корма на пальце в момент очистки, м.

Угловая скорость барабана ω

$$\omega = \frac{(1+4f^2)V}{((2f-1)\cos(\beta-\gamma)+(1-2f)\sin(\beta-\gamma)-(1-2f))r}. \quad (7)$$

В уравнении (7) V – скорость схода частиц корма с пальцев, которая с небольшими допущениями может быть определена по (5), $(\beta - \gamma)$ – угол поворота радиуса барабана, при котором происходит полный сход корма с пальцев.

Число их рядов согласно [4] может быть принято i = 8…12.

Расстояние между пальцами в ряду принимают с учётом фракционного состава типичного корма.

Расположение счёсывающего барабана относительно загрузочного бункера определится из условий совместной работы дозатора с питателем (кормораздатчик КТУ-10А). Расстояние от торца приёмного бункера до центра барабана будет

$$C_б = \frac{Д}{2} + \frac{2R}{tg\alpha} + L, \quad (8)$$

где $Д$ – диаметр барабана;

$\frac{R}{tg\alpha}$ – дальность полета частиц корма;

L – зона формирования потока, определяемая экспериментально.

Определенные расчётные параметры дозатора: n = 40…100 об/мин;β = 27…30°; C = 1,2 м; при значении R = 0,3…0,35 м; f = 0,3…0,6; γ = 350 кг/м^3 (силос), α = 55°, q = 25 кг на 1 голову уточнялись в процессе экспериментальных исследований.

Проведённые исследования позволили установить основные параметры дозатора стебельных кормов с барабанным рабочим органом.

Литература

1. Глобин А.Н. Качество кормов как основа повышения продуктивности животных [Текст] / А.Н. Глобин, И.Н. Краснов, О.И. Алабушева // Совершенствование технологических процессов и технических средств в АПК. Сб. научн. тр. АЧГАА. – Зерноград, 2009. – С. 9–16.

2. Глобин А.Н. Дозирующие устройства [Текст] / А.Н. Глобин. – Саратов: Вузовское образование, 2017. – 344 с.

3. Артюшин А.А. Дозатор-выравниватель к стационарному раздатчику кормов / А.А. Артюшин, И.Д. Богдан // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1979. – № 10. – С. 21–23.

4. Глобин А.Н. Моделирование процесса дозированной выдачи измельченных стебельных кормов / А.Н. Глобин // Вестник аграрной науки Дона. – 2017. – Т. 1. – № 37. – С. 5–15.

5. Глобин А.Н. Процесс подачи кормового вороха к выгрузному шнеку дозатора / А.Н. Глобин // Инновационные технологии и техника – основа повышения эффективности животноводства: Сб. научн. тр. V Междунар. науч.-практ. конф. – Зерноград: СКНИИМЭСХ 2010. – 395 с.

6. Глобин А.Н. Пути совершенствования дозирующих устройств / А.Н. Глобин // Совершенствование технологических процессов и технических средств в АПК: Сб. научн. тр. – Зерноград: АЧГАА, 2009. – С. 5–6.

7. Голиков В.А. Питатель-дозатор стебельчатых кормов / В.А. Голиков, М.Г. Хабибулин // Тракторы и сельхозмашины. – 1972. – № 6. – С.31–33.

8. Способ дозированной выдачи стебельчатых кормов и устройство для его осуществления / Пенкин М.Г., Глотов В.И., Марченко С.С., Литвинов А.П. Авторское свидетельство SU 1606060 A1, 15.11.1990. Заявка № 4621346 от 19.12.1988.

9. Черкун В.Я. Технология приготовления полнорационных кормосмесей для животных. Кормоцеха / В.Я. Черкун. – Запорожье: Х-ПРЕС, 1997. – 218 с.

10. Шацкий В.В. Обоснование основных параметров питателя-дозатора стебельчатых кормов / В.В. Шацкий, А.А. Артюшин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1985. – № 6. – С. 37–39.

УДК 631.331.85

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОШТУЧНОГО ДОЗАТОРА СЕМЯН ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ

В.И. Хижняк, П.С. Мальцев, А.С. Кочергин, В.А. Таранов, А.С. Шейкин

Азово-Черноморский инженерный институт Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Донской ГАУ, г. Зерноград Ростовской области, Российская Федерация

Проведено проектирования и исследований дозатора семян с использованием избыточного давления воздуха. Разработана, функциональна схема и конструкция дозатора. Проведено экспериментальное исследование дозатора на примере семян сои. Приведены результаты полно факторного эксперимента ПФЭ 2^3. Выявлены рациональные параметры и режимы работы дозатора.

Развитие конструкций с.-х. техники способствует качественному выполнению процессов в технологиях возделывания культур и повышению рентабельности сельского хозяйства в целом. Развитие конструкций невозможно без проектирования и исследования, новых образцов [1-3].

Основополагающим процессом при выращивании растений является посев семян. От качества посева зависит раскрытие биологического потенциала растений и их урожайность, поэтому проектирование и исследование новых конструкций посевных машин является актуальной задачей современной науки. Важным элементом конструкции посевных машин является дозатор [1-3]. От качества его работы в значительной степени зависит качество работы всей машины. В Азово-Черноморском инженерном институте ФГБОУ ВО Донской ГАУ был спроектирован и исследован дозатор пунктирного высева с использованием нагнетающего воздушного потока. Преимуществами данного дозатора являются использование избыточного давления нагнетающего воздушного потока для надёжной фиксации семян в дозирующих элементах, что обеспечивает качественное дозирование, а также при помощи воздушного потока осуществляется транспортирование семян из дозатора в борозду [3, 4].

В результате проведённого анализа конструкций современных дозаторов была синтезирована схема поштучного дозатора семян избыточного давления для качественной поштучной подачи семян с возможностью высева семян в два ряда одним дозатором. Схема дозатора представлена на рисунке 1.

Дозатор состоит из следующих элементов. В корпусе дозатора 1 крепится приводной вал 3, на котором установлены с обеих сторон высевающие диски 2, в которых выполнены дозирующие элементы 4 конической формы с криволинейной образующей. Дозирующие элементы 4 на высевающем диске 2 расположены равномерно в один ряд. В корпусе 1 располагается семенная камера 5, щётка верхнего сбрасывателя семян 7, щётка нижнего сбрасывателя семян 8, защитный кран 10, заборное устройство 12. Также к корпусу крепится горловина 6 бункера и патрубок 9 подачи воздуха. Данная конструкция защищена патентом РФ № 2649332 [5].

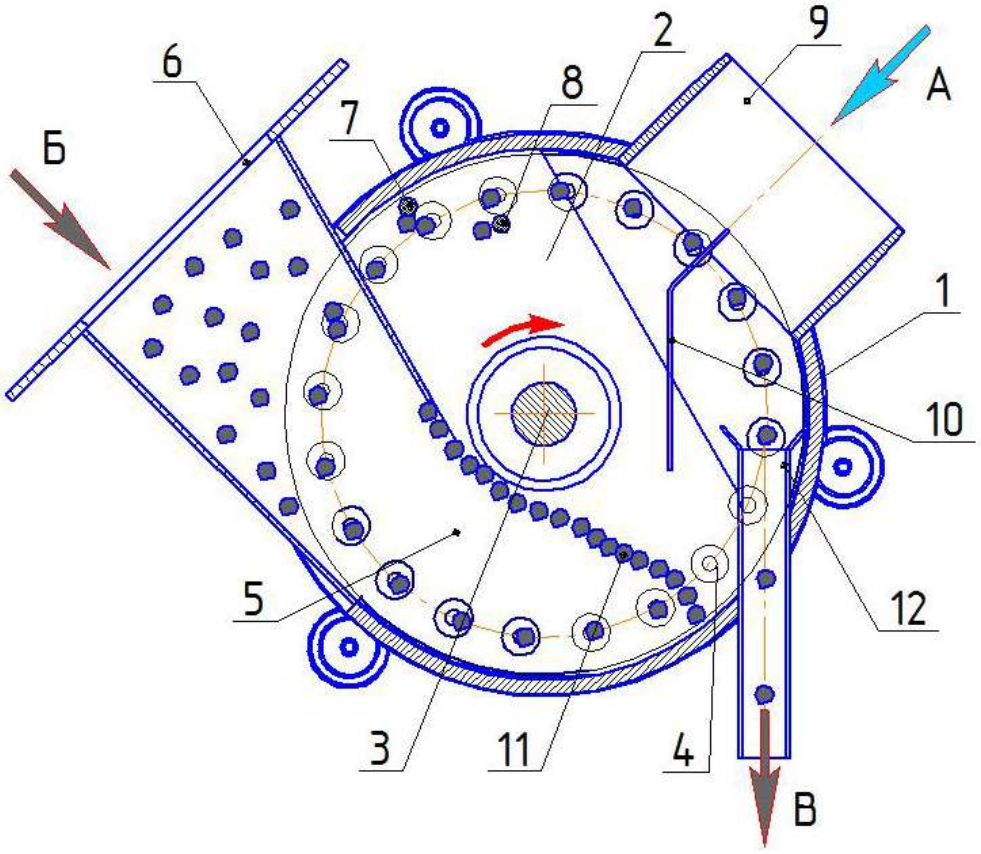


Рис. 1 – Функциональная схема аппарата

Дозатор работает следующим образом. В корпус 1 подаются воздушный поток из патрубка 9 по направлению А и семена из бункера по направлению Б. При вращении высевающих дисков 2 семена в зоне семенной камеры 5 заполняют дозирующие элементы 4 и воздушным поток удерживаются в них. Затем дозирующими элементами семена транспортируются к щеткам 7 и 8 сбрасыватели семян, при помощи которых из дозирующих элементов удаляются лишние семена и в них остаются по одному доминирующе расположенному семени. Далее при помощи экрана 10 удалённые семена из дозирующих элементов отправляются в семенную камеру 5. Достигая заборного устройства 12,

отверстия в дозирующих элементах диска 2 перекрываются выступом прокладки, и устраняется проход воздуха из корпуса аппарата в атмосферу. Семена из дозирующих элементов выходят и подхватываются воздушным потоком движутся в направлении Б по заборному устройству в семяпровод, а далее в борозду открытую сошником.

С целью обоснования необходимого давления воздуха в корпусе дозатора было проведён силовой анализ семени в дозирующем элементе [6]. В результате получено выражение с учётом физико-механических свойств семян и конструктивных особенностей дозатора. Данная зависимость имеет следующий вид.

$$p \geq \frac{4}{\pi d^2}\left(\left(\frac{mg\sin\gamma + m\omega^2 R}{\sin\varphi\cos\delta}\right)(\sin\delta\cos\alpha + \cos\varphi\sin\alpha\tan\alpha) + \frac{2\pi\rho g a b x y}{(f+f_1)(a+b)\mathrm{tg}\beta}(\mathrm{tg}\,\alpha\,\mathrm{tg}\,\mu - 1) + \right.$$

$$\left. + mg\cos\gamma\tan\alpha\right), \text{Па}.$$

Графическая интерпретация зависимости 1 представлена на рисунке 2.

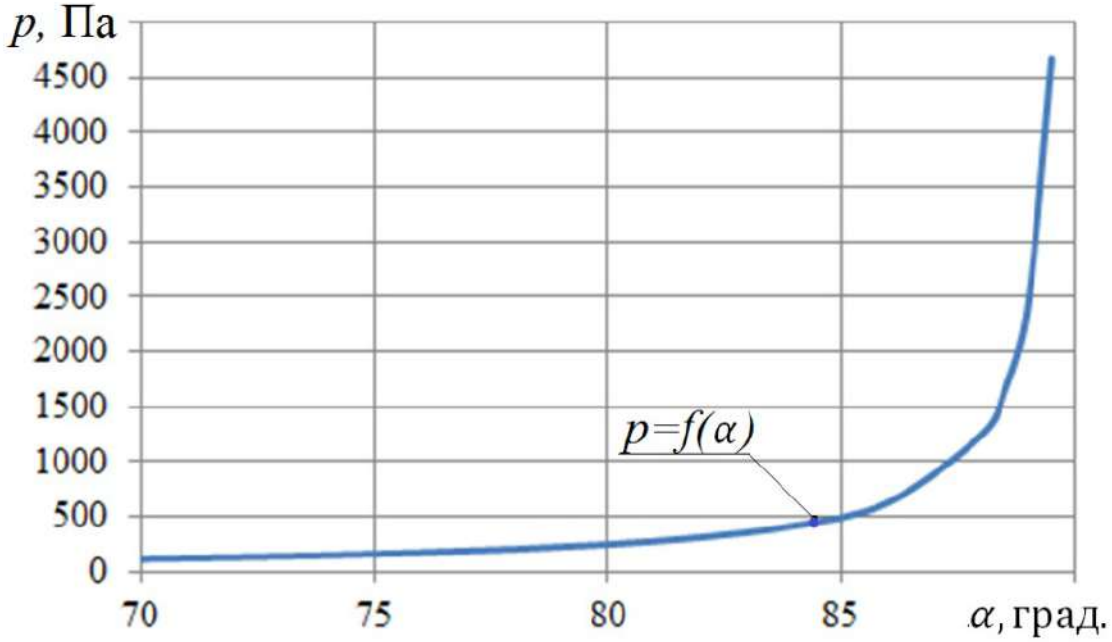


Рис. 2 – График изменения необходимого давления

Из графика видно, что при увеличении угла между линией касательной к образующей дозирующего элемента и вертикальной осью дозирующего элемента необходимое давление увеличивается, и гарантированный захват и фиксация семени в дозирующем элементе происходит при значении угла порядка 87 градусов.

По разработанной схеме конструкции был изготовлен поштучный дозатор семян пропашных культур избыточного давления. Для проверки значения необходимого давления внутри дозатора, определения

необходимой частоты вращения высевающего диска и диаметра отверстия в дозирующем элементе было проведено экспериментальное исследование [7]. Оно проводилось с использованием стенда для исследования дозаторов с нагнетающим воздушным потоком (рисунок 3).

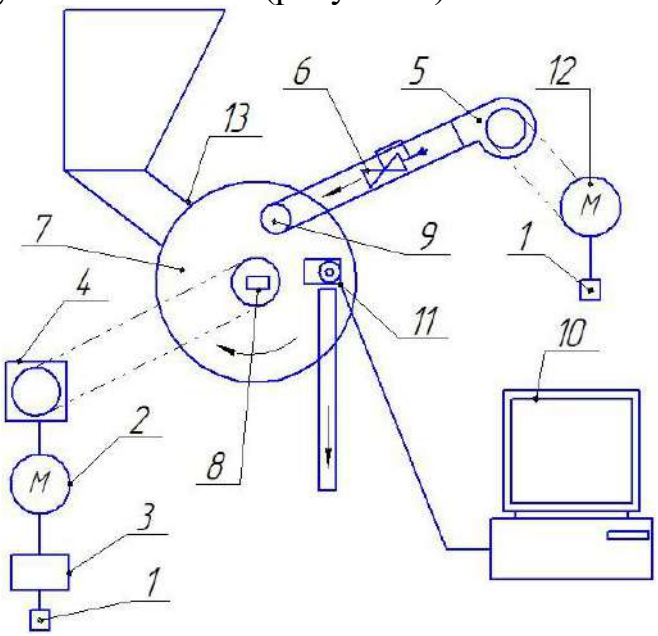


Рис. 3 – Схема стенда

Представленный стенд работает следующим образом. Дозатор 7 крепится на раме, присоединяется привод редуктора 4, воздуховод 9, устанавливаются датчик определения частоты вращения высевающего диска 8, скоростная видеокамера 11, передающая информацию на персональный компьютер 10. При помощи мембранного напоромера ТмТП-100 фиксировалась давление воздуха внутри аппарата. В процессе исследования семена засыпались в бункер 13 и от источников питания 1, напряжение электрической сети подавалось на электродвигатели 2 и 12. При помощи заслонки 6 устанавливалось необходимое давление воздуха, создаваемое вентилятором 5. При помощи переменного сопротивления 3 устанавливается необходимая частота вращения высевающего диска дозатора. При помощи скоростной камеры 11 фиксируется подача семян из дозирующих элементов в заборное устройство дозатора.

Эксперименты выполнены на примере семян сои сорта Комсомолка (средние размерные характеристики). Был проведен полно факторный эксперимент ПФЭ 2^3 [7]. С целью обеспечения достоверности результатов опыты проведены в трехкратной повторность по 500 подач дозирующими элементами семян в каждой. Аналитически были выявлены факторы существенно влияющие на процесс дозирования [7], а за тем исследованы влияния диаметра отверстия в дозирующем элементе (d, мм), давления воздуха в дозирующем элементе (p, Па), частоты вращения высевающего диска (n, c^{-1}). Качественная оценки протекания данного процесса

проводилась при помощи выявления величин процентов дозирующих элементов без семян (a_0, %), дозирующих элементов с одним семенем (a_1 – параметр оптимизации, %), дозирующих элементов с двумя семенами (a_2, %), средней подачи семян дозирующими элементами (M, шт.), среднего квадратического отклонения от средней подачи семян дозирующими элементами (σ, шт.), коэффициента вариации средней подачи семян дозирующими элементами (V, %). Результаты ПФЭ 2^3 сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты ПФЭ 2^3

№ опыта	Факторы			Частости подачи семян дозирующими элементами (в долях еденицы)			Числовые характеристики		
	X_1	X_2	X_3						
	d, *мм*	*n*, c^{-1}	*p*, *кПа*	a_0	a_1	a_2	*M*, *шт.*	*σ*, *шт.*	*V*, %
1	4,3	2,0	6,0	0,0033	0,996	0,0007	0,9973	0,063	6,333
2	4,3	2,0	4,0	0,0053	0,9933	0,0013	0,996	0,081	8,161
3	4,3	1,0	6,0	0,000	0,9953	0,0047	1,0047	0,068	6,750
4	4,3	1,0	4,0	0,000	0,9993	0,0007	1,0007	0,015	1,482
5	3,1	2,0	6,0	0,064	0,936	0,000	0,936	0,245	26,148
6	3,1	2,0	4,0	0,106	0,894	0,000	0,894	0,308	34,433
7	3,1	1,0	6,0	0,028	0,972	0,000	0,972	0,165	16,972
8	3,1	1,0	4,0	0,036	0,964	0,000	0,964	0,186	19,324

Была синтезирована статистическая математическая модель

$$Y = 0{,}9688 + 0{,}0273X_1 - 0{,}0139X_2 + 0{,}0061X_3 + 0{,}0126X_1X_2 - 0{,}0064X_1X_3 + 0{,}0051X_2X_3 - 0{,}0034X_1X_2X_3 \quad (2)$$

Выявлены уравнения сечений поверхности отклика в натуральном виде

$$a_1 = 0{,}99353 - 0{,}02665n - 0{,}00078p + 0{,}00255np. \quad (3)$$

(при $d = 3{,}0$ мм).

$$a_1 = 0{,}82005 + 0{,}03608d + 0{,}01292p - 0{,}00267dp. \quad (4)$$

(при $n = 6{,}0\ c^{-1}$).

$$a_1 = 0{,}96375 + 0{,}007d - 0{,}05275n + 0{,}0105dn. \quad (5)$$

(при $p = 3{,}0$ кПа).

При помощи уравнений 3-5 построены графики частоты поштучной подачи семян дозирующими элементами высевающего диска (рисунки 4-6)

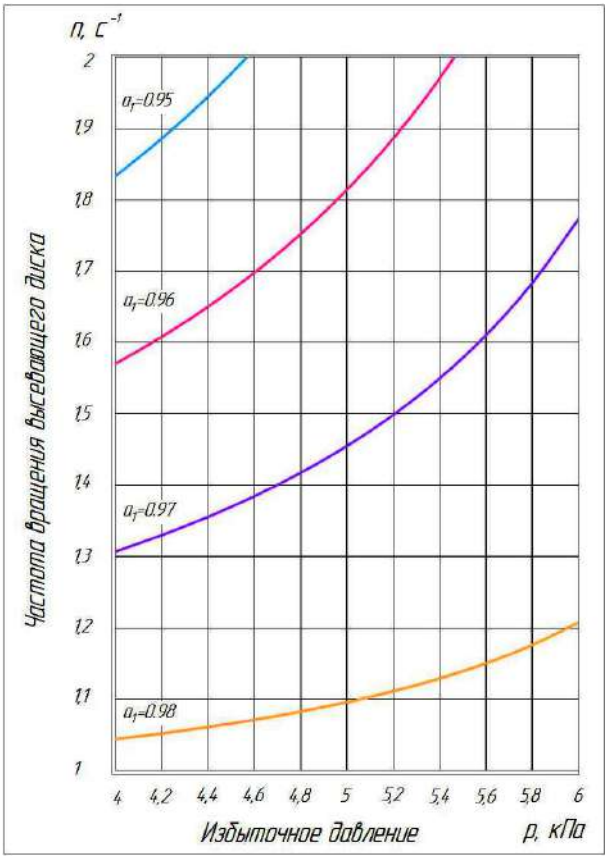


Рис. 4 – Изолинии частости поштучной подачи семян сои

дозирующими элементами при диаметре отверстий для выхода воздуха из дозирующих элементов высевающего диска дозатора d=3,9 мм (X_1=0)

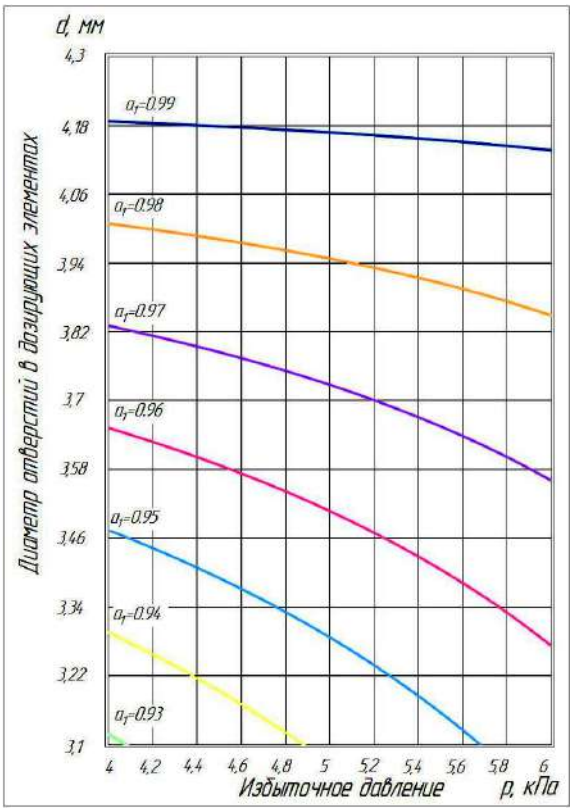


Рис. 5 – Изолинии частости поштучной подачи сои дозирующими элементами при частоте вращения высевающего диска дозатора n=1,5 с$^{-1}$ (X_2=0)

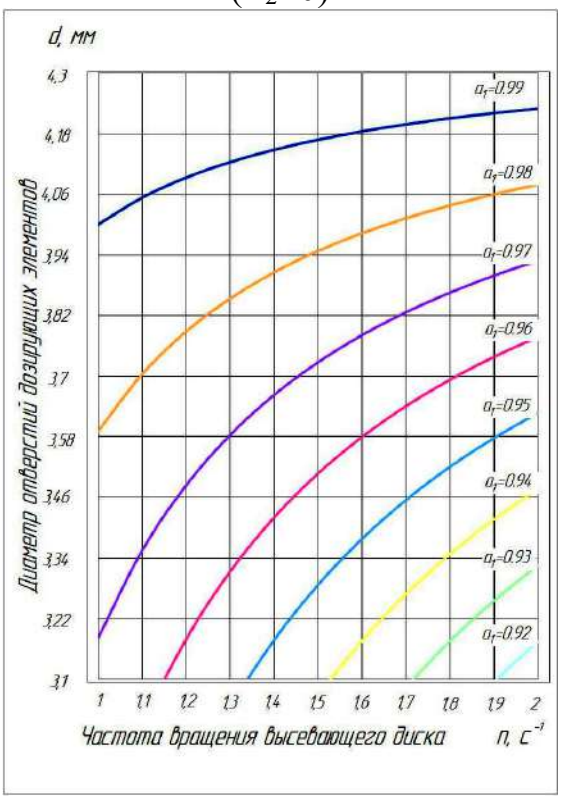


Рис. 6 – Изолинии частости поштучной подачи сои дозирующими элементами высевающего диска при давлении в дозаторе p=5,0 кПа (X_3=0)

На графиках, приведенных на рисунках 4-6 область практического применения двухмерных сечений расположена за изолинией одноштучных подач равных 0,97, так как суммарное количество нулевых и двойных подач – 3%.

Анализируя изолинии, представленные на рисунках 4-6 для частости одноштучной подачи дозирующими элементами 0,97 отмечаем: при увеличении частоты вращения высевающего диска с 1,31 до 1,78 $с^{-1}$ избыточное давление в дозаторе необходимо увеличить с 4 до 6 кПа (рисунок 4); при увеличении избыточного давления в дозаторе с 4 до 6 кПа частоты вращения высевающего диска с 1,06 до 1,21 $с^{-1}$ диаметр отверстий для прохода в дозирующем элементе необходимо уменьшить с 3,8 до 3,6 мм (рисунок 5); при увеличении диаметра отверстий для прохода в дозирующем элементе с 3,20 до 3,94 мм частоту вращения высевающего диска необходимо увеличить с 1,0 до 2,0 $с^{-1}$ (рисунок 6). Аналогично анализируются изолинии частостей одноштучной подачи дозирующими элементами 0,98 и 0,99.

Полученные результаты согласуются с результатом теоретического исследования. Для качественного дозирования (на примере семян сои) при частоте вращения высевающего диска 1 $с^{-1}$ необходимо избыточное давление воздуха в дозаторе 4 кПа.

Проведя теоретическое и экспериментальное исследования, делаем следующие выводы:

– используя полученные графики (рисунок 4-6) можно определить рациональные параметры и режимы работы разработанного дозатора избыточного давления для качественной работы, например для частости одноштучной подачи дозирующими элементами 0,98 при частоте вращения высевающего диска 1,2 $с^{-1}$ необходимо избыточное давление в аппарате 5,9 кПа (рисунок 4).

– разработанная конструкция дозатора имеет ряд преимуществ: дозирование семян в два ряда, обладает лёгкой настройкой и простотой в эксплуатации (за счёт использования прозрачных высевающих дисков, позволяет осуществлять визуальный контроль), качественное дозирование семян одноштучная подача более 0,97, возможность цифрового управления.

Резюмируя представленные результаты, отмечаем, что разработанная конструкция дозатора избыточного давления, соответствует современному уровню развития техники.

Литература

1. Бородаева М.Г. Тенденции качественного развития сеялок точного высева в условиях конкурентоспособного импортозамещения / М.Г. Бородаева, Е.М. Зубрилина, А.В. Каргина, И.А. Маркво,

А.Г. Пастухов // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: сб. ст. 10-й межд-ой науч.-практич. конф. в рамках 20-й межд-ой агропром. выст. «Интерагромаш-2017», Ростов-на-Дону, 2017. – С. 153–154.

2. Хижняк В.И. Анализ конструкций пропашных сеялок / Хижняк В.И., Мальцев П.С., Таранов В А., Онищенко Е.А., Хронюк В.Б., Лаврухин П.В. // Вестник аграрной науки Дона. № 4 (52) 2020. – С. 42–53.

3. Хижняк В.И. Разработка дозирующего модуля сеялки пунктирного высева СПВ-870 / Хижняк В.И., Кочергин А. С., Таранов В. А., Онищенко Е.А. // Вестник аграрной науки Дона. № 2 (50) 2020. – С. 27–34.

4. Крючин Н.П. Исследование пневматического транспортирования семян с различными физико-механическими свойствами / Н.П. Крючин, А.П. Горбачев // В сборнике: Современные ресурсоэффективные технологии и технические средства в АПК. Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Курск, 2021. С. 25–28.

5. Пат. 2649332 Российская Федерация, МПК A01C 7/04. Пневматический высевающий аппарат / Хижняк В.И.; Щиров В.В., Несмиян А.Ю., Кормильцев Ю.Г., Захаров А.С., заявители и патентообладатели ФГБОУ ВО «Донской государственный агроинженерный университет», общество с ограниченной ответственностью «Таганрогсельмаш». – Заявка № 2017106481 от 27.02.2017; опубл. 02.04.2018, Бюл. № 10. – 5 с.: ил 4

6. Хижняк В.И. Теоретическое исследование процесса дозирования семян с использованием нагнетающего воздушного потока / В.И. Хижняк, П.С. Мальцев, А.Ю. Несмиян, Ю.Г. Кормильцев, Д.В. Хижняк // Вестник аграрной науки Дона. № 4 (56) 2021. – С. 46–55.

7. Хижняк В.И. Экспериментальное исследование процесса дозирования семян аппаратом с нагнетаемым потоком воздуха / В.И. Хижняк, А.С. Кочергин, А.Ю. Несмиян, Ю.Г. Кормильцев, В.А. Таранов // Вестник аграрной науки Дона. 2022. Т. 15. № 3 (59) – С. 50–60.

УДК 621.923.9

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ НА СТАДИИ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ

А.А. Деринговский
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Процесс финишной обработки обладает рядом особенностей, основными из которых, с точки зрения теплообмена, являются высокая скорость и интенсивность тепловыделения [1]. Одним из главных критериев, по которому судят о состоянии поверхностного слоя, считается величина средней или максимальной температуры. Однако достижение последней может происходить за разные промежутки времени, при этом возможны количественные и качественные отличия изменения состояния поверхностного слоя и точности формообразования. Расход энергии на единицу объема удаляемого материала при микрошлифовании и полировании значительно превышает энергозатраты на предыдущих стадиях обработки (резкое и грубое шлифование), поэтому весьма актуальной является разработка новых технологических решений на этой стадии обработки [2]. Тепловые процессы в зоне обработки оказывают влияние на протекание самого абразивного съема и определяют качество полированных поверхностей [3]. Для высококачественной обработки некоторых материалов (например, арсенида галлия, фосфида индия и др.), весьма чувствительных к тепловому воздействию, термические напряжения, развиваемые при полировании, должны быть сведены к минимуму. Непрерывно идет поиск материалов для изготовления такого полирующего инструмента, физико-механические свойства которого адаптируются к процессам в зоне обработки. Расширяется объем внедрения полирующих инструментов и методов обработки, при которых реализуется активное управление механическими и теплофизическими процессами на обрабатываемой поверхности. Одним из современных направлений является использование для прецизионной обработки поверхностей магниточувствительных коллоидных жидкостей [4]. В основе предложенного способа лежит эффект левитации немагнитных тел в магнитной жидкости.

В работе [5] экспериментально установлено, что замена операции шлифования, осуществляемой на профиле-шлифовальном станке мод. Л3190, на операцию тонкого точения, осуществляемой на сферо-токарном станке мод. 16М25, сферической поверхности детали из закаленной стали ШХ15 позволяет снизить интенсивность теплонапряженности финишной обработки, исключить температурные дефекты обработки и обеспечить

твердость обработанной поверхности, близкую к исходной, при одновременном увеличении на 30–50% производительности обработки, сокращении расходов по режущему инструменту (шлифовальным кругам) и снижении трудоемкости последующих операций доводки свободным абразивом.

Литература

1. Финишная обработка поверхностей при производстве деталей / С.А. Клименко [и др.]; под общ. ред. С.А. Чижика и М.Л. Хейфеца. – Минск: Беларуская навука, 2017. – 376 с.

2. Карбань В. И. Обработка кристаллов в микроэлектронике / В. И. Карбань, Ю.М. Борзаков. – М.: Радио и связь, 1988. – 104 с

3. Сипайлов В.А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности / В. А. Сипайлов. – М.: Машиностроение, 1978. – 167 с.

4. Tani Y. Development of High – Eficient Fine Finishing Process Using Magnetic Fluid/ Y. Tani // Annals of the CIRP. – 1984. – Vol.33, N 1. – P. 217−220.

5. Новиков Ф.В., Яценко С.М. Расчет температуры шлифования с учетом движения теплового источника вглубь поверхностного слоя обрабатываемой детали // Физические и компьютерные технологии. – Труды 12-й Международной научно-технической конференции, 7- 8 июня 2006г. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2006. – С. 105–111.

УДК 631.372

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ПОЛУГУСЕНИЧНОГО ХОДА НА УБОРОЧНОЙ ТЕХНИКЕ

С.И. Кирилюк
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Гусеничный движитель представляет собой механизм для передвижения посредствам двух замкнутых, параллельно вращающихся резиноармированных лент, называемых гусеницами. Гусеничная лента, замкнутая по контуру образованному ведущим колесом, поддерживающими и опорными катками и каретками, направляющим колесо.

В отличие от тракторов применение гусеничной ленты на колесах комбайнов затруднительно. Мешает большое количество рабочих органов.

Наиболее целесообразно переоборудование комбайнов на полугусеничный ход используется для работы на влажных почвах. Полугусеничный ход (ПГХ) повышает проходимость комбайна, препятствует образованию колеи и уменьшает удельную нагрузку на почву. Данная конструкция уменьшает удельное давление на почву, что увеличивает проходимость машины на почвах с низкой несущей способностью и позволит её использование на переувлажнённых и болотистых почвах, а также использование машины на уборке рисовых культур.

Полугусеничный ход кроме того, что позволяет значительно снизить давление на почву, но также комбайн, оборудованный ПГХ, в свою очередь, демонстрирует хорошую маневренность.

При этом изменений в конструкции комбайна не требуется так как гусеничные хода устанавливаются вместо ведущих колес на комбайне. Направляющие задние колеса остаются, а вместо передних применяется съемная гусеничная тележка. ПГХ монтируется на ступицы колес, без вмешательства в конструкцию машины и без использования дополнительных приспособлений и адаптеров. Монтаж минимален по времени и ненамного превышает установку колес. Рисунок протектора гусеницы выполняется с учетом максимального снижения давления на почву, одновременно повышая тяговые и сцепные свойства даже в самых тяжелых условиях работы. Динамические характеристики и управляемость комбайна остаются в рамках, определенных заводом-изготовителем.

За годы практической эксплуатации машин на полугусеничном ходу, можно на практике оценить преимущества этой технологии, которая помогает уменьшить негативное воздействие сельскохозяйственной техники на почву и увеличить ее производительность.

При разработке этой техники уделяется особое внимание предотвращению процесса уплотнения почвы, которое может привести к снижению урожайности и вынуждает хозяйства нести дополнительные затраты на восстановление почвы.

К числу явных преимуществ применения полугусеничного хода с резино-армированными гусеницами, можно отнести сокращение на две трети давления на почву, по сравнению с аналогичной колесной техникой, возможность движения по дорогам общего пользования с достаточно высокой скоростью и транспортные габариты, соответствующие правилам дорожного движения, высокий уровень комфорта и плавное движение благодаря гидропневматической подвеске, удобная работа с переднее навесными машинами и уверенное следование выбранному курсу движения, высокая устойчивость при работе на склонах, а также сокращение затрат на дополнительную обработку подвергшейся излишнему уплотнению почвы.

Полугусеничного ход приемлем и для кормоуборочных комбайнов. Специально разработанная для использования на этом виде техники уникальная система позволяет уменьшить негативное воздействие не только на почву, но и на травяной покров. При совершении поворотных маневров машина поддерживается средними опорными роликами, тем самым часть каждой из гусениц приподнимается. В результате площадь соприкосновения с почвой и давление на нее быстро меняется до уровня, сопоставимого с тем, что имеет место при использовании шин. Анализ данного метода поворота показал, что подобное сокращение площади соприкосновения с почвой позволяет избежать нежелательного эффекта смещения грунта, который обычно наблюдается, когда техника на гусеничном ходу разворачивается на траве. Уровень подобного сдвига почвы, согласно результатам исследований, у данного типа гусениц практически сопоставим с тем, что происходит при развороте колесной техники. Данная разработка дает возможность постоянного круглогодичного использования машин на данной платформе без потери времени на их переоборудование.

Анализ конструкций зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов с гусеничным и полугусеничным шасси и сменного модуля гусеничного хода, можно сделать заключение, что комбайны с полугусеничной компоновкой показывают хорошую проходимость на увлажнённых почвах и почвах с низкой несущей способностью. Полугусеничные движители этих машин имеют большую опорную поверхность, но не максимально возможную, также они имеют сложную систему подвески гусеничного движителя, они не требуют специальной доработки комбайна, а также минимальное время на установку.

УДК 631.158

СОТРУДНИЧЕСТВО КАФЕДРЫ “МОБИЛЬНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ” С НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ЦЕНТРОМ КОМБАЙНОСТРОЕНИЯ ОАО “ГОМСЕЛЬМАШ”

В.Б. Попов
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Преобразования в АПК требуют нового подхода в подготовке инженеров-конструкторов для проектирования сельскохозяйственной техники. Активное внедрение инновационных технологий в техническое обеспечение и технологии аграрного производства ставят перед производителями, агросервисом и учреждениями образования задачи, связанные с подготовкой и переподготовкой кадров для АПК. Главной задачей высшего образования является подготовка таких специалистов, которые по своим профессиональным качествам отвечали бы не только сегодняшним, но и завтрашним требованиям [1].

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого считается признанным центром технического образования в регионе, благодаря современной материально-технической базе, наличию высококвалифицированного профессорско-преподавательского состава, внедрению в образовательный процесс инновационных методов обучения, а также тесной связи образовательного процесса с наукой и производством. УО ГГТУ им. П.О. Сухого готовит специалистов и для АПК республики, в том числе по специальности 1-36 12 01 “Производство и проектирование с/х техники” со специализацией 1-36 12 01 01 “Производство и проектирование с/х техники для растениеводства”.

Кафедра “Сельскохозяйственные машины” была организована в 1986 году для обеспечения инженерными кадрами в первую очередь ПО “Гомсельмаш” и за прошедшее время выпустила свыше 1350 подготовленных специалистов. Необходимость разработки нового подхода к подготовке современного инженера для проектирования с/х техники затронула все аспекты деятельности кафедры: научно-методическую, учебно-воспитательную и научно-исследовательскую работы, а также состояние материально-технической базы**.** Профессиональный уровень большинства преподавателей кафедры, имеющих базовое образование, а также опыт инженерной работы на производстве, соответствующие профилю подготовки и преподаваемым дисциплинам, позволяет осуществлять качественную подготовку специалистов.

Многолетнее сотрудничество УО ГГТУ им П.О. Сухого и ОАО “Гомсельмаш” способствовало формированию эффективной модели взаимодействия выпускающей кафедры “МОБИЛЬНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ” и “Научно-технического центра комбайностроения” - основного подразделения градообразующего предприятия, направленной на повышение качества подготовки специалистов.

Кафедрой “МиТК” предусмотрено внедрение в дисциплины специализации методологии компьютерного проектирования уборочных машин, а также обучению основам использования программных комплексов “Интегрированная система прочностного анализа” (ИСПА) и ProEngineer.

Кафедра “МиТК” внедрила в дисциплины специализации методологию компьютерного проектирования с/х машин, а такое обучение основам использования программного комплекса ProEngineer. Проектирование мобильной с/х техники требует от будущих инженеров специфических технических знаний и опыта коллективной разработки сложных технических объектов.

Современные образовательные технологии ориентированы на развитие у студента навыков самостоятельного поиска технической информации, что качественно улучшает освоение студентами учебного материала по специальности 1-36 12 01 – “Проектирование и производство сельскохозяйственной техники”. Лабораторные работы по дисциплинам “Гидропривод мобильных с/х машин”, “Тракторы и автомобили” и “Сельскохозяйственные машины” и проводятся на филиале кафедры МиТК, а также на филиале, сформированном на базе ОАО “Гомельоблагросервис”.

Работой студентов на практике руководят опытные инженеры, помогающие им обрести навыки по отработке и оформлению в срок конструкторской документации. Руководители КИО имеют возможность объективнее оценить потенциал практиканта для решения вопроса о целесообразности его приглашения на преддипломную практику или даже предложить ему деловое сотрудничество – работу в течение последнего семестра обучения в ВУЗе. В результате поэтапное усложнение задач по проектированию уборочной техники, выполняемых студентами в КИО, позволяет руководству НТЦК оценивать их потенциальные возможности как перспективных сотрудников, начиная с конструкторской практики.

Эффективность цепочки “конструкторская практика - курсовой проект – преддипломная практика – дипломный проект” за последние 10 лет оправдала себя и подтверждается стабильностью спроса НТЦК, ОАО “Гомсельмаш” и других профильных предприятий РБ на выпускаемых кафедрой молодых специалистов.

Уровень подготовки специалистов повысился: средний балл по государственному экзамену составляет 7.35, а по дипломному проектированию 7.45 балла. Уровень защищенных ДП можно оценить не только оценкой, но и рекомендацией к внедрению в учебный процесс. По результатам распределения за последние 10 лет выпускники кафедры производством востребованы.

Подготовка магистров технических наук в системе ступенчатого высшего образования призвана готовить технических специалистов высшей квалификации и проводится кафедрой “МиТК” как правило, для специалистов НТЦК уже приобретших опыт проектирования.

Общее направление научных исследований по кафедре “ МиТК ” – разработка методик расчета, алгоритмов и математических моделей для машин по уборке с/х культур с использованием новых информационных технологий.

С учетом научного потенциала кафедры, потребностей НТЦК и других подразделений ОАО “Гомсельмаш” были сформированы и реализуются следующие направления прикладных научных исследований:

- функциональный анализ и математическое моделирование механизмов и устройств уборочных машин, мобильных энергоносителей и с/х агрегатов;
- оптимизационный синтез механизмов и устройств уборочных машин, мобильных энергоносителей;
- исследование напряженно-деформированного состояния деталей сложной конфигурации и механических конструкций мобильных машин;
- обоснование и расчет технологических трактов и параметров рабочих органов с/х, в т.ч. уборочных машин.

В связи с перманентными изменениями в рабочей документации конструкций машин, а также разработкой новых проектов, лекции ряда специальных дисциплин нуждаются в ежегодном внесении дополнений и изменений. Среди них такие курсы как: “Проектирование с/х техники для растениеводства”, “Проектирование эксплуатация и ремонт уборочных машин”, “Гидропривод мобильных с/х машин”.

Информация об изделии представлена у разработчика виде электронного описания и твердых копий документов (рис.1).



Рис.1 – Компоненты проектирования используемые при разработке проектов новых машин и модернизации серийной техники

Для выполнения НИОКР в НТЦК ОАО «Гомсельмаш» создана материально-техническая база, соответствующая основным требованиям и стандартам четвертого поколения промышленной революции - «Индустрия 4.0». ЭОИ включает информацию обо всех технических данных, вовлеченных в процесс разработки и создания изделия, а также обеспечивает взаимосвязь данных, полученных в ходе создания изделия с прикладными автоматизированными системами и необходимой управленческой информацией.

При изучении специальных дисциплин, выполнении курсовых работ и проектов, дипломных проектов постоянно используются средства вычислительной техники. В преподавании дисциплин “Математическое моделирование технических объектов и процессов”, “Проектирование машин для уборки с/х культур” используются современные программные комплексы, например “КОМПАС”, “Интегрированная система прочностного анализа”, “Универсальный механизм”, что позволяет студентам овладеть основами компьютерного проектирования агрегатов и узлов уборочных и с/х машин. Занятия, как правило, проводятся в специализированных аудиториях ВУЗа.

ППС филиала кафедры МиТК могут работать с КД и ЭОИ одновременно со специалистами НТЦК на всей цепочке жизненного цикла

изделия «проектирование – подготовка производства – производство – эксплуатация - утилизация».

Подготовка КД к выпуску новых уборочных комплексов связана единой цепью взаимосвязанных процессов, в которой разработанная конструктором электронная 3D-модель детали или узла передается в подразделения управления главного технолога для технологической проработки и подготовки технологической оснастки, а также разработки межцеховых маршрутов. 3D-модели конструкции в режиме просмотра доступны на компьютерах филиала кафедры. Информация о 3D-моделях, разрабатываемых в различных отделах НТЦК, их параметрах и технических характеристиках доступны дизайнерам для проработки внешнего вида конструкции, что используется при корректировке изображений комбайнов в курсе лекций.

Проектирование мобильной техники требует от будущих инженеров специфических технических знаний и опыта коллективной разработки проектов сложных технических объектов в среде CREO Parametric. Подготовка конструкторов мобильных машин по специальности “Проектирование и производство с/х техники” предполагает их сответствующую специализацию по созданию мобильной техники, выпускаемой не только ОАО “Гомсельмаш”, но и другими предприятиями РБ, например, ОАО “АМКОДОР”, ОАО “МТЗ”. Для решения этой комплексной проблемы кафедрой “МиТК” при университете открыта новая специальность “Автомобили, тракторы, мобильные и технологические комплексы.

С учетом научного потенциала кафедры и потребностей НТЦК ОАО “Гомсельмаш” были сформированы и активно реализовались следующие направления прикладных научных исследований:

- функциональный анализ и математическое моделирование механизмов и устройств убор очных машин, мобильных энергоносителей и с/х агрегатов;
- оптимизационный синтез механизмов и устройств уборочных машин, мобильных энергоносителей и с/х агрегатов;
- исследование напряженно-деформированного состояния деталей сложной конфигурации и механических конструкций мобильных машин;
- обоснование и расчет технологических трактов и параметров рабочих органов с/х, в т.ч. уборочных машин.

Литература

1. Лабушев Н.А. и др. Кадровое обеспечение агротехнического сервиса / Н.А. Лабушев, В.Н. Трофимчик, Н.Н. Романюк, В.П. Миклуш // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организация технического сервиса в АПК. Доклады РНПК на 21-ой Международной

специализированной выставке “Белагро-2011”, г. Минск, 9 июня 2011 г. С. 33–40.

2. Бойков В.П. Подготовка инженерных кадров для решения задач развития тракторной техники / В.П. Бойков // Тракторы. Автомобили. Мобильные энергетические средства: Проблемы и перспективы развития. Доклады МНПК, Минск, 2009 г. С. 27–33. .

3. Попов В.Б. Инновации в подготовке инженеров по кафедре “Сельскохозяйственные машины” / В.Б. Попов, А.В. Голопятин // Проблемы современного образования в техническом вузе: материалы II НМК – Гомель: УО ГГТУ имени П.О. Сухого, 10-11.11.2011 г., С. 102–103.

УДК 631.354.02

ЖАТКА С БЫСТРОРАЗЪЕМНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ПРИВОДА

Д.Ю. Барсуков
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»
г. Гомель, Республика Беларусь

В современном сельскохозяйственном производстве без кормоуборочной техники немыслимо вести рентабельное и высокопродуктивное животноводство. Значение кормоуборочных машин в сельском хозяйстве, потребность в них, разнообразие схем и конструкций, вытекающее из многообразия условий их использования, требует глубокого и многостороннего их использования.

Объектом исследования является ротационная жатка для трав, конструкция которой позволяет использовать ее с кормоуборочными комбайнами, оборудованными устройством быстроразъемного соединения адаптеров, а также модернизированной системой поперечного копирования рельефа поля.

В настоящее время передача крутящего момента от вала отбора мощности (ВОМ) кормоуборочного комбайна к адаптерам осуществляется непосредственно через карданный вал, при этом процесс установки карданного вала достаточно трудоемок. Для снижения времени агрегатирования и облегчения трудоемкости процесса, а также усовершенствования механизма поперечного копирования рельефа поля разработан механизм обеспечивающий быстроразъемное соединение привода адаптера с комбайном (рисунок 1).

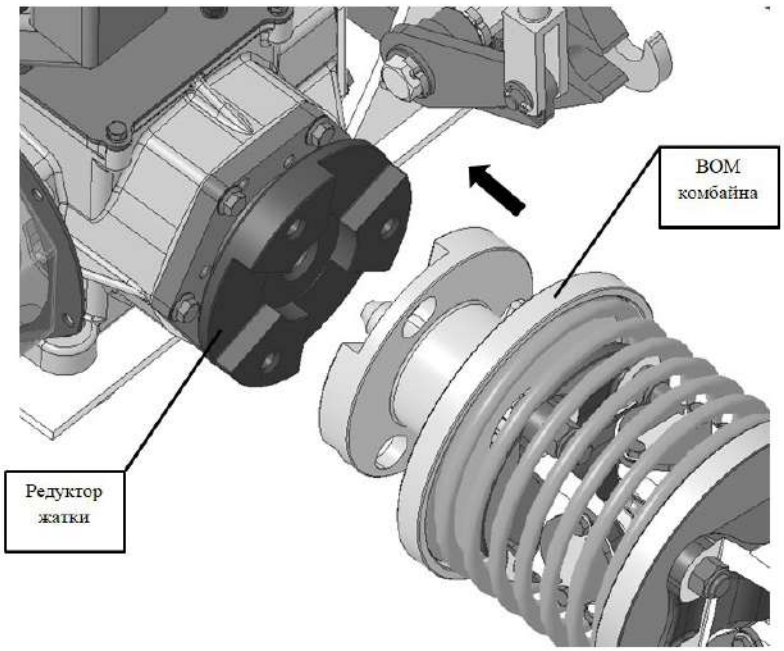


Рис. 1 – Быстроразъемное соединение привода адаптера

Для обеспечения соосности вала привода адаптера и ВОМ комбайна при поперечном копировании, редуктор привода жатки установлен на переходной рамке, которая остается неподвижной относительно питающего аппарата комбайна при копировании, в связи с чем конструкция переходной рамки и центральной части рамы жатки требовала существенные изменения в сравнении с серийно изготавливаемой ротационной жаткой КВК-1-0500000.

Поперечное копирование жатки относительно переходной рамки обеспечивается за счёт перекатывания направляющей дуги ее рамы по роликам, установленным на переходной рамке (рисунок 2).

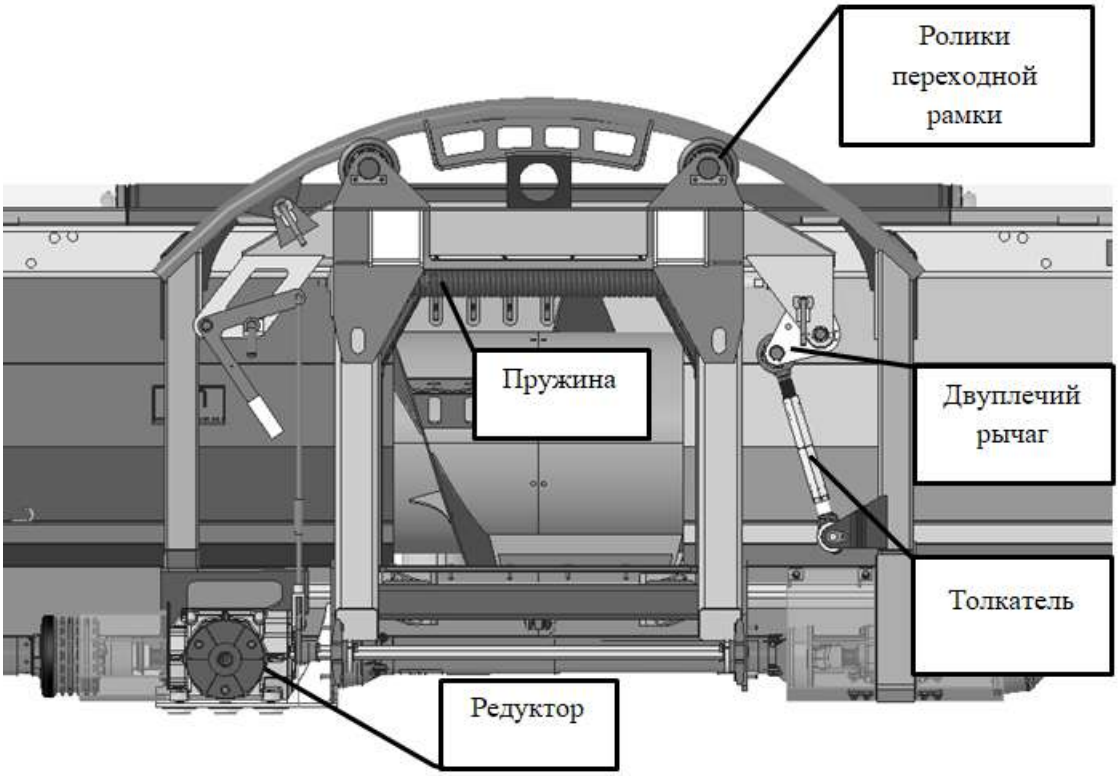


Рис. 2 – Переходная рамка, установленная на жатке

В нижней части жатки имеются ролики, ограничивающие ее горизонтальное перемещение. Оси вращения нижних роликов пересекаются в точке, совпадающей с центром радиуса направляющей дуги (рисунок 3).

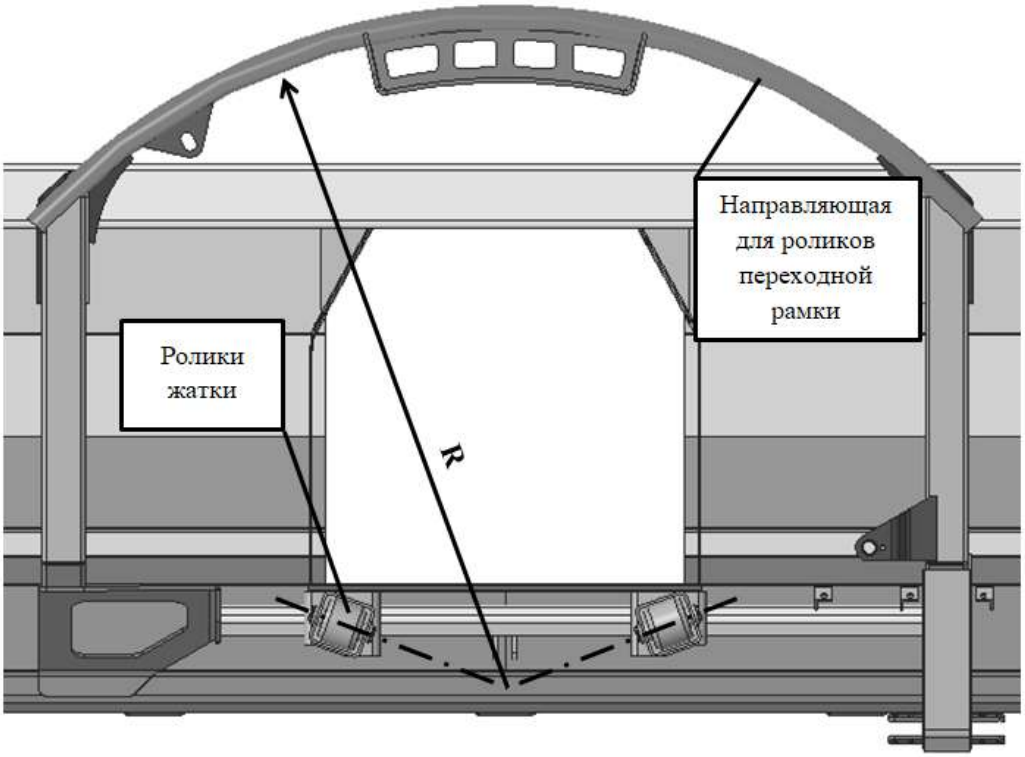


Рис. 3 – Рама жатки

За счёт этого качение верхних роликов по направляющей дуге и нижних роликов по упорным пластинам происходит без проскальзывания, что снижает трение и износ направляющих.

Для обеспечения диапазона копирования жатка проворачивается относительно переходной рамки в каждую сторону в пределах упора. На левой стороне переходной рамки установлен фиксатор для обеспечения стопорения механизма поперечного копирования при транспортных переездах кормоуборочного комбайна с навешенным адаптером (рисунок 4).

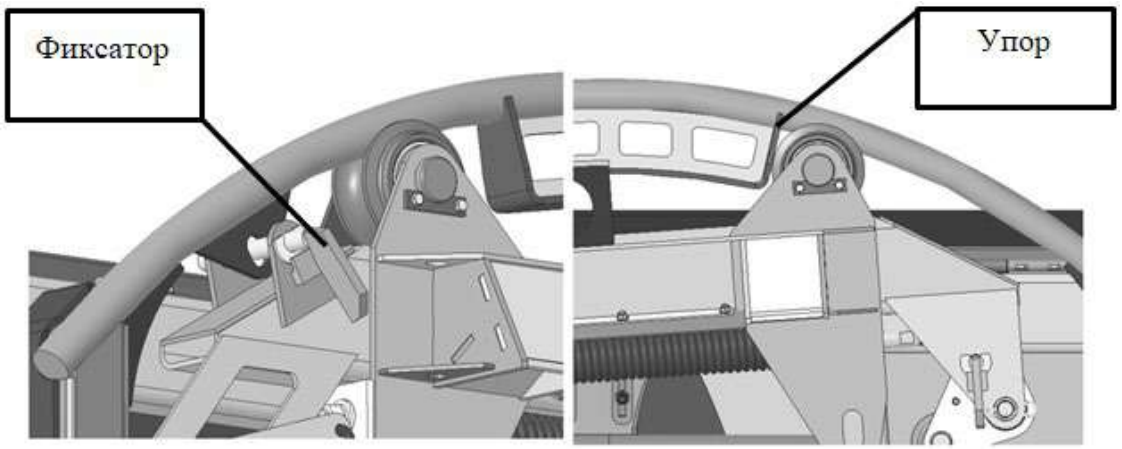


Рис. 4 – Механизмы ограничения и фиксации копирования

На правой стороне установлен двуплечий рычаг с пружиной и толкателем для регулировки поперечного копирования (рисунок 2).

Для ограничения горизонтального перемещения жатки относительно переходной рамки в конструкции также предусмотрена тяга, соединяющая раму жатки с переходной рамкой (рисунок 5).

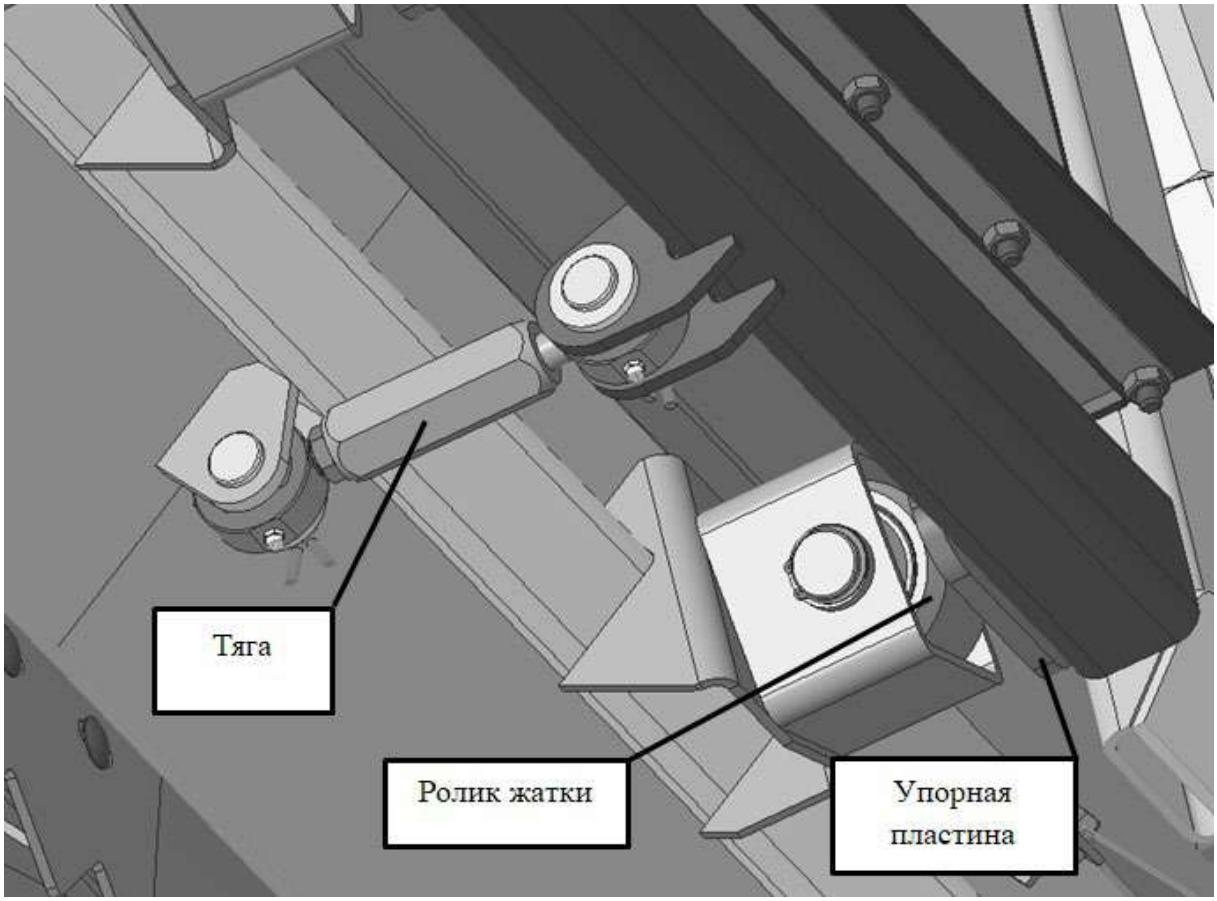


Рис. 5 – Механизмы фиксации горизонтального перемещения жатки

Тяга установлена в центре радиуса направляющей дуги, что позволяет ей оставаться неподвижной при осуществлении копирования. Для компенсации осевых перемещений в головках тяги установлены сферы.

Применение в конструкции жатки механизма быстроразъемного соединения привода приведет к повышению сменной производительности и облегчит процесс агрегатирования адаптера с кормоуборочным комбайном для механизатора, а улучшенная конструкция механизма копирования уменьшит износ деталей и узлов жатки.

УДК 631.3.023

РАЗРАБОТКА БЫСТРОРАЗЪЕМНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИВОДА АДАПТЕРОВ САМОХОДНОЙ КОРМОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ

А.А. Дакука
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В работе рассмотрены преимущества применения быстроразъемного соединения приводного вала привода адаптеров на самоходной кормоуборочной технике производства ОАО «Гомсельмаш».

Введение. Для эффективного развития животноводства необходимы многие условия, среди которых быстрая и качественная заготовка кормов. Для выполнения этих условий ведется постоянная модернизация сельскохозяйственной кормоуборочной техники, которая нацелена на повышение уровня ее надежности, а также на снижение времени, затраченного оператором для подготовки ее к работе и обслуживанию.

Кормоуборочные комбайны способны выполнять такие работы как уборка грубостебельных культур, скашивание травы и подбор из валков с одновременным измельчением и погрузкой в транспортное средство измельченной массы. Для этого комбайны комплектуются тремя адаптерами: жатка для грубостебельных культур, травяная жатка и подборщик. Возможность быстрой замены одного адаптера на другой является важнейшим параметром для выполнения требуемых работ в кратчайшие сроки.

Цель исследования – оценить эффективность применения быстроразъемного соединения привода адаптеров при их навеске на самоходный кормоуборочный комбайн FS650.

Методология исследования. Сравнение удобства выполнения процедуры замены адаптеров на самоходном кормоуборочном комбайне FS650 с установленным карданным валом и установленным быстроразъемным соединением.

Процедура по навеске адаптера включает в себя такие операции как подключение гидровыводов адаптера к самоходной машине и подключение карданного вала привода адаптеров (см. рисунок 1). Из-за конструктивных особенностей комбайна карданный вал на кормоуборочной технике, выпускаемой ОАО «Гомсельмаш» находится сбоку питающего аппарата рядом с левым передним колесом. При навешенном адаптере механизатору требуется находиться в узком пространстве, между колесом комбайна и адаптером, для фиксации карданного вала на приводном валу подключаемого агрегата. Для

подключения приводного карданного вала механизатору требуется совместить ось крестовины карданного вала с осью приводного вала адаптера обеспечив совпадение шлицов, что в совокупности с весом карданного вала требует больших затрат сил и времени механизатора.



Рис. 1 – Установка серийного карданного вала

Также при снятии адаптера механизатор должен до отключения карданного вала повесить его на цепочку для предотвращения падения вала на землю.

Зачастую операцию смены адаптера необходимо выполнять по несколько раз в день, что ведет к значительному уменьшению количества часов полезной работы комбайна и увеличению времени простоя связанного с переоборудованием комбайна для выполнения поставленной задачи.

Помимо прочего для привода каждого типа адаптера используются различные карданные валы, что ведет к значительным затратам на их изготовление.

Для решения данного вопроса было разработано быстроразъемное соединение привода адаптеров (см. рисунок 2).

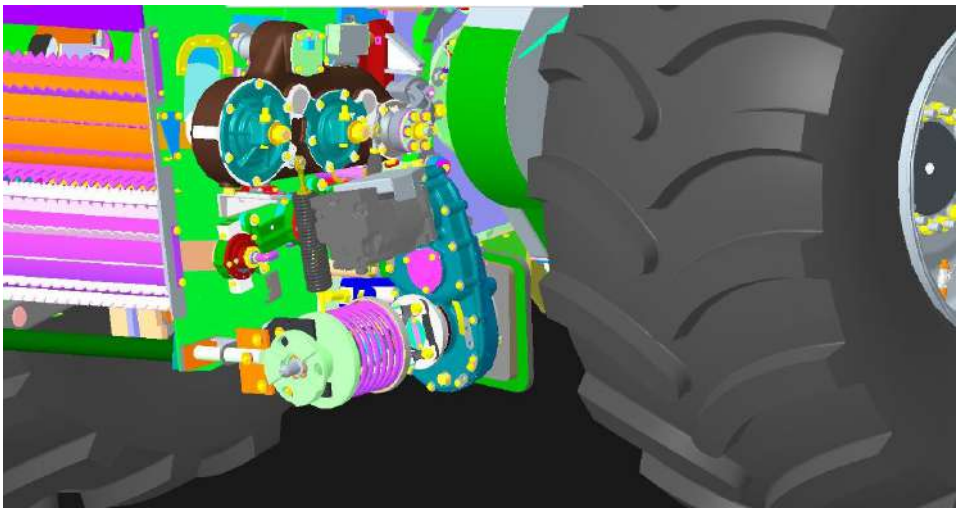


Рис. 2 – Быстроразъемное соединение собственного изготовления

Данное устройство позволяет выполнять автоматическое соединение приводного вала комбайна с валом адаптера при его навешивании на самоходный измельчитель. Конструкция представляет собой 4 крестовины от карданного вала для компенсации несоосности между осью редуктора привода адаптеров и приводным валом адаптера при его навеске. Одной стороной быстроразъемное соединение через фланец болтами фиксируется на валу редуктора привода адаптеров, а с другой стороны выходит шлицевой вал, на котором установлена подвижная в осевом направлении кулачковая муфта. Ответная часть кулачковой муфты установлена неподвижно на валу адаптера. Также на приводном валу установлена пружина для обеспечения прижатия частей кулачковых муфт друг к другу и передачи крутящего момента на вал адаптера (см. рисунок 3). Дополнительно на раме питающего аппарата предусмотрен упор, который предназначен для предотвращения падения на землю быстроразъемного соединения при снятии адаптера.

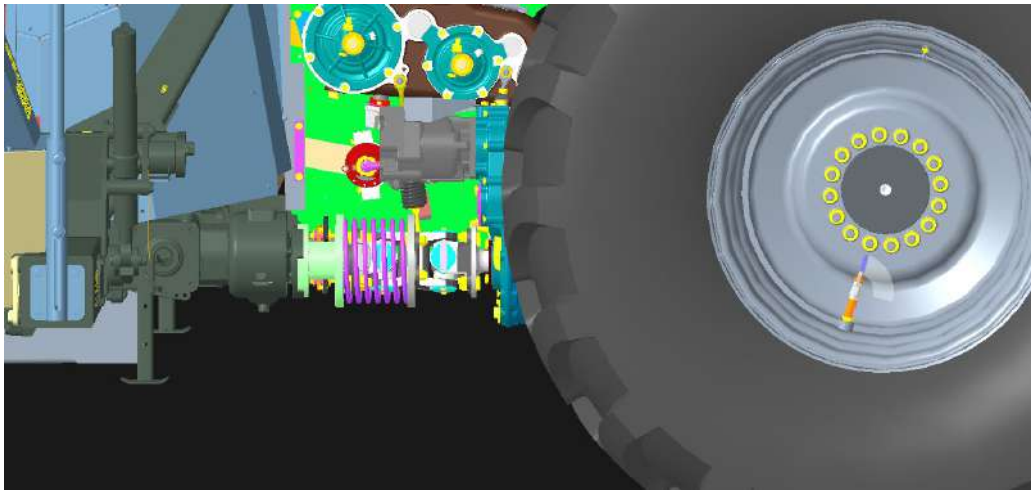


Рис. 3 – Привод жатки для грубостебельных культур

При решении данного вопроса был проведен анализ конструкции импортной техники. Система быстроразъемного соединения также используется в кормоуборочных комбайнах фирмы «CLAAS» (см. рисунок 4).



Рис. 4 – Быстроразъемное соединение кормоуборочного комбайна производства фирмы «CLAAS»

Для обеспечения автоматического присоединения выходного вала редуктора привода адаптеров к приводному валу навешиваемого агрегата необходимо точное позиционирование осей этих валов относительно друг друга. Из-за особенностей конструкции адаптеров и элементов навески на самоходном измельчителе на адаптеры требуется установка дополнительной передачи (редуктора) на каждый навешиваемый агрегат. Регулировка положения на каждом адаптере этого редуктора позволит выполнять дальнейшие смены адаптеров с автоматическим подключением быстроразъемного соединения приводного вала.

Выводы. Разработанное быстроразъемное соединение при подготовке комбайна к работе требует дополнительной регулировки положения приводного вала на каждом адаптере в сравнении с классическим способом установки карданного вала привода адаптеров. Однако с учетом того, что данная регулировка выполняется однократно и сохраняется на весь срок эксплуатации комбайна, можно сделать вывод, что применение быстроразъемного соединения во время эксплуатации комбайна значительно сократит время его простоя для смены адаптеров.

УДК 631.352.022

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАПАТЕНТОВАННЫХ СЕГМЕНТОВ ЗЕРНОВЫХ ЖАТОК И ИХ ИСПЫТАНИЕ

Д.В. Рехлицкая
Научно- технический центр комбайностроения
ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

Работа посвящена вопросам создания, разработки, изготовления и проведения сравнительных испытаний режущих аппаратов жатки. На основе проведенного анализа конструкций и технологий изготовления современных серийно-выпускаемых сегментно-пальцевых режущих аппаратов запатентованы два конструктивных решения и разработана технология изготовления опытных сегментов КЗР1507415Э2. Проведены эксплуатационные сравнительные испытания опытных и серийных сегментов. В работе приведены результаты исследования модифицированных деталей режущего аппарата зерноуборочного комбайна КЗС-1624-1 в составе жатки ЖЗК-9-2. Подобран режим лазерного излучения для изготовления деталей режущего аппарата. Определены физико-механические свойства зубьев сегмента. Намечены пути совершенствования процесса.

Введение. В настоящее время введение различных санкций со стороны коллективного запада в отношении России и Республики Беларусь потребовало от научных сил страны более широкого внедрения в производстве сельскохозяйственной техники новых высокоэффективных решений по обеспечению продовольственной безопасности страны. Зерно- и кормоуборочные комбайны, выпускаемые ОАО «Гомсельмаш», должны обеспечивать своевременную и качественную уборку зерновых и заготовку кормов. Трудности, вязанные с закупкой и использованием импортных комплектующих, потребовали от коллектива предприятия мобилизации сил и средств по поиску альтернативных поставщиков и разработке собственных конструкций узлов и деталей. Следует отметить, что при такой постановке задачи одно из основных требований: минимизация затрат и средств при условии сохранения показателей качества и надежности.

Сжатые сроки уборки зерновых требуют от производителя зерноуборочных комбайнов надежной и безотказной работы узлов и агрегатов комбайна в целом в период сбора урожая.

Объект исследования – зерноуборочный комбайн КЗС-1624-1 в составе жатки ЖЗК-9-2. Для его изготовления используется несколько тысяч деталей, которые необходимы для осуществления техпроцесса

заготовки зерна, но есть небольшие детали по размерам и весу, при выходе которых из строя, останавливается весь техпроцесс.

К примеру, комбайн КЗС-1624-1 весит 21 тонну. Жатка ЖЗК-9-2 – 2,8 тонны, сегмент С.066.46 – 84,9гр. На жатку устанавливаются 120 сегментов, а выход из строя всего нескольких из них ведет к нарушению процесса срезания стеблей, забиванию режущего аппарата жатки и, как следствие, к резкому возрастанию энергозатрат и остановке. Поэтому согласно ГОСТ 158-74 на сегментах не допускается более двух выкрашенных или загнутых зубцов на одном лезвии. Объектом исследования является режущий аппарат зерновой жатки и, в частности, сегменты ножа.

Цель исследования – разработка конструкции сегмента и технологии его изготовления при минимизации затрат и оборудования для его изготовления без потери качества технологического процесса уборки; проведение полевых испытаний.

Общий вид комбайна с жаткой представлен на рисунке 1.

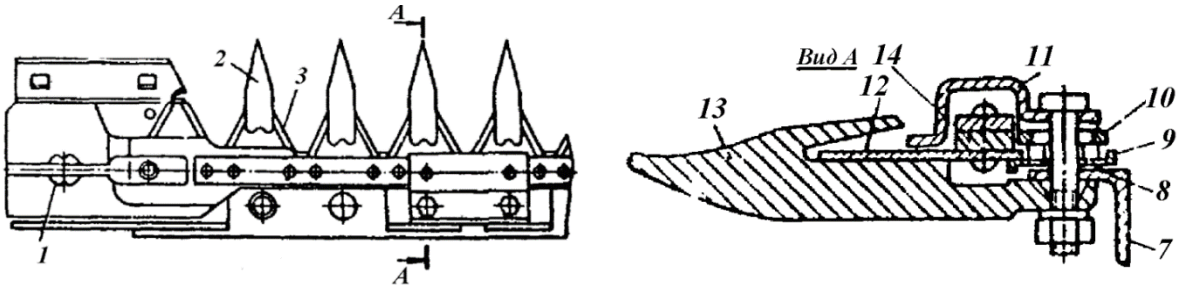


Рис. 1 – Общий вид зерноуборочного комбайна производства ОАО «Гомсельмаш»

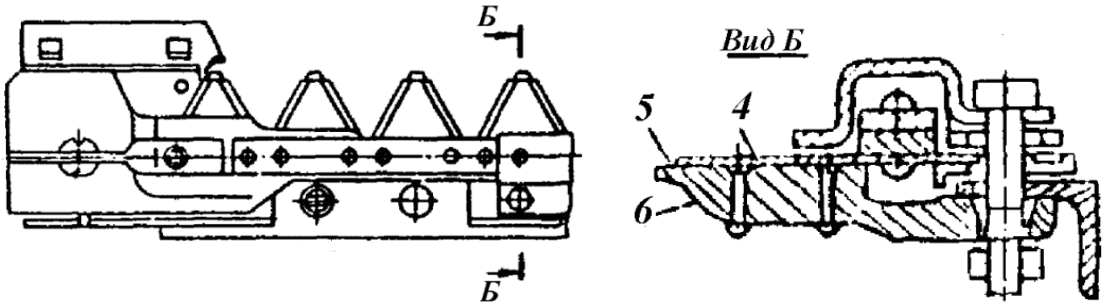
Основное предназначение жатки – срез надземной части побегов сельхозкультур и передача их в молотильный аппарат. Для этого на передней кромке горизонтально земле установлен режущий аппарат.

Режущий аппарат состоит из пальцев и ножа с сегментами. Пальцы снабжены противорежущими пластинами. Нож приводится в возвратно-поступательное движение механизмом привода.

На жатках комбайнов и валковых жатках устанавливаются режущие аппараты двух типов: сегментно-пальцевой закрытого типа (рис. 2а) или сегментно-пальцевой открытого типа (рис. 2б).



а



б

1 – головка ножа; 2 – пальцевый брус; 3 – нож; 4 и 12 – сегменты ножа; 5 – вкладыш; 6 – палец открытого типа; 7 – уголок; 8 – прокладка; 9 и 10 – пластины трения; 11 – прижим; 13 – палец закрытого типа; 14 – спинка ножа

Рис. 2 – Режущий аппарат комбайна сегментно-пальцевой: а – закрытого типа; б – открытого типа

Среди основных неисправностей сегментов режущего аппарата, вызывающих отказ уборочной техники, можно выделить износ режущей кромки лезвия, их деформацию или поломку вследствие внезапных отказов, а также ослабление его крепления к ножевой полосе из-за некачественной фиксации.

Износ лезвия сегмента происходит в основном за счет трения о срезанные стебли растений, наличие абразивной пыли, органических кислот растений. Все это способствует реализации абразивного износа при воздействии электрохимических процессов в паре трения. Нижняя режущая кромка сегмента, при прямом и обратном ходе ножа, взаимодействует со стерней, а также с кромкой противорежущей пластины. В связи с этим интенсивность истирания нижней части сегмента значительно выше, чем верхней. В результате износа изменяются значения остроты кромки лезвия и угла заточки лезвия, что приводит к снижению работоспособности режущего аппарата.

Анализ конструкций отечественных и импортных уборочных машин показал, что в основном в жатвенной части используется сегментно-пальцевый режущий аппарат. Основное достоинство которого -

высокие показатели качества среза убираемой культуры и малая энергоемкость работы по сравнению с аппаратами бесподпорного среза.

Известно множество технических решений изготовления сегментов жаточного ножа [1-7]. В настоящее время, практически, у всех производителей сегментов его конструкция представляет основание, выполненное в виде трапецевидной плоской пластины с двумя боковыми лезвиями, а в нижней части основания выполнены отверстия для крепления. Сегмент может быть выполнен с гладкими лезвиями или на боковых лезвиях могут быть выполнены зубья.

Качество техпроцесса уборки обеспечивается за счет попадания стеблей в промежуток между сегментами, удержанию их и последующим срезанием. Известные решения конструктивно сложны, что снижает их долговечность и надежность, увеличивает стоимость и усложняет технологию изготовления. Ранее ОАО «Гомсельмаш» комплектовало свои жатки сегментами ОАО «Завод «Симферопольсельмаш». Технология изготовления сегментов регламентирована [7] и состоит из следующих основных этапов:

1. Нарезание полос из листов;
2. Вырубка сегментов и пробивание отверстий;
3. Формирование зубьев на режущей кромке;
4. Термическая обработка (ТВЧ);
5. Отпуск;
6. Правка;
7. Шлифование нижней плоскости.

На сегодняшний день жатки комплектуются сегментами собственного производства: ОАО «Гомельский завод литья и нормалей», РУП «Светлогорсккорммаш». Технология изготовления аналогична Симферопольской с небольшими изменениями. Для изготовления сегментов используется 10 единиц оборудования:

1. ФБ1732А – пресс винтовой с дугостаторным приводом;
2. 3Д725 – станок плоскошлифовальный;
3. 6Р82Г – станок консольно-фрезерный горизонтальный;
4. СНО-6.12 – печь закалочная;
5. СШ3-6.6 – отпускная печь;
6. МП6-1899-001 – ленточно-отрезной станок;
7. КГ2132 –пресс однокривошипный открытый простого действия;
8. Ч15.070000 – галтовочный барабан;
9. Установка УИН;
10. Установка ВЧГ.

Для расчета себестоимости приходится учитывать затраты на межцеховые перемещения, расход электроэнергии, ремонт оборудования и

вспомогательные материалы. Все вышеперечисленное указывает на малый ресурс сегмента и высокую трудоемкость изготовления.

Методология исследования. Рассмотрение процесса работы режущего аппарата комбайна КЗС-1624-1 и жатки ЖЗК-9-2 с точки зрения сложной системы, низшими элементами которой в его иерархической схеме являются режущие грани сегментов, позволили определить основное направление повышения его надежности за счет сохранения параметров формы самого сегмента и его зубьев, в течение заданного периода уборки зерновых культур.

В этой связи было решено вместо ровной боковой грани сегмента выполнить ее в виде дуги с дугообразными зубьями по размеру превышающим стандартный зубчик сегмента, не изменяя при этом общепринятые размеры сегмента и его посадочные места. Ранее проведенные исследования в Лаборатории материаловедения и триботехники НТЦК [8-9] показали, что при использовании современных оптических квантовых систем (лазеров) вместо механического раскроя листового материала и последующей термической обработки можно использовать энергию лазера для совмещения этих операций без потери качества готовой детали. Причем лазерный раскрой материала и одновременное модифицирование поверхности придает ей особые свойства, недостижимые при закалке ТВЧ.

Предполагаемая гипотеза реализована следующим образом: боковые грани сегмента выполнены дугообразными, причем на этих гранях расположены дугообразные зубья на внутренних поверхностях которых имеются более мелкие зубья.

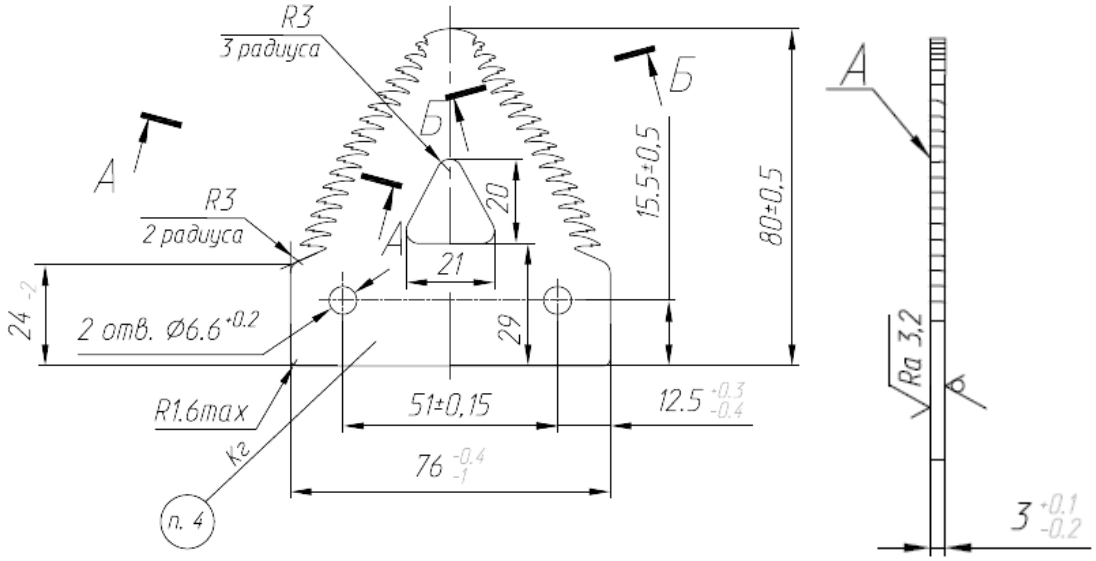


Рис. 3 – Сегмент КЗР 1507415Э2 (без угла заточки)



Рис. 4 – Форма зуба сегмента КЗР 1507415Э2 (без угла заточки)

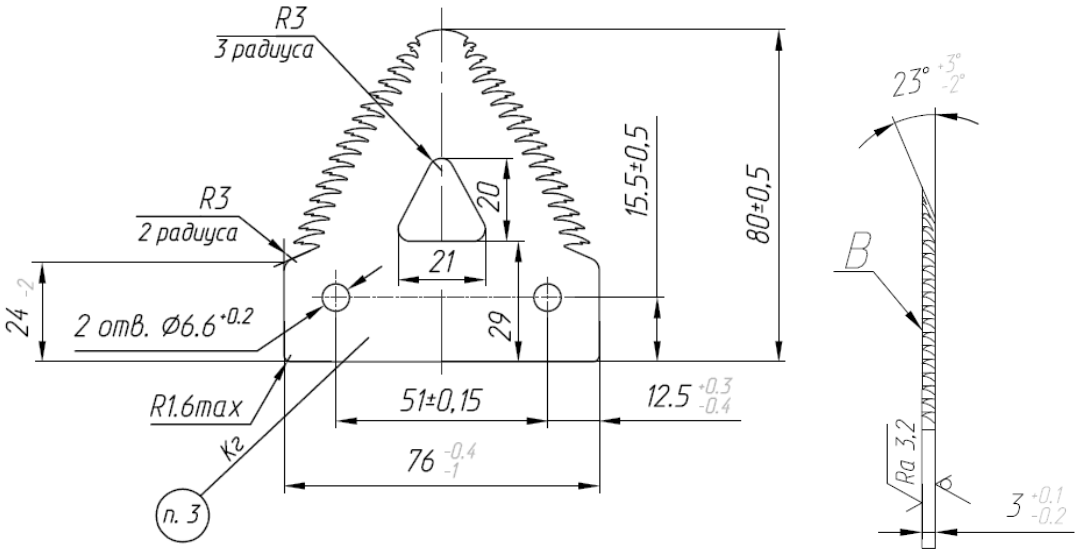


Рисунок 5 – Сегмент КЗР 1507414Э2 (с углом заточки)

Общий вид сегментов представлен на рисунках 6 и 7.

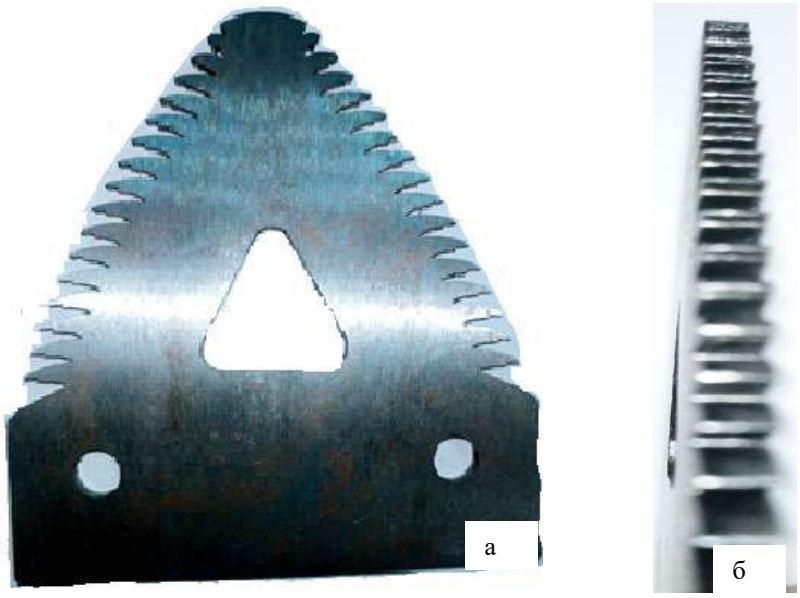


Рис. 6 – Вид на опытный сегмент КЗР 1507415Э2 (без угла заточки): а – вид сверху, б – вид сбоку

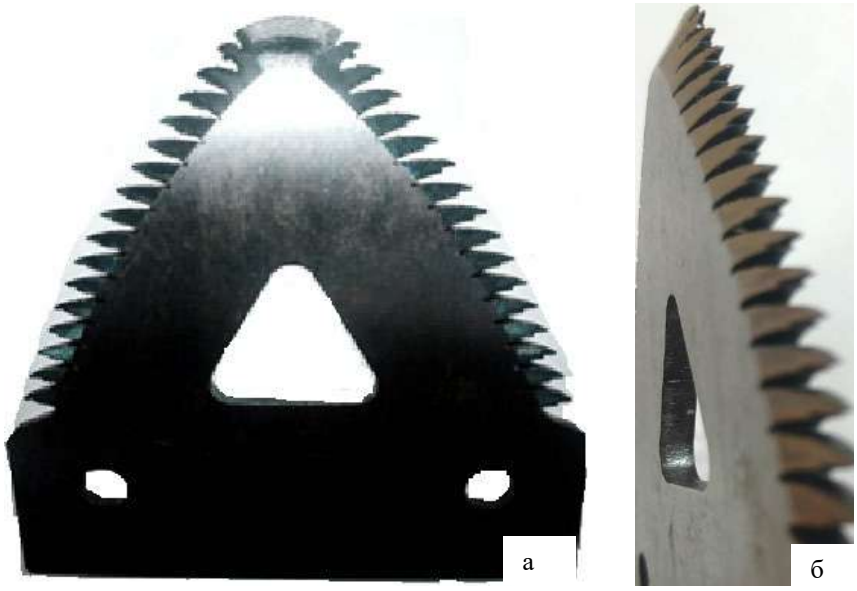


Рис. 7 – Вид на модифицированный опытный сегмент КЗР 1507414Э2 (с углом заточки): а – вид сверху, б – вид сбоку

Положительный эффект данного решения в сравнении с прототипом заключается в том, что в процессе резки стебли не перемещаются в сторону движения жатки от нее, а, наоборот, перемещаются к последней благодаря конструктивным особенностям зубьев. (см. рис.3 и рис.5)

Изготовление опытных образцов сегментов КЗР 15074415Э2 и КЗР 15074414Э2 вели с использованием оптоволоконного итербиевого лазера LaserCut 3015-2 в экспериментальном цеху НТЦК ОАО «Гомсельмаш».



Рис. 8 – Общий вид установки LaserCut 3015-2

Для изготовления опытных образцов была разработана программа, позволяющая изготавливать сегмент и его зубья различной конфигурации

и формы. Особенность данной программы состоит в том, что при раскрое металлического листа мощность лазерного излучения по контуру зубьев устанавливается в заданном алгоритме, обеспечивая оптимальную степень модификации поверхности трения зубьев. Оценка физико-механических свойств зубьев определялась на основе дюрометрических исследований с использованием прибора ПМТ-3М (метод Виккерса, ГОСТ 9450-76). Полученные результаты и их анализ позволили выбрать форму сегмента и его зубьев, а также подобрать режимы лазерного излучения для его изготовления.

Результаты исследования. Проверка работоспособности и выполнение технологического процесса уборки зерновых культур осуществлялась в 2022 году на комбайне КЗС-1624-1 зав. №0071 с жаткой ЖЗК-9-2 зав. № 0089.

На полотно ножа режущего аппарата были установлены последовательно по 37 штук опытных сегментов КЗР-1507414Э2, КЗР-1507415Э2 и 46 штук серийных сегментов (рис.9).

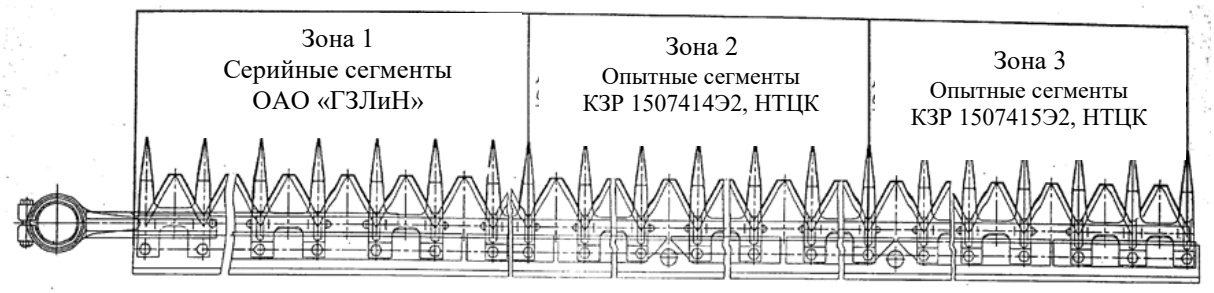


Рис. 9 – Схема установки опытных и серийных сегментов на полотно ножа режущего аппарата

Сравнительные испытания опытных и серийных сегментов режущего аппарата жатки ЖЗК-9-2 проводились на территории КСУП «Кривск» Буда-Кошелевского района Гомельской области в период с 12.08 по 26.08.2022 на уборке пшеницы, ржи, ячменя и овса урожайностью 20,0 - 45,0 ц/га, влажностью зерна 11,0 - 17,0 %, влажностью соломы 12,0 -19,0 %, засоренностью сорняками на высоте среза от 5,0 до 50,0 %.

Наработка жатки ЖЗК-9-2, установленными опытными сегментами КЗР1507414Э2, КЗР1507415Э2 и серийными составила 273 тонны.

По окончанию сезона уборки все сегменты (серийные и опытные) были демонтированы и подвергнуты тщательному анализу. Общий вид сегментов после сезона эксплуатации представлен на рисунках 10 – 12.

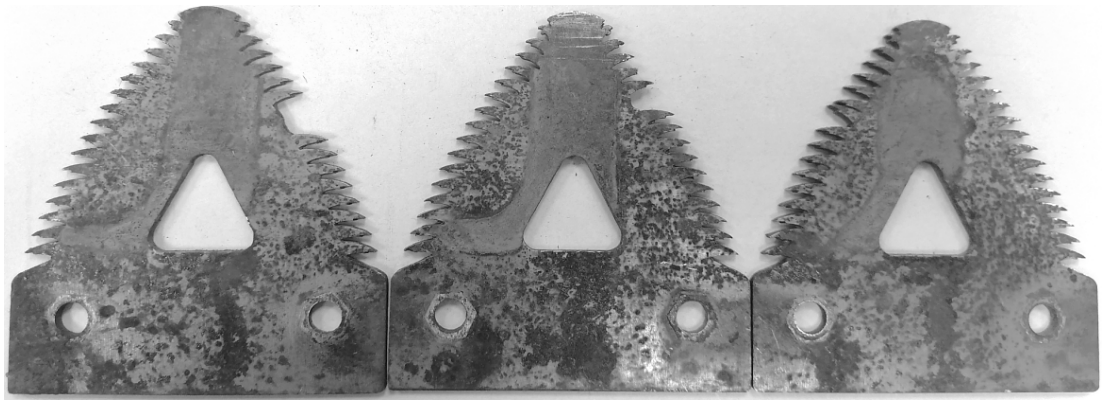


Рис. 10 – Опытные сегменты КЗР1507415Э2, согласно патентов РБ № 22552, № 22586, после сезона эксплуатации

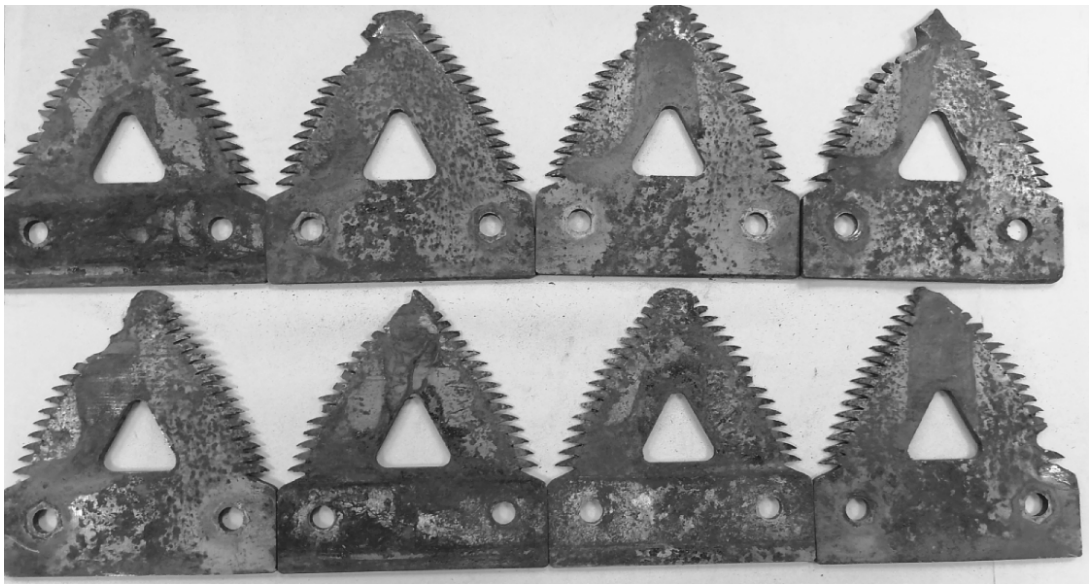


Рис. 11 – Опытные сегменты КЗР1507414Э2, с дополнением конструкторского отдела, после сезона эксплуатации

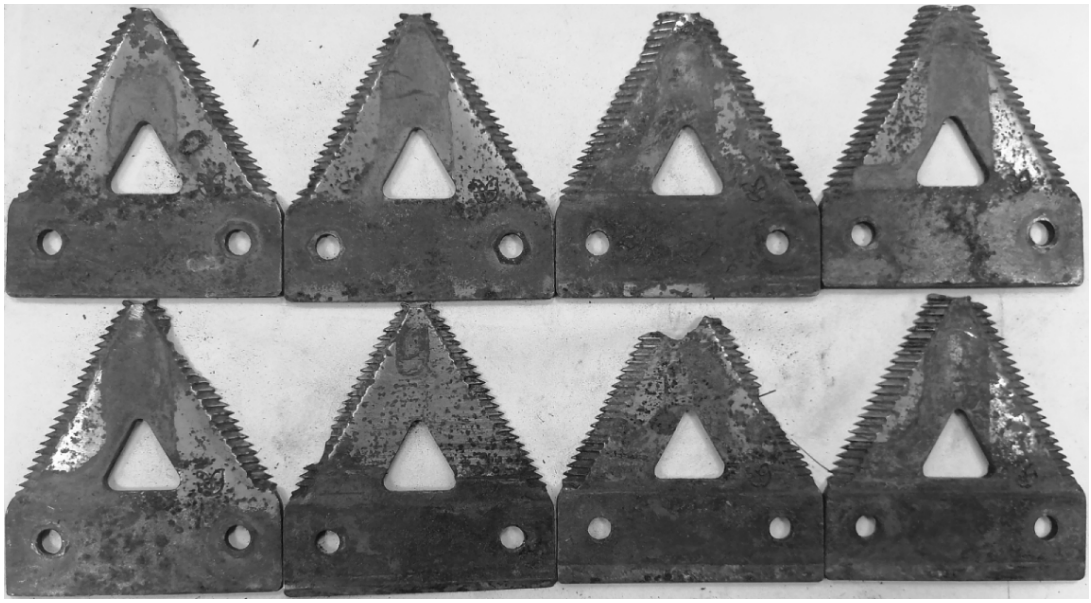


Рис. 12 – Серийные сегменты С.066.46 после сезона эксплуатации

Выводы.

1. Разработана конструкция опытных сегментов и технология их изготовления. Форма сегмента и зуба без угла заточки режущей части защищена двумя патентами РБ № 22552, № 22586;

2. Для изготовления опытных сегментов КЗР 1507415Э2 использовалась только одна единица оборудования (оптоволоконный итербиевый лазер LaserCut 3015-2) вместо 10 единиц при изготовлении серийных. Межцеховые перемещения исключены;

3. Предложение конструкторского отдела (КО) о необходимости дополнительной заточки сегментов изготовленных по патентам РБ № 22552, № 22586 требует проведения дополнительной операции заточки и оборудования. Результаты испытаний подтвердили нецелесообразность предложения КО по дополнительному использованию угла заточки 230 на сегментах КЗР1507414Э2;

4. В 2022 году проведены полномасштабные сравнительные полевые испытания серийных и опытных сегментов КЗР 1507415Э2, КЗР 1507414Э2. По окончанию испытаний только 3 сегмента КЗР1507415Э2 имеют повреждения;

5. Процесс оптимизации изготовления и получения оптимальных свойств сегментов продолжается в уборочном сезоне 2023г с учетом предыдущих результатов испытаний.

Литература

1. Патент США 5054277, МПК^5 A 01D 34/13; НКИ 56-299 // ЗЖ. - №10. – 1993

2. А.с. СССР 243303, МПК A 01D//БИ. - №16. – 1969

3. А.с. СССР 1445606, МПК^4 A 01D 34/14// БИ. - №47. – 1988

4. А.с. СССР 243303, МПК^4 A 01D 34/14// БИ. - №45. – 1988

5. Патент РФ 2136133, МПК^6 A 01D/ 34/14, опубл. 10.09.1999

6. Свидетельство РФ на полезную модель 833, МПК^6 A 01D 34/14, опубл. 16.10.1995

7. Техпроцесс 02101.00549 изготовления сегмента Н.066.02-01 на автоматической линии №9, используемый на ОАО «Завод «Симферопольсельмаш»

8. Соловей Н.Ф. Структура и механические свойства модифицированных слоев сталей 25ХГСА, 60С2А, 65Г /Н.Ф. Соловей, Д.В. Рехлицкая // Новые функциональные материалы, современные технологии и методы исследования: материалы 3 Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, Гомель, 4-6 ноября 2014, Сб.тез. докл. республ. науч.-техн. конф. — С. 119 – 121

9. Рехлицкая Д.В. Применение лазерного модифицирования на деталях и узлах кормоуборочной техники / Д.В. Рехлицкая, Т.В. Кравчук, Н.Н. Белая // Новые функциональные материалы, современные технологии

и методы исследования: материалы 6 Республиканской научно-технической конференции молодых ученых, Гомель, 9 - 11 ноября 2020, Сб. тез. докл. республ. науч.-техн. конф. – С. 158 – 159

10. Режущий аппарат сельскохозяйственной машины: пат. BY №22552 / О.В. Рехлицкий, Н.Ф. Соловей, Рехлицкая Д.В., Г.Г. Чумак – Опубл. 30.10.2019

11. Режущий аппарат сельскохозяйственной машины: пат. BY №22586/ О.В. Рехлицкий, Н.Ф. Соловей, Д.В. Рехлицкая, Г.Г. Чумак – Опубл. 30.10.2019

УДК 621.833

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСА НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС

Т.Д. Стасенко, Д.Л. Стасенко
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Введение. Одна из основных причин выхода из строя деталей машин - износ. Наиболее подвержены износу трущиеся детали, к которым относятся зубчатые колеса. Для улучшения показателей долговечности зубчатых колес используются различные методы, а значит, проводится большое число испытаний, требующих много времени и материальных затрат. В процессе эксплуатации редукторов наблюдаются следующие основные виды разрушения зубьев зубчатых передач: усталостное выкрашивание из-за высоких контактных напряжений в полюсе зацепления; поломка зубьев из-за недостаточной изгибочной прочности и абразивный износ зубьев из-за скольжения профилей зубьев при наличии абразивных частиц между ними в условиях открытых передач. Некоторые неисправности зубчатых колес также могут возникать из-за проблем с проницаемостью упрочненного слоя, которые сводят на нет методы избирательного маскирования цементацией для защиты поверхности от повреждений. Геометрия шестерни и слишком глубокая цементация для конкретного профиля зуба могут вызвать растрескивание упрочненного слоя, которое начинается в подповерхностном слое. [1] Это явление обычно называют образованием трещин по границе упрочненного слоя. Снижение высоких концентраций углерода на поверхности и выбор глубины упрочненного слоя в соответствии с нижним предельным значением, указанным в спецификации, зачастую помогает избежать этой проблемы. Одним из способов снижения себестоимости проектирования производства и испытаний является математическое моделирование зубчатых колес, которая в свою очередь является неотъемлемой частью процессов изготовления, исследования и использования зубчатых колес. Поэтому благодаря математическому моделированию возможно в кратчайшие сроки и без больших материальных затрат воссоздать как само зубчатое колесо, так и условия его применения [2]. Поэтому создание математической модели износа рабочей поверхности зубчатого колеса является важной и актуальной задачей.

Основная часть. Цилиндрические эвольвентные передачи весьма чувствительны к погрешностям, которые вызывают кромочный контакт и повышенные напряжения. С целью ослабления или исключения торцевого кромочного контакта используют продольную модификацию рабочих

поверхностей зубьев (обычно одного из пары колес), придавая им слегка бочкообразную форму. При наличии технологических погрешностей и деформаций деталей происходит перекатывание поверхностей таких зубьев в продольном направлении с перемещением контактной площадки в сторону одного из торцов зубчатого венца. Учитывая, что бочкообразные зубья работают в условиях локального контакта (объемного напряженного деформированного состояния), то изгибные напряжения в основании зубьев, выполненных на базе стандартного исходного контура, можно определить по формуле:

$$\sigma_F = 2TY_E \cdot Y_{\vartheta вс} \cdot K_F /(m^3 z),$$

где T – передаваемый крутящий момент; m – модуль колес; z - число зубьев колеса; Y_E - коэффициент, учитывающий влияние перекрытия зубьев; $Y_{\vartheta вс}$ - приведенный объемный коэффициент, учитывающий распределение нагрузки вдоль длины бесконечно длинного зуба; K_F – коэффициент нагрузки.

Коэффициент нагрузки можно представить в виде стандартной формулы:

$$K_F = K_A \cdot K_{F\vartheta} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta},$$

где K_A и $K_{F\vartheta}$ - коэффициенты внешней и внутренней динамической нагрузки; $K_{F\alpha}$ - коэффициент распределения нагрузки между зубьями; $K_{F\beta}$ - коэффициент неравномерности распределения нагрузки по длине контактных линий.

Прогнозирование износа рабочей поверхности зубчатых колёс особенно важно в целях испытания спроектированной детали и, при необходимости, корректирования его параметров до этапа производства. Благодаря современным САПР возможно испытание зубчатых колес и передач на трение и износ. Особый подход к расчету изнашиваемых кинематических пар содержится в работах В.В. Шульца, в которых на основании вариационных методов определены устойчивые формы естественного износа, обладающие свойством энергетического экстремума в заданном относительном движении. Расчеты передач на износ производятся с целью определения ресурса работы или стыкования конструктивных параметров передачи, при которых он имеет максимальное значение. Суть моделирования основывается на положениях упруго-статической модели, успешно применяемой при синтезе приближенных зацеплений. В соответствии с этой моделью предполагается: все зубья геометрически одинаковы и равномерно распределены по ободу колеса; контакт зубьев осуществляется по активным поверхностям; под нагрузкой зубья колес деформируются и их упругие свойства одинаковы; пластические деформации отсутствуют.

Дополнительно приняты следующие допущения: зубья каждого колеса изнашиваются одинаково; условия работы передачи (температура

окружающей среды, свойства смазывающего материала, концентрация и свойства абразивных частиц и т.д.) считаются неизменными; к выходному валу приложен постоянный момент сопротивления; шестерня вращается с постоянной угловой скоростью; частота вращения шестерни достаточно мала, чтобы динамическими нагрузками, обусловленными неравномерностью вращения колеса, можно было пренебречь; износ считается достаточно малым, чтобы можно было не учитывать изменения упругих свойств зубьев; трение в зацеплении не учитывается.

В основе эволюционного подхода к моделированию лежит деление процесса изнашивания на ряд шагов. Изменение наработки Δn на каждом шаге выбирается настолько малым, что в его пределах условия изнашивания можно считать постоянными. Отсюда следует, что приращение износа ΔH_i можно считать постоянным и в любой i-ой точке профиля с достаточной степенью точности можно выразить уравнением:

$$\Delta H_i = I_i \cdot \Delta n_i,$$

где I_i – интенсивность изнашивания: $I_i' = \frac{\partial H}{\partial S} = k \cdot q^{\alpha}$,

где ∂H – величина износа, ∂S – путь трения, q – контактное давление, α – находится, в пределах $1 \le \alpha \le 3$ (для приработанных поверхностей $\alpha \approx 1$), k – интенсивность физико-химических процессов во фрикционном контакте, определяемая экспериментально. Толщина износа поверхности зуба:

$$\delta_u = J_u S$$

где J_u — интенсивность изнашивания; S - общий путь трения за время работы зубчатой передачи (скольжение по площадке контакта в области контакта зубьев колеса и шестерни). Путь трения имеет следующий вид:

для головки зуба $S_1 = \frac{v_1 - v_2}{v_1}$; для ножки зуба $S_2 = \frac{v_1 - v_2}{v_2}$, где v_1 и v_2 — скорость качения опережающей и отстающей поверхностей зубьев. После подстановок и несложных преобразований получаем формулы для расчета долговечности зубчатой передачи:

• для опережающей поверхности (начальной головки зуба шестерни)

$$t_1 = \frac{[\delta_u]}{2{,}25 J_{u1} \sqrt{q_n \frac{\rho_{np}}{E_{np}} \left(1 - \frac{1}{u_{12}} \frac{\rho_2}{\rho_1}\right)} n_1 n_3}$$

• для отстающей поверхности (начальной ножки зуба колеса)

$$t_1 = \frac{[\delta_u]}{2{,}25 J_{u2} \sqrt{q_n \frac{\rho_{np}}{E_{np}} \left(1 - \frac{1}{u_{12}} \frac{\rho_1}{\rho_2}\right)} n_2 n_3}$$

где $[\delta_u]$ - допустимое значение износа шестерни или колеса; J_{u1} и J_{u2} - интенсивность изнашивания шестерни и колеса; q_n - погонная нагрузка по длине контактной линии; ρ_{np} - приведенный радиус кривизны в

характерной точке контакта профилей; E_{np} - приведенный модуль упругости материалов зубчатой пары. Износ эквивалентен перемещению точки по нормали к поверхности трения (рис. 1) и, при известных координатах достаточно большого (m) числа точек, задающих профиль зуба в начале шага изнашивания $\{x_i, y_i\}_{i=1}^{i=m}$ их координаты $\{x_i^h, y_i^h\}_{i=1}^{i=m}$ в конце этого шага равны: $x_i^h = x_i + I_i \cdot e_{ix} \cdot \Delta n$; $y_i^h = y_i + I_i \cdot e_{iy} \cdot \Delta n$

где e_{ix}, e_{iy} – проекции орта нормали на оси координат.

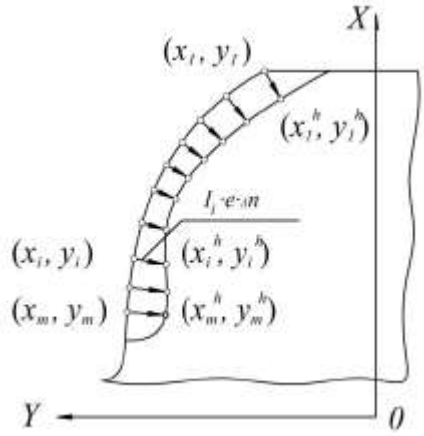


Рис. 1 – Математическая модель процесса трения

Суммарный износ зубьев в контактной точке $\sum I = I_1 + I_2$ определяется износом зуба шестерни и колеса. Каждое из этих слагаемых представляет собой сумму основного износа, обусловленного кинематикой зацепления, и дополнительного износа вследствие относительного смещения зубьев из-за радиального биения зубчатых колес:

$$\sum I = I_1 + I_2 = (I_{z1} + I_{b1}) + (I_{z2} + I_{b2}) = I_z + I_b = (I_{z1} + I_{z2}) + (I_{b1} + I_{b2})$$

Принято, что суммарный износ зубьев шестерни и колеса в контактной точке прямо пропорционален значениям удельной мощности сил трения Pfz и Pfb ($\frac{Bm}{мм^2}$):

$I_z = I_{z1} + I_{z2} = a_z k_q Pfz = a_z k_q (fz \sigma H \upsilon_{sz})$; $I_b = I_{b1} + I_{b2} = a_b k_q Pfb = a_b k_q (fb \sigma H \upsilon_{sb})$,

где a_z, a_z- исходные значение удельной интенсивности изнашивания зубьев ($мм^3/Bm$); k_q - коэффициент вариации интенсивности изнашивания; fz - коэффициент трения между зубьями в процессе их зацепления [3]; fb - коэффициент трения между зубьями при их взаимном скольжении из-за радиального биения зубчатых колес [3]; σH - контактные напряжения (MPa); υ_{sz}, υ_{sb} - значения скоростей скольжения ($м/с$). Коэффициенты распределения суммарного износа между зубьями шестерни и колеса в точке их контакта и приняты прямо пропорциональными скоростям перемещения контактной точки по профилю зуба (определяемого в

кинематической модели) и обратно пропорциональными твердости их рабочих поверхностей:

$$k = \frac{I_1}{I_2} = \frac{v_2}{v_1}\frac{HRC_2}{HRC_1}$$

По мере изнашивания зуба твердость его рабочей поверхности снижается. По данным работы [3] эта зависимость представлена на рис.2.

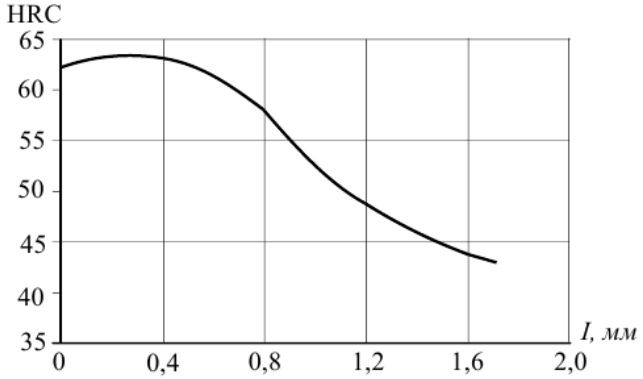


Рис. 2 – Изменение твёрдости по глубине цементационного слоя стли 20Х2Н4А

С учетом значений коэффициентов k_z и k_b износ зубьев колеса I_2 и шестерни I_1 в контактной точке будет равен:

$$I_2 = Iz_2 + Ib_2 = \frac{Iz}{1+k_z} + \frac{Ib}{1+k_b} \;;\; I_1 = Iz_1 + Ib_1 = \left(\frac{Iz}{1+k_z} + \frac{Ib}{1+k_b}\right)k_u$$

В результате проведенных исследований предложена математическая модель для определения износа по рабочим поверхностям зубчатого колеса и сопряжённого с ним шестерни. Для прогнозирования срока службы редукторов необходимо обеспечить на всех этапах от проектирования до сборки выполнять предварительно расчёты, а по указанным моделям выполнять расчёт интенсивности износа зубчатых передач.

Литература

1. Короткин В.И. и др.. Эффективные контактные напряжения на поверхностях прямых бочкообразных зубьев эвольвентных зубчатых колес// Вестник машиностроения. – 2011. – №8. – С.3 – 8.

2. Попов В.А. Модифицированная цилиндрическая эвольвентная косозубая передача внешнего зацепления с повышенными эксплуатационными свойствами// Вестник машиностроения. – 2011. – №6. – С.37 – 40.

3. Онищенко В.П. Моделирование эксплуатационного износа зубьев зубчатых колес угольных комбайнов // Известия Донецкого горного института, №1.2001, Всеукраинский научно-технический журнал горного профиля, Донецкий национальный технический университет. – С. 12 – 16.

УДК 631.354.2.076

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЫЧАЖНО-ПРУЖИННОГО МЕХАНИЗМА ПРОДОЛЬНОГО КОПИРОВАНИЯ КАМЕРЫ НАКЛОННОЙ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Д.В. Абросимов, А.В. Хаданович
Научно-технический центр комбайностроения ОАО “Гомсельмаш”,
г. Гомель, Республика Беларусь

В работе представлены результаты исследования по возможности улучшения характеристик рычажно-пружинного механизма продольного копирования рельефа поля зерноуборочной жаткой. Авторами проанализирована кинематическая модель имеющегося рычажно-пружинного механизма продольного копирования, определены значения максимального давления на опорные башмаки жатки. Также проведена верификация расчетной модели с результатами экспериментальных исследований и предложено техническое решение, позволяющее снизить удельное давление опорных башмаков жатки на почву.

Введение. Значительная часть потерь при уборке урожая современными комбайнами обусловлена несовершенством систем копирования рельефа поля. Для обеспечения эффективной работы жатки зерноуборочного комбайна с высокой производительностью и без потерь урожая необходимо обеспечить правильную регулировку соответствующих рабочих и дополнительных органов [1]. Рычажно-пружинный механизм продольного копирования камеры наклонной зерноуборочного комбайна производства ОАО «Гомсельмаш», должен обеспечивать качественное, своевременное и плавное следование рельефу поля при разных положениях мотовила жатки [2]. Для достижения этих целей необходимо добиться определенной оптимальной нагрузки опорных башмаков жатки на почву при любом из положений мотовила. Данное исследование направлено на модернизацию имеющейся конструкции механизма продольного копирования с целью улучшения характеристик копирования, снижение трудоемкости, необходимой для оптимальной настройки механизма продольного копирования, а также повышение плавности его работы.

Снижение затрат на обслуживание зерноуборочной техники указывает на актуальность темы по исследованию рычажно-пружинного механизма продольного копирования камеры наклонной.

Предмет исследования. Механизм продольного копирования рельефа поля зерноуборочного комбайна.

Цель исследования заключается в изменении конструкции механизма продольного копирования рельефа поля с целью поддержания

стабильно низкого давления башмаков жатки на почву и уменьшение до минимальных значений диапазона изменения давления башмаков жатки на почву при изменении положения мотовила без перенастройки механизма.

Методология исследования. При проектировании машин различного назначения большое значение имеет задача определения кинематических характеристик механизмов, входящих в состав машин. Наиболее трудоемким является кинематический анализ рычажных механизмов. Методы решения задач кинематики этих механизмов по способу реализации разделяются на графические, графоаналитические и аналитические. Аналитические методы с привлечением аппарата векторной алгебры или матриц, а иногда и численных методов ориентированы на использование вычислительной техники, поскольку они связаны с большим объемом вычислений [3].

Сегодня на помощь инженеру приходят новые, более совершенные инструменты проведения кинематического анализа рычажных механизмов. К наиболее часто используемым модулям можно отнести программу MathCAD. Благодаря функционалу и особенностям применения аналитического метода кинематического анализа рычажных механизмов, основанных на применении вычислительного блока «Given-Find» можно оценить работоспособность механизма в целом, причем с точки зрения не только обеспечения прочности отдельных его частей, но и взаимодействия частей и узлов в процессе работы.

От выбора исходных значений зависит стабильность вычисления функций соответствующих углов поворота звеньев вычислительным блоком «Given-Find» в MathCAD. Поэтому для контроля правильности расчета рекомендуется выполнить схематическое моделирование кинематической схемы механизма по полученным значениям функций углов поворота в MathCAD и совместить его с графиками функций положения характерных точек механизма. Приведенная методика аналитического исследования кинематики рычажных механизмов получает широкое распространение благодаря универсальности подхода к математическому описанию схем механизмов и простоте получения алгоритмов решения соответствующих задач.

Результаты исследования. Рассмотрим классическую конструкцию рычажного механизма продольного копирования рельефа поля жаткой (рис. 1).

Механизм позволяет изменять положение режущего аппарата, с жаткой обеспечивая необходимую высоту среза стеблей зернобобовых культур. Жатка навешивается на рамку переходную камеры наклонной, которая шарнирно соединена с рамой камеры наклонной, что и позволяет изменять положение жатки. Механизм расположен с двух сторон камеры наклонной зерноуборочного комбайна и обеспечивает взаимодействие рамы и рамки переходной камеры наклонной. Механизм состоит из

двуплечего рычага, установленного на раме, на подшипниковой опоре. К одному плечу двуплечего рычага крепится тяга, которая обеспечивает удержание жатки. Ко второму плечу двуплечего рычага крепится блок пружин, который компенсирует весовой момент жатки.

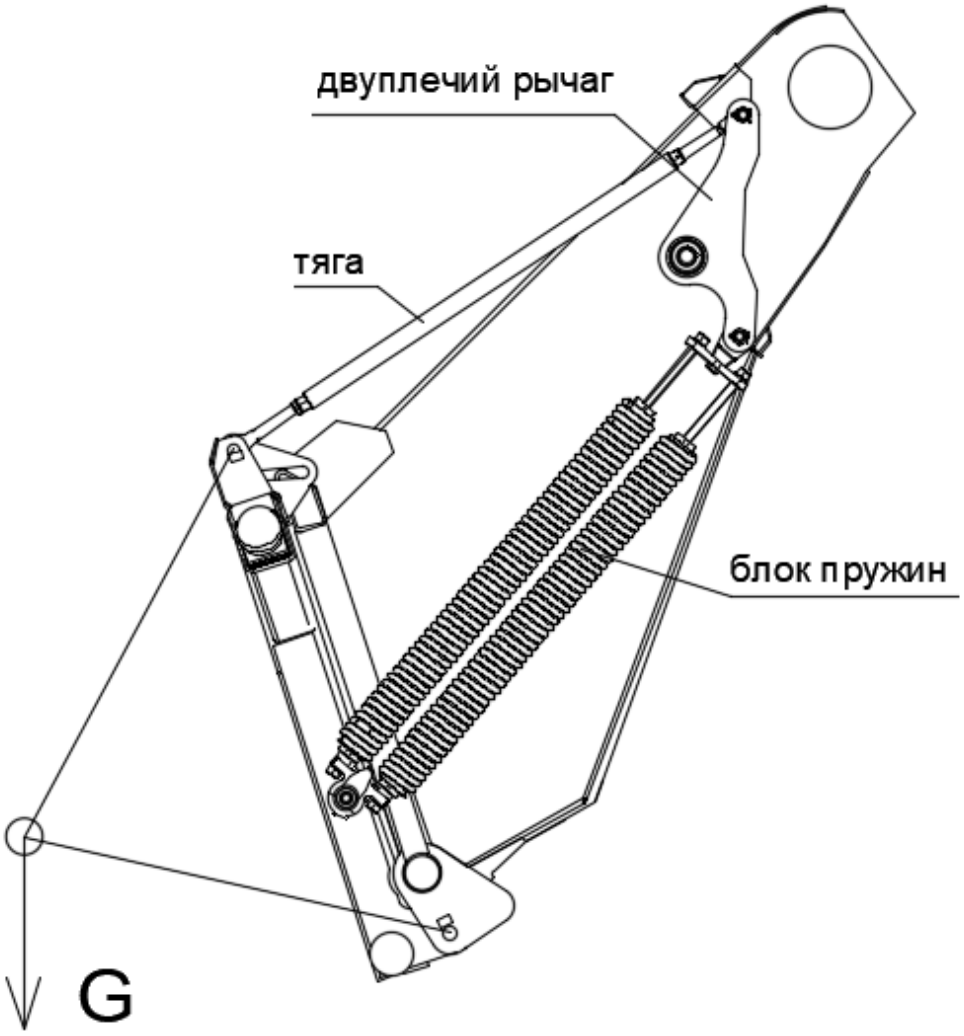


Рис. 1 – Механизм продольного копирования

При расчете механизма продольного копирования необходимо обеспечить наилучшую возможную характеристику копирования жаткой рельефа поля. Характеристика – это зависимость давления башмака жатки на почву от положения жатки. Наилучшей является характеристика, которая позволяет обеспечить наименьшее давление башмаков жатки на почву во всём диапазоне копирования.

Двуплечий рычаг в механизме является передаточным звеном, которое обеспечивает наилучшую возможную характеристику копирования жаткой рельефа поля при изменении весового момента жатки:

1 Во всем диапазоне копирования жатки 9º;

2 Во всем диапазоне копирования различных жаток;

3 Во всем диапазоне копирования различных жаток в различных положениях мотовила жатки.

Как видно из выше перечисленного весовой момент изменяется в по трем критериям.

Таблица 1. Нагрузки на башмак при использовании одного рычага и различных жаток

Жатка	Нагрузка на башмак во втянутом положении мотовила, кг	Нагрузка на башмак в выдвинутом положении мотовила, кг
ЖЗК-7	9….120	93…207
ЖЗК-9	22…73	97…152

Из таблицы видно, что при работе с жаткой ЖЗК-7 нагрузка на башмак может изменяться от 9кг до 207кг, а при работе с жаткой ЖЗК-9 нагрузка на башмак может изменяться от 22кг до 152кг.

Недостатком данного рычажного механизма является отсутствие возможности обеспечения наилучшей характеристики в связи с тем, что плечи рычага изменяются по определенному закону.

С целью поддержания стабильно низкого давления башмаков жатки на почву необходимо заменить двуплечий рычаг, рычагом с изменяемым плечом (рис. 2). Плечо, к которому крепится пружина, остается без изменений, а вместо тяги необходимо применить трос.

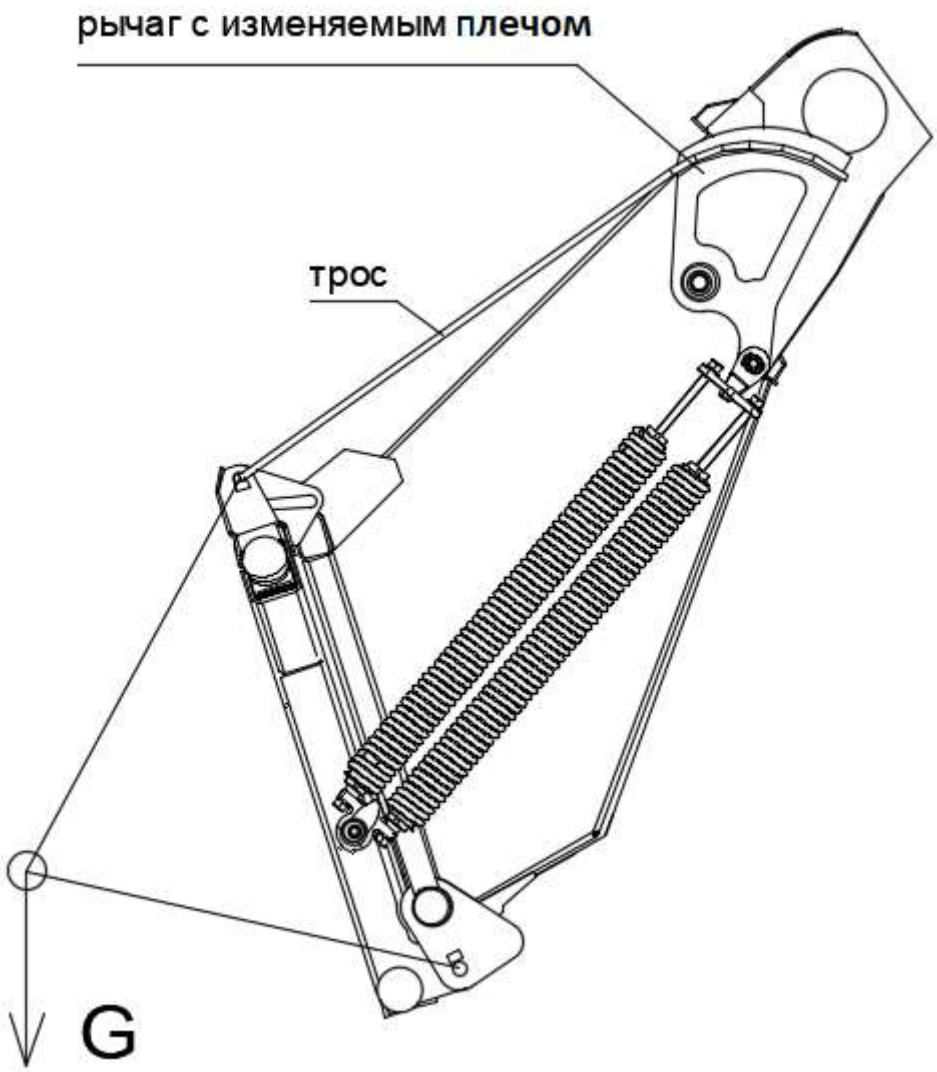


Рис. 2 – Предлагаемый механизм с изменённым рычагом

При проведении расчетов необходимо задаться минимальным усилием на башмаке жатки при втянутом положении мотовила – допустим 10кг.

1. Для данного усилия необходимо подобрать плечи рычага во всём диапазоне копирования, т.е. в любом положении жатки будет обеспечена нагрузка на башмак равная 10 кг. Если сравнить с имеющимися нагрузками, то это разница в 120/10=12раз и 73/10=7,3 раза соответственно для ЖЗК-7 и ЖЗК-9.

2. Для обеспечения отличной работы механизма с жатками ЖЗК-7 и ЖЗК-9 необходимо сделать двойной рычаг в части установки троса. Так как трос имеет небольшой диаметр, около 12мм двойной рычаг будет иметь небольшие габариты.

3. Как видно из таблицы при копировании жаткой рельефа поля и изменении положения мотовила нагрузка на башмак меняется от 9кг до207кг и от 22кг до 152кг, а выдвижение мотовила добавляет

207-120=87кг или 152-73=79кг соответственно для ЖЗК-7 и ЖЗК-9, в среднем 83кг. Следовательно, для предлагаемого механизма максимальное давление башмака жатки на землю составит 10+83=93кг, что в 2,2 раза и в 1,6 раза меньше чем в имеющемся механизме соответственно для ЖЗК-7 и ЖЗК-9.

Выводы. Проанализировав кинематическую модель имеющегося рычажно-пружинного механизма продольного копирования были определены значения максимального давления на опорные башмаки жатки при различных условиях. Также проведена верификация расчетной модели с результатами экспериментальных исследований и предложено техническое решение, согласно которому изменение двуплечего рычага механизма продольного копирования позволит обеспечить наилучшую, из возможных, характеристику копирования жаткой рельефа поля, а также снизить трудоемкость по оптимальной настройке механизма продольного копирования в различных положениях мотовила жатки.

Данный механизм можно применить на зерноуборочных комбайнах производства ОАО «Гомсельмаш» без существенного изменения имеющейся конструкции камеры наклонной.

Литература

1. Липовцев А.В., Следченко В.А. Проблемы повышения производительности зерноуборочного комбайна// Проблемы совершенствования машин, оборудования и технологий в агропромышленном комплексе: Сборник материалов Международной начуно-технической конференции. Воронеж, 2019. С. 14 – 17.

2. Шуринов В.А., Красневский Л.Г., Камко А.И., Гоман А.М., Леванцевич М.А. Выбор рациональных параметров механизмов уравновешивания жатки зерноуборочного комбайна КЗС-7, обеспечивающих копирование ею рельефа почвы без галопирования// Наука и техника 2006. - №5. – С. 7 – 16.

3. Анципорович П.П., Акулич В.К., Дубровская Е.М., Дворяникова А.Б., Селедченко А.М. Анализ методов исследования кинематики механизмов в курсе теории механизмов машин/ Белорус. нац. техн. ун-т; Минск, 2018. – Т.2. – С. 2.

УДК 621.791.927.5

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛОПАСТИ УСКОРИТЕЛЯ ВЫБРОСА

М.Е. Марченко, Е.С. Гуцев
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Одним из технологических способов востановления и повышения износостойкости является наплавка.

Способы наплавки с использованием электрической энергии являются наиболее перспективными. Это объясняется их производительностью и экономичностью. Технология наплавки обладает преимуществами получения достаточно большой толщины покрытия, высокой производительностью, отсутствием ограничения по размерам наплавляемых поверхностей.

При наплавке образуется слой с требуемым химическим свойством, высокой твёрдостью и износостойкостью.

Рассмотрим в качестве примера лопасть ускорителя выброса кормоуборочного комбайна «ПОЛЕСЬЕ FS80».



Рис. 1 – Лопасть ускорителя выброса

Причины износа лопастей ускорителя выброса могут включать:

– абразивные материалы: если комбайн работает на кормовых угодьях с высоким содержанием песка, глины или других абразивных материалов, они могут приводить к ускоренному износу лопастей ускорителя;

– износ материала: возникает из-за низкого качества материала, используемого для изготовления лопастей.

– неправильное использование: работа на неровной поверхности или в неподходящих условиях, не соблюдение технологических регулировок комбайна: высоты среза и подбора.

Если высота среза или подбора не соответствует оптимальным параметрам, это может приводить к попаданию грунта вместе с растительной массой что приводит к износу лопаток.

Для снижения абразивного износа рекомендуется:

– оптимизировать режим работы комбайна, выбирая наиболее подходящую скорость и режим в зависимости от условий работы и типа почвы;

– проводить регулярную проверку лопастей на наличие износа и повреждений;

– улучшать качество лопастей, за счет упрочнения материала.

– соблюдать технологические регулировки комбайна: высоту среза для жаток и подбирающего устройства для подборщика.

В настоящее время одним из наиболее выгодных методов восстановления и упрочнения данной детали является наплавка ручной дуговой сваркой покрытыми металлическими электродами.

За основной материал для заготовки (пластины) взяли сталь 18ХГТ. Для проведения исследований вырезали 3 образца. Влияние наклепа и нагрева при этом сводим к минимуму, применяя малые подачи и охлаждение. На один образец наплавили, при помощи электрода Т–620, слой повышенной износостойкости, а второй наплавили электродом МР-3.



а б

Рис. 2 – Образцы, наплавленные: а – электродной проволокой Т-620; б – электродной проволокой МР-3

В результате исследований на металлографическом микроскопе МИМ – 8 с камерой Omnivision 5610 получили микроструктуры исходной стали 18ХГТ, после наплавки износостойким слоем на торце детали.

На снимке имеются 2 участка, светлый участок – феррит (твердый раствор внедрения С в α-железе с содержанием С – 0,025%), темный участок – перлит (механическая смесь Ф и Ц образуемая при распаде аустенита при t - 727ºС с содержанием С – 0,8%).

На рисунке 3 показана микроструктура стали 18ХГТ до наплавки.

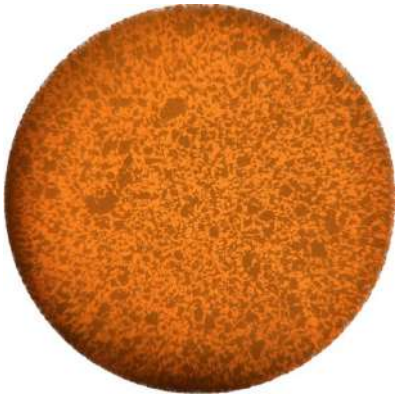


Рис. 3 – Микроструктура стали 18ХГТ

На рисунке 4 показана микроструктура стали 18ХГТ после наплавки электродом МР-3.

Материал электрода содержит 0,12% углерода и как и основной материал он не калится. Во время измерения твердости было замечено, что на поверхности твердость составляет 229 НВ, а в сечении значение 241НВ. На рисунке 8 видно, что мартенсит в структуре почти не преобладает, он малоуглеродистый, зона термического влияния почти не наблюдается. При наплавке слой материала прикалился. Взяв во внимание вышесказанное, данный электрод пригоден лишь для восстановления геометрических размеров детали.

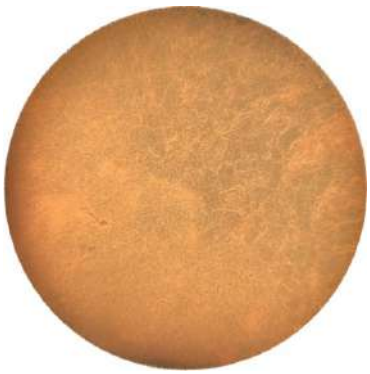


Рис. 4 – Микроструктура стали 18ХГТ после наплавки электродом МР-3

На рисунке 5 показана микроструктура стали 18ХГТ после наплавки электродом Т-620.

На данном рисунке отчетливо видны зоны: наплава, термического влияния и исходного метала. В ходе измерения твёрдости (основной металл 174 НВ, а в зоне термического влияния твердость состовляет 477 НВ), из этого следует вывод, что при наплавке произошло легирование основного материала.



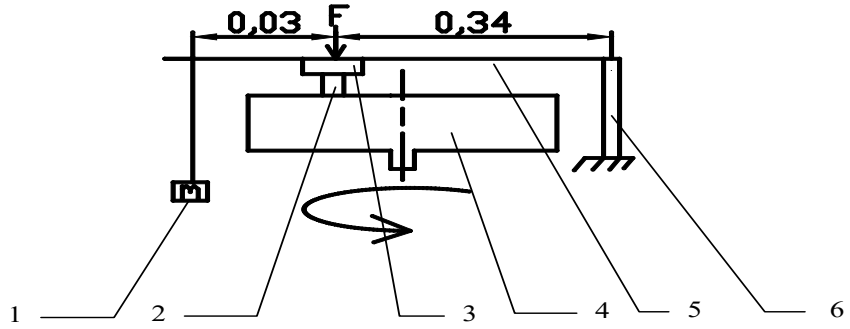
Рис. 5 – Микроструктура стали 18ХГТ после наплавки электродом Т-620

Испытания исходного и наплавленных образцов на абразивную стойкость проводили на машине торцевого трения (рисунок 6)

Образец № 1 − изготовлен из стали 18ХГТ, шероховатость поверхности испытуемой стороны Ra = 3,2 мкм.

Образец № 2 − изготовлен из стали 18ХГТ, на испытуемую поверхность наплавлен шов электродом Т-620.

Образец № 3 − изготовлен из стали 18ХГТ, на испытуемую поверхность наплавлен шов электродом МР-3.



1 – устройство нагружения; 2 – образец; 3 – устройство крепления образца;4 – вращающийся диск с закрепленной абразивной бумагой; 5–рычаг нагружения; 6 – стойка крепления рычага нагружения

Рис. 6 – Схема испытания на машине трения

На поверхности диска находился абразивный материал(песок). Образцы, выполненные в виде параллелепипедов, с высотой 20 мм и сторонами в основании 96 мм^2 приводились в контакт торцевой поверхностью с диском со стороны абразива. Масса образцов фиксировалась с помощью аналитических весов через каждые 600 с. Изменения массы образцов во времени приведены в таблице 1.

Таблица 1. Изменения массы образцов во времени

$m_{ненап}$, 10^{-3} *кг*	t, с	$m_{нап1}$, 10^{-3} *кг*	$m_{нап2}$, 10^{-3} *кг*
19,84	0	19,87	19,24
19,80	600	19,85	19,21
19,75		19,83	19,17
19,68		19,82	19,11
19,595		19,80	19,04
19,511		19,77	18,965

Определили зависимость массовой интенсивности исходного и наплавленных образцов из стали 18ХГТ от пути трения.

Массовая интенсивность изнашивания определяем по формуле 1

$$Im=\Delta m/L, \quad (1)$$

где L − путь трения, м.

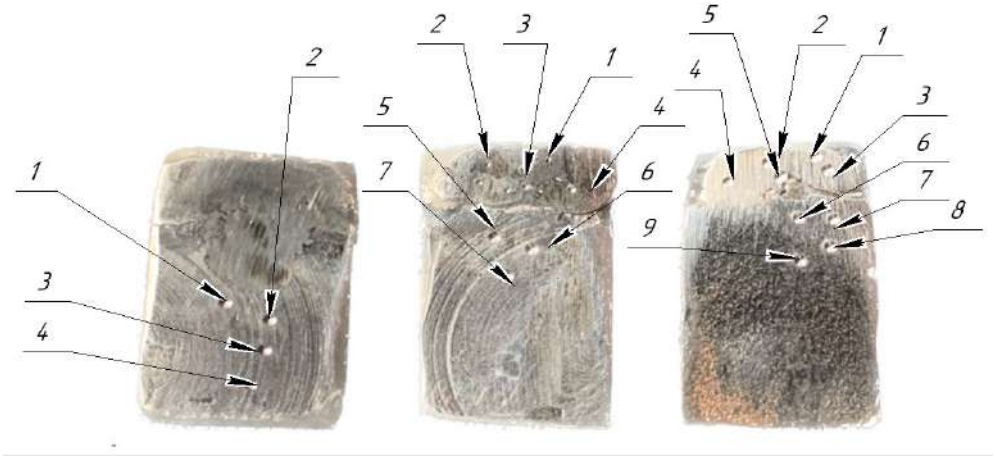
Путь трения за один оборот рассчитывается по формуле 2

$$L=2\cdot\pi\cdot R=2\cdot\pi\cdot 0,05=0,314 \text{ м} \quad (2)$$

где R=0,05м.

Число оборотов диска в минуту, n=33 об/мин. Следовательно, за весь путь трения образцы прошли 103,62 м.

Твердость по Роквеллу образца до наплавки составляет: первой точке – 174 НВ, во второй – 163 НВ, в третьей – 174 НВ, четвертой – 174 НВ.



а б в

Рис. 7 – Измерение твердости образца: а- ненаплавленного, б-электродом Т-620, в- наплавленного электродом МР-3

Твердость по Роквеллу образца после наплавки электродом Т-620 составляет: в первой точке – 578 НВ, во второй – 555 НВ, в третьей– 495 НВ четвертой – 477 НВ, в пятой – 174 НВ, в шестой – 170 НВ, в седьмой – 170 НВ.

Твердость по Роквеллу образца после наплавки электродом МР-3 составляет: в первой точке – 241 НВ, во второй – 262 НВ, в третьей – 229 НВ, четвертой – 269 НВ, в пятой – 262 НВ, в шестой – 167 НВ, в седьмой – 163 НВ, в восьмой – 167 НВ, в девятой – 163 НВ.

По результатам всех исследований можно сделать вывод что наплавка электродом МР–3 пригодна лишь для восстановления геометрических размеров детали, в то время как наплавка электродом Т–620 позволяет увеличить износостойкость и упрочнить материал детали.

Литература

1 Автосцепное устройство железнодорожного подвижного состава / В. В. Коломийченко [и др.]. – М.: Транспорт, 1991. – 232 с.

2 Металлография железа. Том 1. “Основы металлографии” (с атласом микрофотографий). Перев. с англ. Изд–во “Металлургия”, 1972. – с.240.

3 Болховитинов Н.Ф. Атлас макро– и микроструктур металлов и сплавов / Н.Ф. Болховитинов Е.Н. Болховитинова. – М.: МАШГИЗ, 1959. – 88 с.

4 Федин А.П. Сварочное производство / А.П. Федин Учебн. пособие для вузов. – 2–е изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. шк., 1992. – 303 с.: ил.

5 Верховенко Л.В. Справочник сварщика. – 2–е изд. перераб. и доп. / Л.В. Верховенко, А.К. Тукин – Мн.: Выш. шк., 1990. – 480 с.: ил.

6 Виноградов В.С. Оборудоване и технология дуговой автоматической и механизированной сварки: Учеб. для проф. учеб. заведений. – 3–е изд., стер. / Виноградов В.С. – М.: Высш. шк.; Изд. центр “Академия”, 2000. – 319 с.: ил.

7 Кочева Г.Н. Наплавка износостойких поверхностей / Кочева Г.Н. – М.: МАШГИЗ, 1963. – 59 с.

8 Федин. А.П. Современные методы наплавки. – Гомель, БИИЖТ, 1969. – 43 с.

9 Васильев Н.П. Металлографический анализ: Лабораторные работы по курсу “Материаловедение” / Васильев Н.П – Гомель, БИИЖТ, 1975. – 23с.

10 Щербаков С.В. Материаловедение и технология материалов: Лабораторный практикум. Ч.1/ С.В. Щербаков С.В. Петров, О.А. Саркисов. – Гомель: БелГУТ, 2003. – 110с.

11 Рогачев А.В. Восстановление и повышение износостойкости деталей машин, Учеб. пособие. / А.В. Рогачев, С.С. Сидорский Учеб. пособие. – Гомель: УО “БелГУТ”, 2005. – 343с.

12 Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Учебн. пособие для вузов. – 6–е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1989, – 456 с.

13 Богданович П.Н. Трение и износ в машинах / П.Н. Богданович, В.Я. Прушак. – Мн.: Выш. шк., 1999. – 374 с.: ил.

14 Цырлин. М.И. Основные требования к выполнению пояснительных записок курсовых и дипломных проектов: учеб. –метод. пособие / М.И. Цырлин; – Гомель: БелГУТ, 2007. – 31 с.

15 Разон В.Ф. Экономический анализ совершенствования новых машин и организация их производства на промышленном предприятии: Пособие по курсовому проектированию / В.Ф Разон – Гомель: БелГУТ, 2001. – 30 с.

16 Справочник технолога–машиностроителя /Под ред. канд. техн. наук А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1972. – 302 с.

17 Прушак В.Я. Методы испытаний материалов на трение и износ: Учеб. Пособие / В.Я. Прушак – Мн.: Выш. шк., 1999. – 62 с.: ил.

18 Лившиц Л.С. Металловедение сварки и термическая обработка сварных соединений. – 2–е изд., перераб. и доп / Л.С. Лившиц, А.Н. Хакимов. – М.: Машиностроение, 1989. – 336 с.: ил.

19 Терехин А.С. Безопасность труда электросварщика / А.С. Терехин, Н.И. Мосолов. – М.: Машиностроение, 1990. – 96 с.: ил.

УДК 621.91.01

АНАЛИЗ МЕТОДИК ПОВЫШЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МЕТАЛЛА РЕЗАНИЕМ

Е.С. Лукашенко, И.В. Царенко
Учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

На современных машиностроительных производствах наибольшее распространение получили четыре перспективных способа повышения обрабатываемости металлов: подбор оптимальных составов технологической среды; введение в состав обрабатываемого материала специальных присадок; подвод в зону резания дополнительной энергии; регулирование микроструктуры за счет подбора режимов термической обработки [1].

Применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) является одним из наиболее доступных и экономически выгодных путей повышения производительности металлообрабатывающих и машиностроительных предприятий. СОТС, как правило, являются сложными многокомпонентными составами. Учитывая широкий ассортимент СОТС, представленный на современном рынке смазочных материалов, практически для любой задачи металлообработки можно подобрать соответствующий состав, свойства которого удовлетворяют целому комплексу предъявляемых требований. Газообразные СОТС представляют собой газы – активные (например, воздух, кислород, углекислый газ) или нейтральные (такие, как азот, гелий, аргон). Ввиду трудоемкого применения газообразные СОТС редко применяются на практике. Пластичные СОТС, как правило, используются в ходе ручной обработки металлических поверхностей (например, при сверлении, полировании, нарезании резьбы). Пластичные СОТС иногда затруднительно подвести в зону резания. Кроме того, у них низкая эффективность теплоотвода и их невозможно собрать и очистить для повторного применения. К СОТС этого типа относятся пластичные смазки с неорганическими, мыльными или углеводородными загустителями. В состав твердых СОТС включены такие компоненты, как мягкие металлы (олово, свинец, медь), органические вещества (полимеры, воски, твердые жиры, мыла) или минеральные материалы со слоистой структурой (дисульфид молибдена, слюда, графит). Твердые СОТС эффективны при высоких температурах и нагрузках и используются в качестве покрытия поверхностей, когда другие СОТС оказываются неработоспособными.

Введение в состав материала специальных присадок также является эффективным методом повышения обрабатываемости резанием. Известны

два механизма действия присадок, способствующих улучшению обрабатываемости. В первом случае снижается коэффициент трения на контактных площадках и интенсивность изнашивания, поскольку присадки образуют в металле твердые смазочные вещества (сульфиды, селениды, сульфоселениды и др.). Во втором — присадки, являясь концентраторами напряжений, способствуют охрупчиванию обрабатываемого материала, снижают силы резания и уровень температур. Наиболее характерными присадками являются элементы, относящиеся к VI группе таблицы Д. И. Менделеева, — сера, селен, теллур, которые образуют в стали неметаллические включения, а также свинец.

Терморезание – процесс резания, осуществляемый с предварительным нагревом срезаемого слоя до определенной оптимальной температуры. При нагреве происходит разупрочнение обрабатываемого материала, а также, ввиду более высокой температуры резания – и инструментального материала, но разупрочнение обрабатываемого материала происходит интенсивнее, чем инструментального. Этот способ широко применяется при резании труднообрабатываемых материалов. В частности, производится их обработка в нагретом состоянии. Различают сплошной и локальный нагрев заготовок. Сплошной нагрев заготовок требует использования в механических цехах нагревательных печей. Чтобы избежать этого, используют теплоту предыдущей технологической операции (литье, ковка, штамповка, прессование, прокатка). Минус, при данном способе – не всегда есть возможность базировать заготовку данной температуры, изменение в размерах заготовки. Для локального нагрева используют индуктивный, электродуговой, электроконтактный, плазменный, электролитный и инфракрасный способы нагрева. Наиболее широкое применение находит индуктивный нагрев, при котором локальный нагрев заготовки осуществляется под тепловым воздействием вихревых токов, индуктируемых в заготовке токами промышленной частоты в 50 Гц, а также повышенной частоты – свыше 500 Гц и высокой – свыше 10 кГц. Электродуговой локальный нагрев заготовки реализуется использованием электрической дуги между электродами и поверхностью заготовки. Способ обеспечивает высокую температуру и узкую зону нагрева. При электроконтактном нагреве заготовка нагревается путем пропускания через неё электрического тока. Подвод тока осуществляется через режущий инструмент или путем использования специальных стержневых и вращающихся электродов. Однако на заводах не всегда есть возможность прибегнуть к вышеописанным способам; требующим наличия дополнительного оборудования.

Для каждой группы материалов можно подобрать такой режим термообработки, который обеспечивает получение строго определенной микроструктуры и уровня механических свойств. Соответствующим образом подбираются виды термообработки (нормализация, отжиг) и их

режимы. Обрабатываемость чугуна можно улучшить графитизирующим или сфероидизирующим отжигом, исключающим появление сетки карбидов и обеспечивающим округлую форму зерен. Термообработка труднообрабатываемых материалов определяет фазовый состав, процентное содержание фаз, их дисперсность и распределение, а также размеры зерен твердого раствора. При этом требуется выдерживать на строго определенном уровне число упрочняющих избыточных фаз, поскольку от них зависит и обрабатываемость, и жаропрочность материала. Для термообработки рекомендуется использовать двойную закалку с последующим высокотемпературным старением. К достоинствам данного метода повышения обрабатываемости относят: обеспечивается без дополнительного оборудования; подбор режимов для практически любой группы материалов.

Выводы. Традиционно, для повышения обрабатываемости металлов резанием применяют первый метод – использование оптимальных составов технологической среды, как самый доступный из всех четырех методов, простой и экономически выгодный. Но часто применения этого способа не достаточно для получения оптимальных характеристик обрабатываемости металла.

Метод введения в состав материала специальных присадок хоть и эффективен, но мало реализуем на практике, так как далеко не каждое машиностроительное предприятие может себе позволить дополнительные технологии изготовления специальных заготовок: на практике серийного и мелкосерийного производства использование этого метода не целесообразно.

Появление новых технологических разработок открывает новые возможности для использования методики подвода в зону резания дополнительной энергии, позволяющей осуществлять локальный нагрев детали. Можно прогнозировать расширение использования этих технологий.

Использование метода регулирования микроструктуры требует индивидуального подбора режимов термообработки для каждой группы металлов. Поэтому недостаточно широкое использование этого метода скорее связано с недостатком высокопрофессиональных термистов – специалистов, способных разрабатывать эти режимы термообработки. Для решения этой, как и многих других, проблем подготовки инженеров для нашего машиностроительного производства, требуется более эффективное участие специалистов завода в организации учебного процесса подготовки будущих инженерных кадров, разработке учебных программ.

Литература

1. Черненко Д.Д., Демин С.Н., Каменев, С.В. Анализ способов улучшения обрабатываемости металла резанием // Информационные технологии как основа прогрессивных научных исследований: сб. межд. науч.– прак. конф. / ОГУ. – Пермь, 2020. – С. 111–115.

УДК 631.35

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СБОРКА ВЕРХНЕГО УРОВНЯ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРУПНО УЗЛОВЫХ УСТАНОВОК

А.А. Бобровничий, А.М. Ховпун
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В работе рассмотрены преимущества проектирования и сборки верхнего уровня комбайна с использованием крупно узловых установок на примере комбайна зерноуборочного самоходного GS400 с копнителем производства ОАО «Гомсельмаш».

Введение. При разработке изделий в машиностроении применяют системы автоматизированного проектирования (САПР). В настоящее время существует огромное количество систем автоматизированного проектирования, которые отличаются между собой функциональностью, свойствами, стоимостью.

В свою очередь применение современных методов проектирования и разработки изделий и использование технологий обеспечивают конкурентные преимущества предприятий в отрасли. Применение этих методов нацелено на повышение качества и сокращение сроков разработки, а также обеспечение общей компоновки разработки связи всех составных частей изделия. Они позволяют уменьшить количество ошибок, выявляя их на ранних стадиях разработки.

Актуальным вопросом остается проведение на предприятии научно-технической политики, направленной на непрерывное совершенствование и модернизацию комбайнов, находящихся в эксплуатации. Это необходимо для того, чтобы расширить временные рамки периода износа и продлить срок эксплуатации комбайнов.

Цель исследования. Разработать конечную модель объекта, позволяющую максимально точно и в полной мере решать вопросы компоновки изделия на этапах эскизного проектирования и на этапе разработки конструкторской документации.

Методология исследования. Разработка конечной модели объекта включающей в себя файл каркасной модели, который содержит базовую систему координат изделия, вспомогательные системы координат, плоскости и оси для расположения основных рабочих органов комбайна. Все данные, заложенные в каркасную модель, должны быть согласованными. Файл каркасной модели размещается в каждой общей сборке изделия.

Разрабатываемая на этапе проектирования модель является исходной для последующей разработки конструкторской документации и

должна в полной мере иметь информацию о расположении всех узлов и агрегатов комбайна. Такой порядок работы в процессе разработки конструкции машины дает возможность согласовывать взаимное расположение узлов, проверять правильность исходных данных, выдаваемых смежными отделами и прорабатывать разные варианты конструкций.

Объект исследования. Компоновка копнителя для комбайна зерноуборочного самоходного GS400.

Результаты исследования. В результате проведенных работ по компоновке была собрана установка копнителя с номинальной зоной размещения (с наличием каркасной модели), которая нужна для контроля гарантированного размещения изделия на комбайне. Также проработаны различные варианты приводов с каркасной моделью копнителя с целью выявления оптимального расположения.

На рис.1 показана установка копнителя, размещенная в номинальном положении относительно комбайна.

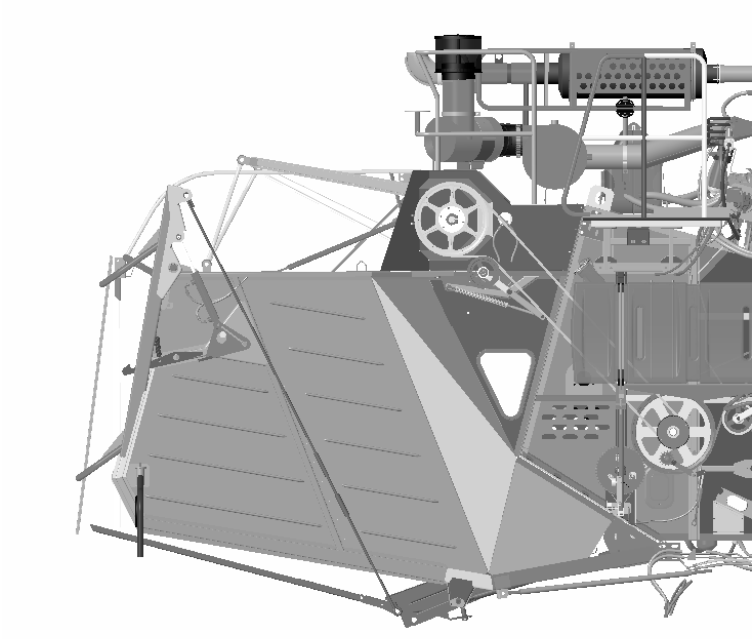


Рис. 1 – Установка копнителя, размещенная в номинальном положении

Дальнейшим шагом была проведена проверка сопряжения установки копнителя с боковинами комбайна и установки по очереди каждого привода по умолчанию, что позволило упростить привязку моделей, так как не нужно выставлять их расположение друг относительно друга, оно уже имеется в каркасной модели. При установке приводов в их номинальное положение было выявлено, что места прохода ременных передач в некоторых случаях пересекают конструкцию комбайна, что

влечет за собой изменение серийного расположения большинства элементов.

Дополнительная проработка позволила решить указанную проблему и найти зоны с оптимальным расположением приводов для всех вариантов.

С целью унификации конструкции боковин была проведена проработка возможности установки соломоизмельчителя с его приводом на места крепления копнителя (рис.2). Такая структура дерева модели, с использованием каркаса, позволила облегчить работу по выставлению положения в пространстве установки соломоизмельчителя относительно базового узла (в рассматриваемом случае это боковины).

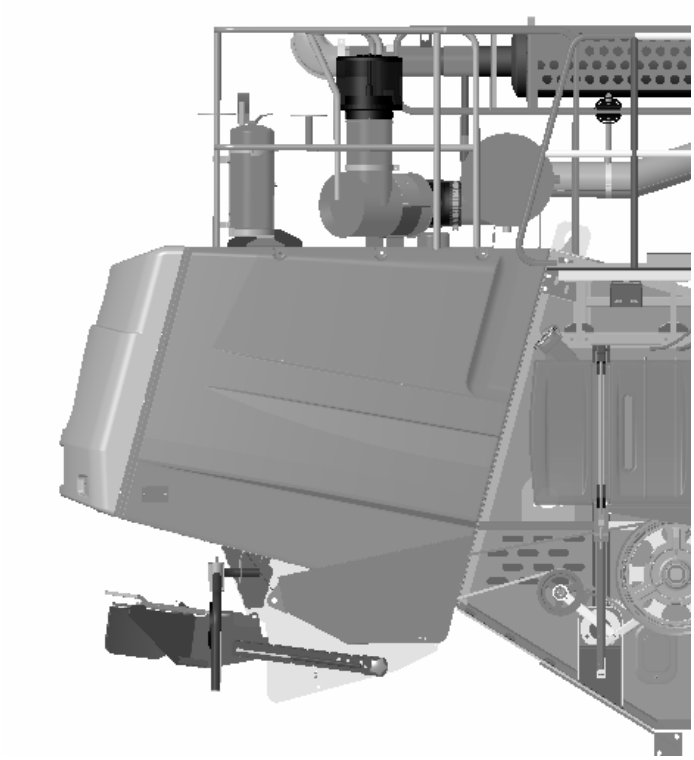


Рис. 2 – Установка соломоизмельчителя, размещенная в номинальном положении

Представленный вариант сборок позволяет без привязок в верхнем уровне комбайна собирать необходимый состав изделия, устанавливая крупные узлы в номинальное положение. Тем самым была облегчена сборка и снижены затраты времени на привязку копнителя, соломоизмельчителя, и приводов в пространстве.

В дальнейшем такой вариант сборки изделий позволит совершенствовать и модернизировать конструкцию комбайнов, заменяя в нем всего одну или несколько крупных установок, что в свою очередь позволит модернизировать не только вновь выпускаемые комбайны, но и находящееся в эксплуатации, тем самым продлить срок их службы.

Выводы. Проведена разработка конечной модели установки копнителя комбайна зерноуборочного самоходного GS400, проработка возможности унификации конструкции боковин установки соломоизмельчителя с его приводом на места крепления копнителя, которая позволила обеспечить проверку правильности компоновочных и конструкторских решений и выявить ошибки на ранних этапах создания изделия.

Выполнение компоновок представленным способом позволит облегчит взаимодействие больших коллективов разработчиков при создании изделий, снизить затраты времени на привязку и в дальнейшем облегчит сборку верхних уровней моделей комбайна.

Литература

1. Сторчак Н.А. Выполнение сборочных чертежей. Компьютерное моделирование сборок : учеб. пособие / Н.А. Сторчак, А.В. Синьков, Т.А. Ильина; ВПИ (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2010. – 120 С.

2. ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2011.

УДК 631.35

КОМБАЙН КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫЙ С КОМПЛЕКТОМ АДАПТЕРОВ НАВЕСНЫХ

В.В. Васильков, С.В. Цулыгин, Е.А. Рытин, А.В. Третинников
Научно-технический центр комбайностроения
ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

В работе представлен комбайн картофелеуборочный с комплектом сменных навесных адаптеров. Разработанная конструкция направлена на совершенствование полуприцепного картофелеуборочного комбайна, позволяющая снизить затраты на производство и сформировать комплектацию машины по желанию заказчика в зависимости от выполняемого технологического процесса.

Комплект адаптеров навесных выполнен по принципу дополнительных приспособлений, применен с целью увеличения загрузки и расширения возможностей картофелеуборочных комбайнов, в результате чего комбайн опционально сможет оснащаться специальными насадками для уборки лука и столовой свеклы.

Введение. Овощеводство является сложной и трудоемкой отраслью сельскохозяйственного производства. Затраты труда при выращивании овощей и картофеля в несколько раз выше, чем при выращивании зерновых культур. Уборка урожая овощных культур и картофеля является самым тяжелым и трудоемким из всех процессов их возделывания.

Это связанно с недостаточно высоким уровнем механизации, большим объемом урожая в расчете на единицу площади, разнообразием продукции, почвенными условиями, сжатостью сроков уборки и легкой повреждаемостью плодов.

Современные требования к машинам для уборки лука репчатого и столовой свеклы заключаются в повышении производительности и качества уборки с уменьшением затрат на топливо, метал, труд на объем выращенной продукции.

Все это требует совершенствования технологических приемов уборки и создание высокопроизводительных, надежных и экономически оправданных уборочных машин.

Увеличение годовой загрузки картофелеуборочного комбайна путем модернизации и доработки существующих машин и освоение адаптированных, ресурсосберегающих технологий уборки, являются основными показателеми применения комбайнов со сменными навесными адаптерами, способствующими расширению механизации процесса уборки репчатого лука и других овощных культур.

Объект исследования. Картофелеуборочная техника с комплектом навесных адаптеров.

Предмет исследования. Снижение себестоимости, универсальность конструкции.

Цель исследования – оптимизация конструкции комбайна картофелеуборочного, уменьшение энергозатрат.

Методология исследования.

1. Анализ существующей и разрабатываемой техники от мировых производителей, разработка концепции адаптеров для картофелеуборочных комбайнов в условиях собственного производства.

2. Производство эксперементального образца, его испытание.

3. Сбор и анализ данных, полученных в ходе испытания.

Результаты исследования. С целью повышения загрузки и возможностей картофелеуборочных комбайнов ПКК-2-03, ПКК-2-05 разработан комплект адаптеров навесных, выполненный по принципу дополнительных приспособлений, в результате чего комбайн опционально может оснащаться специальными насадками для уборки лука, столовой свеклы с предварительно убранной ботвой.

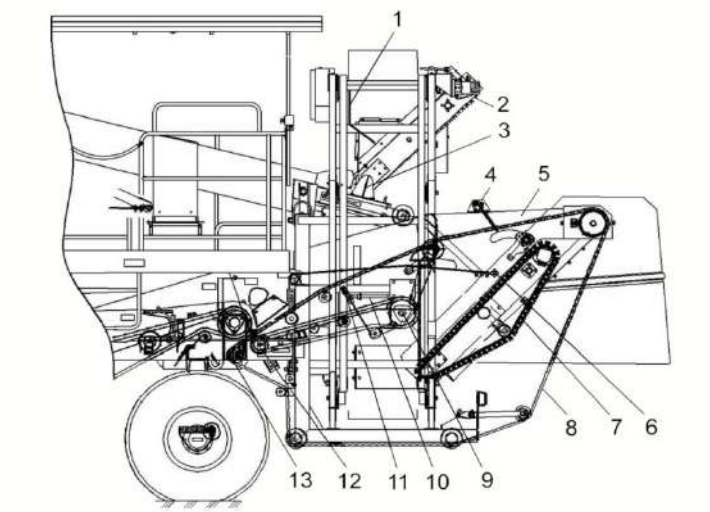
Применение картофелеуборочного комбайна с комплектом адаптеров только на механизации уборки репчатого лука позволяет увеличить годовую загрузку машины на 50–100%. В результате сельхозпроизводители имеют существенную прибыль за счет снижения себестоимости продукции на 5–10%.

Следует отметить, что конструкция адаптеров разработана с учетом опыта зарубежных производителей сельхозтехники Grimme, Ropa, Dewulf, совместного сотрудничества с РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» собственных разработок.

Незначительные изменения конструкции машины, быстрая и простая смена адаптеров на приемно-подкапывающей секции картофелеуборочного комбайна, вот основная концепции применения адаптеров позволяющая производить уборку столовой свеклы и лука по однофазной или двухфазной схеме.

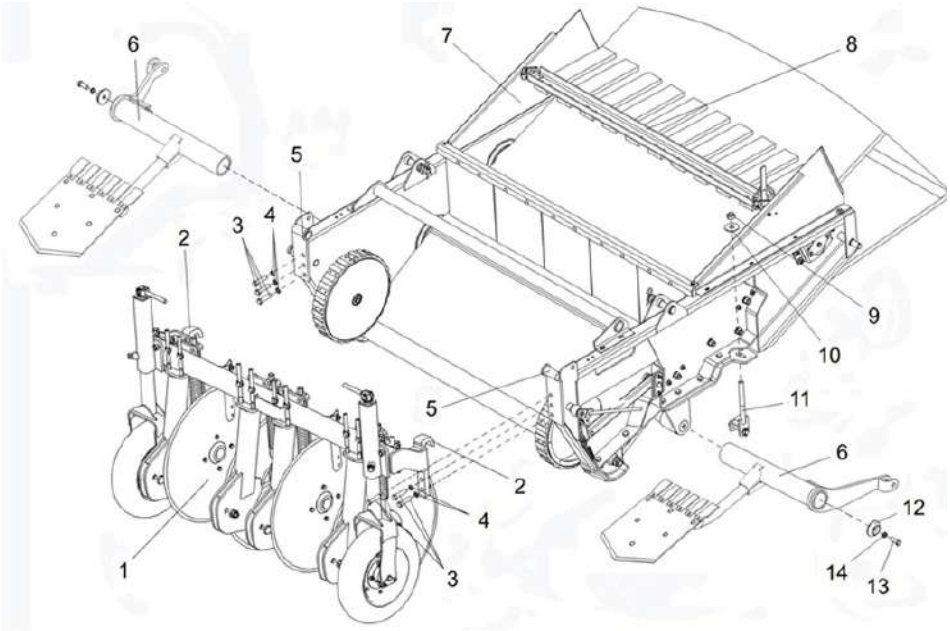
Переоборудование картофелеуборочно комбайна происходит следующим образом:

- снимаются редкопрудковый транспортер, обводной валец, отбойник;
- переустанавливаются обводные ролики и приводной вал;
- заменяются борта нижней наклонной горки на борта из комплекта сменных частей адаптеров (рисунок 1);
- демонтируются с подкапывающей секции опорные катки, балка с подрезающими дисками, лемеха. Взамен их навешивается один из адаптеров предназначенный для выполнения определенного технологического процесса (рисунок 2).



1 – рамка с пластиной; 2 – верхняя горка; 3 – опоры; 4 – отбойник;
5 – борта; 6 – трос; 7 – наклонная горка; 8 – редкопрутковый транспортер;
9 – приводной вал; 10 – винт; 11 – пластина; 12 – обводной ролик;
13 – обводной валец

Рис. 1 – Переоборудования комбайна для уборки лука



1 – балка из комплекта адаптера выкапывающего; 2 – зацеп;
3, 13 – болты; 4, 10, 12, 14 шайбы; 5 – замок; 6 – лемех из комплекта адаптера; 7 –подкапывающая секция комбайна; 8 – разравниватель;
9 – гайка; 11 – регулировочный винт

Рис. 2 – Навешивание адаптера выкапывающего на подкапывающую секцию комбайна

Комплект адаптеров навесных включает в себя:

- адаптер КАН-02, предназначен для выкапывания лука и столовой свеклы с предварительно удаленной ботвой двух рядков (4 строчек), возделываемого на междурядьях 70 см. (рисунок 3);

- адпптер КАН-03, предназначен для подбора луковиц из валка шириной 800–900 мм, предварительно выкопанного копателем-валкоукладчиком при двухфазной уборке (рисунок 4);

- адаптер КАН-07, предназначен для выкапывания лука и столовой свеклы с предварительно удаленной ботвой на грядах шириной 1050 см. (рисунок 5);

- адаптер ботвоудаляющий (предлагаемый для применения), предназначен для удаления ботвы в процессе уборки. Применяется совместно с выкапывающими адаптерами (КАН-02 или КАН-07), может использоваться при уборке лука, столовой свеклы, картофеля (рисунок 6).

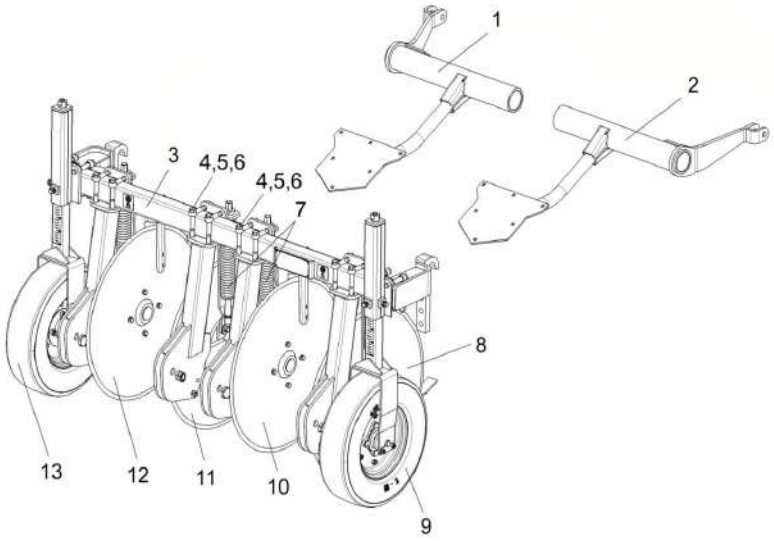
При однофазной уборке корнеклубнеплодов с одновременным удалением ботвы на приемно-подкапывающую часть картофелеуборочного комбайна навешивается выкапывающий адаптер КАН-02 или КАН-07, а на его поперечную балку крепится ботвоудаляющий адаптер.

Как видно из приведенной выше информации, первоочередной операцией в процессе уборки является удаление ботвы, для этой цели применяются ботвоуборочные машины. Применение ботвоудаляющего адаптера установленного на комбайне позволит исключить технологическую операцию из процесса уборки с использованием ботвоуборочной машины.

Применение ботвоудаляющего адаптера не ограничивается использованием его на картофелеуборочном комбайне:

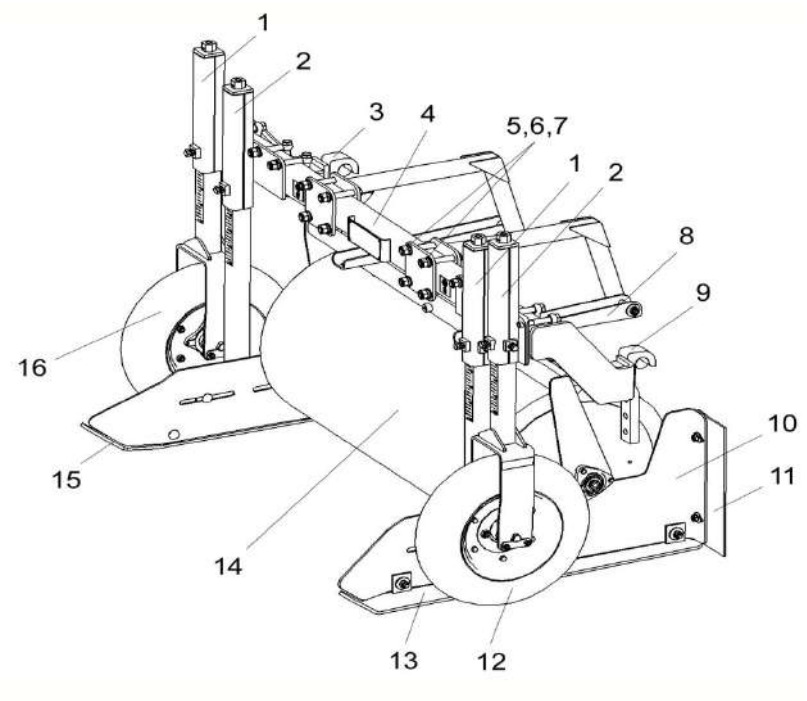
- адаптер может навешиваться на трактор и работать от его гидросистемы как отдельный рабочий узел для удаления ботвы;

- адаптер установленный на копатель-валкоукладчик, позволит исключить использование ботвоуборочной машины при двух фазной уборке лука.

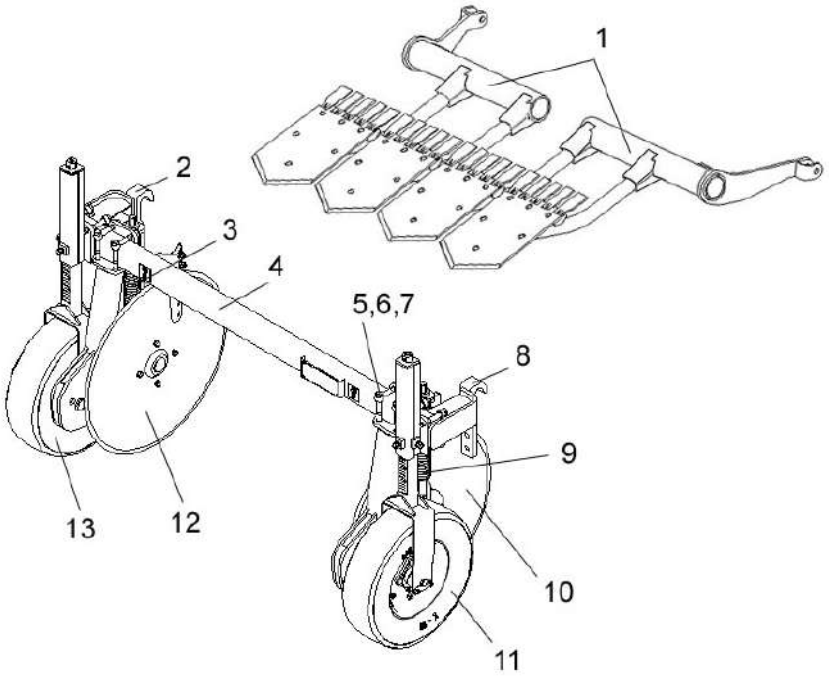


1, 2 – лемеха; 3 – балка адаптера выкапывающего; 4 - болты; 5 – гайки; 6 – шайбы; 7 – пружины; 8, 10, 11, 12 - диски; 9, 13 – опорные колеса

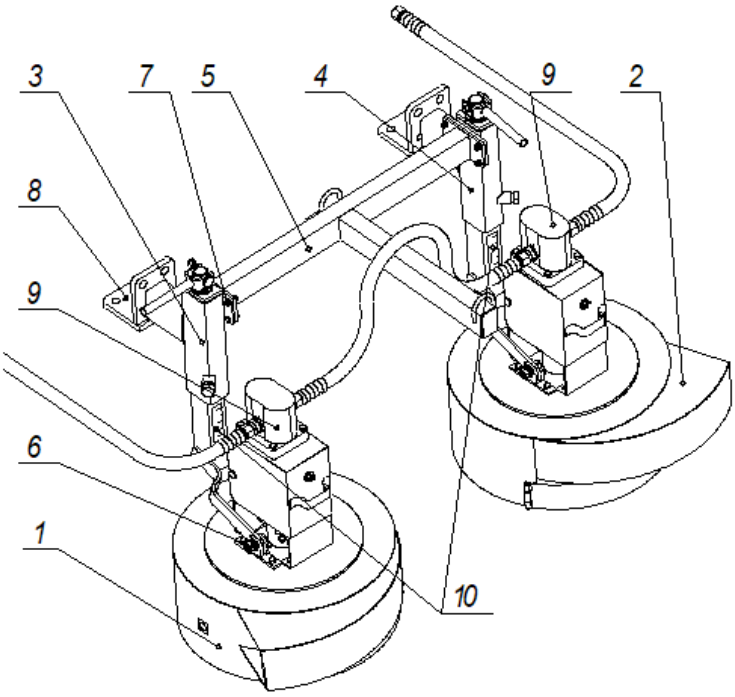
Рис. 3 – Адаптер выкапывающий КАН-02



1, 2 - стойки; 3, 9 – зацепы; 4 - навеска; 5 - болты; 6 – гайки; 7 – шайбы;
8, - кронштейн; 10 – боковина; 11 - ограждение; 12, 16 – опоры;
13, 15 – лыжи; 14 - валец прижимной
Рис. 4 – Адаптер подбирающий КАН-03



1 – лемеха; 2, 8 – зацепы; 3, 9 – пружины; 4 - балка адаптера выкапывающго;
5 - болты; 6 – гайки; 7 – шайбы; 10, 12 - диски; 11, 13 – опорные колеса
Рис. 5 – Адаптер выкапывающий КАН-07



1 – ротор; 2 – ротор; 3– регулятор; 4 - регулятор; 5 - рамка; 6 – кронштейн; 7 – кронштейн; 8 - кронштейн; 9 – гидромотор; 10-шкала

Рис. 6 – Адаптер ботвоудаляющий

Заключение: Использование предложенной техники, спроектированной по принципу применения сменных навесных адаптеров, способствует снижению конечной цены и может быть привлекательной для потребителя путём снижения материалоёмкости картофелеуборочной техники.

Потребитель платит только за картофелеуборочный комбайн и сменные навесные адаптеры, которые можно будет устанавливать в зависимости от необходимых условий выполнения технологического процесса. В следствии этого нет необходимости покупать специализированную технику: ботвоуборочную машину, копатель-валкоукладчик для овощей, подборщик для подбора лука из валка. Не стоит забывать, что каждая из перечисленных машин в сою очередь агрегатируется с трактором, а это дополнительный расход топлива и привлечение людских ресурсов.

Из этого следует, что конечная цена на сельхозпродукцию будет уменьшена, так как один и тот же комбайн можно использовать как при уборке картофеля стандартным методом, так и применив определенный адаптер убирать лук и столовую свеклу.

Дальнейшее совершенствование конструкции картофелеуборочных комбайна с использованием комплекта сменных навесных адаптеров, для расширения его функциональных возможностей, позволит снизить затраты на производство, обеспечить производителей сельскохозяйственной

продукции современной, универсальной машиной, стабильно выполняющей процесс уборки картофеля, лука репчатого и столовых корнеплодов.

Литература

1. Лебедев А.А. Картофельная система / информационно-аналитический межрегиональный журнал. Нижний Новгород, – 2011. – №1. – С. 30–33.

2. Машины для уборки овощей / Н.Ф. Диденко, В А. Хвостов, В.П. Медведев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.

3. Механизация уборки лука / А.И. Белоусова, В.А. Абликов, С.В. Белоусов. Молодой ученый. – 2016. – № 1 (105). – С. 125–128.

4. Сельскохозяйственные машины/Ю.И. Воронов, Л Н. Ковалев., А.Н. Устинов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. -255 с.

УДК 621.9.048.7

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРОВ ДЛЯ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ТЕРМООБРАБОТКИ

А.В. Журавский, И.М. Саковец
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Повышение износостойкости деталей, работающих в условиях трения, с помощью технологии лазерного упрочнения обладает рядом преимуществ. Она обеспечивает бесконтактность метода обработки; возможность локальной закалки только необходимых мест на изделии; отсутствие применения охлаждающей среды, в отличие от закалки в печи или закалки индукционным нагревом; полное отсутствие остаточных деформаций; возможность автоматизации процесса [1].

На сегодняшний день в существующих лазерных установках нашли применение различные типы лазеров. Цель данной работы провести анализ эффективности лазеров, используемых для лазерного упрочнения чёрных металлов.

Один из самых распространенных типов лазеров используемых при лазерной закалке — CO_2 лазеры [2]. Для них характерна чрезвычайно низкая энергетическая эффективность ≈10%. Коэффициент поглощения металлами излучения не превосходит нескольких процентов, так что полный коэффициент полезного действия (КПД) процесса закалки составляет доли процента. Для его повышения приходится использовать разные технологии нанесения поглощающих покрытий, основанных на оксидах Al и Zn, и других химических соединениях [3]. Это сильно усложняет процесс и вводит в него множество трудно контролируемых факторов.

Для YAG-лазера коэффициент поглощения может достигать 10–15%, но зато полный КПД самого лазера обычно составляет не более 2–3% [4].

Появление новейших мощных лазерных источников волоконного типа, КПД которых около 25%, актуализирует вопрос об эффективности их использования для лазерной закалки [5].

Исследования эффективности применения волоконного лазера для упрочняющей термообработки чёрных металлов были проведены на лазерных технологических комплексах, имеющихся в распоряжении лаборатории Института лазерных и сварочных технологий (ИЛиСТ) и Российско-Германского центра лазерных технологий Санкт-Петербургского государственного политехнического университета [6]. В качестве источника лазерного излучения использовались иттербиевые

волоконные лазеры ЛС-5 и ЛС-15 с максимальной выходной мощностью 5 и 15 кВт, длиной волны 1,07 мкм. Излучение транспортировалось по волоконному кабелю к оптической лазерной голове. Для фокусировки излучения использовались головы YW50 фирмы Precitec и HighYAG Во время исследований использовались образцы, изготовленные из сталей марок: Ст3, Сталь 45, 65Г, 38Х2Н2МА, 40Х, 30Х13 толщиной 2–40 мм. Обработка осуществлялась прямолинейными отдельными участками. Везде лазер использовался в режиме непрерывного излучения. Параметры режима варьировались таким образом, что удельная энергия закалки, вычисляемая как отношение мощности лазерного излучения к произведению ширины закаленного слоя и скорости закалки, изменялась в пределах 1,75–6,4 Дж/мм^2 . Для сравнения, по литературным данным [3] при обработке на CO_2-лазере требуется более высокая удельная энергия закалки 13,3 – 33,1 Дж/мм^2 . Из обработанных образцов, прошедших визуальный контроль на предмет отсутствия оплавления или растрескивания поверхности, изготавливались металлографические шлифы. По их фотографиям определялись структурные составляющие, ширина и глубина закаленного слоя. При помощи микротвердомера ПМТ-3 выполнялись измерения микротвердости закаленного слоя, переходного слоя и зоны основного металла. Глубины получаемого закаленного слоя варьировались от 100 до 300 мкм. Увеличение микротвердости составляло от 1,2 до 1,7 раза. При этом скорость закалки доходила до 3 м/мин [6].

Полученные результаты стали возможными благодаря большему эффективному коэффициенту поглощения у волоконных лазеров, чем у CO_2-лазеров. Кроме этого, при закалке волоконными лазерами нет необходимости наносить поглощающие покрытия, что дополнительно снижает стоимость процесса и делает его экологически чистым. Изучение микроструктуры закаленного слоя, выполненного на ЛС-5, показало [6], что она однородна, имеет вид мелкодисперсного мартенсита и в ней полностью отсутствует переходная зона, тогда как при обработке на CO_2-лазере по литературным данным [2, 4] в структуре присутствует переходная зона. Измеренные значения микротвердости закаленного слоя были несколько выше, тех, что получены при закалке CO_2-лазером. Значения микротвердости HV при нагрузке 100 г, кг/мм^2 составило: 460HV (на глубине 50 мкм); 401HV (на глубине 100 мкм); 386HV (на глубине 150 мкм); 353 HV (на глубине 200 мкм); 311HV (на глубине 250 мкм); 285 HV (на глубине 300 мкм) [6].

Литература

1. Нигай А.Р., Смирнова Н.А. Исследование процесса упрочнения инструментальной стали У8 излучением волоконного лазера // Сб. тр. Лучшие научно-исследовательские проекты школьников г. Москвы – .М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, – 2012. – С. 101 – 106.

2. Скрипченко А.И., Медвецкий В.М. Волоконные лазеры. Экономическая оценка // РИТМ. 2008. дек. С. 34 – 38.

3. Лопота В.А., Туричин Г.А., Цибульский И.А. Перепективы внедрения волоконных лазеров для лазерной термообработки черных металлов // Заготовительные производства в машиностроении. – 2013. – №3. – С. 16 – 21.

4. Попов В. Лазерное упрочнение сталей: сравнение волоконных и CO_2-лазеров // Фотоника, – 2009. – № 4. – С. 19 -24.

5. Туричин Г.А., Цибульский И.А., Сомонов В.В. Разработка технологии лазерной закалки конической резьбы шарового крана бурильного инструмента //Технология машиностроения. –2013. – №2. – С. 6 – 11.

6. Сомонов В.В. Перспективы внедрения волоконных лазеров для лазерной термообработки черных металлов // Сборник трудов I Всероссийского конгресса – 2012. – С. 9 – 13.

УДК 621.791.92

МЕТОД МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ

В.Г. Гаврилин, С.В. Рогов
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

На сегодняшний момент одной из важнейших задач промышленности является разработка и освоение новых технологий, обеспечивающих высокое качество продукции, повышение производительности труда и эффективности общественного производства. Для решения данной задачи большое внимание отводится проблеме повышения долговечности деталей машин. В связи с этим актуальным является совершенствование известных методов упрочняюще-восстанавливающих технологий, так и разработки новых, позволяющих получать поверхностное слои с заданными физико-механическими свойствами.

Известно успешное применение для повышения износостойкости деталей металлургического оборудования магнитно-электрических покрытий из самофлюсующихся диффузионно-легированных порошков на основе стальной и чугунной дроби. Данные покрытия исследованы на износостойкость в условиях абразивного изнашивания и изнашивания при заедании. Анализ физико-механических свойств магнитно-электрических покрытий показал, что они могут быть эффективны для повышения срока службы деталей, работающих в сложных условиях: абразивного изнашивания, коррозионного изнашивания и ударных нагрузок. Таким образом, исследование износостойкости магнитно-электрических покрытий с целью применения их для повышения качественных свойств деталей является актуальным.

По своей сущности магнитно-электрического упрочнения (МЭУ) имеет много общего с технологией электроискрового легирования. Для реализации МЭУ используется малогабаритное и простое в обслуживании оборудование, обрабатываемая поверхность не требует специальной подготовки перед упрочнением. Полученный поверхностный слой образует высокопрочное сцепление с основным материалом, также возможно создание слоя с заданными физико-механическими свойствами. Для метода МЭУ характерно то, что обрабатываемая деталь является катодом, а обрабатывающий электрод-инструмент – анодом. При этом между электродом и изделием под действием тока возбуждается искровой заряд, в результате которого происходит перенос материала на катод. Отличительной же особенностью процесса МЭУ является одновременное

совокупное энергетическое воздействие на ферромагнитный порошок и обрабатываемую поверхность не только электрического тока, но и внешнего магнитного поля, а также механического воздействия, благодаря чему происходит расплавление частиц ферромагнитного порошка (ФМП) и диффузия этого расплава вглубь обрабатываемой поверхности с формированием упрочненного слоя.

В настоящее время наиболее полно исследован и отлажен процесс МЭУ для деталей класса валов. В то же время МЭУ плоских поверхностей исследовано недостаточно для его широкого применения в промышленности. Схемы обработки плоских поверхностей имеют свои недостатки, не позволяющие наладить серийный выпуск установок МЭУ для такого типа поверхностей.

В технологии МЭУ в основном используются ферромагнитные порошковые наплавочные материалы, изготовленные на основе железа с большим содержанием бора, такие как ферробор (ФБ-6, ФБ-10), феррохромбор (ФХБ-1, ФХБ-6-2), а также некоторые легированные стали и чугуны. Выбор таких материалов обусловлен их распространенностью, доступностью и технологичностью. Бор при взаимодействии с железом образует бориды железа, которые обладают высокой твердостью и придают износостойкость при различных видах трения. Содержание хрома придает покрытиям высокую коррозионную стойкость, однако снижает трещиностойкость покрытий.

Таким образом, способ МЭУ имеет ряд преимуществ перед другими способами упрочнения и наплавки: не требуется предварительной подготовки поверхности перед обработкой; не требуется применения сложного и дорогостоящего технологического оборудования; не требуется изготовления специальных электродов. Указанные достоинства определяют более низкую себестоимость покрытий по сравнению с другими методами наплавки, а также делают возможным его использование в условиях любого предприятия. Однако при упрочнении плоских поверхностей, учитывая высокую шероховатость обработанной поверхности, МЭУ может применяться в областях, где не предъявляются высокие требования по микрогеометрии поверхности: упрочнение рабочих органов дорожно-строительных, сельскохозяйственных, геологоразведочных машин, контактирующих в условиях контакта с коррозионной и абразивной средой различной разновидности; поверхностей режущих рабочих органов машин. Известно успешное применение метода МЭУ при упрочнении противорежущего бруса кормоуборочного комбайна, дисковых ножей для резки асбестоцементного каната.

УДК 621.78.72:621.431.73

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКЕ

И.М. Саковец, И.В. Царенко
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Задачи повышения износостойкости деталей машин чаще всего решаются путем применения специальных легированных дорогостоящих материалов, с помощью объемной или поверхностной ТВЧ закалки, наплавкой высокотвердыми износостойкими материалами с последующей механообработкой, либо за счет хромирования или азотирования поверхности и т.д. Эти процессы широко известны, и в определенной степени повышают износостойкость и срок службы деталей. Однако они достаточно трудоемки, энерго- и материалоемки, имеют продолжительный технологический цикл.

В качестве способа кардинально повышающего износостойкость предлагается технология локального лазерного упрочнения быстроизнашивающихся участков поверхностей деталей [1]. Это способ повышения износостойкости и срока службы деталей без применения дорогостоящих расходных материалов, без необходимости трудоемких и энергоемких подготовительных и последующих доводочных операций. Повышение износостойкости поверхности после лазерной закалки достигается за счет структурно-фазовых изменений поверхностного слоя на глубину 0,3-1,0 мм без оплавления поверхности, без нарушения макро- и микрогеометрии поверхности детали. Такая возможность обеспечивается за счет заданного распределения плотности мощности в пятне излучения многолучевого лазера. Благодаря возможности локального упрочнения только быстроизнашивающихся участков (а не всей детали), высокой линейной скорости обработки и автоматизации управления технологическим процессом, лазерное поверхностное термоупрочнение отличается от известных уже традиционных методов коротким технологическим циклом, оперативностью выполнения работ, относительно низкой удельной энерго-, трудо-, материалоемкостью и, соответственно, низкой стоимостью.

Технологические параметры лазерной закалки, такие как, удельная мощность, время прогрева, скорость плавления и кристаллизации определяет структуру поверхностного слоя и, как следствие, и его свойства.

При лазерной закалке высокопрочного чугуна можно получить сложную структуру закаленного слоя состоящего из феррита, аустенита, мартенсита и цементита в зависимости от выбранных технологических

режимов [2]. Согласно исследованиям механизма растворения углерода [3] упрочненный при лазерной обработке чугун с шаровидным графитом состоит из четырех слоев: (1) оплавленный слой со структурой ледебурита, метастабильного аустенита и мартенсита; (2) полуоплавленный слой со структурой остаточного шаровидного графита, отростки ледебурита вокруг шаровидного графита, мартенсита и остаточного аустенита; (3) слой продуктов превращения в твердом состоянии со структурой остаточного шаровидного графита, остаточного феррита, скрытокристаллического мартенсита и небольшого количества остаточного аустенита; (4) переходная прослойка со структурой шаровидного графита, дисперсного феррита, скрытокристаллического мартенсита и перлита. Было установлено, что наибольшей износостойкостью обладает оплавленная прослойка, на втором месте прослойка продуктов превращения в твердом состоянии. Относительная толщина каждой прослойки может регулироваться параметрами лазерной обработки.

Лазерное оплавление чугуна с поперечным перемещением луча при-водит к повышению твердости и не вызывает растрескивание, причем уве-личение твердости сложным образом зависит от скорости перемещения луча, и у каждого типа чугунов по-своему. Формирующаяся после лазер-ного оплавления структура высокопрочного чугуна зависит от скорости охлаждения и температурного градиента на поверхности раздела жид-кость/твердая фаза. Износостойкость высокопрочного чугуна в результате лазерной обработки может быть повышена почти в 100 раз. Сравнительные исследования показали, что глубина и микротвердость упрочненной в ре-зультате лазерной закалки зоны при одинаковых технологических пара-метрах лазерной обработки у высокопрочного чугуна выше, чем у серого чугуна .

Исследования поверхности ковкого чугуна после лазерной поверхно-стной закалки показали, что основным фактором, определяющим толщину упрочненного слоя, является плотность мощности лазера, которая опре-деляет оптимальный диапазон скорости перемещения и, соответственно, максимальную температуру поверхности. Было обнаружено, что глубина упрочнения увеличивается с увеличением плотности мощности. Чтобы избежать расплавления поверхности при увеличении плотности мощности, так же увеличивали и скорость перемещения. Полученное в результате увеличение скорости охлаждения приводит к подавлению мартенситного превращения и снижению твердости упрочненного слоя. В исследуемом диапазоне плотности мощности лазера 40,4-80,8 Вт/$мм^2$ максимальная глу-бина зоны лазерной закалки составила 200 мкм [4].

Результаты лазерной закалки ковкого чугуна с перлитно-ферртной матрицей и графитовыми включениями показали, что увеличение скорости охлаждения во время затвердевания увеличивается содержание углерода в

аустенитной фазе, что ингибирует мартенситное превращение [5]. Кроме этого, увеличение скорости охлаждения во время затвердевания улучшает эвтектику ледебурита. На твердость зоны расплава также влияет доля остаточного аустенита как морфология эвтектики ледебурита. Из-за высокой доли ледебурита его морфология оказывает значительное влияние на твердость зоны плавления. Кроме того, было обнаружено, что области первичного и эвтектического аустенита содержат сеть пластинчатых вторичных цементитных выделений и нанометрических сферических третичных цементитных выделений. Наиболее высокую среднюю твердость 895 HV0.2 показали образцы, упрочненные при мощности излучения 2000 Вт и скорости перемещения 3,33 мм/с.

В зоне лазерного упрочнения серого чугуна с типичной перлитной матрицей и хлопьевидным графитом была получена однородная микроструктура, значения твердости которой варьируются от 700 до 800 HV [6]. Самый глубокий упрочняющий слой, полученный при 1100°C и скорости 4 мм/с, составил 0,4 мм. Область перекрытия, имеющая протяженность примерно от 16,7% до 20,8% от номинальной ширины упрочняющей дорожки, является неизбежным негативным эффектом: в области перекрытия наблюдается резкое снижение значений микротвердости из-за повторного нагрева ранее полученного мартенсита.

В лазерном упрочнении обычно используют двух- или трехстадийные термические циклы. Сравнительный анализ этих циклов по результатам проведения поверхностной закалки различных сталей дан в работах [7, 8]. При двухстадийном термическом цикле нагрев определяется либо длительностью лазерного импульса (при закалке лазерами импульсного действия), либо временем прохождения лазерного луча над заданной точкой поверхности (при закалке лазерами непрерывного действия). А время охлаждения определяется скоростью отвода тепла в глубь детали. Трехстадийный термический цикл включает дополнительно стадию выдержки, во время которой может происходить более полное фазовое и структурное превращение и увеличение глубины закаленного слоя. В сталях с содержанием углерода до 0,5% двухстадийный термический цикл, обеспечивает условия закалки без образования дефектов в виде трещин. Для закалки сталей с содержание углерода более 0,5% более эффективно применение трехстадийного термического цикла, так как, стадия выдержки детали при высокой температуре обеспечивает более существенное перераспределение углерода по объему. Однако, в высоколегированных сталях сложного состава с большим содержанием углерода длительности лазерного нагрева может быть недостаточно для завершения фазовых превращений, которые определяются временем диффузионных процессов. Лазерная термообработка высоколегированных сталей в некоторых случаях приводит к образованию закалочных структур низкоуглеродистого мартенсита или к появлению наряду с мартенситом большой доли аусте-

нитной фазы. А такой состав, не обеспечивает требуемые механические свойства и износостойкость поверхностей трения [7, 8].

Изучение структуры поверхностного слоя стали 45 после лазерного упрочнения (рис. 1) показало наличие нескольких зон [9]. В верхнем слое глубиной 20…25 мкм наблюдается полное растворение ферритной сетки. Микротвердость в этой зоне 7500…8200 МПа. Ниже следует зона закалки из твердого состояния с микротвердостью 7200…8500 МПа. На месте бывших перлитных зерен образуется мартенсит с небольшим количеством остаточного аустенита. Глубина зоны термического влияния составляет 0,55…0,60 мм при ширине зоны 9,8 мм. Микротвердость ферритных зерен составляет 2800–3500 МПа при исходной твердости феррита 980…1100 МПа.

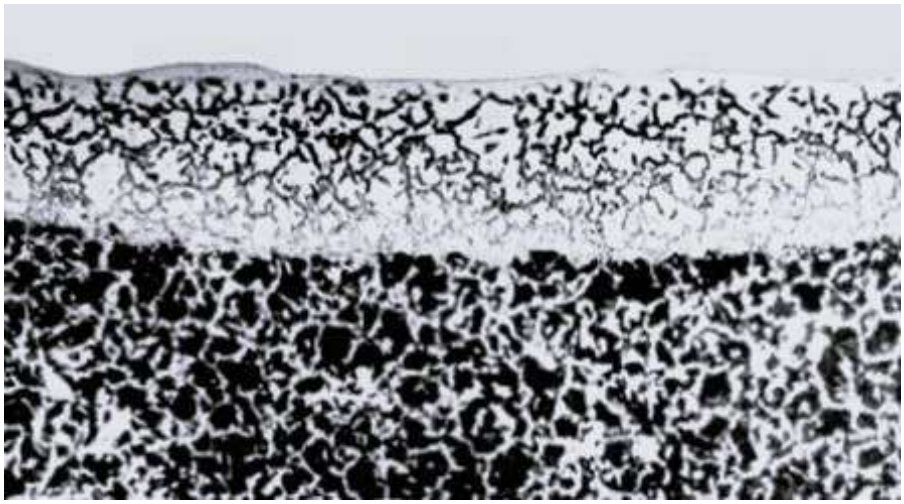


Рис. 1 – Микрошлиф поверхности стали 45, упрочненной сканирующим лазерным лучом

Широкие технологические возможности технологии лазерной закал-ки: применение различных термических циклов (двух-, трехстадийных), различных режимов лазерного воздействия на поверхность (импульсного, импульсно-периодического, непрерывного) открывают широкие возмож-ности для получения оптимальных закаленных структур металла, в зависи-мости от его химического состава и требуемых свойств.

Литература

1. Аблаев А.А., Савченко П.В. Восстановление и упрочнение деталей машин на лазерных технологических комплексах //Труды ГОСНИТИ. – 2013. – С.192 – 195

2. Казаков С.С., Гоева В.В. Структурообразование высокопрочного чугуна поршневых колец в зоне лазерного термоупрочнения//Карельский научный журнал. – 2015. – № 2(11). – С. 123 – 128.

3. Тененбаум М.М. Износостойкость конструкционных материалов и деталей машин при абразивном изнашивании. М.: Машиностроение, 1966. – 331 с.

4. Bomberaer M., Boa M., Akin O. Laser remeiting of cast iron microstructure and wear properties // Z. Metallik. 1988, № 12, pp. 806 − 812

5. Czuprynski A., Janicki D., Górka J., Grabowski A., Wygedacz B., Matus K., Karski W. High-Power Diode Laser Surface Transformation Hardening of Ferrous Alloys // Materials. 2022, vol. 15, pp.1915.

6. Janicki D., Górka J. Kwasny W., Pakieła W., Matus K. Influence of Solidification Conditions on the Microstructure of Laser-Surface-Melted Ductile Cast Iron // Materials. 2020, vol. 13, 1174 P. pp. 1174 – 1182.

7. Liu A., Previtali B. Laser surface treatment of grey cast iron by high power diode laser // Physics Procedia. 2010, vol. 5, pp. 439 – 448.

8. Бертяев Б.И., Завестовская И.Н., Игошин В.И., Сравнительный анализ двух- и трехстадийных термических циклов при поверхностной лазерной закалке сталей. – Физика и химия обработки материалов, // 1986, №5 С. 88.

9. Бирюков В.П. Лазерное упрочнение и легирование стали. // Фотоника. – 2011. №3. С. 34 – 37.

10. Бирюков В.П., Восстановление и упрочнение поверхностей лазерным излучением // Фотоника. 2009. № 3. С. 1 – 14

УДК 621-192

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Е.В. Фенюк
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Введение. Сельское хозяйство является одной из ключевых отраслей экономики многих стран. Современные технологии и механизмы играют важную роль в повышении производительности и эффективности сельскохозяйственного производства. Одним из основных элементов современного сельскохозяйственного производства являются сельскохозяйственные машины.

В условиях глобализации задачей каждого государства является достижение высокого уровня конкурентоспособности национальной экономики, ее секторов, отраслей и отдельных субъектов хозяйствования.

Конкурентоспособность – это определенный набор институтов, политик и факторов, определяющих уровень производительности страны. Один из основных показателей, на основе которого на сегодняшний день рассчитывается конкурентоспособность стран был разработан Всемирным экономическим форумом. С целью построения рейтинга стран по показателям их конкурентоспособности применяется система из 381 показателя, которые организованы по группам экономического потенциала страны, межгосударственных экономических связей, государственное управление и т.д.

Конкурентоспособность определяется возможностью разрабатывать и изготавливать товары и услуги или высшего качества, или же по ценам, значительно ниже по сравнению с ценами конкурентов. Конкурентоспособность национальной экономики обнаруживает способность экономической системы обеспечивать социально экономическую оптимальность любого влияния внутренних и внешних факторов. Конкурентоспособность воспринимается как способность страны обеспечивать сбалансированность своих внешних пропорций и избегать тех ограничений, которые обусловливаются внешнеэкономической сферой, самовоспроизводить улучшения своих мирохозяйственных связей.

Формирование механизма конкурентоспособности, систематизация методов и показателей определения конкурентоспособности предприятия дает возможность овладеть рыночной ситуацией и ее изменениями, определить приоритеты конкурентов, провести анализ возможностей

расширения рынка сбыта и выступает в практической деятельности предприятия основой для разработки мероприятий по обеспечению его конкурентоспособности.

Предприятия сельскохозяйственного машиностроения требуют научно обоснованных рекомендаций для улучшения своего конкурентного состояния за счет выпуска конкурентоспособной продукции. Специфика работы этих предприятий требует специального методического подхода к определению конкурентоспособности продукции с учетом различий разных сегментов рынка, который можно было бы использовать в практической деятельности.

С учетом требований конкретного рынка конкурентоспособность продукции предприятий сельскохозяйственного машиностроения, обусловлена наиболее приемлемым, как для потребителей, так и для производителей, соотношением между уровнем качества, уровнем затрат на ее приобретение и использование, уровнем сервиса и уровнем ее маркетингового продвижения.

Одним из главных направлений активизации инновационных процессов в аграрном секторе экономики является обеспечение цивилизованной конкурентной среды в инновационной сфере для чего необходимо эффективное государственное регулирование.

Повышение конкурентоспособности продукции предприятий сельскохозяйственного машиностроения заключается в комплексном регулировании главных ее составляющих, а именно: качества, цены потребления и других дополнительных преимуществ. Объектами управления, при этом, являются показатели конкурентоспособности. В качестве базовых используются значения показателей тех моделей сельскохозяйственной техники, которые имеют наибольший уровень конкурентоспособности. Приоритетность изменения факторов конкурентоспособности зависит от уровня социально экономического развития общества, характеристик рынков сбыта, на которых реализуется товары, потребностей конкретных потребителей и возможностей предприятий производителей. Для этого предложено использовать опыт зарубежных производителей, а также разработать комплексную программу повышения уровня конкурентоспособности и конкурентной стратегии предприятий.

Развитие товарного производства происходит под воздействием экономических законов. Объективным процессом и внешним принудительным фактором для производителя сельскохозяйственной продукции является не только спрос и предложение, но необходимость ускорения внедрения достижений научно технического прогресса, новых форм организации труда, повышение уровня производительности труда, рост объемов производства, качественных характеристик продукции.

В условиях рынка критерием высокого уровня конкурентоспособности продукции предприятий сельскохозяйственного машиностроения являются конечные экономические результаты хозяйствования и экономическая эффективность использования ресурсов. Таким образом, анализ эффективности от реализации мероприятий по повышению конкурентоспособности сельскохозяйственной техники можно провести по следующим направлениям: минимизация технологической себестоимости изготовления технических средств за счет снижения стоимости основных материалов, внедрения энергосберегающих технологий производства, повышение качественных характеристик сельхозтехники, снижение простоев; увеличение объема производства за счет регулирования дополнительных конкурентных преимуществ продукции.

Открытый доступ к иностранным технологиям может привести к торможению инновационного развития и упадка научно прикладной активности в аграрной сфере, порождает опасность возникновения технологической зависимости от иностранных новаторских разработок. Для восстановления конкурентоспособности предприятий на инновационной основе производителям сельскохозяйственной техники, прежде всего, необходимо решить проблему производства продукции нового качества, которая должна быть наукоемкой, оснащенной современными средствами управления ее работой, а также предусматривать использование технологий, ориентированных на комплексное решение проблемы энергосбережения и экологического обеспечения.

Производство инновационной техники является наиболее перспективным направлением обеспечения конкурентоспособности отечественных предприятий сельскохозяйственного машиностроения с точки зрения ее экономической эффективности и экологической безопасности.

Формирование рынка сельскохозяйственной техники требует учета всевозрастающей роли научно-технического прогресса. Инновационная направленность современного развития аграрного сектора базируется на знаниях, исследованиях, разработках мирового уровня, что требует принятия неотложных мер по трансформации существующего механизма технического обеспечения на новый, который ориентирован на модернизацию, переоснащение и обеспечения аграрного производства высококачественной, современной, эффективной сельскохозяйственной техникой. Включенность инновационного механизма формирования рынка сельскохозяйственной техники будет способствовать инновационному развитию экономики.

Управление деятельностью по обеспечению конкурентного стиля хозяйствования предприятий следует осуществлять путем: формирование

основных направлений деятельности в соответствии с установленными целями развития;

– прогнозирования о возможностях появления тех или иных результатов с использованием научных методов;

– усовершенствования системы ресурсного обеспечения производства;

– обеспечение выполнения плановых заданий с целью реализации принятой стратегии развития;

– разработки мер, стимулирующих всех участников производственной системы к выполнению поставленных задач;

– согласование действий работников предприятия, то есть координация их действий в соответствии с планом деятельности;

– выполнение установленных плановых заданий, направленных на достижение принятых целей развития.

Одной из важнейших задач формирования конкурентоспособности на рынке сельскохозяйственной техники является повышение эффективности управленческих процессов, внедрение механизмов управления использованием информационных технологий, методов программно-целевого управления.

Заключение. Экономическая система каждого государства в условиях глобализационных процессов нуждается в расширении внешнеэкономических отношений и выхода на мировые рынки. Возникает необходимость укрепления собственных конкурентных позиций с обеспечением роста конкурентоспособности. Повышение конкурентоспособности национального производства сегодня возможно при условии обеспечения равных возможностей конкуренции с иностранными производителями техники на внутреннем рынке, что в дальнейшем должно формировать достаточный уровень конкурентоспособности страны в целом.

Инновационная направленность современного развития рынка техники базируется на знаниях, исследованиях, разработках мирового уровня. Требуется трансформация существующего механизма технического обеспечения, ориентированного на модернизацию, переоснащение и обеспечения аграрного производства высококачественной, современной, эффективной сельскохозяйственной техникой. Формирование рынка сельскохозяйственной техники требует учета всевозрастающей роли научно-технического прогресса.

Литература

1. Погрищук Б.В. Системообразующие факторы повышения результативности процессов управления конкурентоспособностью в сельском хозяйстве. Научные работы Полтавской государственной аграрной академии. Вып. 1 (4) Т. 3. – Полтава: ПГАА. – 340 с.

2. Кириллов Ю.Е. Концептуальные основы конкурентоспособного развития аграрного сектора экономики Украины в условиях глобализации. Херсон: ОЛДИ ПЛЮС, 2015. – 150 с

3. Жовновач Р.И. Инновациинисть как условие обеспечения конкурентоспособности предприятий. Проблемы теории и методологии бухгалтерского учета, контроля и анализа, 2013. – Вып.2 (26). – С.103

4. Лузан Ю.Я. Организационно-экономический механизм обеспечения развития агропромышленного производства Украины: монография/ Ю.Я. Лузан. – К.: ННЦ ИАЭ, 2010. – 472 с

УДК 621.9.015

СУЩНОСТЬ МЕТОДА МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ

С.В. Рогов
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

На сегодня повышение точности и качества поверхности деталей является одной из приоритетных задач машиностроения. В условиях эксплуатации внешним воздействиям, в первую очередь, подвергаются поверхности деталей. Износ трущихся поверхностей, зарождение трещин усталости, смятие, коррозионное и эрозионное разрушения– это процессы, протекающие на поверхности деталей и в некотором прилегающем к поверхности слое. Естественно, что придание поверхностям деталей специальных свойств способствует существенному повышению показателей качества изделий в целом и в первую очередь показателей надежности. Прочность деталей также зависит от шероховатости поверхности. Разрушение детали, особенно при переменных нагрузках, в большей степени объясняется концентрацией напряжений, вследствие наличия неровностей. Чем меньше шероховатость, тем меньше возможность возникновения поверхностных трещин от усталости металла. Таким образом, шероховатость поверхности также является одной из основных геометрических характеристик качества поверхности деталей и оказывает влияние на эксплуатационные показатели.

Для повышения качества и точности поверхностей также широко используется метод магнитно-абразивной обработки (МАО). Особенностями метода МАО являются непрерывный контакт абразива с поверхностью изделия, что снижает циклические нагрузки и повышает точность геометрических размеров и формы обрабатываемой поверхности; отсутствие жесткой фиксации абразивного зерна в соединении, что способствует самопроизвольному выравниванию режущего инструмента по отношению к сложной фигуре обрабатываемой поверхности и исключает вероятность возникновения критических давлений и температур в зоне резания, повышая прочность зерна и повышения физико-механического качества поверхностного слоя материала изделия и др. Этот метод обеспечивает достижение параметров шероховатости Ra 0,01–1 мкм, уменьшению шероховатости в 8-10 раз. Это увеличивает контактную выносливость и износостойкость деталей в 2-3 раза, увеличивает длину опорного профиля до 75-85%. Метод имеет возможность обрабатывать металлические и неметаллические материалы. Ввиду этого актуальной является задача повышения производительности

отделочной обработки труднообрабатываемых материалов с одновременным обеспечением требуемой шероховатости поверхности и точностных параметров детали.

Современный этап развития технологии финишной обработки характеризуется поиском путей совершенствования параметров технологического оснащения с целью повышения коэффициента полезного действия процесса обработки, снижения энергоемкости, универсализации и специализации.

Одним из перспективных методов финишной обработки деталей является метод магнитно-абразивного полирования (МАП). Сущность метода заключается в том, что обрабатываемой детали или наполнителю с магнитными и абразивными свойствами, помещенными в магнитное поле, сообщают принудительное движение относительно друг друга. Магнитно-абразивный наполнитель создает режущий инструмент, плотность которого можно варьировать, изменяя напряженность магнитного поля. Силами магнитного поля зерна наполнителя прижимаются к поверхности детали, оказывая давление на деталь в каждой точке ее поверхности, что приводит к съему металла и сглаживанию микронеровностей. Обработка производится при наличии жидкого наполнителя (СОТС). В качестве режущего инструмента при магнитно-абразивной обработке невозможно использование традиционных абразивных материалов, так как они должны обладать не только абразивными, но и высокими магнитными свойствами. Магнитно-абразивным полирование можно обрабатывать детали любой геометрической формы и габаритных размеров из магнитных и немагнитных материалов.

В качестве режущих элементов при МАО используются порошки ферросплавов, железа и других веществ, подбираемых в зависимости от материала обрабатываемых изделий, состояния его поверхности и исходной шероховатости.

Можно сделать вывод, что при МАП связкой абразивного инструмента является энергия магнитного поля, способная зерна порошка (инструмента) удерживать в подвижно-связанном состоянии, а также координировать относительно обрабатываемой поверхности, что открывает возможности регулировать условия полирования.

УДК 631.35:633.4

РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТЕНИЙ МОРКОВИ СОРТА КАРОТЕЛЬ

Р.Ю. Колесник, А.Ю. Несмиян, Т.В. Ермак
«Азово-Черноморский инженерный институт Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Донской государственный аграрный университет»
г. Зерноград Ростовской области, Российская Федерация

Представленное исследование посвящено определению основных размерных характеристик моркови сорта Каротель, их взаимосвязи и вариативности. Полученные данные, в совокупности с данными других исследований, могут быть использованы при дальнейшем совершенствовании технических средств для уборки моркови.

Ключевые слова: корнеплоды; морковь; механизация уборочных процессов; размерные характеристики; статистическая оценка

Овощи – важный, если не сказать «основной», источник естественных витаминов в рационе человека. Они содержат огромное количество органических веществ, углеводов, минеральных элементов и полисахаридов. Овощи обеспечивают нас кальцием, калием, фосфором, магнием и множеством других нужных веществ.

В общем ряду овощей отдельного внимания заслуживают корнеплоды, в том числе – морковь. Ценные питательные вещества этого корнеплода способствуют оптимальной деятельности печени, почек, ЖКТ, облегчают лечение сердечнососудистых заболеваний. Морковь улучшает зрение, способствует нормальному формированию растущего организма. С давних времен свежую морковь применяли не только как диетический продукт, но и использовали при лечении ожогов, трещин, гнойных ран и нарывов. Морковь – источник бета-каротина (провитамина А), который в коалиции с ферментами печени преобразуется в витамин А (ретинол), способствующий поддержанию работы многих внутренних органов и систем. При этом, витамин А – основа долголетия работы глаз. При недостатке данного витамина у человека случается расстройство сумеречного зрения. Кроме бета-каротина, за который так ценится морковь, в ней содержатся весьма ощутимые дозы витаминов группы В, С и Е [1].

Ключевая и наименее механизированная операция при возделывании моркови – уборка. В отличие от зерна морковь (как и другие овощи) в большей степени подвержена повреждению при погрузке и транспортировке, а также при соприкосновении с рабочими органами уборочных механизмов. Именно поэтому сбор урожая овощей до сих пор

остается одним из процессов трудно поддающихся механизации, и именно поэтому более половины моркови в РФ производится в подсобных и личных хозяйствах [2], базирующихся на использовании ручного труда [3, 4]. Тем не менее, для уборки моркови при ее возделывании в промышленных масштабах применяются различные виды уборочных комбайнов, не только возрастных, ещё советских, но и современных, в основном западного, японского или китайского производства [5, 6, 7].

Как известно, оптимальные параметры и эффективные режимы работы корнеплодоуборочных машин существенным образом зависят от технологических свойств объектов, с которыми они взаимодействуют [8], поэтому, исследования, направленные, например, на изучения размерных характеристик убираемых растений, в том числе и моркови – всегда остаются актуальными, особенно с учетом постоянного изменения этих свойств по сортам, в зависимости от сроков развития растений, условий и года их возделывания.

Исследование проводилось в 2020 году на растениях сорта Каротель, характерного для региональных и климатических условий Ростовской области. Измерение размерных характеристик производилось на девяносто четырех предварительно очищенных растениях электронным штангенциркулем (рисунок 1). Для каждого размера были выявлены числовые зависимости и их основные статистические характеристики – средняя величина M, среднее квадратическое отклонение σ и коэффициент вариации V.

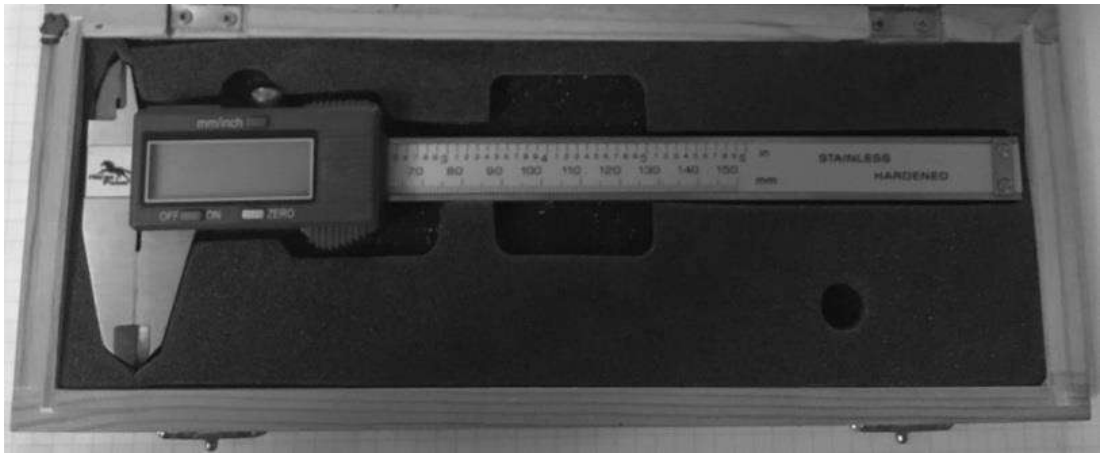


Рис. 1 – Электронный штангенциркуль

Помимо основных линейных размеров растений, определялись отношения некоторых наиболее характерных из них, а также коэффициенты корреляции между ними. Для удобства исследования и дальнейшей обработки полученной информации были приняты следующие обозначения (см. рисунок 2):

L – общая длина растения, мм;

$l_б$ – общая длинна ботвы, мм;

l_c – длина стеблей от головки корнеплода до листьев ботвы, мм;
l_n – длинна плода, мм;
d_o – диаметр головки корнеплода, мм;
$d_б$ – суммарный диаметр стеблей у головки корнеплода, мм;
d_c – диаметр средней части корнеплода измеряемая на 0.5 *ln* , мм

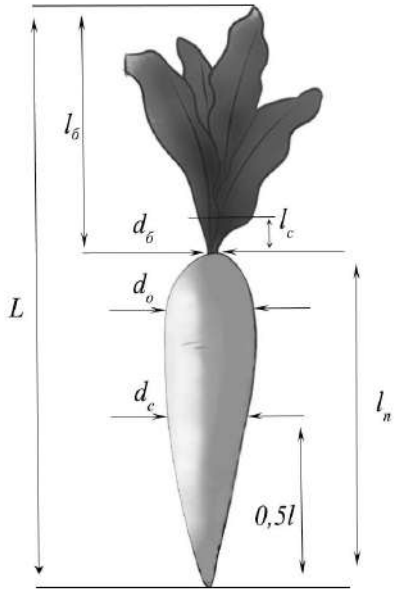


Рис. 2 – Схема к определению основных размерных характеристик моркови

Результаты измерений и их статистической оценки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные показатели оценки размерных характеристик

Показатели	L, мм	$l_п$, мм	$l_б$, мм	l_c, мм	$d_б$, мм	d_o, мм	d_c, мм
M, мм	405,5	96,6	308,4	137,0	10,5	32,2	25,6
σ, мм	84,4	21,2	73,4	48,4	3,4	6,2	5,2
min, мм	221,8	53,1	158,3	45,2	0,6	17,0	13,6
max, мм	592,6	150,1	495,1	265,3	20,3	58,4	43,2
V, %	20,8	21,9	23,8	35,3	32,0	19,4	20,2
$m_м$, мм	8,7	2,2	7,6	5,0	0,3	0,6	0,5
P, %	2,4	2,5	2,7	4,1	3,7	2,2	2,3

где M – среднеквадратичное значение каждого из параметров, мм; σ – средние квадратические отклонения, мм; min/max – максимальные и минимальные показатели каждого из параметров, мм; V – коэффициенты вариации, %; $m_м$ – ошибка среднего размера, мм; P – показатель ошибки наблюдений, %.

Дополнительный анализ полученных данных позволил сделать ряд выводов:

- диаметр основания корнеплодов является наиболее стабильным размером, коэффициент вариации которого составляет 19,4 %;

- средний диаметр от основания к середине плода уменьшается на 21,5 % с 33,3 до 25,6 мм соответственно

- диаметр пучка стеблей в месте предполагаемого среза – в среднем около 10…11 мм, при среднеквадратическом отклонении – около 3…4 мм.

- для исследуемого сорта моркови между всеми рассмотренными размерами выявлено наличие прямой корреляции.

В целом проведённое исследование позволило определить основные размерные характеристики моркови сорта Каротель, их взаимосвязь и вариативность. Полученные данные могут быть использованы при дальнейшем совершенствовании технических средств для уборки моркови.

Литература

1. Витамины в моркови. Чем полезна и вредна морковь, как ее употреблять? [Электронный ресурс]. – URL: https://zen.yandex.ru/media/ bodystatus/ vitaminy-v-morkovi-chem-polezna-i-vredna-morkov-kak-ee-upotrebliat--5af0e8d 42f578cce73f77f9e. – Дата обращения: 12.09.2023.

2. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – URL: https://www.gks.ru/search?q. – Дата обращения: 11.09.2023.

3. Ашитко А.А., Несмиян А.Ю., Колесник Р.Ю., Асатурян А.В. Обоснование конструкции и параметров устройства для отделения ботвы корнеплодов / Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 2 (50). С. 4 – 12.

4. Гавриш Е.А., Колесник Р.Ю., Ашитко А.А., Несмиян А.Ю. Конструктивно-технологическая схема машины для обрезки редиса. «Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке»: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры технической механики конструирования машин, 2018. – С. 44 – 48.

5. Несмиян А.Ю. Механизация растениеводства /А.Ю. Несмиян, Л.М. Костылева – Зерноград, ФГБОУ ВПО АЧГАА, 2013. – 281 с.

6. Машины для уборки столовых корнеплодов [Электронный ресурс]. URL: http://www.newtechagro.ru/inform2/ mashinj_dlya_uborki_ stolovjh_korneplodov_mashinj.html (дата обращения: 05.09.2023).

7. Морковоуборочные комбайны [Электронный ресурс]. URL:http:// www. agro-sistema.ru/ (дата обращения: 06.09.2023).

8. Ашитко А.А., Гавриш Е.А., Несмиян А.Ю., Колесник Р.Ю. Технологические свойства растений редиса / Инженерные технологии и системы. 2019. Т. 29. № 2. С. 265 – 278.

УДК 621.91

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В БЕЗОТХОДНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

А.П. Кучеров, И.В. Царенко
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Безотходная обработка металла резанием – способ разделения заготовки на части, при котором не возникает потерь материала, – используется для получения более мелких заготовок с целью их последующей обработки. На сегодняшний день к наиболее перспективным технологиям безотходной обработка металлов резанием можно отнести лазерную, плазменную и гидроабразивную резку металлов.

Описание нескольких видов лазерной резки металлов, обеспечивающих безотходную обработку металла, представлено в работе [1]. Лазерная резка производится путем локального разогрева металла, сфокусированным на его поверхность лазерным излучением. В области воздействия лазерного луча металл нагревается до первой температуры разрушения – плавления. С дальнейшим поглощением излучения происходит расплавление металла, и фазовая граница плавления перемещается вглубь материала. В то же время энергетическое воздействие лазерного луча приводит к дальнейшему увеличению температуры, достигающей второй температуры разрушения – кипения, при которой металл начинает активно испаряться. Таким образом, возможны два механизма лазерной резки – плавлением и испарением. Однако последний механизм требует высоких энергозатрат и осуществим лишь для достаточно тонкого металла. Поэтому на практике резку выполняют плавлением. При этом в целях существенного сокращения затрат энергии, повышения толщины обрабатываемого металла и скорости разрезания применяется вспомогательный газ, вдуваемый в зону реза для удаления продуктов разрушения металла. Обычно в качестве вспомогательного газа используется кислород, воздух, инертный газ или азот. Такая резка называется газолазерной.

Основными преимуществами технологии лазерного раскроя являются: возможность изготовить изделия любой сложности, любой формы и конфигурации с точностью до 0,1 мм; низкая себестоимость за счет высокого качества реза, что позволяет исключить или снизить затраты на дальнейшую механическую обработку; минимальное количество отходов и экономный расход листового металла в процессе производства за счет оптимальной раскладки деталей на листе; высокая производительность и скорость реза за счет большой мощности лазерного

излучения; резка твердых инструментальных сплавов, плохо поддающихся механической обработке; универсальность оборудования позволяет изготавливать детали практически по любым чертежам.

Исходя из преимуществ данного вида резания, можно сделать вывод, что на самом деле, минус здесь только один – ограничение по толщине разрезаемого материала. При автоматизации всего производства лазерная обработка является лучшим способом перейти на безотходную обработку металлов. Существует множество роботизированных манипуляров со сменными головками, которые дешевые в ремонте, а также в обслуживании, приобретя которые можно значительно уменьшить затраты на работу, тем самым уменьшить себестоимость детали.

Плазменная резка, в статье [2] описывается так, при изготовлении простых деталей производительней лазерной в 2-3 раза, при условии равной потребляемой мощности установок. Качество резки при плазменной резке можно настроить путем подбора оптимальных параметров, таких, как скорость и направление реза, высота плазмотрона над поверхностью металла, сила тока источника плазмы. Большое влияние на качество реза оказывает состояние расходных элементов (сопло, электрод, защитный экран, и др.). Шероховатость поверхности также зависит от скорости резки и рабочего тока источника. Чем ниже скорость и выше ток, тем меньше шероховатость, но тем больше окалина и перегрев кромки.

Стоимость лазерной и плазменной установок во многом определяются толщиной обрабатываемого изделия. Стоимость лазерной установки для резки металла толщиной в 5мм будет примерно в 4 раза больше стоимости аналогичной плазменной установки. и комплектующие. При плазменной резке расходных материалов - это сопло и электрод - хватает примерно на 5-8 часов работы, но при этом их легко заменить. В лазерной установке, как таковых, расходных материалов нет: линзы, отражающие зеркала, сопла выходят из строя реже, но их замена дорогостоящая и сложная процедура. При правильной эксплуатации плазменная установка не требует каких-либо сложных операций по регулировке и сервисному обслуживанию, элементы плазмотрона легко заменяются. Также она не прихотлива к качеству поверхности изделия. При замене же оптических деталей лазерной головки требуется сложная регулировка квалифицированным персоналом, а от чистоты поверхности металла напрямую зависит срок службы лазерной головки.

И плазменная и лазерная резки используют высокую температуру, которая может повлиять на разрез и саму деталь (проплавить металл и другие механические недочеты). В то время, как при гидроабразивной

резке генерируемое в процессе резания тепло практически мгновенно уносится водой [3]. В результате не происходит заметного повышения температуры в заготовке. Эта характеристика является решающей при обработке особо чувствительных к нагреву материалов. Небольшие сила (до 100 Н) и температура (от +60 до+90°С) в зоне резания исключают деформацию заготовки, оплавление и пригорание материала в прилегающей зоне. Ни одна технология, кроме гидроабразивной резки, не может обеспечить отсутствие термического влияния на металл вблизи пропила.

Метод гидроабразивной резки является в высшей степени универсальным, поскольку позволяет обрабатывать большие и очень маленькие детали с одинаковой точностью. Точность реза, отсутствие термического или механического влияния на зону резки представляют уникальные возможности относительно шаблонной резки материалов. Компьютерное обеспечение гидроабразивного способа резания предоставляет возможность программировать резку деталей с любыми контурами, а также производить заготовки без каких-либо последующих механических или термических обработок и минимальными отходами.

В заключении можно отметить, что самым доступным и точным является гидроабразивная обработка, а самым универсальным – плазменная обработка.

Литература

1. Суховерский Д.В., Жуковская Т.Е. Лазерная резка металлов // Сборник научных трудов по материалам нтк «Актуальные проблемы энергетики» – Минск: БНТУ, 2015. – С. 371 – 377

2. Донгак Ч.Э. Плазменная резка металлов // Сборник научных трудов по материалам нтк – Томск: ТГАСУ, 2018. – С. 385 – 386.

3. Пицуха А.Н. Резка металлов водой / Пицуха А.Н., Рекиш А.В, Куранова О.В. – М: БНТУ, 2016. – С. 1 – 2.

УДК 621.9.02

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

К.С. Теплова, И.В. Царенко
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени. П.О.Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Проблема повышения сопротивления изнашивания становится все более актуальной, в связи с интенсификацией работы оборудования. В современном машиностроении проблема увеличения стойкости режущего инструмента остается открытой. Зачастую это связано с ошибками в определении режимов обработки материалов, с неверным выбором инструментального материала для обработки и упрочняющего покрытия. Существует также и экономическая причина – дороговизна самого инструмента. Поэтому и возникает вопрос об улучшении режущих свойств инструмента отечественных производителей, стоимость которого в разы отличается от продукции иностранных поставщиков.

На сегодняшний день более 70 % мирового производства режущего инструмента (РИ) изготавливается из быстрорежущих сталей, несмотря на развитие новых твердосплавных инструментальных материалов. Поэтому исследование и разработка технологических процессов повышения износостойкости РИ одна из наиболее важных задач современного машиностроения. Она заключается в поиске таких структурных состояний, которые обеспечивают высокий уровень износостойкости, теплостойкости, ударной вязкости, статической усталостной трещиностойкости режущего инструмента.

В статье [1] проведя ряд экспериментов для улучшения характеристик РИ было выявлено, что одним из наиболее перспективных путей повышения теплостойкости, износостойкости РИ можно считать разработку и исследование изотермической закалки в интервале бейнитного «предпревращения» в качестве нагревающей и охлаждающей среды исследования псевдоожиженного слоя сыпучих материалов, а в качестве эффективных методов восстановления свойств РИ после перезаточки исследование электроимпульсного воздействия токами высокой мощности.

Анализ состояния вопроса и современных достижений в этой области привел к необходимости исследования и разработки технологии изготовления режущего инструмента методом закалки в интервале бейнитного «предпревращения». В сочетании с методом электроимпульсного воздействия для восстановления режущих свойств после эксплуатации достигается комплексное решение проблемы

эксплуатационной надежности режущего инструмента по сравнению с традиционными методами[1].

Что касается альтернативных методов улучшения, то согласно статье [2] таковыми служат способы повышения стойкости твердосплавного режущего инструмента за счет поверхностной обработки материала импульсными лазерами, источниками мощных электронных пучков. При этом снижается шероховатость поверхности, улучшается жаростойкость на 20%, повышается стойкость при высокотемпературных режимах резания в 2–5 раза. Следовательно, известные методы упрочнения режущей кромки, включая закалку и введение легирующих элементов — не достаточно эффективны. Облучение порошковых структур в процессе синтеза обеспечивает переход веществ в новое состояние, когда в их поведении проявляются и доминируют принципиально новые явления.

Разработка радиационно–химических процессов на основе использования электронного ускорителя для целенаправленного изменения свойств режущего инструмента является перспективным направлением. Применение в качестве инструмента воздействия на топологию процесса энергии тормозного излучения (гамм–квантов с длинной волны $<10^{-8}$) способное обеспечить наноуровневое воздействие на вещество, позволяет управлять сложнейшими химическими процессами в порошковой металлургии. Следовательно, облучение способствует эволюционным преобразованием в структуре спекаемых поликристаллических и минералокерамических порошков, проявляющихся в получении материалов с новыми свойствами, а возможность эффективного и селективного управления химическими реакциями открывает перспективу новому направлению в порошковой металлургии.

Металлографические исследования образцов из тарированного вольфрама указывает на характер изменения зернистости в структуре. Причем образцы, полученные по промышленной технологии, имеют крупнозернистую структуру, а по радиационно-химической технологии мелкозернистую структуру. На основании полученных результатов можно сказать, что твердые сплавы обладают более высокими физико-механическими характеристиками по сравнению с теми же сплавами, но с крупнозернистой структурой. По-видимому, повышение твердости и плотности можно объяснить значительной химической активностью и большей поверхностной энергией, способствующей инициированию диффузионных процессов порошков при спекании твердого сплава, заращиванию мельчайших пор и получению в итоге компактных безпористых изделий [3].

Сравнение различных способов получения образцов из тарированного вольфрама показало, что более рационально использовать радиационный метод получения готового изделия, так как он сочетает в себе положительные стороны химического (равномерного распределения)

и механического эксплуатационных свойств твердых сплавов и композиционных материалов [3].

В результате проведённых анализов различных методов улучшения были сделаны следующие выводы:

– целесообразно проведение работ по дальнейшей оптимизации технологии изготовления режущего инструмента и его переточке;

– для режущего инструмента из быстрорежущей стали необходима современная термообработка, основанная на применении вакуумных печей с программным управлением;

– необходимо проведение работ по нанесению современных видов защитных покрытий режущей части инструмента, в первую очередь, наномодификация поверхностного слоя;

– целесообразно улучшение режущего инструмента методом закалки в интервале бейнитного «предпревращения» для улучшения его надежности.

Литература

1. Космынин А.В., Чернобай С.П., Саблина Н.С., Космынин А.А. «Выбор и обоснование исследований новых и усовершенствование существующих технологичсеких процессо изготовления инструмента для высокоэффективной обработки резанием» // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2012.– С. 114–115.

2. Баскин М.Л., Семерчан А.А. // Способ изготовления металлокерамических твердых сплавов, А. с.106871, кл.406,17,1956

3. Орляхин С.П. «Перспективные технологии в производстве режущего инструмента» // Из материалов для сборника научных трудов СГТУ «Автоматизция и управление в машино – и приборостроении». 2006 – С.4

УДК 621.91

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗАНИЯ С НАГРЕВОМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ И ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ

В.Д. Шереш
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Для обработки сталей и сплавов высокой прочности, тугоплавких материалов, а также нержавеющих и жаропрочных материалов. Особенно перспективным является нагрев, предназначенный для повышения обрабатываемости металла. Для локального разогрева поверхности резания используется плазменная струя, после чего разогретый поверхностный слой металла поступает под струю смазочно-охлаждающей жидкости, что обеспечивает необходимый термический цикл нагрев-охлаждение. В процессе обработки слой металла, претерпевший структурные изменения, удаляется режущим инструментом и не оказывает отрицательного воздействия на качество окончательной термической обработки детали [1]. Применение данного способа не оказывает негативное влияние на структуру металлов и сплавов, а также обеспечивает увеличение стойкости инструмента до 2-4 раз и повышение производительности труда до 1,5 раз.

По сравнению с обычным резанием, резание с нагревом имеет ряд преимуществ [2]:

1. Резание с нагревом сопровождается снижением усилия резания, что благотворно сказывается на точности обрабатываемых поверхностей и снижении параметров шероховатости.

2. При резании с нагревом режущим инструментом с внутренним водяным охлаждением, стойкость этого инструмента сопоставима со стойкостью инструмента с пластинами из СТМ.

3. Резкое снижение усилия резания при «горячей» обработке металла заготовок позволяет резать с припусками в 2–5 раз, превышающими припуски, выполняемые при холодной обработке заготовок.

4. Снижение силового воздействия на режущий инструмент при резании с нагревом позволяет вести обработку заготовок на повышенных скоростях резания, сопоставимых скоростям резания инструментом с пластинами из СТМ.

5. Резание с нагревом до температур разупрочнения в снимаемом слое не изменяет структуру металла, т.е. не влияет на прочностные свойства детали.

6. Совмещенное резание с нагревом и последующим поверхностно-пластическим деформированием обработанной поверхности улучшает прочностные свойства деталей при циклически повторяющихся нагрузках.

Повышение себестоимости изготовления деталей при резании с нагревом за счет дополнительных расходов на ацетилен и кислород окупается снижением штучного времени обработки, дешевизной режущего инструмента по сравнению с холодным резанием инструментом с дорогостоящими пластинами и повышением качества обработанной поверхности деталей.

Литература

1. Ярославцев В.М. Способ резания с термоциклическим воздействием на материал // Машины, приборы, стенды: Том выпуск 8. – Москва, 1982. – С. 61

2. Котельников В.И., Краснов А.О. Повышение производительности механической обработки за счет применения резания металла с нагревом. В сб. V Международной научно-технической конференции. «Материалы и технологии XX1 века» – Пенза, – 2007. – С.73 – 77

УДК 621.9.048.7:621.375.826

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

А.О. Павленок, И.В. Царенко
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

В зоне лазерной сварки сосредоточены различные физико-химические процессы, описание которых является сложнейшей математической задачей. К тому же изменение параметров процесса лазерной сварки затруднено следствии высокой температуры и нечёткости границ области из-за присутствия вокруг неё паровой подушки из ионов металла и других компонентов сплава. Кроме того, неоднородность химического состава материала, неравномерное распределение примесей в металле приводят к прерывистому, нестабильному движению жидкого металла, пульсации параметров течения газа и жидкого металла. Этим объясняется сложность математического описания процесса лазерной сварки.

Существующие на сегодняшний день модели лазерной сварки далеки от адекватного описания всех теплофизических и гидродинамических процессов протекающих в области сварки. В модели, предложенной в работе [1] не учитывается движение жидкого металла в сварочной ванне. Теплофизическая модель, разработанная в [2,3] не учитывает уравнение динамики вязкой жидкости, но может быть использована для расчёта некоторых параметров сварки, таких как ширина сварочного шва, размер сварочной ванны.

Наиболее точно на сегодняшний день процесс лазерной сварки описывает трёхмерная квазитрёхмерная математическая модель [4]. В этой модели для описания теплопереноса используется уравнение теплопроводности с конвективными членами, а для моделирования течения жидкого металла в сварочной ванне уравнения Навье−Стокса. В модели учитывается наличие парогазового канала в зоне воздействия лазерного луча на пластины, а также трение паров металла, истекающих из канала, об его поверхность.

В результате осреднения уравнений трехмерной модели по одной из пространственных переменных получена квазитрёхмерная модель. Слагаемое в уравнении теплопроводности, описывающее диффузию тепла, аппроксимировано двумя способами: с учетом средней полуширины ванны и с использованием масштаба длины в тепловой волне. В случае, когда из каких-то способов оценки или из экспериментальных данных известна величина полуширины ванны, то для описания процессов в ванне

предпочтительнее использование первого способа аппроксимации, поскольку он точнее. На основе квазитрёхмерной модели и вариантов метода коллокаций и наименьших квадратов решения уравнений Навье‒Стокса и уравнения теплопроводности создан новый алгоритм для численного моделирования процесса лазерной сварки с учетом конвекции в сварочной ванне. Он позволяет оценить влияние конвекции жидкого металла на распределение температуры в пластинах в процессе сварки и форму сварочной ванны.

Литература

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа / 7 изд-е. Изд-во Дрофа, 2003. 840 с

2. Черепанов А.Н**.,** Шапеев В.П., Фомин В.М., Семин Л.Г. Численное моделирование теплофизических процессов при лазерной сварке с образованием парового канала // ПМТФ. 2006. Т. 47, № 5. С. 88 – 96.

3. Шапеев В.П., Черепанов А.Н. Конечно-разностный алгоритм для численного моделирования процессов лазерной сварки металлических пластин // Вычислительные технологии. 2006. Т. 11, № 4.С. 102 – 117.

4. Численное моделирование лазерной сварки тонких металлических пластин с учетом конвекции в сварочной ванне. // Теплофизика и аэромеханика. 2010. – Т17.№3. – С.451 – 466

УДК 621.91.01

К ВОПРОСУ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

М.В. Белицкий, И.В. Царенко
Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

Из всех разновидностей обработки деталей резанием наиболее сложной и трудоемкой является расточка глубоких отверстий. Трудоемкость обработки заключается в недостаточной жесткости системы станок-приспособление-инструмент-деталь, невозможности контроля над процессом резания и низкой производительности. [1] Для расточки отверстий существуют принципиально два различных вида инструмента: с определенностью и неопределенностью базирования.

В первом случае при сложении всех составляющих сил резания, действующих на отдельные режущие лезвия инструмента, результирующее усилие теоретически должно быть равно нулю (развертки, зенкера, сверла и т. д.). На практике за счет различных отклонений, вызванных неточностью изготовления инструмента, неоднородностью материала детали, неравномерным припуском, приходящимся на каждое лезвие, этого не происходит. Возникает результирующая сила Rрез, величина и направление которой являются случайными величинами, что может привести к вибрациям, действующим на инструмент при недостаточной жесткости технологической системы. В инструментах с определенностью базирования результирующая сила находится в пределах угла ψ расположения направляющих шпонок, которые ее воспринимают, поэтому в данном случае обеспечивается лучшее качество обработки, меньше огранка и увод инструмента. Рассмотрим схему с определенностью базирования.

По данной схеме может производиться обработка скоростным фрезорастачиванием (рис.1) или, как указывается в некоторых литературных источниках, вихревым резанием. Обработка производится резцовой головкой 1, содержащей один или несколько режущих элементов 2. Резцовая головка установлена с возможностью вращения в борштанге 3 с частотой вращения большей, чем частота вращения детали, причем вращение детали может быть попутным или встречным. В процессе работы для фиксации резцовой головки 1 от смещения в поперечном направлении и предотвращения поперечных колебаний на стебле закреплены направляющие шпонки 4. Ось вращения резцовой головки смещена относительно оси заготовки на некоторую величину δ, называемую эксцентриситетом, в результате чего съем металла при

растачивании может происходить в зоне резания, расположенной в пределах дуги окружности обрабатываемого отверстия от точки А до точки Б. При изменении частоты вращения резцовой головки сечение срезаемого слоя будет меняться.

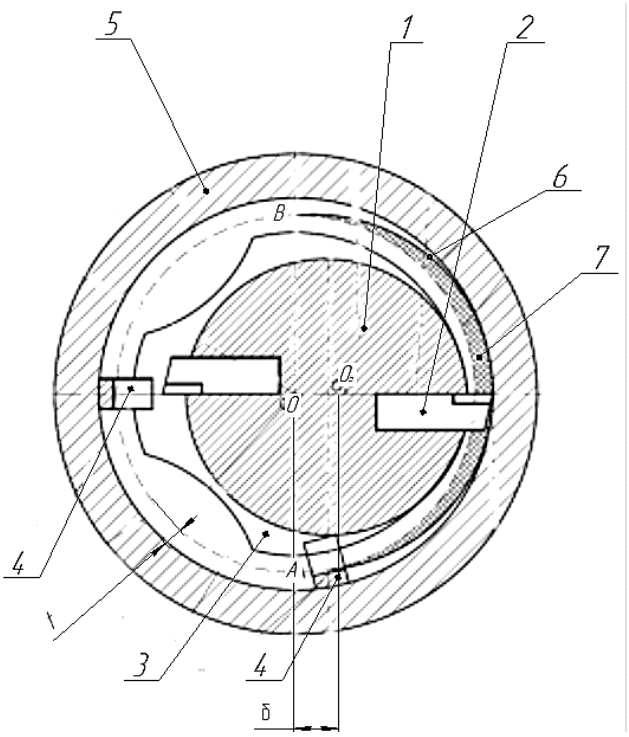


Рис. 1 – Обработка отверстий скоростным фрезорастачиванием

При вращении детали рабочая зона увеличится в окружном направлении, в связи с чем, принимая во внимание поворот детали, данные формулы примут другой вид.

Если в резцовой головке установлено одновременно z резцов, то их траектории будут смещены по дуге окружности обрабатываемого отверстия относительно друг друга на угол η

В [2] рассмотрена возможность получения глубоких отверстий методом вихревого растачивания. Метод вихревого растачивания - это технология обработки отверстий, основанная на использовании вихревых токов, которые возникают при прохождении переменного электрического тока через специально разработанный инструмент. Этот метод позволяет обрабатывать отверстия различных диаметров и глубин, а также обеспечивает высокую точность и повторяемость процесса.

Принцип действия метода вихревого растачивания основан на вращении инструмента с высокой скоростью и одновременном подводе к нему жидкости. При этом создается вихревой поток жидкости, который направляется к кромке режущего инструмента.

При использовании этого метода, в первую очередь, необходимо подготовить специальное оборудование, включая вихревой расточный инструмент и станок для его установки. Определение необходимых

параметров обработки, таких как диаметр и глубина отверстия, скорость вращения инструмента, подача и другие параметры. Инструмент устанавливается в станок и выставляются необходимые параметры, чтобы обеспечить точность и качество обработки. Стартует процесс вихревого растачивания, при котором инструмент вращается и создает вихревые токи в материале, что позволяет эффективно удалять материал из отверстия. После завершения обработки необходимо провести контроль качества, чтобы убедиться, что отверстие соответствует требуемым спецификациям. После успешной обработки отверстия инструмент удаляется, и отверстие готово к дальнейшим операциям. Главным инструментом в вихревом растачивании является вихревая сверлильная головка. Она обычно имеет специальные каналы и форсунки для подачи жидкости и создания вихревого потока. Этот метод часто используется для растачивания отверстий в металлических и неметаллических материалах, таких как сталь, алюминий, пластик и композиты. Он позволяет достичь высокой точности и качества отверстий.

К преимуществам метода вихревого растачивания можем отнести: высокую скорость растачивания; минимальное воздействие на деталь, что снижает риск деформаций; уменьшение износа инструмента благодаря постоянной подаче охлаждающей жидкости; возможность обработки большого диапазона размеров отверстий. К недостатком метода вихревого растачивания можно отнести: необходимость специального оборудования и настройки, а также высокие затраты на жидкость и охлаждение.

В ходе работы было установлено, что в процессе механической обработки происходит периодическое резание, аналогичное фрезерованию; вихревое резание позволяет получать поверхности высокого качества (параметр шероховатости Ra 0,8… Ra 0,4) и высокой точности размеров (6…7 квалитет точности).

Литература

1. Лазарев Д.Е., Насад Т.Г. Повышение качества обработки поверхности и точности размеров при растачивании глубоких отверстий / Вестник СГТУ. 2011. № 3 (58) Выпуск 2, С. 76 – 79

2. Отений Я.Н. Прогрессивные методы обработки глубоких отверстий / Отений Я.Н., Смольников Н.Я., Ольштынский Н.В. – ВолгГТУ, КТИ Волг ГТУ. – Волгоград : РПК "Политехник", 2003. – 134 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРАКТА КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ 3
Д.В. Рехлицкая, Т.В. Кравчук

УПРОЧНЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВЫСОКОХРОМИСТЫХ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО АЗОТИРОВАНИЯ
В.С. Капленко, И.Л. Поболь, Д.В. Жук 11

СОЗДАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТЫХ ПЕНООБРАЗНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ШЛАКОВ
М.Л. Калиниченко 16

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕГО РАДИАТОРА МАСЛЯНОГО
Д.И. Хропаков, В.В. Подрез, В.С. Шиш 21

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ СКЛЕЕННЫХ ПЛАСТИКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
М.Л. Калиниченко 27

РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДА НОЖА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЖАТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УГЛОВОГО ПЛАНЕТАРНОГО РЕДУКТОРА
Н.М. Костров 31

ИЗНОСОУСТАЛОСТНЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ И ИХ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ
С.А. Тюрин, И.Л. Коцур 38

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ СТАЛЬНОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ ЗАКАЛКЕ СКАНИРОВАНИЕМ ИЗЛУЧЕНИЯ НЕПРЕРЫВНОГО ЛАЗЕРА
С.Н. Целуева, М.Ю. Целуев, С.И. Красюк 41

АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ СТУПИЦЫ БОРТОВОГО РЕДУКТОРА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ПРИ ДВИЖЕНИИ НА СКЛОНЕ
П.Е. Родзевич, С.В. Шишков 47

СОПОСТАВЛЕНИЕ АБС-ПЛАСТИКОВ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ НА МАЛОЦИКЛОВУЮ УСТАЛОСТЬ

С.В. Шилько, А.П. Сазанков 53

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ ВЕНТИЛЯТОРА СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

И.А. Баран 58

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРОБЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ

В.В. Пинчук, А.А. Гинзбург, О.К. Гурбан 68

АНАЛИЗ КИНЕМАТИКИ МЕХАНИЗМА СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ РОТОРНОГО ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Д.В. Джасов, О.В. Прядко, Н.В. Иноземцева, М.О. Прядко 74

РАСЧЕТ РЕЖИМА ИСПЫТАНИЙ КОНСТРУКЦИЙ, ДВИЖУЩИХСЯ ПО ГАРМОНИЧЕСКОМУ ЗАКОНУ

Е.А. Белова, А.Я. Машук, Ю.В. Чупрынин 80

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ОТКЛИКА БОКОВИН АДАПТЕРА КОСИЛКИ САМОХОДНОЙ НА ГАРМОНИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА

Н.Л. Прокопенко, А.Н. Кондрашова 86

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАПАСА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ МЕХАНИЗМА ПОДЪЕМА СТРЕЛЫ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

В.Б. Попов, Д.Г. Кудренок 96

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Д.А. Роговенко, И.В. Царенко 100

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОЖДЕНИЯ КОМБАЙНА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО

А.В. Курач, А.Д. Ширай 103

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА МОДЕЛИ НА ПРОЦЕСС ПРОЕКТИРОВАНИЯ. ПЛАГИН ДЛЯ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА МОДЕЛЕЙ В CREO PARAMETRIC 4.0

М.С. Мароха 110

АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ БАЛКИ УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА ЭНЕРГОСРЕДСТВА УЭС-2-250А ПРИ ДВИЖЕНИИ НА СКЛОНЕ
П.Е. Родзевич, Е.С. Городнянский 117

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАБОТЫ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ
А.М. Мухаметдинов 122

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВЫ, ДЕЙСТВУЮЩЕГО НА ДИСК СОШНИКА С ОДНОСТОРОНИМИ РЕБОРДАМИ
В.В. Амеличев, В.Р. Петровец 127

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ В ЗОНЕ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С ГИБРИДНОЙ СХЕМОЙ ОБМОЛОТА С РОТОРНЫМ СОЛОМОТРЯСОМ
Д.В. Воробьев 132

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП КУЛЬТИВАТОРА НА КРУГОВОМ ПОЧВЕННОМ СТЕНДЕ
Д.И. Комлач, В.М. Константинов, В.В. Голдыбан, Г.А. Ткаченко, О.В. Гельман 143

АНАЛИЗ ТУРБОДИСКОВЫХ КУЛЬТИВАТОРОВ
И.Е. Припоров, В.С. Курасов, В. Бацунов 151

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ НАТЯЖЕНИЯ ПРИВОДА ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО БАРАБАНА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КВК-800 ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА СБОРКИ И ОБСЛУЖИВАНИЯ РЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ
Е.П. Панько, Л.М. Сущенко 154

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ МОДЕРНИЗАЦИЙ ВОЗДУШНО-РЕШЕТНОЙ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ ОВС-25
В.С. Курасов, И.Е. Припоров, Д.О. Чумаченко 156

СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ВИБРОШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН
К.А. Грабок, Е.С. Гуцев 162

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ
Д.Ю. Глазков, А.Н. Глобин 167

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОШТУЧНОГО ДОЗАТОРА СЕМЯН ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ
В.И. Хижняк, П.С. Мальцев, А.С. Кочергин, В.А. Таранов, А.С. Шейкин 173

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ НА СТАДИИ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ
А.А. Деринговский 182

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ ПОЛУГУСЕНИЧНОГО ХОДА НА УБОРОЧНОЙ ТЕХНИКЕ
С.И. Кирилюк 184

СОТРУДНИЧЕСТВО КАФЕДРЫ “МОБИЛЬНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ” С НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИМ ЦЕНТРОМ КОМБАЙНОСТРОЕНИЯ ОАО “ГОМСЕЛЬМАШ”
В.Б. Попов 186

ЖАТКА С БЫСТРОРАЗЪЕМНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ПРИВОДА
Д.Ю Барсуков 192

РАЗРАБОТКА БЫСТРОРАЗЪЕМНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПРИВОДА АДАПТЕРОВ САМОХОДНОЙ КОРМОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ
А.А. Дакука 196

ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗАПАТЕНТОВАННЫХ СЕГМЕНТОВ ЗЕРНОВЫХ ЖАТОК И ИХ ИСПЫТАНИЕ
Д.В. Рехлицкая 200

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗНОСА НА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЯХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЁС
Т.Д. Стасенко, Д.Л. Стасенко 211

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЫЧАЖНО-ПРУЖИННОГО МЕХАНИЗМА ПРОДОЛЬНОГО КОПИРОВАНИЯ КАМЕРЫ НАКЛОННОЙ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА
Д.В. Абросимов, А.В. Хаданович 216

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ЛОПАСТИ УСКОРИТЕЛЯ ВЫБРОСА
М.Е. Марченко, Е.С. Гуцев 222

АНАЛИЗ МЕТОДИК ПОВЫШЕНИЯ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МЕТАЛЛА РЕЗАНИЕМ
Е.С. Лукашенко, И.В. Царенко 229

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СБОРКА ВЕРХНЕГО УРОВНЯ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРУПНО УЗЛОВЫХ УСТАНОВОК
А.А. Бобровничий, А.М. Ховпун 232

КОМБАЙН КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫЙ С КОМПЛЕКТОМ АДАПТЕРОВ НАВЕСНЫХ
В.В. Васильков, С.В. Цулыгин, Е.А. Рытин, А.В. Третинников 236

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛАЗЕРОВ ДЛЯ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ТЕРМООБРАБОТКИ
А.В. Журавский, И.М. Саковец 243

МЕТОД МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И ЕГО ОСОБЕННОСТИ
В.Г. Гаврилин, С.В. Рогов 246

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ ЗАКАЛКЕ
И.М. Саковец , И.В. Царенко 248

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН
Е.В. Фенюк 253

СУЩНОСТЬ МЕТОДА МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ
С.В. Рогов 258

РАЗМЕРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСТЕНИЙ МОРКОВИ СОРТА КАРОТЕЛЬ
Р.Ю. Колесник, А.Ю. Несмиян, Т.В. Ермак 260

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В БЕЗОТХОДНОЙ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ
А.П. Кучеров, И.В. Царенко 264

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
К.С. Теплова, И.В. Царенко 267

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗАНИЯ С НАГРЕВОМ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОПРОЧНЫХ И ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ
В.Д. Шереш 270

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ

А.О. Павленок. И.В. Царенко 272

К ВОПРОСУ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ

М.В. Белицкий, И.В. Царенко 274

Научное издание

7-ая международная научно-практическая конференция
«Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра»

В 2 частях
Часть 2

Сборник научных статей

Статьи изданы в авторской редакции

Оригинал-макет: Качанова А.В., Романьков С.А..
Обложка: Шландыкова Н.И.

Ответственный за выпуск: Ковалева И.Н.

Подписано в печать 29.12.2023. Формат издания 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Гарнитура Newton. Отпечатано на ризографе.
Усл. печ. л. 13,1. Тираж 100 экз. Заказ №. 13-23

Государственное научное учреждение
«Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси»
Регистрация № 1/244 от 25.03.14
246050 г. Гомель, Беларусь, Кирова, 32а

