

ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

УДК 67.05

**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ В
РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ
ПРОГРАММ**

С.С. Щербаков

Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь,
г. Минск, Беларусь

Сельское хозяйство является одной из валообразующих отраслей в Республике Беларусь. Эффективность его развития и функционирования в значительной мере определяется оснащенностью сельскохозяйственных предприятий и организаций современным оборудованием, его технико-экономическими показателями. Поэтому одним из приоритетных направлений научно-технической и инновационной деятельности в Республике Беларусь обоснованно является «агропромышленные технологии и производство», в том числе «разработка сельскохозяйственной техники, машин и оборудования».

Разработка и освоение в производстве инноваций по данному направлению осуществляется в рамках следующих государственных научно-технических программ (ГНТП):

- подпрограмма «Автотракторокомбайностроение» ГНТП «Машиностроение и машиностроительные технологии»;
- подпрограмма «Белсельхозмеханизация» ГНТП «Агропромкомплекс – 2020».

Бюджетное финансирование указанных программ в 2016 – 2018 гг. составило свыше 14 млн. руб., стоимость выпущенной продукции по завершенным заданиям за тот же период составила около 584 млн. руб. (таблица 1).

Табл. 1 - Объем бюджетного финансирования и выпущенной продукции научно-технических программ, по которым выполняются разработки в сфере сельскохозяйственного машиностроения.

Год	Выполнялось заданий, единиц	Освоено новшеств, единиц	Бюджетное финансирование, тыс.руб.	Выпущено продукции, тыс.руб.
Подпрограмма «Белсельхозмеханизация» ГНТП «Агропромкомплекс-2020»				
2016	12	4	892,5	1 079,7
2017	9	3	573,5	358,8
2018	9	3	684,8	489,8

Продолжение таблицы 1

Подпрограмма «Автотракторокомбайностроение» ГНТП «Машиностроение и машиностроительные технологии»				
2016	32	13	1 744,8	105 026,8
2017	23	1	6 649,1	242 743,6
2018	21	14	4 124,9	234 293,7

По подпрограмме «Белсельхозмеханизация» ГНТП «Агропромкомплекс-2020» в 2016 – 2018 годах разработаны:

- распределитель минеральных удобрений штанговый к рассеивателю РМУ-11000 производительностью 18 га/ч;
- полуприцепы самосвальные тракторные ПТ-15С и ПТ-20С грузоподъемностью 15 т и 20 т соответственно;
- агрегат для распределения и уплотнения кормов в хранилищах АРУК-5, предназначенный для распределения и уплотнения кормов при закладке на хранение в траншейные хранилища;
- плуг оборотный ПО-(8+4)-40, предназначенный для гладкой пахоты слабо и среднекаменистых почв с удельным сопротивлением до 0,1 МПа, глубиной пахоты 27 см;
- машина сушильная тресты МСТ-2 производительностью 2 т/ч, предназначенная для подсушки слоя льнотресты;
- комбайн полурядный ягодоуборочный КПЯ. Применяется для сбора ягод смородины, аронии, крыжовника, шиповника;
- и другая техника.

По подпрограмме «Автотракторокомбайностроение» ГНТП «Машиностроение и машиностроительные технологии» в текущем пятилетнем периоде завершена разработка:

- высокоэнергонасыщенного трактора мощностью 300-355 л.с. тягового класса 5-6;
- опрыскивателя высококлиренсного самоходного ОВС-4224;
- тракторов мощностью 42 и 60 л.с. для стран Юго-Восточной Азии, Африки и Латинской Америки;
- и других инноваций.

Продолжается выпуск продукции, созданной на основе ранее выполненных разработок. Так, например, ОАО «Гомсельмаш» производит и реализует сельскохозяйственным предприятиям самоходный зерноуборочный комбайн с роторным соломосепаратором пропускной способностью 16 кг/с, разработанный в рамках ГНТП «Машиностроение и машиностроительные технологии». За период освоения изготовлено 69 единиц.

Основой для сохранения и развития потенциала отечественного сельскохозяйственного машиностроения является непрерывное обновление линейки выпускаемой продукции, разработка и освоение в производстве новых образцов техники, соответствующих запросам сельскохозяй-

ственных предприятий-потребителей и не уступающих по технико-экономическим характеристикам зарубежным аналогам. Научно-технические программы являются инструментом, обеспечивающим государственную финансовую поддержку для выполнения соответствующих научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ.

УДК 621.787+621.7.9

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

П.А. Витязь¹, В.И. Жорник², М.А. Белоцерковский²

¹Президиум НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

²Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь

Сельскохозяйственное машиностроение Беларуси относится к числу ведущих отраслей отечественной экономики, характеризующихся высоким экспортным потенциалом. Для обеспечения конкурентоспособности белорусской сельхозтехники на мировых рынках требуется не только постоянное совершенствование ее конструкции и применение современных конструкционных материалов, но и использование прогрессивных технологических процессов металлообработки и упрочняющих технологий. Достижение высокого качества и эксплуатационной надежности машин в сочетании с их конкурентной стоимостью, возможно на основе использования комплексных научно-технологических подходов, к числу которых можно отнести применение современных методов инженерии поверхности. Инженерия поверхности охватывает наряду с комплексом научных дисциплин, включающим физико-химию поверхности твердого тела, физико-химию взаимодействия поверхностей с окружающей средой, проектирование поверхностных слоев и управление их свойствами, также широкий спектр технологических направлений по нанесению покрытий и модифицированию поверхностных слоев методами поверхностной физико-технической, термической, химико-термической и термомеханической обработки с использованием различных видов источников энергии (газовое пламя, электрическая дуга, плазма, лазерное излучение и др.). При этом ставится задача формирования в поверхностных слоях композиционных и градиентных структур, обеспечивающих высокий уровень целого ряда, порой, трудносовместимых функциональных свойств, как например, повышенная твердость материала при его высокой усталостной прочности. Одним из подходов, способных эффективно решать подобного рода задачи, является формирование в поверхностных слоях наноструктурированных состояний.

Современные методы получения наноструктурированных материалов и покрытий включают различные технологические приемы: формирование ультрамелкодисперсной структуры в результате интенсивной пластической деформации, создание дисперсно-упрочненных структур за счет синтеза на размерных упрочняющих фаз в матричном материале, спекание наноразмерных порошковых материалов в условиях интенсивных термо-

механических воздействий, осаждение нанокomпозиционных покрытий в процессе электрохимической обработки или ионно-вакуумного распыления композиционных мишеней и др. Физической основой модифицирования материалов и покрытий вводимыми в их состав наноразмерными компонентами является высокий уровень поверхностной энергии последних, что оказывает активное влияние на процессы когезионного и адгезионного взаимодействия элементов нанокomпозиции. Наночастицы могут выступать в качестве дополнительных центров кристаллизации материала и покрытия, изменять условия протекания тепло- и электрофизических процессов при формировании структурно-фазового состояния, способствуя диспергированию структуры и улучшению физико-механических, триботехнических, антикоррозионных и других характеристик.

Выполняемые в организациях Национальной академии наук Беларуси и в высших учебных заведениях республики научные исследования и технологические разработки в области инженерии поверхности нацелены на создание перспективных материало- и энергоэкономных технических решений, в частности, на разработку адаптивных материалов и покрытий, характеризующихся способностью самостоятельно корректировать свои физико-механические, электрофизические, триботехнические и другие свойства при изменении воздействия окружающей среды. При этом для формирования подобных структур может применяться широкий ряд технологических приемов, включая газотермическое напыление, электрохимическое осаждение, индукционную наплавку, деформационное плакирование, лазерную, микроплазменную и трибомеханическую обработку, а также их комбинации. Разрабатываемые наноструктурированные сверхтвердые инструментальные материалы на основе алмаза и кубического нитрида бора способны обеспечить высокоскоростную высококачественную лезвийную обработку закаленных сталей и чугунов, в том числе прерывистых поверхностей, взамен операции шлифования. Созданные нанокomпозиционные смазочные материалы, включая биоразлагаемые, характеризуются высоким уровнем реологических и трибологических свойств, и их применение может существенно повысить работоспособность техники. Методы механохимического синтеза могут эффективно применяться для получения композиционных порошков-прекурсоров, используемых при получении износостойких и антифрикционных покрытий на металлической, керамической или полимерной основе, формируемых различными методами инженерии поверхности, а также на операциях финишной механической обработки прецизионных поверхностей.

Использование разработанных методов и средств реализации технологий инженерии поверхности должно быть направлено на повышение технического уровня, снижение себестоимости производства и повышение конкурентоспособности выпускаемой отечественной техники, в том числе сельскохозяйственной.

УДК 62-585.234

ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ «САЛЕО»

Е.П. Борисов, Е.Ю. Сериков
ОАО «САЛЕО-Гомель», г. Гомель, Беларусь

Разработка и организация серийного производства гидростатических трансмиссий для сельскохозяйственной, дорожной, строительной и другой мобильной техники является приоритетной задачей для ОАО «САЛЕО-Гомель».

В настоящее время предприятие осуществляет выпуск ГСТ двух основных типоразмеров - 45 и 112 куб. см. (рисунок 1). Они унифицированы по своим основным техническим параметрам и присоединительным размерам с соответствующими ГСТ «Гидросила» (Украина), «Бондиоли» (Италия), «Данфосс» (Дания), «Рексрот» (Германия) и полностью с ними взаимозаменяемы. Аксиально-поршневые гидромашины и ГСТ, выпускаемые ОАО «САЛЕО-Гомель» являются импортозамещающей продукцией.

ГСТ 45 и ГСТ 112 «САЛЕО» имеют несколько модификаций, отличающихся от своей базовой модели различными параметрами.

Так, ГСТ 112 изготавливается в модификации, имеющей рабочий объем 90 куб. см. Выпущена модификация ГСТ 112 с левым вращением вала насоса, разработана модификация с пропорциональным электрическим управлением, в процессе изготовления находится модификация насоса ГСТ 112 со вспомогательным шестеренным насосом.

ГСТ 112 на протяжении трех сельскохозяйственных сезонов проходили полевые испытания в составе зерноуборочных комбайнов КЗС-1218. В процессе этих испытаний в ГСТ произошел ряд отказов для устранения которых в конструкцию и технологию изготовления некоторых деталей и узлов ГСТ были внесены изменения.

В конечном итоге по результатам испытаний ГСТ 112 «САЛЕО» получила заключение НТЦК.

ГСТ 45 имеет в своей линейке модификации, отличающиеся по способу регулирования насоса, - гидравлическое и электрическое пропорциональное. Отдельной модификацией ГСТ 45 является ГСТ со сдвоенными насосами (рисунок 2). Есть модели, оснащенные дополнительными шестеренными насосами, а также клапанами блокировки, отсечки и регулятором мощности. На

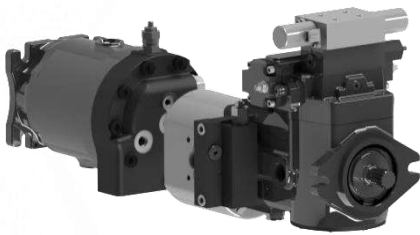


Рис. 1 – ГСТ45



Рис. 2 – Насос тандемный для закрытого контура 45куб. см.

сегодняшний день ГСТ 45-100 с электрическим пропорциональным управлением, установленная в качестве привода валцов питающего аппарата кормоуборочного комбайна КВК-800, проходит ресурсные испытания в полевых условиях.

Кроме ОАО «Гомсельмаш» заказчиком и потребителем ГСТ 112 и ГСТ 45 производства «САЛЕО» является ОАО «АМКОДОР» - УКХ». Так, сдвоенная ГСТ 45 устанавливается в погрузчиках универсальных с бортовым поворотом АМКОДОР 211 (рисунок 3), ГСТ 112 - в катках вибрационных самоходных АМКОДОР 6811.

Есть опыт использования наших ГСТ 45 в приводе хода беспилотной гусеничной машины оборонного назначения Уран 6. ГСТ 90 проходит испытания в качестве привода вращения барабана смесительного в автобетоносмесителе.

Технологии, применяемые предприятием в производстве основного узла АПГ - блока цилиндров, созданы в результате совместной научно-исследовательской работы нашего предприятия с белорусскими НИИ. Технологии основаны на методах порошковой металлургии и позволяют наносить на рабочие поверхности стального блока цилиндров (цилиндрическую, плоскую или сферическую) порошковые антифрикционные композиты. Для практической реализации такой технологии на предприятии создан современный участок порошковой металлургии, оснащенный первоклассным технологическим оборудованием, - порошковым прессом и печью. Химико-термическая обработка стальных деталей для узлов трения гидромашин осуществляется ионно-плазменным методом. Предприятие осуществляет эту операцию в одном из белорусских НИИ, но в ближайшее время для этого на предприятии будет запущена собственная вакуумная печь. В производстве ГСТ мы применяем высококачественные сырье и материалы. С целью получения конкурентного внешнего вида наших трансмиссий для их производства мы используем импортное корпусное литье.

Высокая квалификация инженерно-технического персонала и рабочих, оснащение предприятия самым передовым технологическим оборудованием для механической, химико-термической и прецизионной обработки материалов, применение новейших технологий в области порошковой металлургии позволяют нашему предприятию разрабатывать и изготавливать надежные аксиально-поршневые гидроагрегаты для любого типа мобильных машин - сельскохозяйственного, дорожного, строительного, коммунального.



Рис. 3 – Погрузчик универсальный с бортовым поворотом АМКОДОР 211

УДК 621.7

**ИННОВАЦИОННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ЭЛЕКТРОННО-ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ И
ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА:
ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ**

В.Г. Залесский¹, И.Л. Поболь¹, И.И. Вегера¹, М.Н. Босяков¹,
Б.В. Ковалевский², О.Г. Степук³

¹ Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

² ОАО «Могилёвлифтмаш», г. Могилев, Беларусь

³ ОАО «БЕЛАЗ», г. Жодино, Беларусь

Основываясь на исследованиях физических процессов при формировании потоков энергии (плазмы, электронов, ионов, электромагнитного поля), изучении кинетики процессов фазовых и структурных превращений в металлах и сплавах в условиях высокоэнергетических воздействий и управляемого процесса охлаждения и выявленных закономерностях, обеспечивающих достижение оптимального уровня физико-механических и эксплуатационных свойств материалов, разработаны научные и технологические основы функционирования, моделирования и создания сложных электрофизических устройств.

В ФТИ НАН Беларуси создан научно-инжиниринговый центр по проблемно ориентированному решению совместно с промышленными предприятиями - потребителями технологий, оборудования и услуг ФТИ НАН Беларуси проблем модифицирования свойств поверхности и получения неразъемных соединений (сваркой, пайкой) в деталях ответственного назначения из металлических материалов.

В результате комплекса НИОК(Т)Р, выполненных в ФТИ НАН Беларуси и успешного освоения их результатов рядом предприятий, в том числе ОАО «БЕЛАЗ» и ОАО «Могилёвлифтмаш», полностью заполнены существовавшие технические и технологические ниши в областях промышленных энергосберегающих электронно-лучевых технологий и технологий поверхностного упрочнения методами термической и ионной химико-термической обработки. Выпускаемое ФТИ НАН Беларуси оборудование ионной ХТО и индукционного нагрева полностью автоматизировано, обеспечивается широким спектром технологических программ, обладает функциями промышленного интернета. Всё это сделало его конкурентоспособным на рынке современных технологий и оборудования, полностью избавило предприятия от необходимости закупки в 2-3 раза более дорогого импортного оборудования и последующей технологической зависимости от зарубежных поставщиков.

Применение предприятиями инновационных упрочняющих технологий и оборудования производства ФТИ НАН Беларуси взамен использовавшихся ранее дало возможность освоить новые виды промышленных изделий,

увеличить объемы производства деталей, выработку продукции и производительность труда одного работника, снизить затраты на единицу изготавливаемой продукции, обеспечить серийную устойчивость процесса упрочнения, существенную экономию энергетических и тепловых ресурсов, повысить надежность упрочняющей обработки и качество изделий, увеличить их стойкость (не менее, чем в 1,8-3,8 раз) и наработку упрочненных деталей на отказ, повысить безопасность работы труда, полностью устранить экологическую нагрузку благодаря отсутствию выбросов в атмосферу загрязняющих веществ. Благодаря всем перечисленным факторам существенно повысился экспортный потенциал предприятий и конкурентоспособность предприятий на российском и мировом рынках. По итогам 2017 г. ОАО «БЕЛАЗ» реализовало 984 единиц техники в 28 стран мира на общую сумму 793,8 млн. долл. США (темп роста 185,8% к 2016 г.), в том числе 96% продукции на экспорт. В ОАО «Могилевлифтмаш» в 2017 г. изготовлено 13 857 лифтов, 2018 г. объем производства достиг 14500 лифтов (лучший результат за 30 лет).

ФТИ НАН Беларуси, благодаря подтвержденному высокому качеству оборудования, удалось в конкурентной борьбе с зарубежными изготовителями аналогичной продукции выиграть конкурсы на поставку оборудования упрочняющей обработки на ряд крупных предприятий России. Портфель заказов на 2020 г. включает несколько позиций.

В научно-инжиниринговом центре ФТИ НАН Беларуси имеется доступ для всех предприятий страны к самым передовым услугам по поверхностному упрочнению и получению соединений электронно-лучевой сваркой материалов на основе железа, титана, алюминия, меди в деталях ответственного назначения, которые выполняются силами высококвалифицированных научных и инженерно-технических сотрудников. Подобные услуги ранее оказывались только специализированными высокотехнологичными зарубежными организациями, доступ к которым у большинства предприятий страны отсутствует. Объем выпуска продукции и оказания услуг за период 2013-2017 гг. составил 5 976 тыс. руб., из них технологические услуги – более 400 тыс. руб., за 2018 г. объем выпуска продукции и оказания услуг достиг 1 880 тыс. руб., из них услуги – 654 тыс. руб. Объем экспорта превысил 260 тыс. долларов. Добавленная стоимость на одного работника, занятого на созданных производствах, составила более 40 000 Евро, что соответствует уровню ЕС по данному виду деятельности.

Благодаря проделанной работе Беларусь вошла в узкий круг стран не только активных пользователей современных технологий, но и производителей уникального промышленного оборудования и технологий, востребованных на внутреннем и внешних рынках. Это способствует повышению качества продукции, формированию производств мирового уровня на основе отечественных разработок и росту экспортного потенциала отечественных промышленных предприятий.

УДК 691.175

РАЗРАБОТКИ ИММС НАН БЕЛАРУСИ В ОБЛАСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

А.Я. Григорьев, С.С. Песецкий, Н.К. Мышкин

Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси,
г. Гомель, Беларусь

Несмотря на кризисные явления в мировой экономике производство полимерных материалов (ПМ) развивается ускоренными темпами. Если 10 лет тому назад мировой годовой объем производства ПМ составлял ≈ 250 млн.т, то настоящее время он превысил 300 млн.т. Современные технологии позволяют на основе одного базового (матричного) полимера создавать многие десятки и даже сотни марок полимерных композиционных материалов (ПКМ) различного функционального назначения, имеющих широкий спектр потребительских свойств. Модификация известных полимеров и их комбинирование с различными веществами и между собой является важнейшим и основным путем создания новых ПКМ для нужд современного народного хозяйства. Данный факт является причиной бурного развития на современном этапе технологии ПКМ.

Сегодня без ПКМ невозможно дальнейшее развитие автомобилестроения, авиастроения, судостроения, приборостроения, космической техники, электроники, оргтехники, средств связи, транспорта, строительства, медицины, упаковки, сельского хозяйства, производства товаров культурно-бытового назначения. Объем полимерной продукции многих стран мира составляет десятки процентов от общемирового производства. Как ожидается, за период 2012-2030 годов спрос увеличится на полиэтилен — в 3 раза, на полипропилен — в 3,5 раза, на поливинилхлорид — в 2,1 раза, на полистирол — в 2,9 раза, на полиэтилентерефталат — в 1,8 раза.

В Республике Беларусь производство и переработка полимерных материалов является крупной отраслью промышленности. Развитие производства и потребления полимерной продукции в ближайшей и среднесрочной перспективе в нашей стране будет определяться не синтезом новых макромолекул, а созданием разнообразных композитов на основе традиционных или химически модифицированных полимеров. С этой точки зрения возрастает роль внедрения функциональных композитов, свойства которых оптимизированы под конкретное применение. Использование функциональных ПКМ, обеспечивающих при минимальной стоимости наибольшее соответствие предъявляемым эксплуатационным требованиям, позволяет обеспечить рыночную конкурентоспособность конечной продукции.

Основным путем создания функциональных ПКМ на основе базовых полимеров является их комбинирование с различными веществами и

между собой. Современные технологии позволяют на одном технологическом оборудовании осуществить выпуск практически неограниченный ассортимент ПКМ. ПКМ постоянно находятся в режиме обновления и совершенствования, как и технологии их получения и переработки в конечную продукцию, а это возможно только на основании глубоких научных исследований и разработок.

В докладе предоставлена информация о важнейших типах современных ПКМ, разработанных в Институте механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси и их использования в различных отраслях промышленности и транспорта.

УДК 664

ПИЩЕВОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Д.А. Зайченко

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук
Беларуси по продовольствию», г. Минск, Беларусь

В Национальной стратегии социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г., одобренной протоколом заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 2 мая 2017г. №10, отмечено, что одним из определяющих направлений структурной трансформации экономики является «ускоренное развитие производств, базирующихся на переработке местных сырьевых ресурсов, производство продукции по полному технологическому циклу», в том числе и развитие производства пищевых продуктов. В свою очередь развитие пищевых производств и реализация усовершенствованных технологий, предусматривающих, в том числе, глубокую переработку образующихся отходов производства не возможна без развития материально-технической базы промышленных предприятий.

В настоящее время, не смотря на то, что отечественные предприятия пищевой промышленности осуществляют активную модернизацию производств, в целом средний износ основных производственных фондов составляет порядка 50%. При этом следует отметить, что доля импортного оборудования, эксплуатируемого на пищевых производствах, составляет порядка 80-90%. Основными поставщиками технологического оборудования на белорусский рынок являются импортные производители, прежде всего из России, Китая и затем уже из стран западной Европы.

Использование в производственном процессе оборудования иностранных компаний имеет ряд существенных недостатков, а именно: удаленность производств и склада запасных частей, долгие сроки поставки оборудования, зачастую необоснованно завышенные цены на обслуживание и отсутствие оперативной реакции сервисных служб на рекламации предприятий-потребителей.

В сложившихся условиях наиболее актуальным является вопрос обеспечения выпуска отечественного оборудования для модернизации пищевых предприятий республики.

Традиционно на территории Беларуси производится оборудование для линий подготовки овощей к дальнейшей переработке: это, прежде всего, машины для камнеотделения, моечные машины, машины очистительные, резательные машины для овощей и аналогичное оборудование.

В республике имеется ряд предприятий, осуществляющих изготовление для предприятий пищевой промышленности емкостного оборудования из нержавеющей стали и единичных образцов нестандартного оборудования (конвейерные, транспортные системы, площадки обслуживания и т.п.).

Небольшое число отечественных предприятий производит оборудование для розлива воды и напитков, фасовки сыпучей продукции.

Тенденция доминирования импортного оборудования на отечественном рынке обусловлена тем, что выпускаемое нашими предприятиями оборудование часто не соответствует современным требованиям к уровню автоматизации реализуемых технологических процессов. Кроме этого, следует отметить, что часто модернизация отечественных предприятий осуществляется за счет внедрения технологий, которые уже прошли промышленную апробацию на аналогичных производствах за рубежом.

Перспективным направлением развития пищевой промышленности и, соответственно, пищевого машиностроения является разработка новых технологий, внедрение новых технологических приемов для производства новых видов пищевой продукции, что, в свою очередь, потребует создания нового инновационного оборудования. Актуальной задачей является и внедрение автоматизированных систем управления технологическими процессами производства на пищевых предприятиях.

РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» осуществляет научное сопровождение пищевой промышленности Республики Беларусь. Специалистами Центра разрабатываются не только новые технологии по производству новых видов пищевой продукции с учетом производственных возможностей отечественных предприятий, но и новые технологии, для реализации которых необходимо создание новых видов технологического оборудования с современным уровнем автоматизации производственных процессов.

Результаты работ показывают, что в Беларуси есть необходимый потенциал, кадровые и производственные ресурсы для решения таких задач. Решение обозначенных задач нашло свое отражение в успешно реализованных проектах РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» при выполнении международных и республиканских научно-технических программ, а также в разработках, выполняемых в настоящее время.

УДК 631.171:631.3(476)

ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

С.Г. Яковчик, Н.Г. Бакач, В.И. Володкевич, А.В. Шах
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Беларусь

Создание инновационной сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь является приоритетным направлением, обеспечивающим АПК страны средствами производства на основе высокоточных автоматизированных технологий и высокопроизводительных средств механизации с широким применением робототехнических устройств, приборов и микропроцессорных систем для управления работой машин и агрегатов, а также с переходом от механических на гидрофицированные и электрофицированные приводы и электрогидравлические средства управления ими.

Основу применяемого парка машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства сельскохозяйственной продукции составляют мобильные энергетические средства (МЭС). В сельскохозяйственных организациях республики их задействовано около 56 тыс. ед. Основу МЭС составляют тракторы сельскохозяйственного назначения, которых по состоянию на 01.08.2019 г. насчитывается около 39,6 тыс. ед. (70,7 %), а также 8,9 тыс. ед. (около 16 %) зерноуборочных комбайнов, 3,9 тыс. (6,9 %) кормоуборочных комбайнов и ряд другой мобильной сельскохозяйственной техники – 6,4 % (3,6 тыс. ед.).

В структуре парка тракторов энергонасыщенные тракторы класса 5-6 мощностью 250 и более л.с. составляют 18,2 % (около 7,2 тыс. ед.), класса 3-4 мощностью от 150 до 180 л.с. – 3,3 % (1,3 тыс. ед.), класса 2 мощностью 120-130 л.с. – 21,9 % (около 8,7 тыс. ед.) и класса 0,6-1,4 мощностью от 30 до 100 л.с. – 56,6 % (22,4 тыс. ед.). Тракторы отечественного производства, в основном, ОАО «Минский тракторный завод», составляют около 94,8 % (37,4 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (АО «Санкт-Петербургский тракторный завод», Россия) – 2,7 % (1,1 тыс. ед.) и дальнего зарубежья – («Джон Дир», «Фендт» и «Нью Холанд») только 2,5 % (около 1,0 тыс. ед.). Статистика свидетельствует, что за последние пять лет (2014-2018 гг.) поступления в село тракторов по сравнению с их выбытием уменьшилось на 767 ед. (38,7 %), однако закупка энергонасыщенных тракторов увеличилась на 223 ед. (56,7 %). Вместе с тем, около 74 % тракторов (29,3 тыс. ед.) эксплуатируются в хозяйствах республики свыше нормативного срока (8-10 и более лет), в том числе класса 5-6 – 75 % (5,4 тыс. ед.), а обеспеченность тракторами этого класса составляет только 65,6 % от технологической потребности в них (10,9 тыс. ед.).

Для уборки сельскохозяйственных культур на зерновые цели на площади около 2,6 млн. га в республике может быть задействовано около 8,9 тыс. ед. зерноуборочных комбайнов. Комбайны с пропускной способностью 12 и более кг/с составляют 70,5 % (6,3 тыс. ед.) и до 12 кг/с – 29,5 % (2,6 тыс. ед.). Среди задействованных в хозяйствах комбайнов комбайны отечественного производства (ОАО «Гомсельмаш» и ОАО «Лидсельмаш») составляют около 85,6 % (7,6 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (Российская Федерация) – 2,4 % (0,2 тыс. ед.) и дальнего зарубежья – 12 % (1,1 тыс. ед.). За аналогичный период (2014-2018 гг.) выбытие комбайнов по сравнению с их поступлением составило 209 ед. (12,6 %), а с пропускной способностью 10 и более кг/с – поступление сократилось на 64 ед. (19,8 %). Около 74 % парка зерноуборочных комбайнов (6,9 тыс. ед.) эксплуатируется свыше нормативного срока. Кроме того, обеспеченность хозяйств республики высокопроизводительными зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью 12 и более кг/с составляет только 34,8 % от технологической потребности в них (2,1 тыс. ед.).

Для ежегодной заготовки измельченных травянистых кормов (сенажа и силоса) в объеме не менее 31,2 млн. тонн в хозяйствах республики может быть задействовано около 3,9 тыс. ед. кормоуборочных комбайнов. В структуре их парка комбайны с мощностью двигателя до 350 л.с. составляют около 45,7 % (1,8 тыс. ед.), свыше 350 л.с. – 54,3 (2,1 тыс. ед.). В парке используемых в хозяйствах кормоуборочных комбайнов комбайны отечественного производства (ОАО «Гомсельмаш») занимают около 79,6 % (3,1 тыс. ед.) и зарубежного производства («Ягуар», «Джон Дир», «Кроне», «Нью Холанд» и другие) – 20,4 % (0,8 тыс. ед.). За аналогичный период (2014-2018 гг.) поступление кормоуборочных комбайнов сократилось на 56 ед. (в 2,2 раза), а выбытие увеличилось на 112 ед. (в 1,8 раза). В тоже время, поступление комбайнов с мощностью двигателя 350 и более л.с. за истекший период увеличилось в 3,3 раза (145 ед.). Около 63 % комбайнов (2,4 тыс. ед.) эксплуатируются свыше нормативного срока. Кроме того, обеспеченность хозяйств высокопроизводительными кормоуборочными комбайнами (мощностью более 350 л.с.) составляет только 53,3 % от технологической потребности в них (2,2 тыс. ед.).

УДК629.114.026

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВУХПОТОЧНОЙ ТРАНСМИССИИ

Ч.И. Жданович, М.И. Мамонов
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

Сдерживающим фактором применения объёмных гидropередач на тракторах является относительно низкий коэффициент полезного действия гидромашин по сравнению с механическими трансмиссиями. В двухпоточной трансмиссии основной поток энергии передает механическая часть трансмиссии - чаще всего это планетарная передача, а бесступенчатое изменение передаточного числа обеспечивается гидрообъёмной передачей. В гидрообъёмной передаче диапазон силового регулирования обеспечивается изменением давления рабочей жидкости и рабочего объёма гидромашин. При использовании в гидropередаче нерегулируемого гидромотора диапазон силового регулирования уменьшается, однако повышается КПД гидropередачи. Анализ характеристик гидромашин показывает, что наибольшее значение коэффициента полезного действия гидромашин имеет место при номинальных параметрах функционирования, то есть номинальной частоте вращения, номинальном давлении рабочей жидкости и максимальном рабочем объёме гидромашин.

В двухпоточной трансмиссии диапазон силового регулирования ограничивается силовым диапазоном гидropередачи, а скоростной диапазон изменением подачи насоса. При использовании в двухпоточной трансмиссии реверсивного по потоку насоса скоростной диапазон трансмиссии может быть расширен в два раза путем уменьшения параметра регулирования насоса. В этом случае двухпоточная трансмиссия на базе планетарного суммирующего ряда и объёмной гидropередачи работает на двух режимах: с циркуляцией и с делением мощности.

На режиме циркуляции мощности (рисунок 1), когда регулируемый элемент вращается противоположно ведущему валу, мощность, подведенная к ведущему элементу планетарного ряда, передается на ведомый вал, а часть мощности с ведомого вала по гидравлической ветви возвращается на вход ведущего элемента. Внутри силового контура происходит циркуляция мощности. Циркуляция мощности приводит к нагрузке механической ветви передачи и потери мощности в гидropередаче. Указанный режим имеет место на малых частотах вращения выходного вала и его целесообразно использовать на переходных режимах. С увеличением частоты вращения выходного вала величина циркулирующей мощности уменьшается и при

частоте вращения регулирующего элемента равной нулю, вся мощность передается по механической ветви.

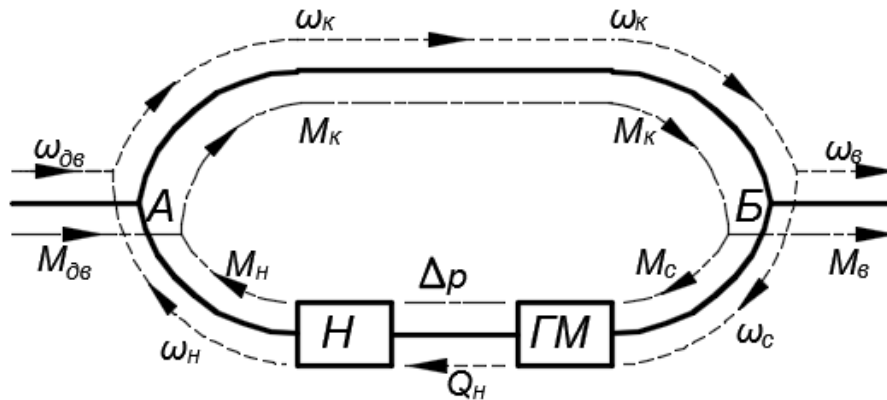


Рис. 1 - Схема передачи энергии от двигателя к движителю двумя потоками на режиме циркуляции мощности

При увеличении частоты вращения регулируемого элемента, по направлению вращения ведомого элемента, мощность разделяется на два потока (рисунок 2). Один поток идет по механической ветви, а второй по гидравлической и чем выше частота вращения регулируемого элемента, тем больше мощности проходит по гидравлической ветви.

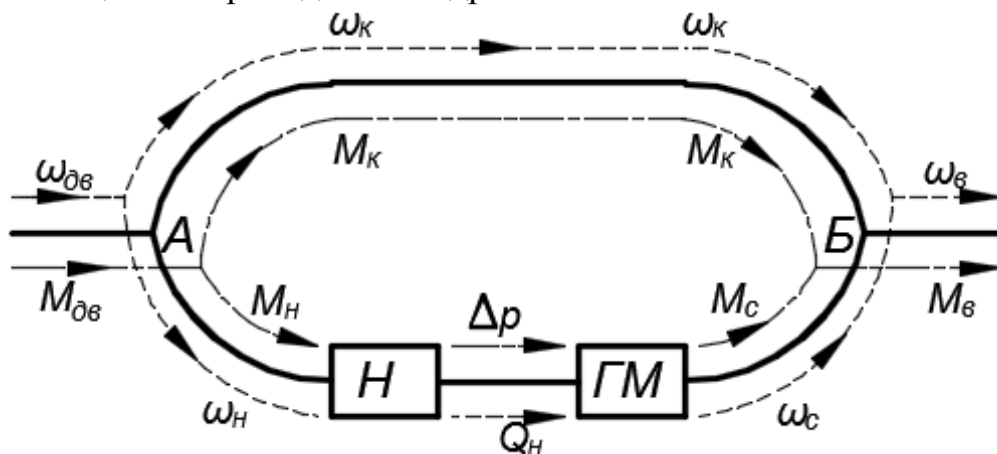


Рис 2 - Схема передачи энергии от двигателя к движителю двумя потоками на режиме деления потока мощности

При изменении частоты вращения регулируемого элемента от $n_{\text{рег}} = 0$ до $n_{\text{рег}} = \max$ частота вращения выходного элемента изменяется от $n_{\text{в min}}$ до $n_{\text{в max}}$. Диапазон изменения частоты вращения выходного элемента характеризует диапазон изменения скорости движения машины. Проверенные исследования показывают, что диапазон изменения частоты вращения выходного вала, и соответственно скорости движения, на режиме деления потока мощности, должен составлять не более $D = 2 \dots 3$. С увеличением диапазона регулирования увеличивается мощность, проходящая по гидравлической ветви.

УДК 621.793.7

ГАЗОПЛАМЕННОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ОТ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН АПК

М.А. Андреев, Е.Д. Манойло, Ф.Е. Онащенко
Обособленное хозрасчетное структурное подразделение «Институт сварки
и защитных покрытий» Государственного научного учреждения
«Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа»,
г. Минск, Беларусь

С 2008 г. на ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» используется технология упрочнения режущих кромок ножей комбайна КПК-3000 методом газопламенного напыления покрытия из самофлюсующихся никелевых сплавов с содержанием более 40 % WC с последующим оплавлением токами высокой частоты. На заводе создан специальный участок упрочнения режущих кромок ножей комбайна, который включает: установку струйно-абразивной обработки ТЕНА-УСАО-1300, аппарат-распылитель порошков самофлюсующихся сплавов ТЕНА-ППИМ с пультом управления газами ТЕНА-ПУГ, стол для расположения деталей при напылении и станок индукционной наплавки. Время струйно-абразивной обработки, нанесения покрытия и оплавления (толщина слоя 0,2-0,3 мм) одной детали составляет ~ 20 с.

При газопламенном нанесении покрытий из самофлюсующихся никелевых сплавов существуют, как правило, три основные операции: подогрев поверхности детали; нанесение покрытия; оплавление полученного слоя. Все они выполняются, как правило, независимо друг от друга и с достаточно большим интервалом во времени.

Анализ чертежей деталей, упрочняемых на предприятии напылением самофлюсующихся сплавов, показал, что они имеют различные габаритные размеры и форму, а также - различные размеры наносимого слоя покрытия. Для упрочнения некоторых деталей существующая технология недостаточно эффективна. Для повышения эффективности процесса, а также качества формируемых покрытий целесообразно использовать созданные нами новые технологии.

Одна из них – непрерывное газопламенное нанесение покрытий (НГНП) из самофлюсующихся сплавов, в соответствии с которой обеспечивается непрерывный нагрев и нанесение покрытий одним аппаратом повышенной мощности, что позволяет сформировать покрытия толщиной до 10-15 мм на деталях различной размеров и массы, например, для таких, как противорежущий брус.

Другая технология – газопламенное напыление покрытий из шнуров «Сфекорд», позволяет наносить оксидно-керамические покрытия толщиной более 1 мм в аморфном состоянии. Такая технология используется для защиты от износа втулки и шпинделя соледобывающего оборудования, производимого ОАО «ЛМЗ Универсал». Нанесение покрытий производится материалом Корунд Черный ($Al_2O_3 + 13\% TiO_2$) (рисунок 1).

Такие покрытия обладают повышенной прочностью и высокой износостойкостью, особенно в условиях совместного воздействия износа, коррозии и эрозии, и могут использоваться для ряда деталей машин, работающих в таких условиях, например лопаток разбрасывателей удобрений.



а)



б)

Рис.1 - Процесс напыления втулки (а) и шпиндель с напыленным покрытием (б).

Данная технология может быть доработана для нанесения защитных покрытий на детали машин АПК, например, лопатки разбрасывателей различных продуктов.

Еще одна технология - газопламенное нанесение аморфного покрытия порошковым сплавом БХМ, обеспечивает восстановление функциональных свойств рабочей поверхности деталей машин. Технология была впервые применена для ремонта изношенной поверхности барабана флексографической печати (диаметр 1250 - 1600 мм, ширина 250 - 350 мм). Нанесение покрытия и его чистовая обработка производились без демонтажа барабана, на месте. Эксплуатационные испытания показали, что при трехсменном режиме, в течение более двух лет, обеспечивается нормальная работа барабана (без следов износа), при высоком качестве печати. Данные покрытия могут быть адаптированы для защиты деталей АПК, работающих в подобных условиях.

Нами разработано ряд технологий газопламенного напыления полимерных покрытий, одна из которых обеспечила возможность восстановления изношенного покрытия «RILSAN» на валах длиной 2600 мм, диаметром 170 – 320 мм фильтр-пресса КПУП «Брестский мусороперерабатывающий завод». Восстановленные валы успешно эксплуатируются в условиях предприятия (24 часа в сутки с кратковременными остановками на мелкий ремонт и обслуживание) в течение более 3-х лет. Такая технология может быть использована для защиты деталей машин и оборудования АПК, работающих в сложных условиях воздействия окружающей среды.

УДК 339.138

КРИТЕРИИ ВЫХОДА ПРОДУКЦИИ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» НА ЗАРУБЕЖНЫЕ РЫНКИ

С.В. Михолап, Д.Е. Муляр
ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ», г. Гомель, Беларусь

В настоящее время сельскохозяйственное машиностроение является высокоинтегрированной отраслью мирового рынка, характеризующейся высокой степенью глобализации. На современном этапе развития мировой экономики большинство крупных производителей сельхозтехники являются транснациональными корпорациями, которые имеют общие производственные или сборочные предприятия во всем мире.

Отечественные предприятия, получившие относительно свободный доступ на международные рынки, столкнулись с различными экономическими барьерами, существующими при жесткой конкуренции на внешнем рынке. Организации Холдинга «Гомсельмаш», являющиеся основными производителями зерноуборочных и кормоуборочных машин, поставляют свою продукцию потребителям, как на внутреннем рынке, так и на рынках стран ближнего и дальнего зарубежья.

Для эффективного продвижения производимой техники на внешние рынки необходимо определять как общие критерии выхода, так и для каждого конкретного рынка, которые позволят в дальнейшем использовать возможности стратегий международного маркетинга: глобальную стратегию стандартизации и мультинациональную стратегию адаптации.

Общие критерии выхода продукции Холдинга «Гомсельмаш» на зарубежные рынки можно определить для кодов ТН ВЭД 843351 – комбайны зерноуборочные, ТН ВЭД 843352 – машины и механизмы для обмолота прочие и ТН ВЭД 843359 – прочие машины для уборки урожая:

1) политические, экономические и природные условия в стране, наличие климатических условий для производства зерна и кормов; 2) объемы посевных площадей, урожайность зерновых и бобовых культур; 3) народонаселение страны и темп его роста; 4) наличие техники конкурентов на рынке и объемы их продаж; 5) потребность рынка в с/х технике (емкость рынка); 6) наличие сборочных производств с/х техники и объемы их производства; 7) количество закупленной техники конкурентов и их характеристика; 8) условия вхождения на рынок страны – таможенные пошлины, НДС, необходимость сертификации техники; 9) наличие или отсутствие программ поддержки местных производителей с/х техники; 10) технические характеристики с/х техники, работающей на рынке, ее производительность и стоимость; 11) уровень локализации сборочного производства при условии целесообразности его создания; 12) вхождение страны в

какие-либо союзы или объединения и условия их функционирования; 13) наличие товаропроводящей сети предприятий Минпрома и других организаций Беларуси; 14) наличие различных местных объединений производителей с/х продукции и техники; 15) органы местного госуправления, курирующие производство с/х продукции и импорт с/х техники; 16) колебания цен на с/х продукцию (зерно, бобовые); 17) наличие в стране мелких, средних, крупных фермерских хозяйств и агрохолдингов и обеспеченность их с/х техникой; 18) доля возрастной техники, которая требует замены на новые машины.

В тоже время, для отдельных рынков, необходимо определять конкретные критерии выхода. В качестве примера можно привести критерии выхода на рынок Узбекистана по коду ТН ВЭД 843351 – комбайны зерноуборочные (таблица 1).

Табл. 1 - Критерии выхода на рынок Узбекистана по коду ТН ВЭД 843351 – комбайны зерноуборочные

Целевой параметр	2017 год	2018 год
1. Доля сельского хозяйства в ВВП страны, %	34,0	32,4
2. Доля населения страны, занятая в с/х, %	21,91	
3. Парк зерноуборочных комбайнов, шт.	2 919	
4. Нормативная нагрузка на 1 зерноуборочный комбайн, га	160	
5. Фактическая нагрузка на 1 зерноуборочный комбайн, га	517	464
6. Емкость рынка (продажи), шт. – всего	40	390
в т.ч.: собственного производства (СП), шт.	40	390
импорт, шт.	0	0
7. Ежегодная потребность (расчетная на 10 лет), шт.	около 960	
8. Дополнительные требования к технике (экологические требования, обязательная сертификация, лицензирование)	отсутствуют	
9. Импортная таможенная пошлина, %	0	0
10. Наличие программ или мер поддержки местных производителей с/х техники	1) Техника, производимая в стране, освобождается от уплаты НДС (20%). 2) Постановление Президента Республики Узбекистан 10.05.2018 г. № ПП-3712 «О мерах по дальнейшему совершенствованию механизмов своевременного оснащения сельского хозяйства сельскохозяйственной техникой».	
11. Степень влияния удаленности региона на поставки техники	средняя	

СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

СЕКЦИЯ №1

УДК 631.363

ВНЕСЕНИЕ ЖИДКИХ КОНСЕРВАНТОВ НА САМОХОДНЫХ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНАХ

П.В. Авраменко¹, А.Г. Вабищевич¹, В.Б. Попов²

¹Белорусский государственный аграрный технический
университет, г. Минск, Беларусь;

²УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

Современные технологии заготовки консервированных сочных кормов из трав и силосных культур предписывают, при уборке в неблагоприятных погодных условиях, применение химических или биологических консервантов.

Установлено, что эффективность применения консервантов зависит от качества их внесения, которое должно соответствовать агротребованиям: отклонение от заданной дозы внесения и неравномерность распределения препарата не должны превышать 20 %. Несоблюдение данных показателей резко снижает эффективность применения консервантов.

В настоящее время широкое распространение получил наиболее технологичный и энергоэффективный метод внесения жидких консервантов на самоходных кормоуборочных комбайнах.

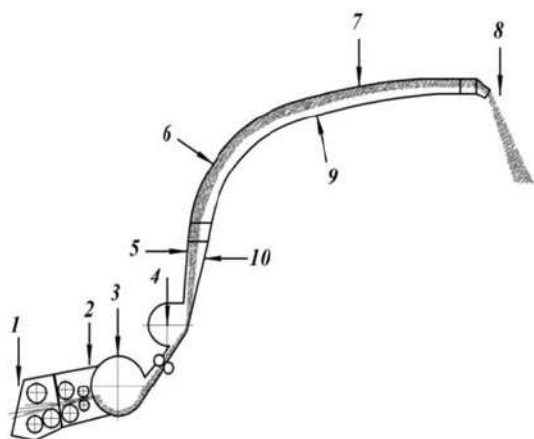
К его преимуществам можно отнести более равномерное распределение консерванта в измельченном корме по сравнению с другими способами внесения из-за низкой плотности и толщины обрабатываемого материала.

Однако такому техническому решению присущи и некоторые недостатки: существенные потери на выдувание консерванта; при использовании химических консервантов нарушаются экологические и санитарные нормы.

Основной особенностью внесения консервантов на кормоуборочном комбайне является впрыск консервантов в воздушно-кормовой поток измельченной растительной массы, т.е. сам растительный материал в процессе обработки находится в движении под действием перемешивающих рабочих органов, воздушного потока и других факторов.

В технологической схеме кормоуборочного комбайна могут использоваться следующие способы внесения консервантов:

– внешнее распыливание, когда между распылителем и поверхностью корма имеется значительный воздушный промежуток, в частности перед измельчающим барабаном, в силосопроводе, за дефлектором силосопровода и др. (п. 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, рисунок 1);



1, 2, 3, 4, 8, 9, 10 – внешнее распыливание;
5, 6, 7 – внутриобъемное внесение

Рис. 1 – Варианты мест внесения жидкого консерванта на кормоуборочном комбайне

– внутриобъемное внесение в кормовой поток, когда распылитель находится внутри материала или близко к его поверхности (в местах контакта воздушно-кормового потока с верхней частью силосопровода (п. 5, 6, 7, рисунок 1).

При этом внешнее распыливание допустимо только для внесения биологических консервантов, тогда как химические допустимо вносить только внутриобъемным способом и только в выгрузной части технологического тракта для того, чтобы избежать контакта коррозионно-активных веществ с рабочими органами комбайна, а также выдержать санитарные нормы по концентрации в рабочей области механизатора веществ, входящих в состав консервантов.

Исследования зарубежных ученых показали наиболее эффективные точки внесения консервантов только для кормоуборочных комбайнов первого класса, т.е. с производительностью до 25 кг/с. Пропускная способность современных кормоуборочных комбайнов класса 2 и 3 достигает 55 кг/с и более. Это указывает на высокие показатели скорости и плотности воздушно-кормового потока, при этом особенно актуальными вопросами остаются потери и неравномерность внесения консервантов. Кроме того, остается важной задача разработки системы обеспечения стабильности дозы внесения путем интегрирования дозирующего оборудования в информационную систему автоматического контроля кормоуборочного комбайна, позволяющую регулировать подачу консерванта в зависимости от количества поступающей массы в технологический тракт.

Литература

1. Авраменко П.В. Обеспечение качественных показателей при внесении жидких консервантов на высокопроизводительных кормоуборочных комбайнах / П.В. Авраменко, С.В. Крылов, Ю.Л. Салапура, Т.В. Бойко// Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб./ РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»; редкол.: П.П. Казакевич [и др.]. – Минск: «Издательский дом «Беларуская навука», 2018. – Вып. 51, с. 200–203

УДК 621.785.5

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ 16MnCrS5 ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Ф.И. Пантелеенко¹, И.Н. Степанкин², Е.П. Поздняков²,
Е.А. Парецкая², А.А. Серафимович³, А.В. Радионов⁴

¹Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь

²УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

³ОАО «Гомсельмаш» – управляющая компания холдинга», г. Гомель, Беларусь

⁴ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга БМК», г. Жлобин, Беларусь

Диверсификация отечественного металлургического производства, обусловленная конъюнктурной политикой ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга БМК», диктует необходимость согласованного с зарубежными потребителями использования сталей, выплавляемых в соответствии с европейскими нормативными документами. Данный тренд регламентируется с целевыми указаниями Министерства промышленности Республики Беларусь и является одним из важнейших аспектов совершенствования бизнес – моделей как металлургических, так и машиностроительных предприятий нашей страны [1]. Сталь 16MnCrS5, производимая в соответствии с EN10084 является заменителем широко известной стали 18ХГТ ГОСТ 4543-71. Устойчивый спрос западных партнеров на указанный сплав обеспечивает расширение номенклатуры отечественных деталей, традиционно подвергаемых термохимической обработке с помощью цементации. В связи, с этим важной научно-технической задачей является всестороннее изучение процессов структурообразования указанной стали при термохимической обработке с целью достижения высоких эксплуатационных характеристик деталей машин.

Объектом исследований являлись науглероженные слои стали 16MnCrS5. Технологическая ниша её применения – детали упрочняемые цементацией, что требует учета склонности данного материала к росту зерна в процессе нагрева. Микролегирование ванадием, ниобием и титаном позволяет снизить склонность к росту зерна у данного сплава [2]. Наиболее экономичным, можно считать следующий режим обработки: науглероживание – закалка токами высокой частоты (ТВЧ) – отпуск. Одним из основных недостатков закалки ТВЧ - является высокая вероятность неконтролируемого повышения температуры аустенитизации, что неблагоприятно сказывается на росте зерна металла. Практическое подтверждение неблагоприятного прогноза результатов интенсивного нагрева ТВЧ было получено при исследовании причин отслоения поверхностного слоя на детали

«Цапфа» №КЗК-12-0290640. В соответствии с базовой технологией, после науглероживания проводилась закалка ТВЧ и низкотемпературный отпуск. После этого сопрягаемую поверхность детали (защищенную от науглероживания) соединяли дуговой сваркой с остальными элементами сборочного узла. Окончательной операцией являлась механическая обработка (шлифование) наружной цилиндрической поверхности в зоне упрочненного слоя. Анализ структуры поверхностного слоя показал, что в результате закалки ТВЧ в упрочненном слое происходил аномальный рост зерна из-за перегрева наружных слоев детали и отслоение упрочненного слоя.

Очевидным техническим решением, для улучшения структуры упрочненного слоя является проведение объемной закалки, которая позволяет достаточно точно проконтролировать температуру аустенитизации металла перед его охлаждением [3]. После корректировки, термообработку цементованных образцов проводили по двум различным режимам. В первом случае закаливали детали с подсуживанием, снизив температуру в печи цементации до 840°C и выдержав до начала закалки 30 минут. В качестве опытного образца использовали штатную деталь «Цапфа» №КЗК-12-0290640, диаметр которой составлял около 30 мм. Во втором случае сразу после цементации детали извлекали из печи и охлаждали на воздухе. После этого проводили повторный нагрев под закалку до 840°C с выдержкой 30 минут и закаливали. В качестве завершающего перехода следовал отпуск 200°C 1 час.

После закалки с подсуживанием поверхностный слой металла приобрел структуру среднеигольчатого мартенсита с равномерно распределенными кристаллами остаточного аустенита. Признаков перегрева не обнаружено. Последующее шлифование упрочненных деталей, не сопровождалось возникновением подповерхностных трещин, все детали из партии соответствовали требованиям контроля качества. В тоже время, на поверхности образцов второй партии, зафиксировано снижение микротвердости до уровня, соизмеримого с образцами, изначально закаливаемыми ТВЧ. Структура наружного слоя отличается пониженной химической активностью, что свидетельствует об обезуглероживании слоя при нагреве в воздушной среде под закалку.

Литература

1. Перетягина Е.А. ОАО «БМЗ» - управляющая компания холдинга БМК»: визитная карточка Республики Беларусь. Знак качества. 2018; (1): 6–9.
2. Ковалева И.А., Овчинникова И.А., Стефанович С.В. Разработка мероприятий по оптимизации химического состава в цементуемой марке стали 16MnCr5S для устранения причин возникновения роста крупных аустенитных зерен// Литье и металлургия, 2019(1): с.49-56.
3. Гуляев, А.П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп./А.П. Гуляев, М.: Металлургия, 1986, с. 544 .

УДК 631.35-192

НОРМАТИВЫ ГОДОВОЙ ЗАГРУЗКИ УБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НАДЁЖНОСТЬ

О.А. Баран

Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь

При проектировании сельскохозяйственной техники учитывается показатель её годовой загрузки, в частности, средней наработки в год [1]. Норматив годовой загрузки оказывается связанным с показателем надёжности – сроком службы. При покупке новой техники потребитель заинтересован в её широком использовании для сокращения сроков окупаемости и гарантийном обслуживании при выходе её из строя, при этом годовая загрузка машины может увеличиваться в несколько раз, достигая нормированного срока службы изделия [2]. Производитель при производстве техники пользуется средними показателями годовой (сезонной) наработки в течение всего жизненного цикла, не учитывая интенсификацию использования новых машин в гарантийный период, которая влияет на показатели надёжности – количество отказов, средняя наработка на отказ, коэффициент готовности, ресурс.

Для оценки и нормирования годовой загрузки уборочной техники необходимо учитывать модель использования машин [3], обеспеченность парка, количество выполняемых операций, структуру посевных площадей и ряд других факторов. Для Беларуси характерна модель внутривоспользования техники, при которой техника используется в рамках хозяйства одной климатической зоны, поэтому для заданной культуры практически отсутствует возможность выполнения уборочных работ последовательно в разные сроки, не нарушая оптимальные регламентируемые агротехнические сроки [4]. Поэтому загрузка конкретной уборочной машины в значительной степени определяется структурой посевных площадей хозяйства и долей её использования для рассматриваемого вида продукции.

Среднюю годовую наработку парка машин следует определять исходя из условий максимальной пропускной способности и максимальной технологической скорости:

$$\begin{cases} T \geq \sum_{j=1}^k q_j l_j Y_j k_{ucnj} S / \left(36 \sum_{i=1}^m N_i Q_i \right); \\ T \geq 10 \sum_{j=1}^k q_j k_{ucnj} S / \left(\sum_{i=1}^m N_i B_i v_{pi} \right), \end{cases}$$

где T – средняя годовая наработка уборочных машин, ч; j – виды сельскохозяйственной продукции; q_j – доля площади пашни хозяйства, занятая для производства j -го вида сельскохозяйственной продукции; l_j – коэффициент перерасчёта продукции растениеводства в зелёную массу, Y_j – урожайность j -го вида сельскохозяйственной продукции, ц/га; k_{ucnj} – доля участия данного вида уборочной техники в технологическом процессе уборки j -го вида сельскохозяйственной продукции; S – площадь хозяйства, га; m – число видов уборочных машин; N_i – число уборочных машин производительностью Q_i , кг/с, рабочей шириной захвата B_i , м, и максимальной технологической скоростью v_{pi} , км/ч.

Для уборочных машин в гарантийный период годовая (сезонная) нагрузка может достигать максимальных значений, которые зависят только выполнением условия уборки культур в оптимальные агротехнические сроки, поэтому среднюю годовую загрузку T_n новых машин можно определять с помощью коэффициента вариации ν , определяемого из опыта эксплуатации техники с учётом размеров хозяйства и парка уборочных машин:

$$T_n = \nu T.$$

Предварительный анализ показывает, что годовая наработка зерноуборочных комбайнов в гарантийный период может достигать до 1400 моточасов [2], для тракторов – до 2500 ч. Норматив годовой загрузки зерноуборочных комбайнов равен – 130 моточасов, тракторов – 1000 ч. Таким образом, фактические значения средней годовой наработки уборочных машин значительно выше проектируемых параметров. Заниженные значения нормативов средней годовой наработки сельскохозяйственной техники, не учитывающие коэффициент вариации, являются основой проектных расчётов, и приводят к снижению показателей надёжности этой техники. Установление корректных нормативов годовой загрузки уборочных машин является практически значимым для повышения их качества и конкурентоспособности.

Литература

1. Техника сельскохозяйственная. Показатели надёжности: СТБ 1616-2011. – Введ. 01.01.12. – Минск: Белорус. гос. ун-т стандартизации и сертификации, 2011, с. 15.
2. Михайлов М.Р. К вопросу планирования сезонной наработки зерноуборочных комбайнов в зависимости от срока их эксплуатации/

М.Р. Михайлов, А.А. Жосан// Вестник ОрелГАУ. – 2011. – № 2 (29), с. 63–65.

3. Ломакин, С. Зерноуборочные комбайны: потребность покупателей, предложения производителей / С. Ломакин // Аграрное обозрение [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа : <http://agroobzor.ru/sht/a-164.html>. – Дата доступа : 12.08.2019.

4. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: Сборник отраслевых регламентов – Мн.: «Белорусская наука», 2005 – ISBN 985-08-0663-X.

5. Справочник нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства / НАН Беларуси; Институт экономики – Центр аграрной экономики; под ред. В.Г. Гусакова; сост. Я.Н. Бречко, М.Е. Сумонов. – Минск: Белорусская наука, 2006 – 709 с.

УДК 53.087.45/621.37/39

СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА СПОСОБ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МАШИНЫ

О.В. Рехлицкий¹, В.Н. Шкирский¹, В.Б. Попов²

¹ НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

² УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

Современная сельскохозяйственная техника представляет собой сочетание сложных механических и электронных устройств, среди которых часто можно встретить телеметрические системы. Они являются одними из самых инновационных технологий в точном земледелии и представляют собой механизм автоматического дистанционного сбора и анализа информации и передачи на основе этих данных управляющих команд. Известно, что некорректная техническая и технологическая настройка сельхозтехники может привести к значительному недоиспользованию ее возможностей. Эффективность аграрных машин зависит также от человеческого фактора: производительность труда разных механизаторов в одних и тех же условиях может различаться на 40 процентов. Улучшить результаты агрегатов, снизить материальные и временные затраты на организацию контроля за работой, сбор, обработку и анализ данных о ходе выполнения технологических процессов способны телеметрические системы. Система удаленного мониторинга обладает рядом полезных функций. Первая из них — ежедневный анализ времени работы, который предоставляет данные о том, как и когда работала машина. При этом выявляются источники дополнительных затрат, например вынужденные простои и слабые места логистики. В рамках этой опции с помощью специального индикатора на карте можно просматривать полосы движения агрегатов. Другая функция телеметрической системы — возможность удаленной диагностики, выявлении на ранней стадии узлов и компонентов, нуждающихся в срочном сервисном обслуживании. Данное направление на данный момент слабо развито в системе удаленной диагностики и требует более глубокого изучения и освоения. Специалистами НТЦК ОАО «Гомсельмаш» предложен способ мониторинга технического состояния узлов и агрегатов техники, находящейся в эксплуатации[1]. Для возможности анализа состояния конкретного узла в бортовой компьютер сельскохозяйственной машины вводят параметры технического состояния эталонных узлов и агрегатов, прошедших полный цикл ресурсных испытаний, соответствующие различным величинам остаточных ресурсов данных узлов и агрегатов, в том числе

предельных и критических. Предельным ресурсом является ресурс, при достижении которого необходимо с целью выполнения ремонтных работ заказать и приобрести тот или иной узел или агрегат, который через определенный период времени выработает критический ресурс, то есть ресурс, при котором необходимо немедленно прекратить работу данного узла или агрегата, то есть прекратить эксплуатацию машины. Предельный ресурс выбирается таким образом, что время от выработки предельного ресурса до выработки критического ресурса должно быть больше, чем время поставки владельцу комбайна необходимого узла или агрегата для выполнения ремонтных работ.

Таким образом, осуществление способа мониторинга технического состояния узлов и агрегатов сельскохозяйственной машины, заключающегося в том, что в бортовой компьютер вводят параметры технического состояния эталонных узлов и агрегатов, прошедших полный цикл ресурсных испытаний, соответствующие различным величинам остаточных ресурсов данных узлов и агрегатов, в том числе и предельных, с помощью датчиков, установленных на узлах и агрегатах эксплуатируемой машины, замеряют параметры технического состояния узлов и агрегатов и вводят их в бортовой компьютер, бортовой компьютер определяет соответствие параметров технического состояния узлов и агрегатов эксплуатируемой машины параметрам технического состояния эталонных узлов и агрегатов, бортовой компьютер или связанный с ним удаленный сервер определяет остаточный ресурс каждого узла и агрегата, информацию с удаленного сервера о предельном остаточном ресурсе каждого узла и агрегата эксплуатируемой машины передают на информационное устройство ее владельца, сокращает время ремонтных работ сельскохозяйственной машины за счет того, что к моменту выработки одним из узлов или агрегатов критического остаточного ресурса владелец сельскохозяйственной машины будет иметь в наличии узел или агрегат для замены.

Литература

1. Рехлицкий О.В., Шкирский В.Н., Шапоров А.Н., Казаков В.А., Дакука А.А., Способ мониторинга технического состояния узлов и агрегатов сельскохозяйственной машины/ патент РБ № 22634, зарегистрирован в Государственном реестре изобретений 03.06.2019.
2. А.П.Науменко Теория и методы мониторинга и диагностики Материалы лекций, 2017.
3. Журнал Агро Техника и Технологии №4(74) июль-август 2019.

УДК 631.354

ВЫБОР РАБОЧЕЙ СКОРОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ДЛЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПРИМЕРЕ КЗС-1218

В.К. Липская

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

При проведении уборочных работ, одним из важнейших настраиваемых параметров зерноуборочного комбайна, является его рабочая скорость. Она оказывает существенное влияние на производительность машины, от которой в первую очередь зависит эффективность ее эксплуатации. В связи с этим целесообразно устанавливать максимальную рабочую скорость, при которой будет обеспечиваться качественная работа комбайна, исключающая потери зерна выше допустимого уровня (в соответствии с действующими в Республике Беларусь нормативными агротехническими требованиями) независимо от урожайности.

В то же время следует учитывать, что существуют критерии, ограничивающие этот существенный параметр машины. Так, предельная рабочая скорость движения комбайна ограничена как конструкцией машины, определяющей уровень комфортных условий труда, так и индивидуальными физиологическими возможностями механизатора. Исследования, а также многочисленные данные натурных испытаний и хозяйственных наблюдений указывают на то, что скорость движения современных зерноуборочных комбайнов, при которой механизатор способен длительно работать, не превышает 8 км/ч [1].

Поскольку до настоящего времени наиболее востребованными зерноуборочными комбайнами в Республике Беларусь и Российской Федерации остаются машины класса пропускной способности 11-12 кг/с, что подтверждают данные об объемах закупаемых машин, анализ зависимости рабочей скорости комбайна от урожайности полей для его эффективной эксплуатации, был проведен на примере массового зерноуборочного комбайна КЗС-1218. Для расчета его рабочей скорости была использована следующая формула:

$$V = \frac{Q}{0.1 \cdot B \cdot U},$$

где Q – производительность комбайна за час основного времени, т;

B – ширина захвата жатки зерновой, м;

U – урожайность, т/га.

По методике [2], предложенной российским исследователем Э.В. Жалниным, расчетная пропускная способность комбайна КЗС-1218

составляет 12,7 кг/с. Однако, учитывая, что в проводимом анализе важнейшее значение имеет не способность молотилки комбайна переработать количество хлебной массы за единицу времени, а именно его производительность по зерну, были рассчитаны величины названного показателя данной машины для полей с различной урожайностью, с учетом изменяющегося параметра – отношение массы зерна к массе соломы. В этой связи на основании изучения результатов многочисленных испытаний зерноуборочных комбайнов на уборке пшеницы в разных условиях, дополнительно был проведен корреляционно регрессионный анализ для оценки показателя соломистости хлебной массы в зависимости от урожайности. Далее, с учетом этого, были выведены коэффициенты пересчета пропускной способности комбайна в его производительность по зерну на полях с урожайностью от 1,5 до 8 т/га с шагом в 0,5 т/га.

На рисунке 1 приведена зависимость максимальной рабочей скорости зерноуборочного комбайна КЗС-1218 от урожайности для обеспечения его эффективной эксплуатации.

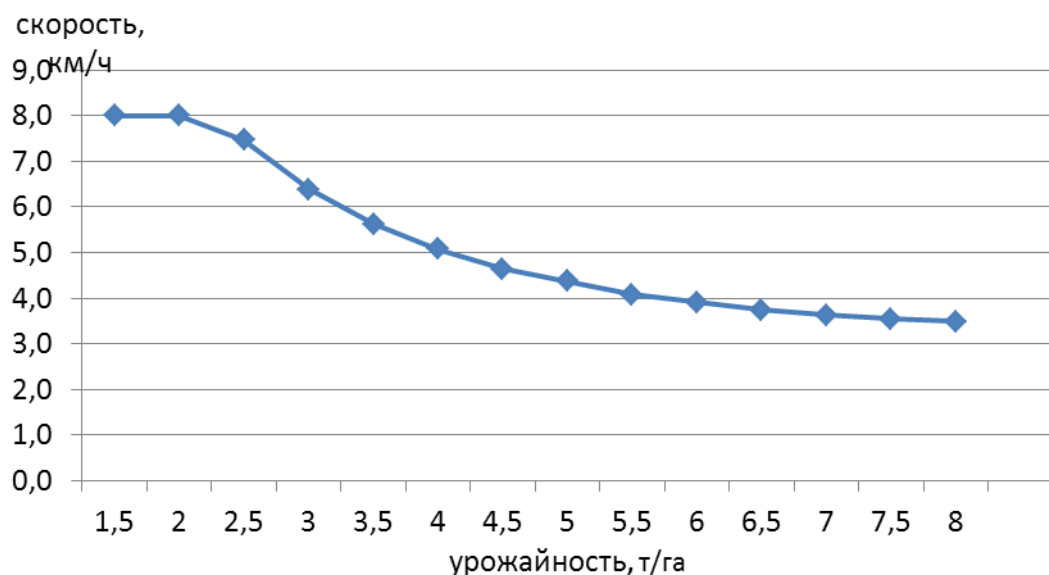


Рис. 1 – Зависимость рабочей скорости зерноуборочного комбайна

КЗС-1218 от урожайности для обеспечения его эффективной эксплуатации

Заметим, что для сопоставимости анализируемой информации во всех расчетах была использована ширина захвата жатки зерновой 9 м.

Таким образом, данные рисунка 1 показывают, чем выше значение урожайности полей, тем ниже максимально допустимая рабочая скорость машины. Важно отметить, что превышение рекомендуемой максимальной рабочей скорости комбайнов приводит к перегрузке молотильно-сепарирующего устройства, а следовательно, к недопустимому росту потерь. Кроме того, следует подчеркнуть, что в соответствии за агротехниче-

ский срок зерноуборочный комбайн КЗС-1218 сможет собрать пшеницу с площади равной 914,08 га при урожайности 1,5 т/ч и только 295,96 га при – 8 т/ч. При этом себестоимость уборки составит соответственно 41,09 руб./т и 23,09 руб./т.

Литература

1. Выбор зерноуборочных комбайнов по критерию граничной урожайности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://svetich.info/publikacii/mehanizator/vybor-zernouborochnyh-kombainov-po-krite.html>. – Дата доступа: 13.08.2019.

2. Жалнин, Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочных комбайнов с использованием принципа гармоничности их конструкции / Э.В. Жалнин. – М.: ВИМ, 2012, с. 102 .

УДК 004.031.42

СОВМЕСТНАЯ РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ»

А.В. Уксусов

ООО Научно-производственная фирма «АТИ»,
г. Екатеринбург, Россия

В аграрной политике любого государства уделяется внимание техническому перевооружению агропромышленного комплекса, внедрению современных инновационных технологий и комплексов решений, необходимых для увеличения объемов выпуска продукции и сырья. Уборка является завершающей операцией в технологии возделывания сельскохозяйственных культур и занимает до 50% в структуре общих затрат поэтому так важно оснащать рабочее место оператора уборочной техники электронными устройствами позволяющими быстро и правильно реагировать на изменение условий в работе.

В 2018-19 году ООО НПФ АТИ совместно с НТЦК ОАО «Гомсельмаш» провела разработку нескольких электронных модулей, предназначенных для установки на технику ОАО «Гомсельмаш», а именно: «Пульт управления освещением», «Пульт управления», «Модуль терминальный графический», «Рукоятка управления комбайном», начаты работы по информационно управляющей системе «БИУС», первые отработочные комплекты которой будут переданы на испытания в сентябре 2019 г.

Комфорт, надежность, а также эргономика разработанных электронных изделий позволяет облегчить работу механизатора, предоставляет удобный доступ к функциям машины.

Возможность дальнейшего развития разработанных электронных блоков объединив их в единую систему по CAN шине даст возможность оператору управлять всеми функциями с терминала графического МТГ-01 касанием компонентов на сенсорном экране. Такая возможность дублирует управление функциями машины, что на сегодня реализовано на большинстве современных уборочных машинах.

При совместной разработке электронных блоков в интересах ОАО «Гомсельмаш» ООО НПФ АТИ использует современную элементную базу, а так же высокопроизводительные производственные методы, что позволяет сделать продукцию конкурентно способной, ведь цена конечного изделия для потребителя является одной из ключевых характеристик продукта. Обеспечение качества конечного продукта с помощью нескольких этапов проверок и тестирования, а также прослеживания всего жизненного цикла продукции, профессиональный подход и высокая квалификация разработчиков ООО НПФ АТИ позволяет выпускать продукцию на уровне мировых аналогов.

УДК 629.054

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КОМБАЙНОВОЙ ТЕХНИКОЙ

А. В. Козлов

ООО Научно-производственная фирма "АТИ",
г. Екатеринбург, Россия

В промышленной электронике всегда уделялось особое внимание работе в условиях повышенного уровня помех. Однако в последние десятилетия, акцент сместился с защиты от помех по цепям питания и передачи данных, имеющих импульсный характер, на защиту от помех вызванных воздействием внешних электромагнитных полей (ЭМ-помех). Это связано с широким распространением персональных средств беспроводной связи, в частности высокомошных переносных радиостанций.

ГОСТ 32141-2013 (ISO 14982:1998) регламентирует допустимый уровень ЭМ-помех – 24 В/м для автотракторной и комбайновой техники, однако персональные радиостанции способны создавать напряженность электрического поля более чем 265 В/м. По этой причине перед современной электроникой стоит задача, не только выполнять требования ГОСТ (ISO), но и обеспечивать безопасную работу, даже тогда, когда реальный уровень ЭМ-помех многократно превышен.

Несмотря на недопустимость использования высокоинтенсивных источников помех в кабине комбайна, средства связи становятся неотъемлемой частью рабочего процесса, и полагаться только на запрет является проигрышной стратегией, в связи с чем нами была проведена работа, по улучшению помехоустойчивости оборудования, поставляемого на комбайновую технику, и выработаны рекомендации по улучшению ЭМС характеристик приборов, без существенного удорожания производственного цикла и элементной базы, и не требующие изменения конструкции.

Существует набор проверенных на практике рекомендаций по улучшению помехозащищенности. Наиболее классическим и эффективным считается экранирование металлическим корпусом, однако такой способ имеет ряд недостатков, среди которых: значительное увеличение стоимости, эстетические свойства хуже, чем у пластиковых корпусов, прибор становится более чувствителен к электростатике и требует заземления. Альтернативой является использование пластиковых корпусов с металлическим наполнением, однако это не решает проблему заземления и электростатики.

Другие рекомендации концентрируются вокруг тщательного проектирования печатной платы и подбора элементной базы, среди которых

можно выделить: локальное экранирование на плате; использование ферритовых фильтров; использование заземляющих плоскостей; установка фильтров на всех сигнальных цепях и цепях питания; использование помехозащищенных интерфейсов; использование многослойных печатных плат, где внешние слои служат экраном; использование синфазных дросселей, ферритовых чип бусин и проходных конденсаторов в измерительных цепях; снижение длины связей на плате.

Важно также максимально уменьшить внутренние источники шума, для этого рекомендуется использование более низкочастотных или с технологией Spread Spectrum микросхем, а также отказ от использования открытых дросселей и устранение «краевого эффекта»;

Как основа к рассмотрению вопроса был выбран пульт управления комбайном, критически важное электронное устройство, и в тоже время наиболее подверженное влиянию ЭМ-помех ввиду расположения.

Оценка эффективности схемотехнических и конструкторских решений проводилась максимально приближенно к реальным условиям эксплуатации, для этого использовалась портативная радиостанция iRadio 558 мощностью 5Вт, с аттестованным уровнем электромагнитных помех на частотах 433 и 130 МГц (410 В/м и 265 В/м соответственно), успешными считались испытания, в ходе которых прибор при длительном воздействии ЭМ помех вблизи не проявлял отклонений от штатной работы. Кроме помехозащиты, важно было так же оценить уровень собственных помех, их измерения проводились при помощи прибора RIGOL DSA815.

В ходе проведения опытно-конструкторских работ была проведена оценка эффективности вышеописанных методик, наиболее результативные из них (сокращение длин связей, устранение краевого эффекта, защитный экран, единый контур заземления между платами, многослойная печатная плата, фильтры на всех сигнальных цепях) были внедрены в серийный пульт управления. В результате удалось без изменения конструкции и внешнего вида прибора добиться нечувствительности к персональным радиостанциям мощностью до 5Вт работающих в диапазонах 130 и 433 МГц, был проведен технико-экономический анализ эффективности применяемых решений, удалось снизить уровень собственных помех.

Литература

1. Николаев П.А. Электромагнитная совместимость автотранспортных средств [Текст] / П.А. Николаев, Л.Н. Кечиев / Под ред. Л.Н. Кечиева. – М.: Грифон, 2015, 424 с.

УДК 631.354.2.076

АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА КОМБАЙНА КЗС-1218 ПРИ ДВИЖЕНИИ НА СКЛОНЕ

П.Е. Родзевич, С.И. Евтушков

УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О.Сухого», г. Гомель, Беларусь

Комбайн КЗС-1218 предназначен для прямой и раздельной уборки зерновых колосовых культур, а, с применением комплектов оборудования или специальных приспособлений, поставляемых по отдельному заказу - для уборки подсолнечника, кукурузы на зерно, зернобобовых и крупяных культур, семенников трав и рапса на равнинных полях с уклоном до 8° .

Балка моста работает в условиях косоугольного изгиба и при движении по горизонтальной поверхности ($\alpha = 0$) на нее будут действовать следующие нагрузки (рисунок 1): в вертикальной плоскости на балку действует вес комбайна G_y , приходящийся на управляемый мост, а также вес самого моста G_m , распределенный по длине. Сила F_1 , которая соответствует весу комбайна, приходящегося на одно колесо. В горизонтальной плоскости – сила сопротивления перекачиванию $F_2 = fF_1$ с коэффициентом сопротивления качению $f = 0,08...0,10$ (для стерни).

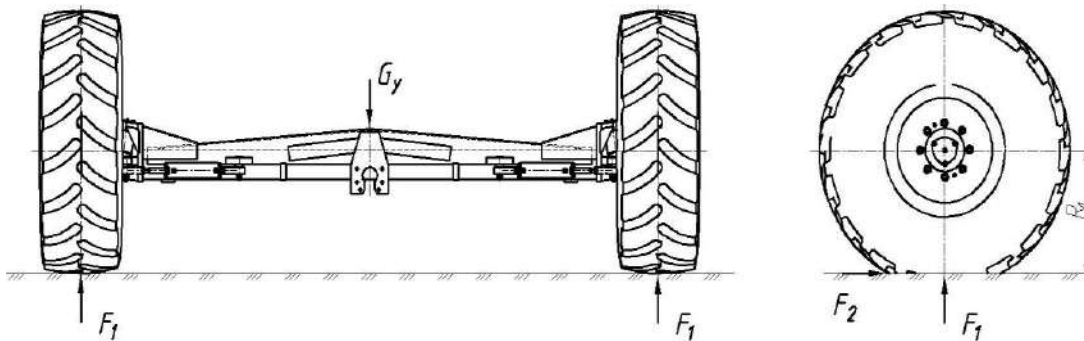


Рис. 1 - Схема приложения нагрузок при движении комбайна по горизонтальной поверхности

При движении комбайна на склоне с углом $\alpha = 8^\circ$ со стороны почвы будет возникать сила F_3 , создающая изгибающий момент на плече R_0 (рисунок 2). Причем, действие изгибающего момента на левую и правую части моста отличается разностью знаков в уравнении моментов. Расчет будем вести для правой части балки моста, где момент от силы F_3 сонаправлен с моментом от силы F_1 .

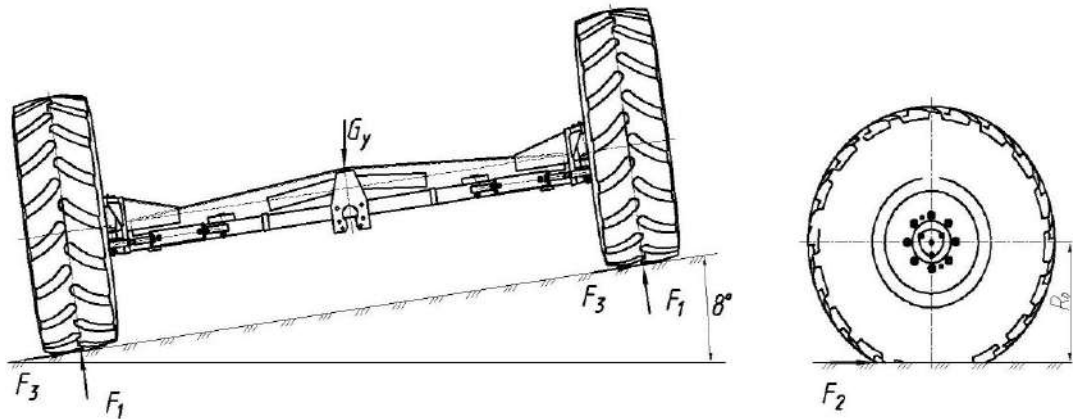


Рис. 2 - Схема приложения нагрузок при движении комбайна на склоне

На рисунке 3 представлены графики изменения напряжений в правой части балки моста при движении комбайна по горизонтальной поверхности ($\alpha = 0$) и на склоне с углом $\alpha = 8^\circ$. Расчеты для случая статического нагружения показывают, что статические напряжения, возникающие в балке моста, составляют 127 МПа в области растяжения и 150 МПа в области сжатия. А при угле наклона $\alpha = 8^\circ$ статические напряжения, возникающие в балке моста, составляют 138 МПа в области растяжения и 162 МПа в области сжатия.

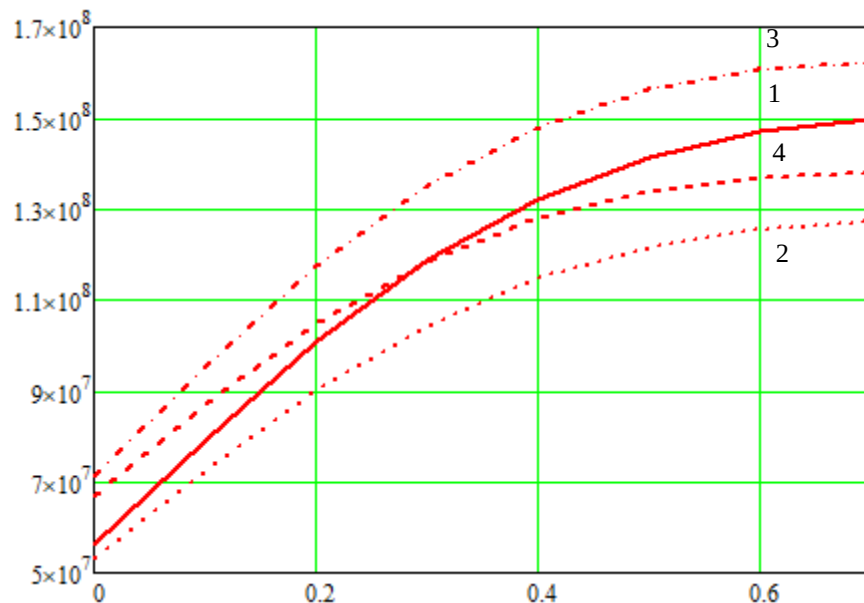


Рис. 3 - График изменения статических напряжений по длине балки:
 1 – напряжение сжатия при $\alpha = 0^\circ$; 2 – напряжение растяжения при $\alpha = 0^\circ$;
 3 – напряжение сжатия при $\alpha = 8^\circ$; 4 – напряжение растяжения при $\alpha = 8^\circ$

С учетом динамической нагруженности, возникающей при движении комбайна по неровностям склона или наезде на препятствия (камни, инородные предметы), напряжения будут резко увеличиваться, что может привести к появлению остаточных деформаций балки и выходу из строя.

УДК 631.354.2.076

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИМ АППАРАТОМ БАРАБАННОГО ТИПА

П.Е. Родзевич

УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О.Сухого», г. Гомель, Беларусь

Процесс предварительного сжатия растительной массы под воздействием лезвия ножа предшествует разделению ее на части при возникновении на кромке лезвия разрушающего контактного напряжения σ_p . Момент возникновения последнего определяется критической силой $P_{кр}$, прикладываемой к ножу, преодолевающего ряд сопротивлений различного происхождения, возникающих в растительной массе. При резании однородных, упруго-вязких материалов усилие $P_{кр}$, при котором завершается процесс сжатия материала и начинается его резание, является максимальным из всех усилий, возникающих в процессе резания.

При углублении лезвия ножа в слой подпрессованной растительной массы на величину $h_{сж}$, когда на его режущей кромке возникает разрушающее контактное напряжение σ_p начинается процесс резания (рис. 1).

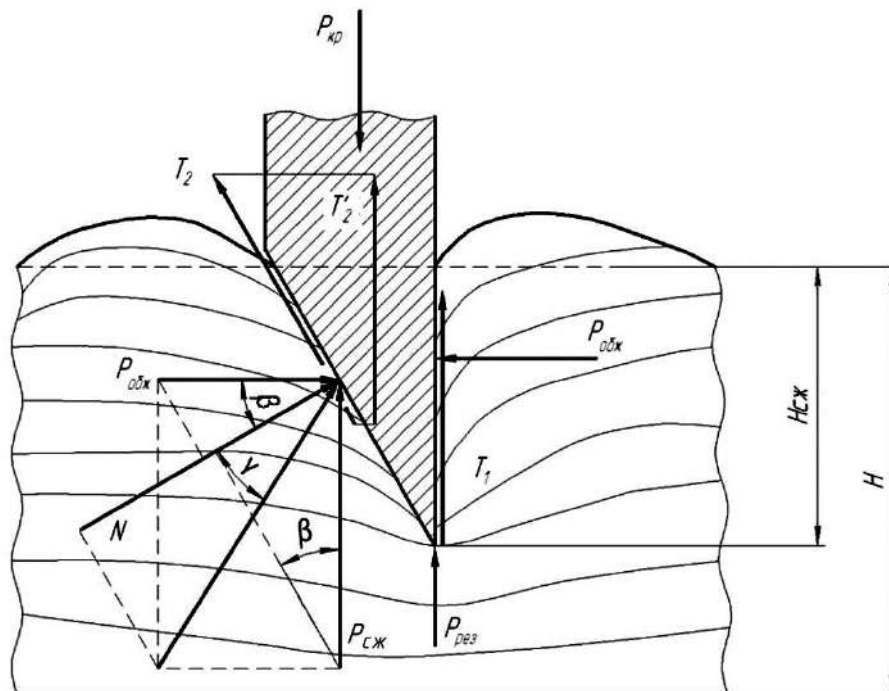


Рис. 1 - Схема силового взаимодействия лезвия ножа с растительной массой

В момент начала резания подпрессованного слоя растительной массы критическая сила $P_{кр}$, приложенная к ножу, должна преодолеть сумму

всех сил, действующих в вертикальном направлении: силу резания массы $P_{рез}$, силу сжатия $P_{сж}$ до начала резания, сил трения о переднюю и заднюю стенки ножа T_1, T_2' , т. е.

$$P_{кр} = P_{рез} + P_{сж} + T_1 + T_2'.$$

Силу $P_{рез}$ можно определить как произведение площади заточенной кромки лезвия F_l на разрушающее напряжение σ_p :

$$P_{рез} = F_l \cdot \sigma_p = \delta \cdot l \cdot \sigma_p,$$

где: δ – толщина кромки лезвия; l – длина лезвия.

Разрушающее напряжение σ_p является параметром, присущим данному виду материала и определяют его экспериментально.

Сила сжатия определяется с использованием закона Гука при растяжении-сжатии и может быть определена следующей формулой

$$P_{сж} = \frac{E}{2H} H_{сж}^2 \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

где: E – модуль продольной упругости первого рода.

Силы трения определяются выражениями

$$T_1 = P_{обж} \cdot f \text{ и } T_2' = f \cdot (P_{сж} \cdot \frac{1}{2} \sin 2\beta + P_{обж} \cdot \cos^2 \beta).$$

Сила, обжимающая фаску лезвия ножа, определяется по выражению:

$$P_{обж} = \mu \cdot \frac{E}{2} \cdot \frac{H_{сж}^2}{H}.$$

Окончательно, аналитическое выражение, определяющее величину критической силы $P_{кр}$, которую необходимо приложить к ножу для разделения растительной массы на части, имеет вид:

$$P_{кр} = \delta \cdot \sigma_p + \frac{E}{2} \cdot \frac{H_{сж}^2}{H} \cdot \left[\operatorname{tg} \beta + f \cdot \sin^2 \beta + \mu \cdot (f + \cos^2 \beta) \right].$$

В полученное выражение входят как конструктивные параметры: острота δ и угол заточки β лезвия ножа; кинематические параметры слоя растительной массы, подаваемого вальцами питающего аппарата: толщина H перерезаемого слоя и толщина $H_{сж}$ слоя, сжатого лезвием перед моментом начала резания. Кроме того, учитываются физико-механические параметры: E – модуль упругости материала; μ – коэффициент Пуассона; f – коэффициент трения материала о лезвие ножа, σ_p – разрушающее контактное напряжение на кромке лезвия.

УДК 62-1/-9

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ДОИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ ВАЛЬЦЕВОГО ТИПА ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ В СОВРЕМЕННЫХ АПК

В.В. Малащенко

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Технология заготовки кукурузы в фазе полной спелости предусматривает использование мелкой резки измельчающим аппаратом с использованием устройства доизмельчающего (УД) вальцевого типа с пилообразным профилем зубьев или УД дискового типа. Исследования показали, что корм с более мелкими фракциями не удовлетворяет требованиям физиологии рубца желудка коровы, из-за чего фермеры ограничивали долю кукурузного силоса в рационе крупно-рогатого скота.

В процессе поиска решения данной проблемы проводились исследования, которые доказывали преимущество кукурузного силоса увеличенной длины и расщепленных волокон стеблей кукурузы, вследствие чего появилась технология длинной резки (ТДР).

ТДР – технология заготовки кукурузного силоса, предполагающая крупную резку кукурузы на фракции размером от 26 до 30 мм. Ключевая роль в получении силоса, удовлетворяющего предъявляемым требованиям, отводится специальному УД – зернодробилке с модернизированной формой вальцов и увеличенной (до 50%) разницей оборотов между вальцами (разница оборотов между вальцами УД с пилообразным профилем до 32%). Вальцы УД представляют из себя цилиндр с пилообразным профилем зуба с нанесенной на цилиндрическую часть спиральной канавкой, причем на разных вальцах угол наклона спирали направлен в противоположные стороны. Они полностью измельчают стержни початков и растирают зерно, при этом стебли так же эффективно расщепляются на волокнистую массу. Интенсивное измельчение материала позволяет многократно увеличить его поверхность, что существенно улучшает бактериальную ферментацию при силосовании и, прежде всего, при переваривании измельченной массы в рубце желудка коровы.

Процесс разрушения зерен усложняется с увеличением длины резки и увеличению влажности убираемой растительной массы. Это подтверждается исследованиями различных научных лабораторий Европы и испытаниями, которые были проведены в Учебно-испытательном центре Футтеркампа.

Испытания, проводимые на комбайне John Deere 8500i с двигателем мощностью 430 кВт, сагрегатированного с жаткой Kemper 475 plus, оснащенного системой анализа измельчаемого материала Harvestlab, в 4 диапа-

зонах содержания сухого вещества (СВ), с 10-ю вариантами теоретической длины резки, с полным и половинным комплектом ножей, а так же с двумя различными профилями измельчающих валцов показали, что, при использовании УД с модифицированными вальцами, степень разрушения зерен кукурузы соответствует количественным показателям, предъявляемым для заготовки кукурузного силоса в фазе полной спелости зерна, при этом нагрузка на двигатель и расход топлива одинаковы, а пропускная способность модифицированного УД оказалась больше на 4%, чем у стандартного УД и расход дизельного топлива на тонну при использовании модифицированного УД на 5% ниже, чем у стандартного.

УДК 662.767.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CNG И LNG В КАЧЕСТВЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО МОТОРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Г.В. Ермольчик

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Сегодня в качестве перспективного топлива для сельскохозяйственной техники используется природный газ метан, который может храниться в двух агрегатных состояниях: сжатом (CNG) и сжиженном (LNG). Международная практика подтверждает экономические, эксплуатационные и экологические преимущества газомоторного топлива: сокращение эксплуатационных затрат более чем в 2 раза, замещение рынка нефтяного моторного топлива, повышение надёжности двигателя и конечно же многократное снижение вредных выбросов в окружающую среду. Применение природного газа позволяет выполнять высокие экологические стандарты Евро-5 и Евро-6 без использования сложных активных систем каталитической нейтрализации и жидких реагентов.

В доказательство вышеизложенному достаточно привести успешный опыт использования CNG на зерноуборочном комбайне GS4118K производства ОАО «Гомсельмаш». В газовых емкостях гидравлическим объёмом 1816 литров способно уместится до 450 м³ метана при давлении 200 bar, что позволяет обеспечить непрерывную работу молотилки в течение 8-ми часовой смены. По данным, полученным в ходе испытаний на Белорусской машиноиспытательной станции, за время уборки экономия денежных средств, по сравнению с аналогичным комбайном на дизельном топливе, составила более 60%.

Во время испытаний в 2016-2019 г. отказы по газобаллонной системе отсутствовали, заправка комбайна обеспечивалась в общепринятом для зерноуборочных машин режиме – мобильным заправщиком в поле. На основании полученных данных было принято решение и произведено 8 комбайнов GS4118K для хозяйств Гомельского региона. Эксплуатация парка газомоторных комбайнов при уборке зерновых культур в 2019 году подтвердило целесообразность данного проекта, и развитие данного направления будет продолжаться с учётом возросшего спроса на подобные сельскохозяйственные машины.

Преимущества природного газа очевидны, однако применение CNG в сравнении с LNG на тяжелых сельскохозяйственных машинах имеет свои недостатки:

– Неоптимальное соотношение полезного объёма, веса газовой ёмкости и давления хранения для сжатого метана: CNG - это метан, кото-

рый в результате многостадийного процесса был сжат до 200-250 bar. И занимает менее 1% от объема, который бы он занимал при стандартном атмосферном давлении. Именно поэтому, в машине, работающей на CNG, не может быть использовано всё газовое топливо, которое содержится в топливных емкостях. Причина в том, что корректная работа газового редуктора CNG и системы питания двигателя может быть обеспечена только при остаточном давлении в системе более чем 20 bar. В свою очередь LNG подчиняется гораздо более сложному процессу криогенного состояния. Метан охлаждают до температуры $< -162^{\circ}\text{C}$ градусов по Цельсию, в результате чего происходит переход из газового в жидкое состояние, при котором объём жидкого метана при давлении 10-15 bar. занимает до 1/600 объема от газообразного состояния при стандартном атмосферном давлении. Благодаря этому LNG расходуется практически на 95% от заправленного объёма. Эти обстоятельства позволяют использовать резервуары меньших габаритов, массы и стоимости при одном и том же энергосохранении.

– Позиционирование заправочных станций CNG: Автомобильные газовые заправочные Станции (АГНКС) возможно позиционировать лишь в тех местах, где есть возможность подключения к магистральному газопроводу. Привязка передвижных автомобильных газовых заправщиков происходит по принципу равноудалённости АГНКС, что тормозит развитие сети применения газомоторной сельскохозяйственной техники. В случае с LNG есть возможность выбора расположения заправочных станций независимо от наличия газопроводов. Используются меньшие земельные площади, при необходимости есть возможность подачи регазифицированного LNG при высоких давлениях и возможность заправки машин на CNG, т.е. совмещение функции АГНКС на заправочной станции LNG.

– В сравнении с CNG, LNG по показателям взрывопожароопасности является самым безопасным из используемых жидких моторных топлив и сжиженных углеводородных газов, легче воздуха, нетоксичен, не вызывает коррозии оборудования и не загрязняет окружающую среду. И в первую очередь LNG это энергоноситель с наибольшей энергетической эффективностью, что позволяет улучшить технические показатели транспортных средств.

Исходя из вышеизложенного - LNG это один из самых эффективных путей развития сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь, странах ближнего и дальнего зарубежья.

Литература

1. URL: <https://business.directenergy.com/blog/2015/June/Compressed-Natural-Gas-vs-Liquefied-Natural-Gas> (дата обращения: 04.09.2019).

2. Протокол: от 18.12.2018 типовых испытаний комбайна зерноуборочного самоходного КЗС-4118К "Палессе GS 4118К" 060Б 4/3 -2018 БелМИС.

3. Письмо входящее №02-05/310 от 06.08.2019 "Посольство РБ в РФ отделение в г. Казани" "О поставках техники в Республику Татарстан".

4. Киржнер Д.Л. «О работах ОАО «РЖД» в области использования природного газа на железнодорожном транспорте». В кн. Использование природного газа на железнодорожном транспорте: Материалы заседания секции «Распределение и использования газа» Научно-технического совета ОАО «Газпром» (Екатеринбург, декабрь 2006г). – М. ООО «ИРЦ «Газпром», 2007.

5. Толмачев Д.И., Голубенко Н.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЖИЖЕННОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА НА АВТОТРАНСПОРТЕ // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 3-8.

6. URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=18761> (дата обращения: 04.09.2019).

УДК 631.3

ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО АППАРАТА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

С. И. Кирилук, А.В. Голопятин, Ю.В. Лелявская, Д.В. Мельников
УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

Наибольшее распространение в качестве измельчающих аппаратов кормоуборочных комбайнов получили рабочие органы, совершающие вращательное движение. Причем лезвия ножей таких аппаратов оставляют в пространстве след, который представляет собой плоскость или цилиндрическую поверхность, т.е. плоского или цилиндрического (барабанного) типа. Более широкое распространение, чем плоско-вращательные, нашли вращательно-цилиндрические режущие аппараты.

Однако не все разновидности вращательно-цилиндрических аппаратов одинаково распространены в практике. Так, почти не находят применения аппараты нормального и скользящего резания. Первые - ввиду нерациональности процесса резания в них и в связи с неизбежным возникновением одновременной нагрузки по всей длине лезвия ножа, что в случае нарушения зазора между ножами и противорежущим брусом приводит к разрушениям не только режущей пары, но и всей конструкции аппарата. Вторые, т.е. аппараты скользящего резания не находят применения в связи с конструктивными сложностями, в тоже время их функции могут быть выполнены другими, более рациональными рабочими органами. В последнее время все чаще применяют швыряющие барабаны с плоскими ножами, но со специальными подножевыми швыряющими лопатками, роль которых играют опоры ножей.

Наиболее энергозатратным процессом в кормоуборочном комбайне является измельчение и транспортирование растительной массы в измельчающем аппарате. Поэтому это представляет собой интерес с точки зрения повышения энергетической эффективности. Рассмотрим более детально этот процесс. Растительная масса поступает из питающего аппарата на противорежущий нож, перерезается ножами измельчающего барабана. И начинает разгоняться им, в итоге приобретая такую же окружную скорость, как и ножи. При этом на нее действуют следующие силы. Сила на придание ускорения растительной массе и сила на трение о кожу равная:

$$F_T = f \cdot C = f \cdot m \cdot \omega^2 \cdot R_0.$$

где $C = m \cdot \omega^2 \cdot R_0$ – центробежная сила, прижимающая растительную массу к поддону Н; f – коэффициент трения материала о стенку кожуха, ω – угловая скорость ножа, с^{-1} ; R_0 – радиус центра тяжести порции, м; m –

масса порции материала. Работа на протаскивание растительной массы по поддону равна $A = F_T l = \gamma_2 \frac{2\pi R}{360} F_T$, где l – длина дуги поддона, по которой перемещается материал, м; γ_2 – центральный угол дуги поддона, на который надо переместить материал, град; R – радиус поддона, по которому перемещается материал.

Первая составляющая (разгон) зависит от массы растительной массы и частоты вращения барабана. Эту составляющую мы изменить не можем, поскольку это снизит производительность комбайна. Вторая составляющая может быть снижена, за счет уменьшением длины протаскивания растительной массы по поддону. Кроме увеличения потерь мощности она вызывают также еще и повышенный износ поддона. Одним из способов их уменьшить потери энергии на трение, это изменение формы ножей, придание так называемой С – образной формы (рисунок 1). Такие ножи имеют сложную форму: в поперечном сечении С-образную. Угол наклона таких ножей позволяет использовать более рациональное наклонное резание и обеспечить равномерную нагрузку на барабан в период его работы. Наклонное резание, а также высокая швыряющая способность, являются достоинствами такого барабана. Однако С– образные ножи имеют и определенные недостатки. Технология их изготовления сложнее, чем для плоских ножей. Расположение лезвий на консоли, обусловленное С-образной формой ножей, снижает их стойкость к ударной деформации и разрушению. Однако эти недостатки оправдываются, за счет уменьшения энергозатрат нового измельчающего аппарата.

На рисунке 1 показан измельчающий барабан, с измененной формой ножей.

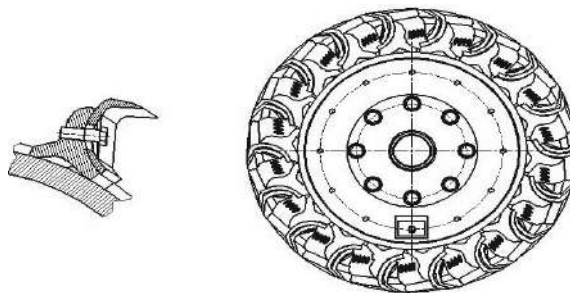


Рис. 1 – Измельчающий барабан

Такая форма ножей позволяет не только уменьшить энергоемкость процесса резания растительной массы ножами. Но и улучшить процесс транспортировки растительной массы по поддону за счет меньшего контакта растительной массы с поддоном. Поскольку часть центробежной силы действующей на растительную массу принимают на себя ножи, и как следствие этого уменьшается трение растительной массы о поддон. Повышается также равномерность скорости измельченных частиц на выходе из измельчающего аппарата. За счет чего увеличивается швыряющая способность барабана.

УДК 62-23

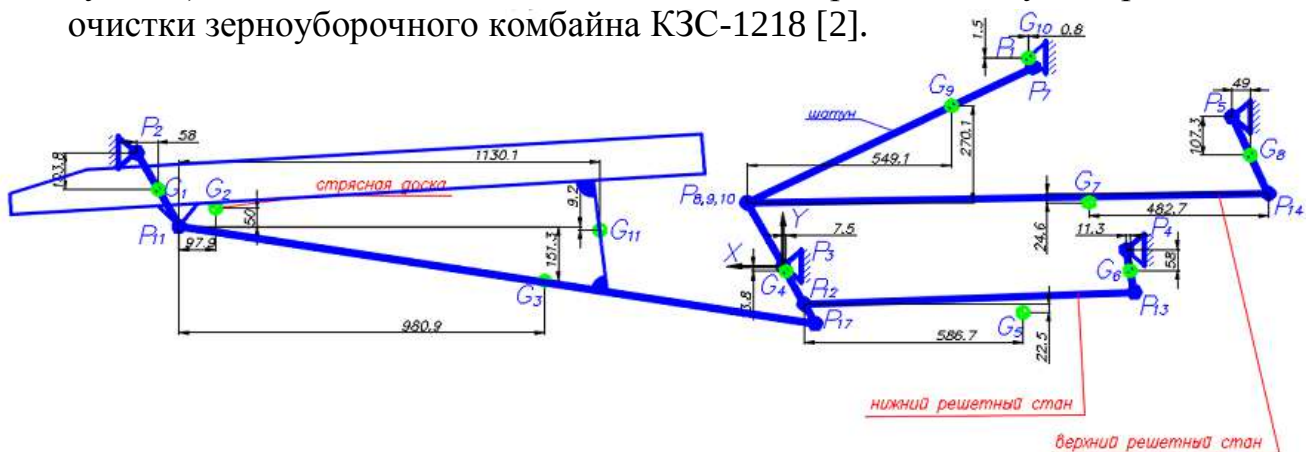
НАГРУЖЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КЗС-1218

А.С. Шантыко¹, А.Н. Вырский¹, Д.А. Дубовик², В.И. Прибыльский²¹НТЦК ОАО «Гомселмаш», г. Гомель, Беларусь²Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Особенности технологического процесса выделения зерна из вороха предполагают наличие у воздушно-решетной очистки и колебательное движение стрясной доски и размещённых за ней верхнего и нижнего решет. Наличие массивных (массой в сборе свыше 140-160 кг) колеблющихся рабочих органов вызывает знакопеременные нагрузки в механизме привода [1], которые необходимо учитывать при проектировании и совершенствовании конструкции зерноуборочного комбайна.

Целью настоящей работы является расчётная оценка нагруженности элементов очистки комбайна зерноуборочного самоходного КЗС-1218.

Для достижения указанной цели составлялась расчетная схема (рисунок 1) и математическая модель механизма привода воздушно-решетной очистки зерноуборочного комбайна КЗС-1218 [2].



G_1 – поддержка стрясной доски; G_2, G_3 – стрясная доска; G_4 – рычаг;
 G_5 – нижний решетный стан; G_6 – поддержка нижнего решетного стана;
 G_7 – верхний решетный стан; G_8 – поддержка верхнего решетного стана;
 G_9 – шатун; G_{10} – вал-эксцентрик; G_{11} – стрясная доска

Рис. 1 - Схема механизма очистки зерноуборочного комбайна КЗС-1218

Нагруженность элементов очистки оценивалась численными значениями сил и моментов инерции, рассчитываемых по формулам:

$$F_{Gi} = -W_{Gi}m_i;$$

$$M_i = -\varepsilon_i J_i,$$

где F_{Gi} – сила инерции i -ого элемента механизма, приложенная в центре масс i -ого элемента; W_{Gi} – ускорение центра масс i -ого элемента

механизма; M_i – момент пары сил i -ого элемента; ε_i – угловое ускорение i -ого элемента; J_i – момент инерции i -ого элемента относительно оси, проходящей через центр масс G_i и перпендикулярной к плоскости движения элемента. Зависимости проекций сил инерции масс звеньев очистки на ось X и ось Y за один оборот вала-эксцентрика приведены на рис. 2.

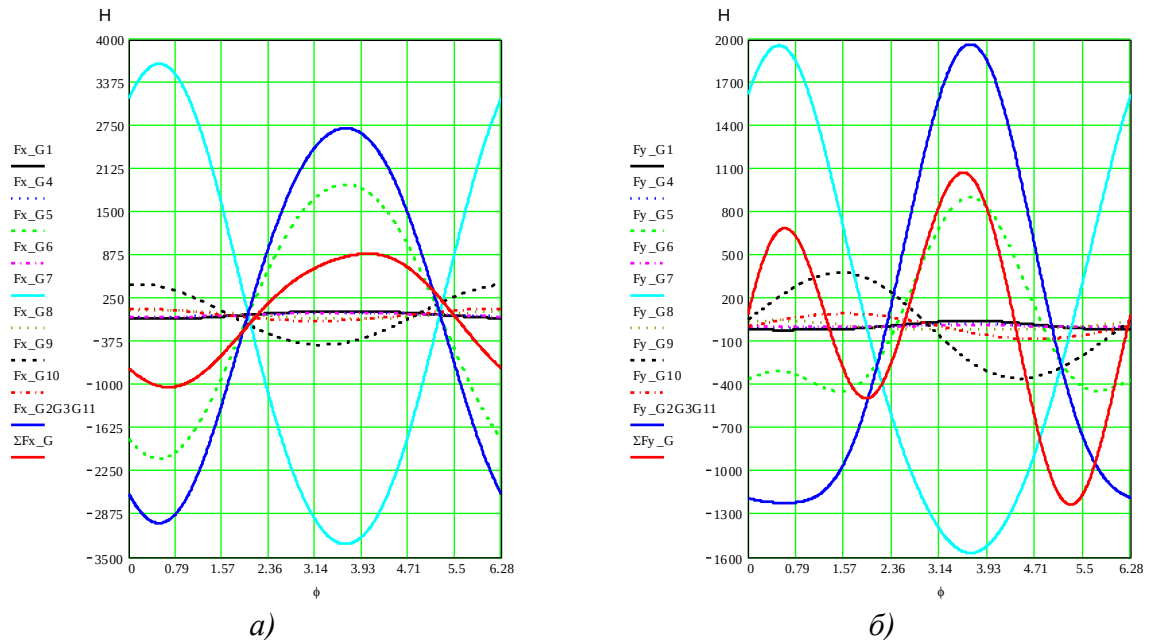


Рис. 2 - Зависимости проекций сил инерции масс звеньев очистки на ось X (а) и ось Y (б) за один оборот вала-эксцентрика

Из рисунка 2 видно, что наибольшие значения размахов сил инерции имеют наиболее массивные элементы: стрясная доска, верхнее и нижнее решета. Максимальное значение размаха сил инерции имеет верхнее решето, которое совершает противофазное движение по отношению к движению стрясной доски и нижнего решета.

Литература

1. Дубовик Д.А. Тенденции развития уборочной сельхозтехники / Д.А. Дубовик, Л.Ю. Бакалова, А.С. Шантыко // Новые материалы, оборудование и технологии в машиностроении: материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых – Могилев, 2018, с. 39.
2. Кинематический и силовой анализ очистки зерноуборочного комбайна КЗС-1218 / А.А. Новиков, В.А. Шуринов, Д.А. Дубовик, В.И. Прибыльский // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: Сб. тез. докл. I Междунар. науч.-практ. конф. – Гомель, 2017, с. 45-46.

УДК 631.354.2.076

СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СИСТЕМЫ ОТСОСА ПЫЛИ ИЗ НАКЛОННОЙ КАМЕРЫ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КЗС-3219

И.А. Баран, А.Н. Вырский, А.В. Воронин
НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Внедрение и использование современных компьютерных технологий сегодня является для предприятия не способом получения конкурентного преимущества, а фактически условием конкурентоспособности [1].

Для получения лучшей обзорности из кабины оператора технологических органов комбайна (наблюдение за техпроцессом работы жатки) для устранения запыленности в зерноуборочных комбайнах КЗС-3219 и КЗС-1218 были разработаны устройства системы отсоса пыли из наклонной камеры.

Для оценки эффективности системы отсоса пыли был проведен анализ параметров воздушного потока для различных вариантов конструкции пылеотсоса.

При анализе эффективности исходной конструкции вентилятора отсоса пыли были проведены следующие изменения конструкции:

- 1 - Увеличение оборотов вентилятора с 2128 об/мин до 2434 об/мин.
- 2 - Увеличение крыльчатки вентилятора с 325 мм до 375 мм при 2128 об/мин.
- 3 - Увеличение крыльчатки вентилятора с 325 мм до 375 мм при 2434 об/мин.

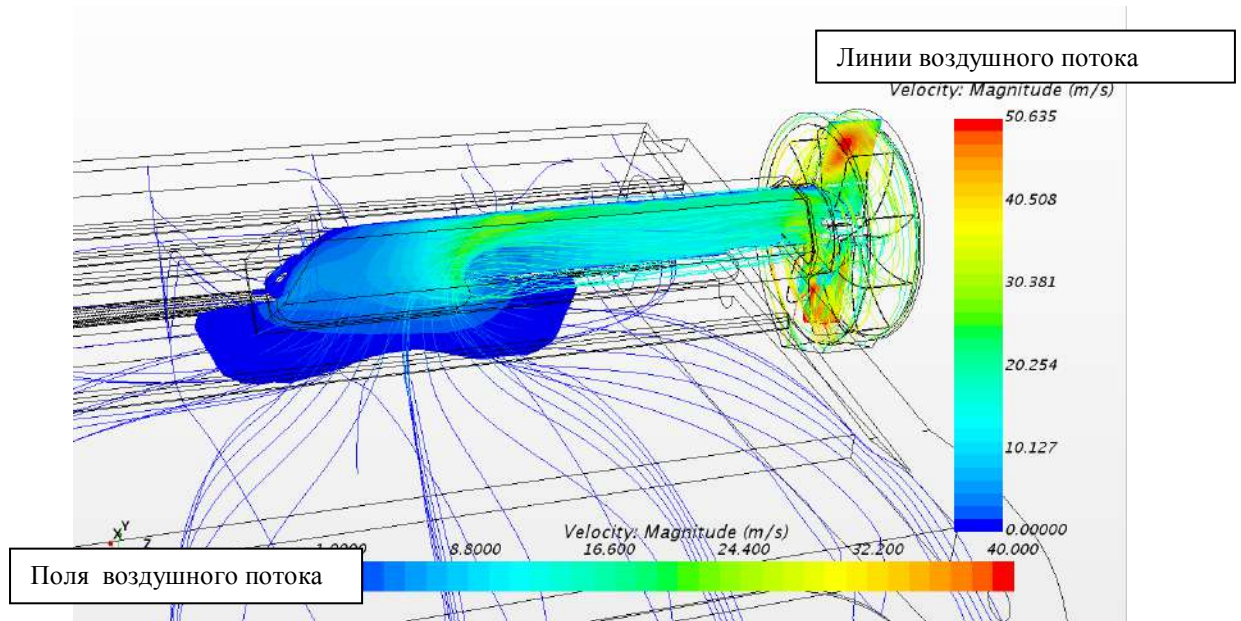


Рис. 1. Распределение скоростей аэродинамического потока в системе отсоса пыли из наклонной камеры комбайна с учетом предлагаемых изменений

Исходя из проведенных расчетов следует, что скорость воздушного потока в характерных зонах всасывания системы отсоса пыли при изменении оборотов вентилятора с 2128 об/мин до 2434 об/мин увеличивается на 15% – 25%.

Увеличение диаметра крыльчатки вентилятора с 325 до 375мм увеличивает скорость воздушного потока в характерных зонах всасывания системы отсоса пыли при вращении крыльчатки вентилятора с частотой 2128 об/мин увеличивает эффективность вентилятора на те же 15% – 25%.

Суммарное увеличение диаметра крыльчатки вентилятора с 325 до 375мм при изменении оборотов вентилятора с 2128 об/мин до 2434 об/мин увеличивает скорость воздушного потока в характерных зонах всасывания системы отсоса пыли на 30% – 40% от исходной конструкции

Внедренная в процесс проектирования новой техники методика компьютерного моделирования аэродинамических потоков совместно с экспериментальными исследованиями позволяет подобрать необходимые конструктивные параметры систем [2].

Список литературы

1. Баран И.А., Вырский А.Н., Труханович С.В. Использование компьютерного моделирования аэродинамических потоков при проектировании систем очистки зерноуборочных комбайнов / Молодежь в науке — 2014 : приложение к журналу "Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі" : [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.
2. Крот А.М. Компьютерное моделирование пароводяных потоков внутри рабочей камеры микротурбины и оценивание коэффициента полезного действия для усовершенствования конструкции турбоагрегата / А.М. Крот, П.П. Ткачева, И.Н. Спагар // Информатика. – 2017. - №. 2(54).

УДК 631.35

МЕТОД ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕ- СКОГО ПРОЦЕССА В ЗЕРНОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ

Д.Н. Иванов, Д.В. Джасов
НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Одним из главных показателей эффективности зерноуборочного комбайна является сохранение биологической ценности зёрен и семян различных сельскохозяйственных культур во время выполнения технологического процесса в зерноуборочном комбайне, что достигается сведением механических повреждений к достижимому минимуму. Многочисленные исследования показывают, что повреждение зёрен приводит к нежелательным явлениям, таким как: снижение технологических свойств, уменьшение стойкости при хранении, резкое понижение семенных свойств зерна и др.

Результаты статистического исследования [1] показывают, что по степени наибольшего влияния на травмирование семенного материала в цепочке от уборки урожая до поступления на мельницу или крупозавод машины и агрегаты сельскохозяйственного назначения распределяются следующим образом: на первом месте – зерноуборочный комбайн (23–32%), на втором месте – сушильные агрегаты (6.3–11.4%), на третьем месте – ветро-решетные машины (2.71–5.4%). Представленные данные свидетельствуют о том, что полный учёт агробиологических особенностей объектов машинного воздействия в зерноуборочном комбайне является актуальной темой.

Среди современных методов компьютерного моделирования физических и технологических процессов особый интерес представляют методы, базирующиеся на концепции дискретного представления вещества – метод дискретных элементов.

Метод дискретных элементов может рассматриваться как обобщение метода конечных элементов. Он был разработан и впервые применен для исследования механики горных пород. При моделировании технологического процесса этим методом задаются начальные положения и скорости частиц. Затем, исходя из этих начальных данных и задаваемых физических законов взаимодействия частиц, вычисляются силы, действующие на каждую частицу. При этом можно учитывать самые различные законы взаимодействия; достаточно, чтобы для их описания существовали разрешимые уравнения. Для каждой частицы вычисляется результирующая сила и решается задача Коши на выбранном отрезке времени. В результате получаются начальные данные для следующего шага. Вычисления продолжа-

ются в течение всего представляющего интерес времени протекания процесса [2].

Существующие программные пакеты достаточно точно моделируют различные формы дискретных элементов (примеры дискретного представления различных частиц методом дискретных элементов представлены на рисунке 1).

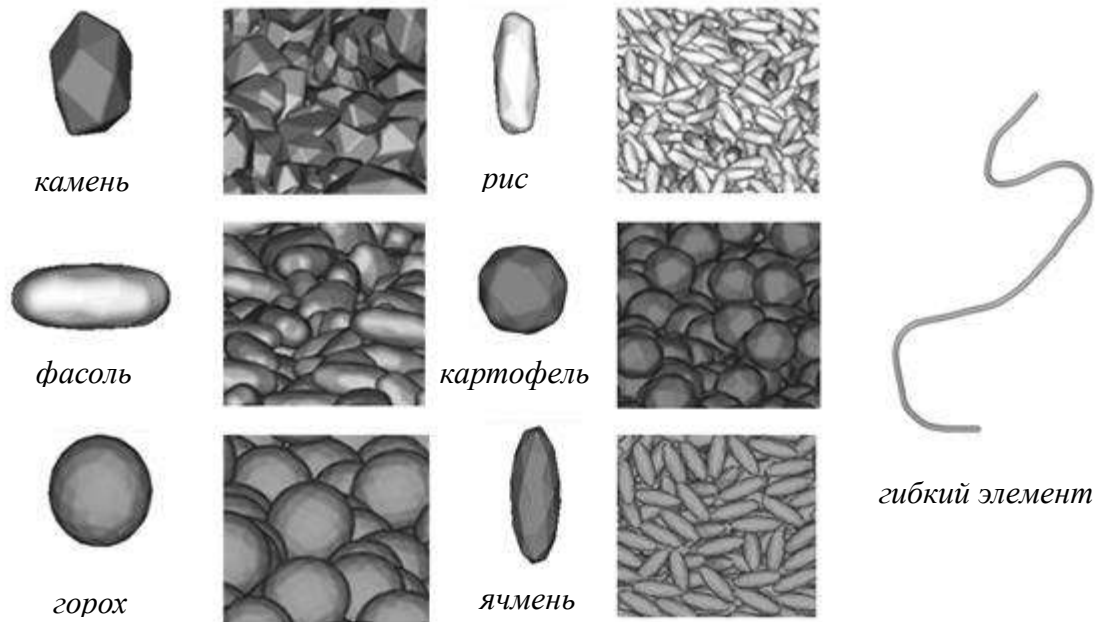


Рис. 1 - Пример дискретного представления вещества методом дискретных элементов

Безусловно, при вычислении движений каждой частицы описанными методами возникают необратимые погрешности, а задача вычисления индивидуальных траекторий принципиально нелинейна и неустойчива. Однако, исходя из физических соображений, можно ожидать, что эти обстоятельства не повлияют на макроскопическую усредненную картину процесса, а проведение натурных испытаний позволит верифицировать имитационные модели и снизить погрешность до минимально необходимого значения.

Важной особенностью при использовании рассматриваемого метода дискретных элементов является возможность прогнозирования поведения и состояния технологической массы в зерноуборочном комбайне для различных сельскохозяйственных культур при циклическом механическом воздействии на массу, что зависит от многих факторов: размерность и форма зёрен, их структурное состояние и прочность, влажность, фрикционные и аэродинамические свойства, а также асимметричность и частота циклов нагружения механического воздействия. Также важным преимуществом является визуализация моделируемых процессов на дисплее компьютера. Как показали первые опыты анализа технологического процесса

выгрузки зерна в зерноуборочном комбайне с помощью метода дискретных элементов, проведенные в НТЦК ОАО «Гомсельмаш», визуализированный технологический процесс позволяет выработать конструктивные решения по совершенствованию рабочих органов комбайна для оптимизации технологического процесса [3,4]. Эти результаты свидетельствуют о перспективности исследования технологических процессов в сельскохозяйственных машинах методом дискретных элементов, в частности, благодаря возможности учёта важных факторов, не учитываемых другими подходами.

Рассматриваемый метод может явиться особенно эффективным для моделирования и оптимизации процессов, происходящих в зерноуборочном комбайне:

- процессы обмолота и сепарации в МСУ с целью повышения производительности, снижения энергоемкости и повреждаемости зерна;
- процессы сепарации и очистки мелкого зернового вороха с целью повышения эффективности разделения на фракции, снижения потерь;
- процессы транспортировки зерна с целью снижения энергоемкости, повышения производительности, снижения повреждаемости и другие.

Литература

1. Гимадиев А.М. Обзор и анализ существующих в России поточных линий по переработки зернового материала / А.М. Гимадиев // Фундаментальные исследования, научная международная конференция, Израиль, 10-17 апреля 2010г. // Журнал "Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований", 2010. №5, с. 154–155.
2. Арсентьев В.А. Методы динамики частиц и дискретных элементов как инструмент исследования и оптимизации процессов переработки природных и техногенных материалов / В.А. Арсентьев, И.И. Блехман, Л.И. Блехман, Л.А. Вайсберг, К.С. Иванов, А.М. Кривцов // Журнал "Обогащение руд", 2010. №1, с. 30–35.
3. Иванов Д.Н. Применение имитационного моделирования для анализа технологического процесса выгрузки зерна / Д.Н. Иванов // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра: сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции. – Гомель: Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2017, с. 68–69.
4. Иванов, Д.Н. Модернизация параметров системы выгрузки зерна самоходного зерноуборочного комбайна / Д.Н. Иванов, Д.В. Джасов // Материалы XVII Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Исследования и разработка в области машиностроения, энергетики и управления», Гомель 2017, с. 76–79.

УДК 621.83.061.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИПЛИКАТОРОВ ДЛЯ ЗЕРНО- И КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» В УСЛОВИЯХ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПОСТАВЩИКОВ ДВИГАТЕЛЕЙ

Е.С. Короткевич

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

С целью повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции, расширения рынков сбыта и увеличения объемов экспортных поставок, на ОАО «Гомсельмаш» проводится большая работа по привязке двигателей различных производителей (ЯМЗ, ТМЗ, ММЗ, АМЗ, MTU, Volvo, Детройт Дизель, Cummins, Liebherr, Perkins), уровню экологического класса (Stage 0 – Stage 5), мощности и виду топлива.

Привод рабочих органов зерно- и кормоуборочных комбайнов (главный привод, гидронасосы привода ГСТ, рулевого управления и гидроцилиндров исполнительных механизмов) осуществляется от двигателей через мультипликаторы (рисунок 1).

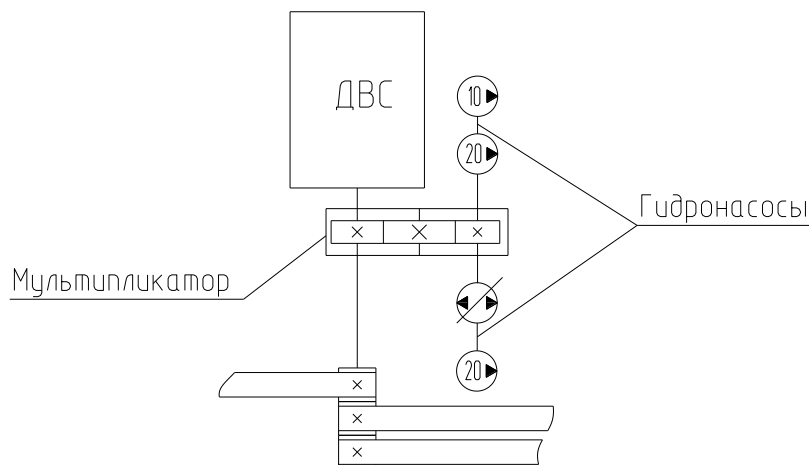


Рис. 1 – Принципиальная кинематическая схема привода рабочих зерно- и кормоуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш»

Мультипликаторы зерно- или кормоуборочных комбайнов производства ОАО «Гомсельмаш» представляют собой многоступенчатую механическую передачу:

1) передающую крутящий момент через главный вал на привод молотилки зерноуборочного комбайна или привод измельчающего барабана кормоуборочного комбайна,

2) повышающую частоты вращения выходных валов приводов гидронасосов;

3) служит опорой двигателя через корпус на раму комбайна.

Основными преимуществами применения мультипликаторов для привода рабочих органов зерно- и кормоуборочных комбайнов являются:

- 1) высокая нагрузочная способность;
- 2) малые габариты;
- 3) большая долговечность и надежность работы;
- 4) высокий КПД;
- 5) постоянство передаточного отношения;
- 6) возможность применения в широком диапазоне мощностей.

Недостатком, не снижающим существенного преимущества, являются повышенные требования к точности изготовления (8-В);

При привязке нового двигателя к комбайну перед конструкторами возникает ряд вопросов, которые необходимо решить при разработке нового изделия:

1) различные конструктивные особенности картеров маховиков двигателей ведут к изменению крышки мультипликатора;

2) применение различных муфт и демпферов ведет к изменению типоразмеров шлицевых хвостовиков ведущих валов мультипликатора;

3) изменение схемы включения ременных передач молотилки (применение муфты сцепления) на зерноуборочных комбайнах ведет к увеличению длины ведущего вала мультипликатора;

4) изменение номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя ведет к изменению передаточного отношения и, как следствие, изменению межосевого расстояния в корпусе;

5) применение различных производителей гидронасосов ведет к изменению присоединительных размеров по корпусу мультипликатора.

Именно в силу указанных причин одной из основных проблем является большое количество конструктивных исполнений мультипликаторов.

Как известно, одним из основных принципов конструирования является унификация ДСЕ, что улучшает качество изделий, делает конструкцию более технологичной, а ее производство – экономичным.

В ходе проведения опытно-конструкторских работ удалось добиться высокого коэффициента унификации по отношению к базовым серийно изготавливаемым мультипликаторам.

Расчет уровня унификации ведется по формуле (1)

$$\eta_{yn} = \frac{z_{yn}}{z} 100\%, \quad (1)$$

где $z_{\text{ун}}$ – число унифицированных деталей,
 z – общее число деталей.

Согласно проведенному расчету с использованием потенциала всех взаимозаменяемых на предприятии ДСЕ мультипликатор комбайна самоходного зерноуборочного КЗС-3321КР с двигателем производства «ЯМЗ» ($n=1800$ об/мин) унифицирован с мультипликатором комбайна самоходного зерноуборочного КЗС-1218А-1 и КЗС-3219 на 85%, с мультипликатором комбайна самоходного зерноуборочного на газомоторном топливе КЗС-4118 на 95,2%.

Мультипликатор для комбайна самоходного зерноуборочного КЗС-1218А-1 с двигателем производства ПАО «ТМЗ» унифицирован с мультипликатором комбайна самоходного зерноуборочного КЗС-1218А-1 с двигателем производства «ЯМЗ» на 95%. Сам же мультипликатор на 100% состоит из серийных деталей и сборочных единиц.

Проводимая в НТЦК работа по унификации является одним из способов повышения серийности производства ДСЕ и, следовательно, снижения затрат на изготовление выпускаемой техники, способствуя улучшению финансового состояния холдинга «Гомсельмаш».

Литература

1. ГОСТ 23945.0-80. Унификация изделий. Основные положения. – Введ. 01.07.80. – М.: Издательство стандартов, 1980, с. 6.
2. Детали машин и основы конструирования / М. Н. Ерохин [и др.]; под общ. ред. М.Н. Ерохина – М.: КолосС, 2005, с. 462.

УДК 621.793:538.9

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИАДГЕЗИОННЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ

Н.Ф. Соловей, Д.В. Рехлицкая, Е.А. Мастепанов
НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

В Научно-техническом центре комбайностроения ОАО «Гомсельмаш» совместно с ГНУ «ОИМ НАН Беларуси» продолжаются работы по разработке технологических процессов формирования на деталях технологического тракта кормо- и зерноуборочных комбайнов покрытий, обладающих повышенной износо- и коррозионной стойкостью и низкой адгезией к транспортируемым продуктам. Для проведения испытаний была изготовлена специальная установка, имитирующая работу стрясной доски зерноуборочного комбайна. Объекты испытаний выбирались на основе проведенных ранее исследований. (1, 2)

Образцы стали 3 без покрытия, с гальваническим покрытием Zn и (40X13+Zn), Zn и 40X13, нанесенные методом гиперзвуковой металлизации, устанавливались на установку испытаний антиадгезионных покрытий в контейнеры по 1 штуке. При испытаниях контейнеры на 1/3 объема заполнялись технологическим продуктом, имеющим влажность 59-62%. Требуемая влажность технологического продукта достигалась путем высушивания имеющейся растительной массы (полова различной фракции и технологическая пыль) до влажности ~ 0%. Затем в 90 г высушенного технологического продукта добавляли 150 г воды. Полученную смесь оставляли в закрытых емкостях на 18...18,5 часов. После выдержки технологический продукт взвешивали и рассчитывали влажность технологического продукта по формуле:

$$W_{\text{ТП}} = \frac{m_1 - m_0}{m_1} \times 100\% \quad (1)$$

где m_1 - масса полученного технологического продукта, г;

m_0 - масса начального технологического продукта, г.

Цикл испытаний включал: работу установки в течение 5 минут, перерыв – 30 мин. При каждом последующем цикле время увеличивалось на 5 минут до достижения 60 мин. После каждого цикла испытаний проводилась оценка налипания технологического продукта по соотношению налипшей и отделившейся масс технологического продукта при переворачивании контейнера. Весь объем технологического продукта рассчитанной влажности повторно загружали в контейнер и оставляли в открытом контейнере на 18 часов. После выдержки, контейнеры с технологическим продуктом подвергали испытаниям на установке в течение 15 мин. Повторно оценивали налипание технологического продукта по соотношению налипшей и отделившейся масс технологического продукта при перевора-

чивании контейнера. Полученные результаты сравнивались с показателями краевого угла смачивания покрытий, определенного ранее по методу. (2)

Установлено:

- Наблюдается высокая корреляция степени налипания и краевого угла смачивания;
- Высокий уровень антиадгезионных свойств гальванического покрытия цинком сохраняется до влажности растительной массы 29%. Минимум наблюдается при влажности растительной массы 58 – 59%;
- Для цинковых покрытий, полученных методом гиперзвуковой металлизации, при влажности растительной массы 58 – 59% масса налипшего продукта практически в два раза меньше, чем при гальваническом покрытии цинком.

Выводы:

1. При соблюдении условий оптимальной уборки зерна (влажность $\leq 19\%$), гальваническое покрытие Zn выполняет функцию антиадгезионного покрытия. А для уборки кукурузы влажностью $\geq 59\%$ более перспективным является покрытие Zn, нанесенное методом гиперзвуковой металлизации;
2. Высокие антиадгезионные свойства на поверхностях технологического тракта позволят не только повысить производительность за счет снижения коэффициента трения, но и увеличить объем бункера, изменив его нижнюю часть, за счет увеличения угла скольжения растительной массы.

Литература

1. Оценка возможности повышения долговечности деталей технологического тракта комбайнов / М.А. Белоцерковский, В.А. Шуринов, Н.Ф. Соловей, А.В. Сосновский // Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра», Сб. тез. докл. междун. науч.- практ. конф. – Гомель: Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 21–22 декабря 2017, с. 25 – 26.
2. Оценка адсорбционной активности поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Н.Ф. Соловей, Н.Н. Федосенко, А.С. Шантыко, А.А. Рогачев // 2-ая международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра», Сб. тез. докл. междун. науч.- практ. конф. – Гомель, 4–5 декабря 2018, с. 118 – 119.

УДК 621.791.927.5

ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ НАПЛАВЛЕННЫХ В РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ СЛОЕВ ПРИ ТРЕНИИ В УСЛОВИЯХ ГРАНИЧНОЙ СМАЗКИ

Е.Г. Трухан

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

В процессе эксплуатации наблюдается выход из строя деталей машин и механизмов. Основной причиной неисправности является износ пар трения. Процесс изнашивания сопровождается изменением формы и размеров деталей, появлением вибраций и дополнительных динамических нагрузок, а также возникновением концентраторов напряжений.

Исходя из опыта эксплуатации металлорежущего оборудования на 1 сверлильном станке в течении 2 - 3 лет из строя выходит 1 сверлильная головка по причине износа вала. Отдельно вал не поставляется и машиностроительные предприятия вынуждены закупать новые сверлильные головки, стоимость которых составляет около 3000 руб. за единицу.

Повышение срока службы вала достигается восстановлением. Чаще всего применяется наплавка, как один из наиболее производительных и экономичных способов. Режимы формирования и состав материала наплавленного слоя определяют долговечность восстановленной детали.

Особый интерес для практики представляет долговечность наплавленного слоя, поэтому была изучена зависимость интенсивности изнашивания от нагрузки для образцов, наплавленных в среде углекислого газа и аргона сварочной проволокой, а также для образца наплавленного электродом в воздушной среде.

Моделирование фрикционного узла осуществлялось на машине трения СМТ – 1 по схеме «ролик – вкладыш». Вкладыш (шириной 10 мм и длиной дуги контакта 20 мм) был изготовлен из серого чугуна СЧ15, а на поверхность ролика был нанесен наплавочный материал в среде аргона, углекислого газа и на воздухе. Для первых двух случаев наплавка проводилась легированной сварочной проволокой СВ–08Г2С, а в третьем сварочным электродом ЛЭЗ 29/9. После наплавки размеры ролика составили: высота 10 мм, внутренний диаметр 16 мм и наружный 40 мм.

Исследование процесса изнашивания наплавочных материалов проводилось при нагрузках: 20 Н; 50Н; 100Н; 150Н. В качестве смазочного материала использовалось индустриальное масло И–8А. Все испытания проводились при скоростях 0,75 м/с, 0,5 м/с и 0,25 м/с. Длительность одного испытания составила 2 часа.

Износ (по потере массы) регистрировался на аналитических весах ВЛР-200. Линейная интенсивность изнашивания определялась по формуле:

$$I_h = \frac{\Delta m}{\rho \cdot A_a \cdot v \cdot t'}$$

(1)

где Δm – изменение массы образца в результате изнашивания;

ρ – плотность наплавочного материала - 7200 кг/м³;

A_a – номинальная площадь поверхности трения - $2 \cdot 10^{-4}$, м²;

v – скорость скольжения, м/с ;

t – время динамического контакта, с.

Представленная на рисунке 1 диаграмма свидетельствует о том, что максимальной износостойкостью обладает слой восстановленный проволокой СВ-08Г2С в среде аргона. Более того, он обеспечивает минимальную интенсивность изнашивания сопрягаемой детали. Тот же материал, наплавленный в среде углекислого газа, обладает худшими триботехническими характеристиками. Такое различие может быть связано со структурой материала.

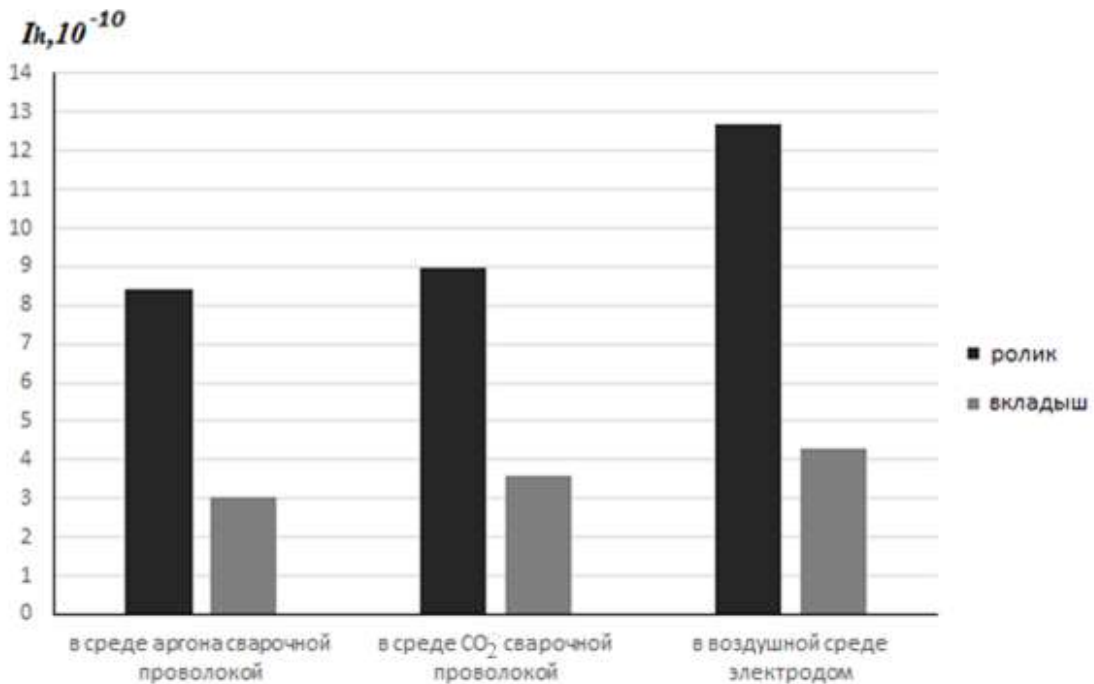


Рис. 1 – Диаграмма интенсивности изнашивания различных наплавочных материалов при трении со смазкой индустриальным маслом И-8А

В процессе трения происходят изменения структуры и свойств материала, которые определяют триботехнические характеристики сопряжения. Сопротивление наплавленного слоя изнашиванию определяется не столько исходным уровнем прочностных свойств, сколько свойствами новых структур, возникающих на поверхности трения. Структура, формирующегося поверхностного слоя возникает вследствие упрочнения металла по мере его износа за счет наклепа и диффузионных процессов. Происходит перестройка исходной структуры материалов в новую в направлении

максимального упрочнения. При этом возможна ориентация структуры относительно направления действия силы трения.

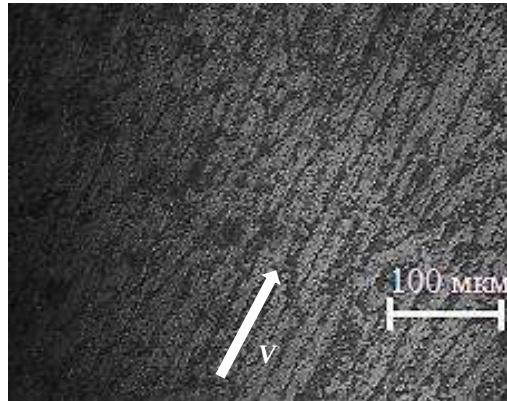


Рис. 2 – Микроструктура поверхностного слоя, наплавленного в среде углекислого газа (увеличение – $\times 200$)

Поверхностный слой ролика, восстановленного в среде углекислого газа, состоит из структуры, ориентированной в направлении скольжения. Микроструктура характеризуется преобладанием зерен феррита с включениями мелких перлитных зерен (рисунок 2).

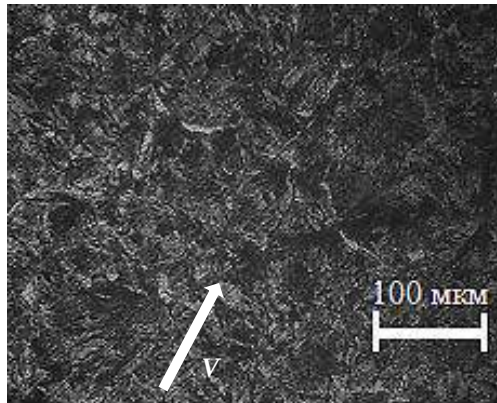


Рис. 3 – Микроструктура поверхностного слоя, наплавленного в среде аргона (увеличение – $\times 200$)

Для ролика, наплавленного в среде аргона, поверхностный слой остается дезориентированным, трение не оказывает на него влияния. Микроструктура характеризуется преобладанием зерен перлита с включениями ферритных зерен (рисунок 3). Исходя из размера зерен, можно сделать вывод о том, что металл прогревался меньше, чем при наплавке в углекислом газе.

Несмотря на ориентированную микроструктуру ролика, наплавленного в среде углекислого газа, коэффициент трения выше (для жидкого смазочного материала $f = 0,078$, а для пластичного $f = 0,093$), чем для ролика наплавленного в среде аргона (для жидкого смазочного материала $f = 0,067$, а для пластичного $f = 0,078$). Хотя, на первый взгляд, в направлении ориентации структуры f должен быть ниже, чем в перпендикулярном

направлении. Более высокую износостойкость слоя, наплавленного в среде аргона, по сравнению со слоем наплавленным в среде углекислого газа, можно объяснить наличием большего числа зерен перлита. Перлит обладает большей твердостью, чем феррит и как следствие, изнашивается в меньшей степени.

Минимальной износостойкостью обладает слой, наплавленный электродом ЛЭЗ 29/9. Более интенсивно изнашивается и сопрягаемое с ним контртело.

Литература

1. Богданович П.Н. Трение, смазка и износ в машинах: учебник/ П.Н. Богданович, В.Я. Прушак, С.П. Богданович. – Минск : Тэхналогія, 2011, с. 527.
2. Федин А.П. Сварка, наплавка и резка материалов : Учебное пособие для студентов механических специальностей вузов железнодорожного транспорта / А. П. Федин. – Минск : Вышэйшая школа, 1972, с. 272.

УДК 631.3.024/.02

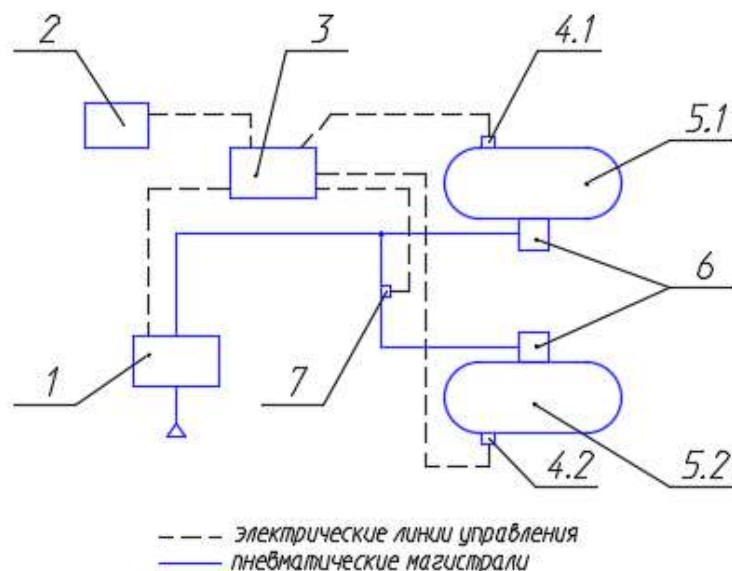
АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОДКАЧКИ ШИН КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ШИН НА ПОЧВУ

Д.М. Кариков, Е.А. Николенко
НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

В последнее время, наблюдая весенние всходы на полях, аграрии все чаще задумываются о появившемся в специальной литературе термине «машинная деградация почв». Одним из наиболее грозных факторов деградации почв является переуплотнение, вследствие воздействия колес сельскохозяйственной техники. Если почва переуплотнена, урожайность резко снижается. Это объясняется тем, что при переуплотнении почвы нарушается оптимальный состав почвы, а именно уменьшается содержание воды и воздуха, которые так необходимы для всех видов растений.

Одним из решений по снижению вредного воздействия колес сельскохозяйственной техники является увеличение площади контакта колеса с почвой. Это достигается за счет спаривания и страивания передних и задних колес, установки колес с широкопрофильными и арочными шинами, снижения давления воздуха в шинах. Последний способ был опробован и впервые реализован для самоходных кормоуборочных машин в конструкции комплекса кормоуборочного высокопроизводительного КВК-8060 производства ОАО «Гомсельмаш». С момента постановки на серийное производство в конструкции комплекса предусмотрена установка автоматической системы подкачки шин, позволяющей работать в двух режимах: «поле» и «дорога».

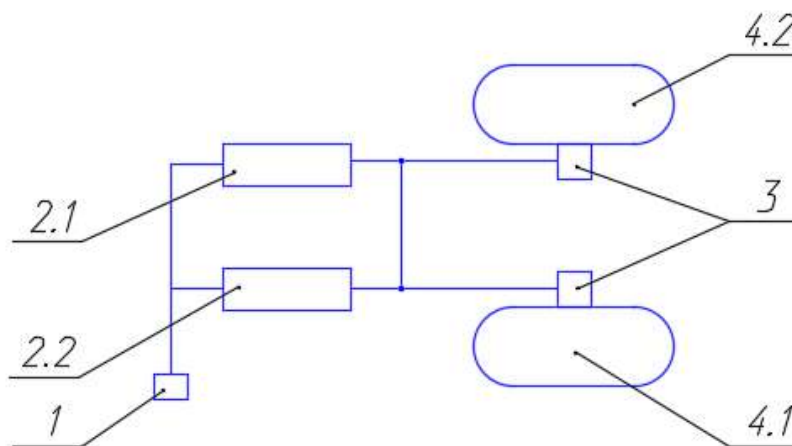
На этапе создания конструкции были изучены существующие конструкторские решения, предлагаемые специализированными фирмами (рисунк 1). Данные системы multifunctional и имеют множество возможностей по ручному и автоматическому заданию давления в шинах. Указанные возможности реализованы благодаря применению электронной системы управления, осуществляющей анализ показаний датчиков давления и управление блоком клапанов. Применение данных систем для снижения вредного воздействия колес сельскохозяйственной техники на почву, где необходимо осуществлять дискретное изменение давления в шинах от одного фиксированного значения к другому, на наш взгляд, необоснованно дорогостояще. В связи с чем, было принято решение разработки собственной системы подкачки шин без электронного управления (рисунк 2).



1 – блок электроуправляемых клапанов; 2 – панель индикации и управления; 3 – электронный модуль управления; 4.1, 4.2 – датчики контроля давления в шинах; 5.1, 5.2 – колеса комбайна; 6 – ротационные соединения; 7 – датчик давления контура накачки

Рис. 1 – Схема регулировки давления в шинах, предлагаемая специализированными предприятиями

Система была реализована на базе пневматических аппаратов (электроуправляемых клапанов и клапанов давления) серийно выпускаемых специализированными предприятиями. Управляя кнопкой в кабине, механизатор определяет режим движения («поле» или «дорога») и система автоматически устанавливает давление в шинах приводных колес в соответствии с заданным режимом.



1 - клапан обратный; 2.1 – блок клапанов, контроля верхнего предела давления (режим «дорога»), 2.2 – блок клапанов, контроля нижнего предела давления (режим «поле»); 3 – ротационные соединения; 4.1, 4.2 – колеса комбайна

Рис. 2 – Схема регулировки давления в шинах комбайна КВК-8060

В процессе создания конструкции отмечено следующее:

- система не требует установки специальных шин и существенного изменения конструкции машины;

- возможность увеличения площади контакта ограничена нижним пределом давления, установленным производителем шин;

- система должна иметь возможность установки как минимум двух значений давлений. Нижнее предельно допустимое значение давления в шинах – значение давления ограниченное производителем и позволяющее обеспечить максимально возможную площадь контакта шины с почвой. При данном значении давления допускается эксплуатация шины только при условии движения по полю с соответствующим ограничением максимальной скорости движения. Верхнее значение давления в шинах - значение давления в шинах, установленное производителем для движения по дорогам общего пользования;

- при применении заимствованных и разработки новых систем подкачки шин необходимо учитывать объем шин сельскохозяйственной техники и время, затрачиваемое на переход от одного предельного значения давления к другому;

- быстродействие перехода от одного предельного значения давления к другому существенно зависит от правильности выбора схемного решения, с учетом особенностей работы и пропускной способности аппаратов, осуществляющих контроль и поддержание заданного давления.

На основании изложенного и многолетнего положительного опыта эксплуатации можно сделать вывод, что систему с дискретным изменением давления в шинах от одного фиксированного значения к другому, с достаточным быстродействием, возможно реализовать на базе серийных пневматических аппаратов выпускаемых специализированными предприятиями, без применения электронной системы управления и накачки в шины специальных газов.

УДК 629.3.027.5

АДАПТАЦИЯ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КАЧЕНИЯ ВЕДУЩЕГО КОЛЕСА ПРИ ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС

С.Б. Анфиногенов

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Стендовые и эксплуатационные испытания шин для техники сельскохозяйственного назначения (далее – СХШ) являются обязательным условием, однако проведение испытаний в широком диапазоне варьируемых параметров является длительным и трудоемким. Целесообразно, чтобы определение триботехнических характеристик СХШ (в частности, сопротивления качению) было бы осуществлено на стадии проектирования, в том числе с применением адекватной расчетной модели.

Особенности поведения материалов СХШ при эксплуатации не позволяют корректно описать процесс качения колеса, используя только стандартные соотношения механики контактного взаимодействия. В настоящее время для прогнозирования механических характеристик подобного колеса используются модельные подходы. Существуют методики, которые достаточно сложны при использовании, в связи с чем актуальна разработка новых (в том числе упрощенных) расчетных методов, обладающих достаточной точностью. Основной недостаток использования упрощенных моделей процесса качения (Джонсон, Петров и др.), допускающих аналитическое решение, заключается в недостаточно точном соответствии расчетных оценок экспериментальным данным.

В работе предложена адаптированная математическая модель процесса качения СХШ, а также проанализирована методика расчета осадки и коэффициента сопротивления качению при постоянной скорости движения центра масс. На примере СХШ типа 30,5L-32 получены регрессионные зависимости коэффициента сопротивления качению от основных эксплуатационных параметров на примере качения ведущего колеса комбайна КЗС-1218 в агрегате с жаткой ЖЗК-9.

Также для изучаемой системы установлены:

- зависимость коэффициента сопротивления качению и осадки от вертикальной нагрузки при скорости движения центра масс $v = 7$ км/ч и внутреннем давлении $p_w = 2 \cdot 10^5$ Па;
- зависимость коэффициента сопротивления качению и осадки от внутреннего давления при вертикальной нагрузке $G = 9,2$ кН и скорости движения центра масс $v = 7$ км/ч.

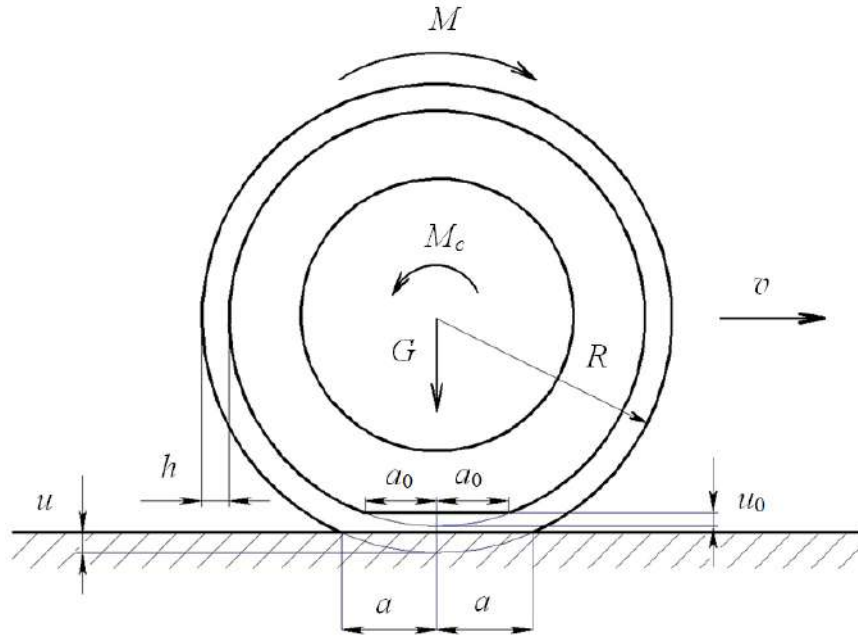


Рис. 1 - Модель катящегося колеса

$$G = \frac{1}{h} b v E \int_0^{2a/v} \left[u_h(t) - \int_0^t R(t-\tau) u_h(\tau) d\tau \right] dt,$$

$$M_c = \frac{1}{h} b v E \int_0^{2a/v} \left[u_h(t) - \int_0^t R(t-\tau) u_h(\tau) d\tau \right] (a - vt) dt.$$

При малом внутреннем давлении с достаточной степенью точности можно принять, что $a \approx a_0$. В этом случае изложенная методика расчета значительно упрощается, и для момента сопротивления качению можно получить:

$$M_c = G \left[a_0 - v \int_0^{2a_0/v} E_R(t) dt \left(\int_0^{2a_0/v} E_R(t) dt \right)^{-1} \right].$$

Здесь введена функция:

$$E_R(t) = E \left(1 - \int_0^t R(t-\tau) d\tau \right).$$

Безразмерный коэффициент сопротивления качению при рассматриваемом режиме движения колеса выражается через момент M_c :

$$f = \frac{M_c}{G(R-u)}.$$

Здесь u – полная осадка колеса (вертикальное смещение центра масс), которая определяется по формуле:

$$u = u_0 + \frac{a^2 - a_0^2}{2\sqrt{(R-u_0)^2 + a_0^2}}.$$

Результаты работы имеют практическое значение для предприятий сельскохозяйственного машиностроения и могут быть использованы при организации проекторочных работ по созданию новых перспектив-

ных образцов СХШ. Научная значимость заключается в развитии представлений о процессе качения тел, включая адаптацию методов моделирования для получения аналитических решений контактных задач о качении неоднородных тел, содержащих вязкоупругие и анизотропные материалы.

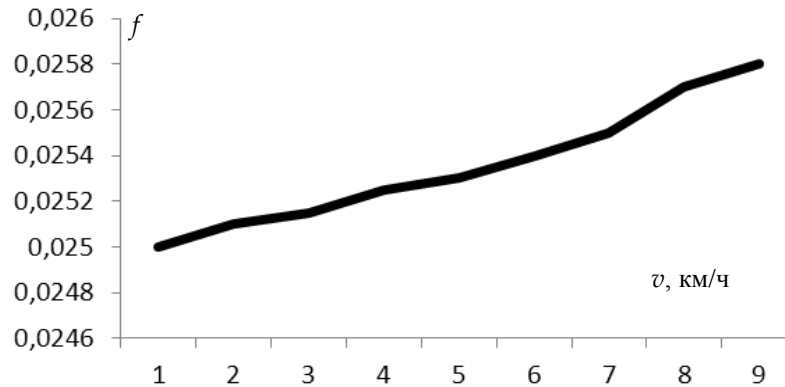


Рис. 2 - Зависимость коэффициента сопротивления качению от скорости движения центра масс при $G = 9,2 \text{ кН}$, внутреннее давление $p_w = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$

Литература

1. Анфиногенов С.Б. Эффективные вязкоупругие свойства резинокордного композита/ С.Б. Анфиногенов // 3-я Гомельская региональная конференция молодых ученых «Новые функциональные материалы, технологии и методы исследования» – Гомель, 3-4 октября 2006 г./ ИММС НАН, 2006, с. 52–54.
2. Анфиногенов С.Б. Анализ статического контакта автомобильной шины с дорожным покрытием/ С.Б. Анфиногенов, С.В. Шилько// Сборник трудов 6-й конференции пользователей программного обеспечения CAD-FEM GmbH – Москва, 20-21 апреля 2006 г./ Под ред. А.С. Шадского. – М.: Полигон-пресс, 2006, с. 197–200.
3. Черноус, Д.А. Расчётная оценка коэффициента сопротивления качению автомобильного колеса/ Д.А. Черноус, С.Б. Анфиногенов// Трение и износ. – 2006(27), № 5, с. 484–490.
4. Анализ контактного взаимодействия автомобильной шины с колесным диском и дорожным покрытием/ С.В. Шилько, В.В. Можаровский, С.Б. Анфиногенов, А.В. Хотько // «Механика-2007»: сборник научных трудов III Белорусского Конгресса по теоретической и прикладной механике, ОИМ НАН Беларуси, Минск, 16-18 окт. 2007 г. – Минск: ОИМ НАН Беларуси, 2007, с. 135–142.
5. Взаимодействие в системе пневматическое колесо-рельс транспортного средства на комбинированном ходу/ В.А. Довгяло, Д.И. Бочкарев, Д.А. Черноус, С.Б. Анфиногенов // Трение и износ. – 2008(29), № 6, с. 604–612.

УДК 62-8:531.3

СНИЖЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДА ОДНОНОЖЕВОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

А.Н. Вырский¹, А.С. Шантыко¹, Д.А. Дубовик², Н.П. Першукевич²¹НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь;²Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Развитие технологий в растениеводстве и связанное с этим увеличение урожайности зерновых культур требуют повышения производительности уборочной техники. Повышение производительности зерноуборочного комбайна сопровождается необходимостью увеличения пропускной способности очистки и конструктивной ширины захвата жатки [1]. Увеличение конструктивной ширины захвата жатки приводит к возрастанию нагрузки приводов рабочих органов и актуализирует НИОКР по снижению нагрузок в приводах колеблющихся рабочих органов комбайна.

Сотрудниками ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» совместно со специалистами Научно-технического центра комбайностроения ОАО «Гомсельмаш» предложены методы снижения нагрузки приводов колеблющихся рабочих органов [2, 3], основанные на рекуперации кинетической энергии колеблющихся масс механизма путем применения в конструкции привода упругих элементов и противовесов.

Целью настоящей работы является экспериментальная апробация правомерности разработанных теоретических положений.

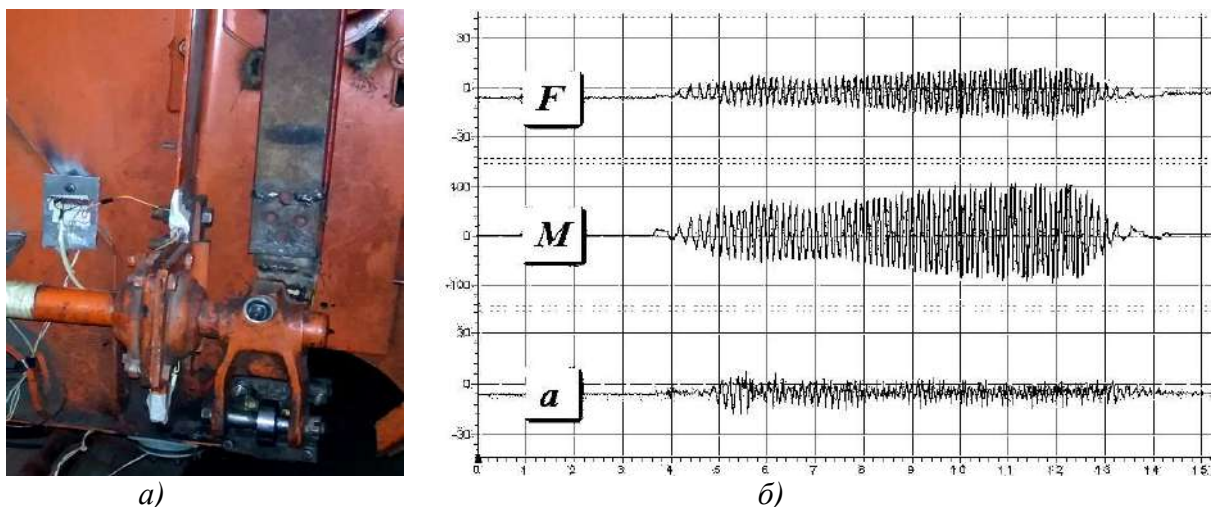


Рис. 1 - Макетный образец (а) и осциллограммы сигналов с датчиков (б) традиционного привода

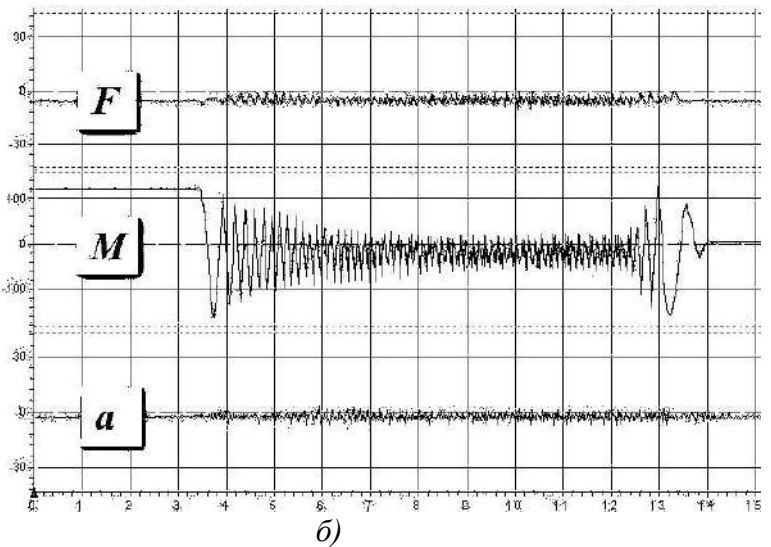


Рис. 2 - Макетный образец (а) и осциллограммы сигналов с датчиков (б) рекуперативного привода

Для проведения экспериментальных исследований в ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» разработан и изготовлен макетный образец привода колеблющихся рабочих органов, позволяющий моделировать работу традиционного (рисунок 1, а) и рекуперативного (рисунок 2, а) приводов одноножевого режущего аппарата. Оценка нагруженности привода осуществлялась с помощью датчика силы F на кронштейне опоры вала колебателя, датчика крутящего момента M на валу колебателя и датчика вибрации a рамы (акселерометра). Осциллограммы сигналов с датчиков, полученные при испытаниях, приведены на рисунках 1, б и 2, б.

Анализ экспериментальных данных показал снижение нагруженности привода одноножевого режущего аппарата более чем в 1,5 раза, а также позволил выявить факторы, влияющие на его эффективность.

Литература

1. Дубовик Д.А. Тенденции развития уборочной сельхозтехники / Д.А. Дубовик, Л.Ю. Бакалова, А.С. Шантыко// Новые материалы, оборудование и технологии в машиностроении : материалы Междунар. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев, 2018, с. 39.
2. Дубовик Д.А. Снижение вибрации рам машин с рекуперативными приводами колеблющихся рабочих органов / Д.А. Дубовик, Н.П. Першукевич, Н.Л. Ракова// Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2017, с. 67–68.
3. Способ снижения виброактивности и нагруженности привода одноножевого режущего аппарата/ Д.А. Дубовик, Н.П. Першукевич, И.А. Шаповал, А.Н. Вырский// Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев, 2018, с. 81–82.

УДК 621.855.058.2

СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИИ ВЕТВЕЙ КЛИНОРЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЖАТОК К ЗЕРНОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНАМ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ»

А.М. Мухлядо, М.А. Савков
ОАО «Гомсельмаш», г Гомель, Беларусь

В процессе работы жатки сила инерции ножа, которая изменяется по величине и направлению, создает переменную нагрузку на ременной привод режущего аппарата жатки. В результате чего, при совпадении собственных частот элементов конструкции ременного привода с частотой возвратно-поступательного движения ножа наблюдаются сильные колебания одной или нескольких ветвей ремня.

Предпочтительно в конструкциях сельскохозяйственных машинах применяют два способа натяжения ремня клиноременных передач – натяжение за счет сил упругости, обеспечивающее постоянное растягивающее усилие, и натяжение с помощью натяжного шкива.

От величины предварительного натяжения ремня зависит не только мощность по несущей способности ремня, что в определяет ресурс ремня, но и величину колебаний ветвей. При чрезмерно высоком натяжении ремня возрастает нагрузка на оси и упругая деформация валов, что ведет к ускоренному износу подшипников, поломке валов и более интенсивной вытяжке ремня.

Недостаточно натянутый ремень проскальзывает по канавкам шкивов, сильно нагревается и изнашивается. Возникающие колебания слабо-натянутых ветвей приводит к вибрации.

Колебания ветвей ремня приводят к следующим негативным последствиям:

- на ременных передачах с натяжением ремня при помощи пружины наблюдается износ втулки рычага и оси, на которой закреплен рычаг;
- снижение ресурса ремня, так как для устранения колебаний потребитель стремится увеличить силу натяжения ремня.

Поиск решения по снижению вибронегативности ременной передачи привода режущего аппарата является актуальной задачей.

Методы снижения вибронегативности ремней зависят от конструкции применяемого ременного привода.

На жатках производства ОАО «Гомсельмаш» применяются следующие типы клиноременных передач привода режущего аппарата, отличающиеся по способу регулирования натяжения ремня:

- с жестким натяжением ремня при помощи натяжного ролика, и жестко зафиксированного на боковине жатки в требуемом положении;
- с натяжением ремня при помощи натяжного ролика и пружины, закрепленной на двуплечем рычаге;
- кроме того имеются ременные передачи с изменяемым в процессе работы расстоянием между ведущим и ведомыми шкивами. В таких передачах кроме натяжных роликов применены и обводные ролики.

По результатам проведенных расчетов, а также стендовых и полевых испытаний были выработаны наиболее эффективные методы:

- увеличение массы ведомого шкива;
- применение дополнительного обводного ролика;
- применение амортизатора, подсоединенного к двуплечему рычагу;
- применение подводимого одностороннего упора для натяжного подпружиненного ролика.

С целью повышения надежности опоры двуплечего рычага вместо втулки скольжения применены подшипники качения. Применение выше указанных типов и методов, а так же различные их комбинации позволяют снизить вибрации ветвей клиноременной передачи привода режущего аппарата жаток.

УДК 538.9:535.8

ФОРМИРОВАНИЕ АНТИБЛИКОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЭКРАНЕ БОРТОВОГО КОМПЬЮТЕРАСЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Н.Ф. Соловей¹, Н.Н. Федосенко², Д.Л. Горбачёв², Е.А. Кулеш²

¹ НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь,

² Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины,
г. Гомель, Беларусь

При создании новой высокопроизводительной зерно- и кормоуборочной техники особое внимание уделяется вопросам создания комфортных условий труда механизатора. Внедрение методов автоматизированного контроля и управления технологическим процессом привело к массовому использованию бортовых компьютеров. В кабине комбайна с высокой степенью остекления в летний период уборки при ярком солнечном освещении на экране мониторов возникают блики, препятствующие принятию быстрых и своевременных решений. Для их устранения зарубежные производители сельскохозяйственной техники в экраны бортовых компьютеров встраивают дифракционную решетку. Другим направлением устранения бликов является нанесение на экран специализированных покрытий.

В качестве слоев для оптического многослойного покрытия наибольший интерес представляют тонкие, в основном четвертьволновые слои на основе тугоплавких окислов TiO_2 , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , ThO_2 , ZrO_2 , обладающие высокой механической прочностью и химической стабильностью [1], при этом показатели преломления оксидов перекрывают широкий диапазон. В случае, если изделие приклеивается к ЖК панели, антибликовое покрытие рассчитывается и формируется с учетом коэффициентов преломления используемого клея для получения наилучших спектральных характеристик.

Формирование однослойных покрытий на основе двуокиси кремния и циркония проводилось с помощью установки вакуумного напыления ВУ-1А, оборудованной источником электронно-лучевого испарения УЭЛИ-I и системой контроля оптических характеристик модели Iris 0211 (ООО «Эссент Оптик», Республика Беларусь). Осаждение покрытий осуществлялось испарением стандартных промышленно-выпускаемых мишеней на основе двуокиси кремния SiO_2 и двуокиси циркония ZrO_2 при максимальном ускоряющем напряжении 12 кВ и током эмиссии от 15 до 150 мА при остаточном давлении в камере $6 \cdot 10^{-3}$ Па. В качестве подложек для формируемых покрытий использовались полированные пластины кремния и оптического стекла К-8. Перед нанесением покрытия поверхность подложек предварительно подвергалась очистке с помощью низкоэнергетического

ионного источника типа «АИДА» в вакууме и последующему нагреву с помощью ИК-ламп до температуры 200 °С.

Спектры пропускания на подложках из оптического стекла К8, измеренные в диапазоне длин волн от 400 до 1000 Нм, приведены на рисунке 1. Полученные спектры для всех покрытий, нанесённых на прозрачные подложки из оптического стекла К8 имеют высокий коэффициент пропускания в пределах от 82 до 95% в видимом диапазоне длин волн с некоторым снижением интенсивности в длинноволновой части спектра. Коэффициенты отражения покрытий ZrO_2 и SiO_2 нанесённых на полированные пластины кремния колеблются в пределах от 5 до 40 %.

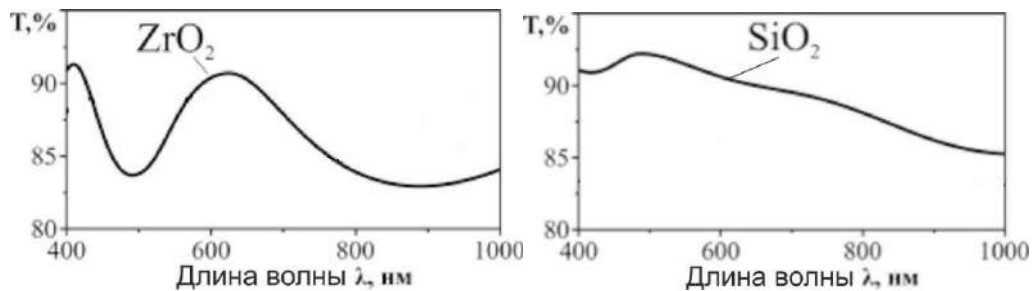


Рис. 1 – Спектры пропускания покрытий

На основе анализа данных триботехнических испытаний по схеме «сфера-плоскость» установлено, что покрытие ZrO_2 несколько снижает коэффициент трения поверхности кремниевой подложки до момента разрушения покрытия. Коэффициент трения покрытия SiO_2 стабилен в течении 2000 циклов истирания в пределах значений 0,3–0,4. Также покрытие SiO_2 характеризуется минимальным коэффициентом объемного износа контртела, что объясняется низкими значениями шероховатости поверхности покрытия и малыми размерами зерен по сравнению с покрытием двуокиси циркония.

Установлено, что рассматриваемый тип покрытий обладает высокой степенью однородности структуры, стабильностью оптических свойств в видимом диапазоне длин волн, минимальным коэффициентом объемного износа. Наиболее выраженный эффект антибликового покрытия получается при значениях показателя преломления в пределах 1,9–2,21 и коэффициента поглощения в пределах 0,01–0,054 (для видимой области спектров).

Литература

1. Comparative properties of ternary oxides of ZrO_2 - TiO_2 - Y_2O_3 obtained by laser ablation, magnetron sputtering and sol-gel techniques/ B. Mitu [et al.]// Thin Solid Films. – 2007. – Vol. 515. – P. 6484–6488.

УДК 631.365

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ УБОРОЧНО – ТРАНСПОРТНОГО И ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО – СУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ

В.П. Чеботарев

Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь

Важным условием стабильной работы уборочного и зерноочистительно-сушильного комплексов является соответствие производительностей основных их машин – парка зерноуборочных комбайнов, очистительных машин и зерносушилок. При этом вследствие существенного изменения в процессе уборки засоренности, влажности и видового состава обрабатываемого зернового вороха процессы предварительной очистки и сушки всегда значительно отличаются по производительности [1-2].

Для своевременного выполнения технологических операций по послеуборочной обработке зерна большое значение имеет комплексная механизация и автоматизация этих работ на основе применения наиболее прогрессивной в технике – экономическом отношении организации производственного процесса – поточной технологии. Поточная технология уборки и послеуборочной обработки зерна, осуществляемая с помощью зерноочистительно – сушильного комплекса, характеризуется непрерывностью технологического процесса, строгой последовательностью всех его технологических операций и наиболее короткими по времени и в пространстве циклами работ. Поточная технология представляет собой комплекс машин и оборудования, предназначенных для уборки, выгрузки зерна из транспортных средств, перемещения, очистки и сортирования зерновой массы, сушки, загрузки в емкости для хранения.

Разработка технологии уборки и послеуборочной обработки зерна, определение основных параметров зерноочистительно – сушильного комплекса основывается на следующих основных показателях:

- количестве и очередности поступления зерновой массы различных культур;
- назначении и интенсивности поступления зернового материала;
- влажности и засоренности поступающего зернового вороха.

При выборе оптимального соотношения параметров исследуемых машин и оборудования в выбранной паре отделений необходимо установить, в какой степени изменяются параметры потока обрабатываемого зерна, как это может влиять на работу предыдущих и последующих отделений и на работу зерноочистительно – сушильного комплекса в целом. Число одновременно убираемых культур, количество зерна каждой культуры и его влажность во

время уборки следует учитывать при определении необходимого числа поточных линий в составе пункта обработки зерна.

Все ежесуточно намолачиваемое зерноуборочными комбайнами зерно должно пройти обработку на зерноочистительно-сушильных комплексах. Среднегодовой валовой бункерный урожай зерна в хозяйстве подлежащий обработке на зерноочистительно – сушильном комплексе будет равен:

$$Q_{\text{вал}} = K_y K_z K_W \sum_{i=1}^n q_i S_i \quad (1)$$

где $Q_{\text{вал}}$ – валовой бункерный сезонный намолот зерна, т;

q_i – плановая урожайность i -ой культуры, т/га;

S_i – посевная площадь i -ой культуры, га;

n – число выращиваемых сельскохозяйственных культур подлежащих уборке;

$K_y K_z K_W$ – безразмерные коэффициенты определяющие колебания урожайности, засоренности и влажности бункерного зерна.

Для определения необходимой производительности зерноочистительного комплекса должно быть подсчитано суточное поступление зерна на послеуборочную обработку. Этот расчет может быть выполнен на основании статистических данных [2]. При этом среднесуточное поступление зерна можно определить исходя из валового сезонного бункерного намолота зерна и сроков уборки:

$$Q_{\text{сут}} = \frac{Q_{\text{вал}}}{\tau_y}, \quad (2)$$

где τ_y – продолжительность уборки, дней.

Среднесуточное поступление зерна может быть подсчитано по числу и производительности используемых комбайнов. При этом продолжительность сроков выполнения уборочных работ объективно определяется не минимальным, а агротехнически обоснованным временным периодом их проведения с применением экономически целесообразного количества технических средств. В этом случае следует иметь в виду то, что как число комбайнов, так и их производительность есть величины переменные и поэтому суточное поступление зерна за время уборки сильно колеблется. Анализ темпов уборки зерновых и зернобобовых культур, в наиболее урожайные 2008 и 2014 годы, показывает что образующийся период массовой уборки характеризуется среднесуточными темпами уборки посевных площадей на уровне 4,0...6,5 %, а с учетом возникающих неблагоприятных для работы комбайнов дней, может достигать до 8...10 %. Продолжительность периода массовой уборки составляет в среднем 10...14 календарных дней. При этом, за время массовой уборки убирается от 60 до 80 % урожая.

Найденную таким образом величину расчетной часовой производительности зерноочистительно - сушильного комплекса сопоставляют с паспортной производительностью сушильного отделения комплекса, определенного с уче-

том предварительной обработки комбайнового вороха на зерноочистительных машинах. Если производительность сушильного отделения окажется меньше, чем величина, определенная расчетом, рассматривается возможность использования в составе комплекса более производительной сушилки или отделения бункеров активного вентилирования. Если по каким-либо причинам этого сделать нельзя, зерноочистительно-сушильный комплекс подбирается по расчету производительности сушильного отделения.

Литература

1. Чеботарев В.П. Сушка зерна. Теория, расчет, эксперимент / В.П. Чеботарев, И.В. Чеботарев. - Минск: РУП "НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства", 2012, с. 520.
2. Глебов Л.А. Технологическое оборудование и поточные линии предприятий по переработке зерна: учебник / Л.А. Глебов, А.Б. Демский, В.Ф. Веденьев, А.Е. Яблоков. М.: ДеЛи принт, 2010, с. 696.

УДК 631.354.2.076

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОПИРОВАНИЯ КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Д.И. Хропаков, Д.В. Джасов, В.В. Подрез
НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Для обеспечения качественного технологического процесса заготовки кормов с минимальными потерями необходимо обеспечить заданную постоянную высоту рабочих органов адаптера относительно опорной поверхности поля. Учитывая, что поверхность поля имеет естественные неровности, для обеспечения постоянства высоты рабочих органов необходимо обеспечить возможность копирования рельефа поля агрегируемым адаптером.

Для копирования рельефа поля, снижения нагрузки на опорные башмаки адаптеров до необходимого уровня и обеспечения постоянного контакта опорных башмаков с почвой используются различные системы уравнивания. В последнее время наиболее широкое применение получили механизмы на основе пневмогидроаккумуляторов (ПГА), которые используются в качестве упругого элемента. ПГА гидравлически соединён с гидроцилиндрами (ГЦ) навесной системы. Преимуществом таких механизмов является совмещение рабочих процессов подъема и копирования. В системах такого типа для разгрузки опорных башмаков адаптера при осуществлении технологического процесса в диапазоне копирования используются те же ГЦ, которые осуществляют подъем адаптера в транспортное положение.

Для успешного функционирования механизмов копирования и подъема кормоуборочного комбайна КВК-6025 была поставлена задача подбора параметров системы «ГЦ – ПГА», обеспечивающих удовлетворительное копирование рельефа поля, а также работоспособность механизма подъема при агрегатировании комбайна со всем шлейфом используемых адаптеров.

Для решения этой задачи была сформирована математическая модель механизмов подъема и копирования адаптера с помощью векторного способа анализа механизмов [1, 2], применяемого более 15 лет в НТЦК ОАО «Гомсельмаш».

Изначально, для унификации конструкции комбайна, предполагалось использовать ГЦ с диаметром плунжера 63 мм. Характеристика копирования при этом удовлетворяет предъявляемым требованиям по нагрузке на башмаки адаптеров, однако максимальное давление на подъем во всем диапазоне составило 20,3 МПа. Это расчетное значение превышает давление предохранительного клапана на 16%. Следовательно, установка таких ГЦ недопустима. Гидроцилиндры с диаметром плунжера 80 мм обеспечивают гарантирован-

ный подъем адаптера с запасом 39% по давлению, однако использование их для механизма копирования недопустимо, т.к. нагрузка на башмаки возрастает выше рекомендуемых значений. Кроме этого, на характеристику копирования существенное влияние оказывает величина гистерезиса при подъеме и опускании адаптера. Эта величина для разного типоразмера ГЦ различается и вызвана трением прокладок о гильзу, местными сопротивлениями и пр. Так как величина потерь на трение для каждого гидроцилиндра является величиной приблизительно постоянной, то, увеличивая рабочее давление в замкнутой полости системы «ГЦ – ПГА» до максимальных значений, гистерезис в процентном соотношении будет оказывать меньшее воздействие на характеристику копирования. Поэтому для обеспечения работоспособности механизма копирования необходимо добиваться максимальных значений рабочего давления в замкнутой полости системы «ГЦ – ПГА».

Из вышеизложенного следует, что применение первого ГЦ не обеспечивает подъем наиболее тяжелого адаптера во всем диапазоне, а применение второго – не обеспечивает удовлетворительную характеристику его копирования.

Для решения представленной проблемы было предложено конструктивное решение, совмещающее две функции: подъема и копирования [3].

Разработанный тандем-ГЦ состоит из двух совмещенных ГЦ: плунжерного и поршневого типов с разделенными рабочими полостями. При подъеме и опускании адаптеров работает поршневая полость большего диаметра, а при осуществлении технологического процесса происходит закачка жидкости до давления, необходимого для уравнивания адаптера, в полость с меньшим диаметром плунжера системы «ГЦ – ПГА».

Благодаря сформированной математической модели механизмов подъема и уравнивания адаптеров было найдено техническое решение, обеспечивающее работоспособность механизма копирования и подъема кормоуборочного комбайна КВК-6025 при агрегатировании комбайна со всем шлейфом применяемых адаптеров.

Литература

1. Джасов Д.В. Анализ кинематики механизма привода системы очистки зерноуборочного комбайна КЗС-10К/ Д.В. Джасов, А.Н. Выровский, Ю.В. Чупрынин// Сборник научных трудов «Актуальные вопросы машиноведения», выпуск 7, Минск, 2018, с.79 – 82.
2. Рехлицкий О.В. Математическое описание системы уравнивания адаптеров мобильной кормоуборочной машины с применением пневмогидроаккумулятора/ Рехлицкий О.В., Чупрынин Ю.В.// Механика машин, механизмов и материалов. – 2014. – №1 (26), с. 40–48.
3. Гидравлический привод подъемного устройства уборочного модуля сельскохозяйственной машины : пат. ВУ 22334/ В.В. Подрез, И.В. Волков, Н.В. Шиш. – Оpubл. 28.02.2018.

УДК 631.352

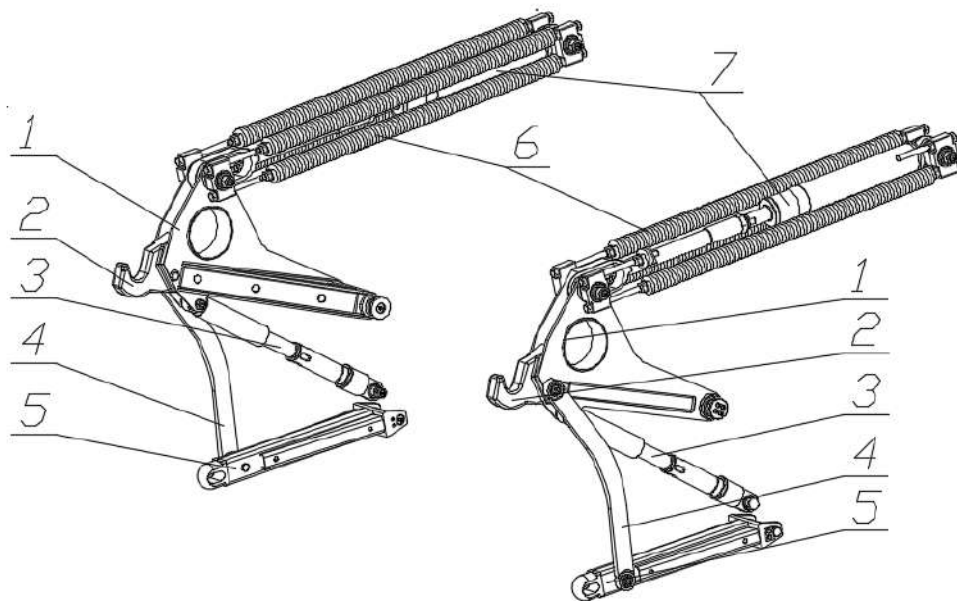
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМА И УРАВНОВЕШИВАНИЯ АДАПТЕРА КОСИЛКИ САМОХОДНОЙ

Д.В. Джасов

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Косилка самоходная КС-100 (косилка) предназначена для скашивания, плющения и укладки в валок трав урожайностью до 200 ц/га, а также для формирования либо оборачивания валков трав и зерновых культур на равнинных полях с уклоном до 8°.

Для агрегатирования адаптеров с косилкой используется навесное устройство, представленное на рисунке 1. Особенностью конструкции навесного устройства, является конструктивное совмещение механизма подъема навесного устройства и механизма уравнивания адаптера.



1 – рычаг верхний; 2 – крюк; 3 – ограничители; 4 – штанги; 5 – рычаг нижний; 6 – блоки пружин; 7 – гидроцилиндры

Рис. 1 - Навесное устройство косилки

Так как в механизме навесного устройства используются пружины, обеспечивающие уравнивание адаптера в рабочем режиме, то, с одной стороны пружина помогает поднимать адаптер при подъеме, с другой стороны, при опускании навески без адаптера гидроцилиндр преодолевает силу растяжения пружины. Следовательно, параметры гидроцилиндра должны быть подобраны таким образом, чтобы обеспечить: с одной стороны, подъем на максимальную высоту с максимально тяжелым адаптером для удобства установки адаптера на транспортную тележку, с другой –

опускание навески в максимально нижнее положение для удобства навешивания адаптера с земли.

Для обеспечения нормальной работы косилки при копировании рельефа поля реакция на опорных башмаках адаптера не должна превышать рекомендуемой величины. Эта величина зависит от регламентированной величины удельного давления на почву, на которой будет работать косилка, и конструктивной площади башмака для каждого конкретного адаптера. При большой величине реакции разрушается верхний слой почвы и увеличивается износ башмаков, при меньшей величине реакции наблюдается эффект галопирования и, как следствие, нестабильность высоты среза. Поэтому обеспечение заданной величины разброса опорной реакции на башмаке во всем диапазоне копирования является основным условием при проектировании рычажного механизма уравнивания адаптера.

Кроме вышеперечисленного, в связи с совмещением конструктивных элементов механизма подъема и механизма уравнивания накладываются взаимные ограничения на работоспособность механизмов. Например, настройка натяжения пружины для уравнивания адаптера ограничена минимальной длиной гидроцилиндра, а при максимально вытянутом гидроцилиндре не должно произойти превышение максимальной допустимой деформации пружины.

В связи с вышесказанным была поставлена задача оптимизации конструкции механизмов таким образом, чтобы оба соответствовали предъявляемым выше требованиям к их работоспособности.

Решение задачи связано с формированием адекватной функциональной математической модели обоих механизмов. Для упрощения задачи, учитывая некоторые особенности трехмерной схемы механизма и идеализируя геометрические параметры его звеньев, например симметрию схемы в продольной плоскости, параллельность осей шарниров между собой, была сформирована двумерная математическая модель механизмов.

Совокупность полученных математических выражений, сформированных векторным способом, дает исчерпывающее описание кинематики механизмов для всех его положений. На основании такого описания кинематики был проведен силовой анализ механизма для всех режимов работы, как механизма подъема, так и механизма уравнивания адаптеров.

В результате, сформированная математическая модель, позволила успешно провести с помощью пошаговой оптимизации методом последовательных приближений подбор параметров механизмов подъема и уравнивания таким образом, чтобы обеспечить агрегатирование и работоспособность косилки с тремя типами адаптеров: валковой жаткой с плющильным аппаратом, зерновой жаткой и валкооборачивателем.

УДК 631.354.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА ОБМОЛОТА ЗЕРНА

В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Брянский государственный
аграрный университет»,
с. Кокино, Брянская область, Россия

В результате анализа потенциальных направлений уменьшения энергоемкости уборки зерна было установлено, что одним из перспективных является очес растений на корню. Практика использования этого способа уборки свидетельствует о том, что для его оптимизации целесообразно удалить из очесанного вороха свободное зерно до поступления последнего в молотильное устройство.

Одним из вариантов решения проблемы является удаление свободного зерна непосредственно в наклонной камере, используя для этого решетчатое днище. Лабораторные опыты позволили оптимизировать параметры процесса. На их основе была разработана новая конструкция наклонной камеры, которая в настоящее время готовится к полевым испытаниям.

Альтернативным вариантом решения проблемы является размещение перед молотильным барабаном 3 (рисунок 1) движущейся сетчатой поверхности 1 (6), которая совершает вертикальные колебания за счет эксцентрисности барабанов 4 и 5.

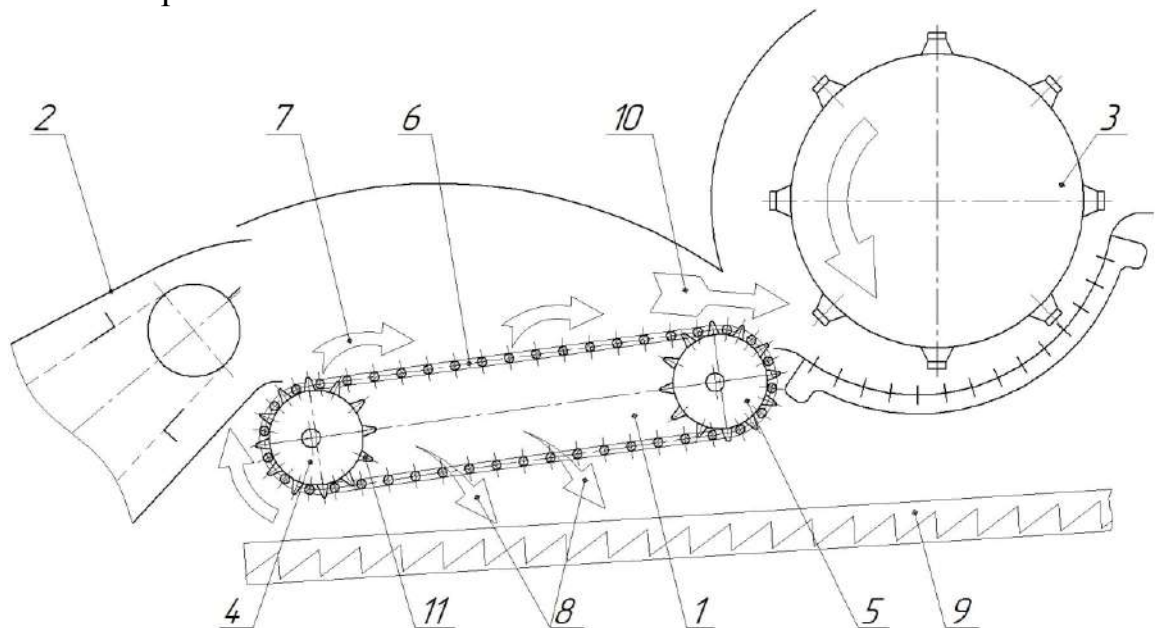


Рис. 1 - Принципиальная схема зерноуборочного комбайна, оснащенного транспортом с сетчатым ячеистым полотном (обозначение позиций в тексте)

В результате зерно и солома 8 просыпаются на транспортную доску 9, а в молотильный аппарат поступают только недомоленные колосья 10.

Для оценки работоспособности конструкции была изготовлена экспериментальная установка с размером ячеек сетки 17x15 мм. При скорости движения сетчатого полотна 3 м/с на поверхности длиной 2 м из очесанного вороха удалялось 95% зерна и 85% соломы (рисунок 2).

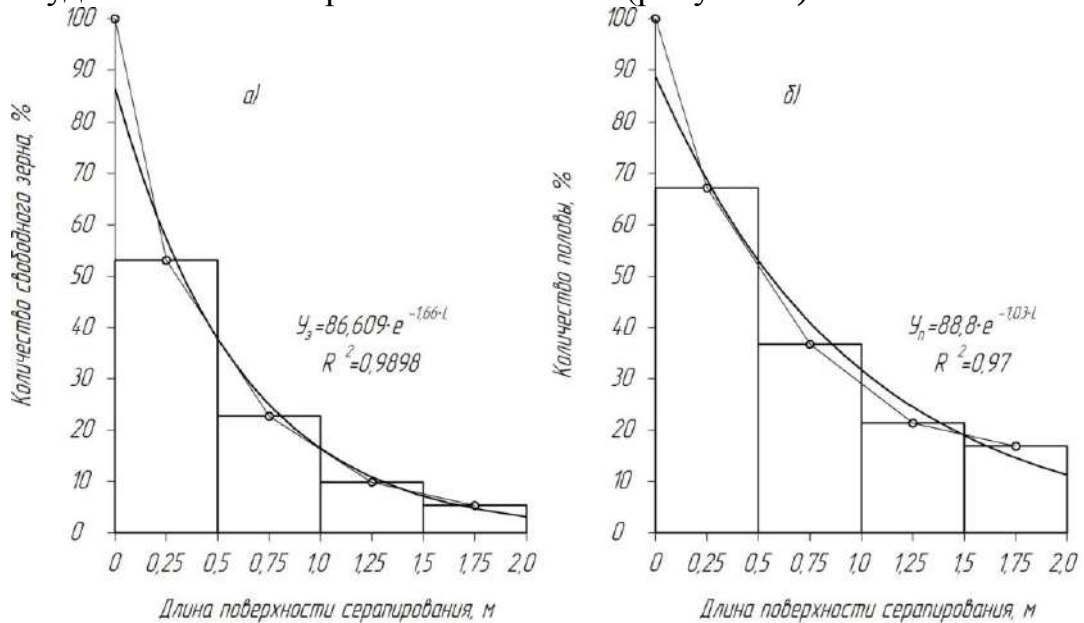


Рис. 2 - Убывание: а) свободного зерна из очесанного зернового вороха по длине поверхности сепарирования; б) соломы из очесанного зернового вороха по длине поверхности сепарирования

В результате расчетов установлено, что удаление из очесанного вороха свободного зерна, составляющего при очесе до 80% его массы, кроме уменьшения степени дробления продукции уменьшается и энергоемкость процесса. При пропускной способности 10 кг/с и ширине молотилки 1,2 м мощность, потребляемая молотильным барабаном, уменьшается на 10 кВт. Вследствие этого производительность комбайна может быть увеличена на 35%.

Выводы:

1. Доказана возможность эффективного удаления из очесанного вороха свободного зерна для исключения его поступления в молотильное устройство.
2. Внедрение в конструкцию зерноуборочного комбайна устройств для удаления свободного зерна способствует существенному увеличению производительности и экономической привлекательности очеса зерна на корню.

УДК 631.354.2

СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ 12-РЯДНОЙ ЖАТКИ ДЛЯ УБОРКИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО К ЗЕРНОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНАМ

Л.Б. Хайкин, К.Н. Яцко
ОАО «Гомсельмаш», г Гомель, Беларусь

Согласно программе разработки новой и модернизации серийной техники холдинга «Гомсельмаш» с целью повышения производительности зерноуборочных комбайнов КЗС–1624–1, КЗС–2124 и их модификаций разработана конструкция 12-рядной жатки для уборки кукурузы на зерно (рисунок 1, 2).

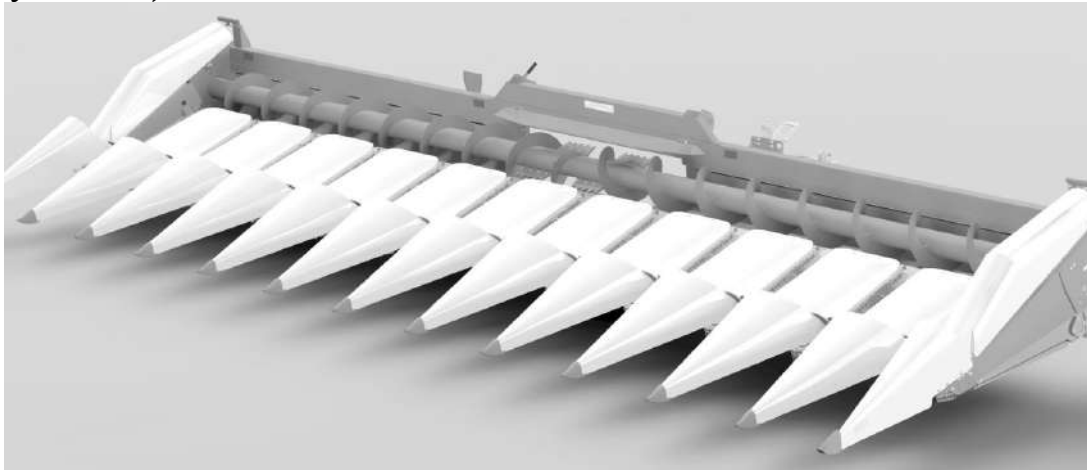


Рис. 1 -Общий вид 12-рядной жатки.

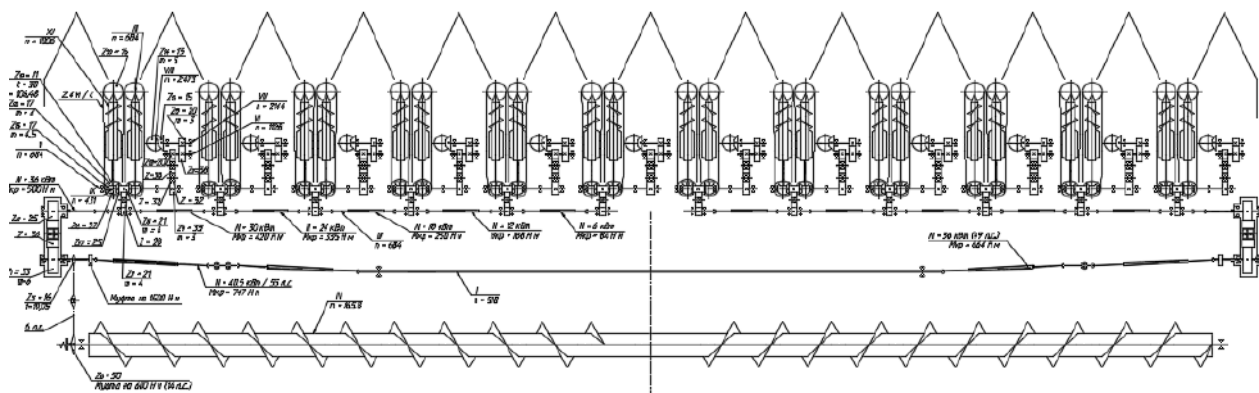


Рис. 2 - Кинематическая схема 12-рядной жатки.

В сравнении с серийными 8-рядными жатками в конструкции 12-рядной жатки взамен элементов с невысокой надежностью (2-х рядные

приводные цепи и цепные соединительные муфты) применены редукторы и карданные шарниры.

Для улучшения техпроцесса работы жатки и увеличения рабочей скорости изменена конструкция протягивающих валцов русел, а также применены транспортирующие цепи с измененными спец. звеньями. Для повышения активности подачи массы в наклонную камеру комбайна изменена конструкция центральной части шнека. Введен козырек над шнеком для исключения заброса частиц массы на наклонную камеру. Применено дистанционное управление перемещением початкоотрывных пластин при помощи гидроцилиндра.

Для ускорения процесса разработки в конструкции русел использованы серийные редукторы. Масса жатки составила 4500 кг, что обусловлено значительной металлоемкостью редукторов русел.

С целью дальнейшего совершенствования конструкции 12-рядной жатки предлагается измененная конструкция редуктора русла, что позволит снизить массу русла с 204 до 180 кг.

		Русло с серийным редуктором	Русло с модернизированным редуктором
Количество	зубчатых колес	19	12
	подшипников	27	16

Боковые цилиндрические редукторы предлагается присоединять непосредственно к редукторам боковых русел без использования дополнительных карданных шарниров. Применение модернизированных русел позволит уменьшить габарит жатки по ширине на 180...200 мм при сохранении рабочей ширины захвата. Снижение массы русел и уменьшение габарита позволит снизить металлоемкость рамных элементов жатки. Предполагаемая масса жатки составит 4000 ... 4100 кг.

Кинематическая схема жатки с модернизированными руслами представлена на рисунке 3.

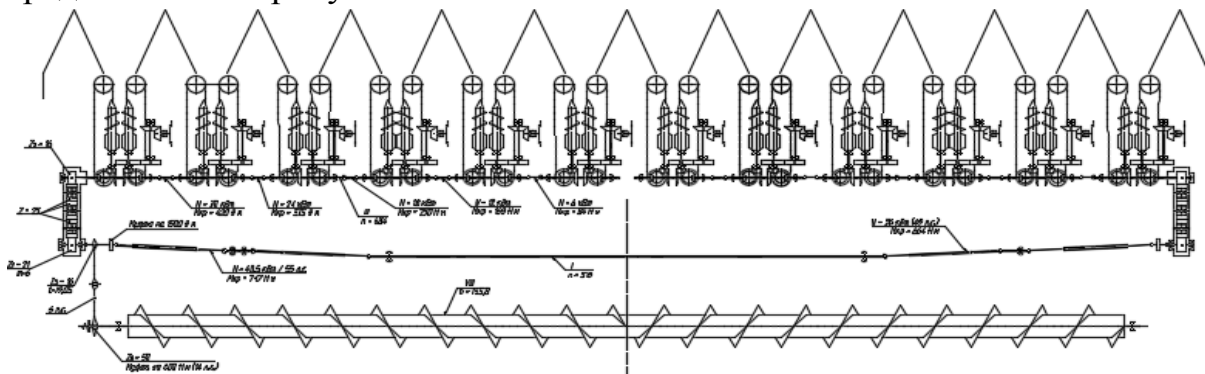


Рис. 3 - Кинематическая схема жатки с модернизированными руслами.

Снижение массы жатки обеспечит снижение нагрузки на наклонную камеру, передний мост и раму молотилки, уменьшение удельного давления на почву.

УДК 631.35:004.94

ПЕРЕХОД НА НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАСШТАБАХ ПРЕДПРИЯТИЯ

И.А. Кольцова

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Использование IT-технологий является сегодня обязательным условием для эффективного управления промышленным предприятием и повышения его конкурентоспособности. Сегодня, на предприятие внедряются новые передовые информационные технологии (IT-технологии), где раньше работали старые локальные программы. Именно в этих условиях целесообразен эволюционный путь внедрения новых IT-технологий. Указанные виды обеспечений применимы и к ОАО «Гомсельмаш» и к другим предприятиям, кто занимается внедрением всего нового в области IT-технологий.

Наиболее важные из видов обеспечений, являющимися основополагающими при внедрение передовых информационных IT-технологий.

Внедрение новых передовых информационных технологий в холдинге «ОАО Гомсельмаш» возможно с использованием:

- технического обеспечения; программного обеспечения; организационного обеспечения; эргономического обеспечения; концептуального обеспечения; информационного обеспечения.

Обозначим роль каждого вида обеспечения [3]:

- *техническое (аппаратное) обеспечение (ТО).*

ТО - совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих технических средств при постоянной политики «Модернизации и повышения технического уровня технических (аппаратных) средств»;

- *программное обеспечение (ПО).*

ПО включает лицензионные серверные операционные системы, лицензионные программные PDM –системы и другие системы, системы для 3D-проектирования, изготовления конструкторской документации и размещение результатов в PDM –системе. Программным системам надлежит функционировать в одном объединенном информационном пространстве холдинга ОАО «Гомсельмаш», интегрироваться между собой, с возможностью передачи данных с согласованными форматами данных («принцип совместимости»). В процессе работы необходимо выполнять постоянное обновление версий ПО с учётом «Плана тех перевооружения».

– *организационное обеспечение* включает положения, инструкции, приказы и другие документы, регламентирующие организационную структуру подразделений предприятия и их взаимодействие с новыми ИТ-технологиями. Для продвижения ИТ-технологий необходимо разработка новых стандартов предприятия, строгое исполнение ТНПА;

Внедрение новых ИТ-технологий – это в первую очередь изменение технологии работы и готовность персонала. Персонал следует обучить и подготовить к внедрению новых технологий. «Персонал должен быть обучен и компетентен».

– *эргономическое обеспечение* [ГОСТ34.003-90] — необходимо для функционирования ИТ-технологий на предприятии, предназначено для создания оптимальных максимально комфортных условий высокоэффективной и безошибочной деятельности человека и, для ее быстрее освоения.[2]

На инженерно-психологическое обеспечение при внедрении ИТ-технологий стоит обратить внимание. Эффективность использования быстро развивающихся ИТ-технологий и аппаратных средств их реализации существенно зависит от учета «человеческого фактора» при их разработке и эксплуатации. Зачастую новые ИТ-технологии и используемые в них технические и программные средства наукоемкие для пользователя, подготовка персонала для работы с ними требует значительного времени и материальных затрат.

Сегодня, одним из важных вопросов, является мотивация и стимулирование персонала. При внедрении ИТ-технологий главную роль играет персонал, эффективность работы которого в значительной степени зависит от мотивации. Мотивация – процесс стимулирования сотрудников к внедрению новых ИТ-технологий. Персонал должен быть мотивирован, что сможет внедрить новые технологии, изменить старые подходы, старые способы работы.

– *концептуальное обеспечение* – совокупность современных концепций, отражающих цели развития системы, портфель «решений». На предприятии следует четко определить стратегию развития внедрения новых ИТ-технологий. На ОАО «Гомсельмаш» разработан и согласован с Министерством промышленности документ «Стратегия развития концепции Индустрия 4.0 ОАО «Гомсельмаш» на 2017-2022 годы».

– *информационное обеспечение*, объединяющие данные, централизованное накопление и коллективное использования данных (информационный фонд). Сохранение данных об изделиях в единой базе данных. Создание нормативно-справочной информации «Справочников», «Библиотек» – для многопользовательского использования их на предприятии с назначением администратора библиотек (и дублера).

Новые ИТ-технологий. В НТЦК ОАО «Гомсельмаш» используется система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и

подготовки производства изделий высокой сложности - Creo. Конструкторская проработка, разработка всех новых машин осуществляется в среде 3D- моделирования с компоновкой, как новых узлов, так и изделия в целом. Ее использование позволило существенно сократить время разработки изделий сельскохозяйственной техники, при одновременном увеличении качества, уменьшить расходы на проектирование и изготовление. Обеспечено хранение данных в едином пространстве PDM Windchill. Разработка новых изделий проводится в Windchill. Это инновационный инструмент, предназначенный для управления жизненным циклом изделия, организации совместной работы и автоматизации процессов управления данными об изделии в распределенной среде проектирования. В течение жизненного цикла изделия Windchill позволяет контролировать все данные о нем: программное обеспечение для станков с ЧПУ, иллюстрации, технические публикации и др. Благодаря веб-архитектуре Windchill позволяет координировать работу проектных групп по всей организации, а также за ее пределами. Обеспечивается командная, многопользовательская работа над проектами. С помощью Web-сервиса осуществляется передача электронной структуры изделия, разработанной в системе Windchill, в корпоративную заводскую систему SAP ERP ОАО «Гомсельмаш». Конечной целью системы Windchill/ Creo является создание полного электронного документооборота, включая согласование конструкторской документации с подразделениями холдинга «Гомсельмаш».

Актуальность электронных данных. Повышается роль 3D-модели и заполненных атрибутов на всем жизненном цикле изделия, уход от бумажного носителя.[1] Электронная 3D-модель детали должна содержать все данные, необходимые для изготовления и контроля детали в соответствии с требованиями. В соответствии с ТНПА электронная модель детали, является основным конструкторским документом. Необходимо повышать роль актуальной 3D-модели и ассоциативно связанных чертежей, заполненных атрибутивных параметров для взаимодействия конструктор-технолог. Актуальность модели следует рассматривать в связи с проведением изменений (Проведение «Извещения на изменения» в системе Windchill). Обязательно применение принципа «унификации» деталей, сборочных единиц в системе Windchill. Принцип «Нормализации данных» действует при проектировании и заполнении атрибутов 3D-моделей, чертежей, проверки конструкторских документов. Правильно заполненные, вовремя проверенные атрибуты, которые определяют геометрию модели (размеры, допуски, материал, шероховатость и др), текстовые атрибуты (аннотации) на 3D-моделях, ассоциативно переносятся на чертеж и получаемую конструкторскую документацию. Для адаптации системы Windchill/Creo проводится обучение конструкторов, технологов.

Мы живем в век IT-технологий и всеобщей массовой компьютеризации, четвертой индустриальной революции «Индустрия 4.0» и успех от использования новых IT-технологий будет достигнут тогда, когда персонал готов использовать передовые технологии, обучен, компетентен, технологичен, достаточно мотивирован, способен развивать систему дальше. Руководители всех уровней понимают бизнес-процессы, возникающие в системе, поддерживают правильность и качество обрабатываемой информации, учитывают ограничения и используют преимущества внедрённых IT-технологий.

Литература

1. ГОСТ 2.052-2015 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Электронная модель изделия.
2. ГОСТ 34.003-90 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины и определения
3. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000, с.188.

УДК 621.785.5

КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА В КАБИНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Я.В. Кнут

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Одним из важнейших показателей технического уровня современных сельскохозяйственных машин является обеспечение безопасности труда операторов путем создания в кабинах необходимого микроклимата и выполнения при этом санитарных норм по чистоте воздуха на рабочем месте. Поскольку сельскохозяйственная техника используется во многих климатических зонах и эксплуатируется в разные периоды года, то для нормализации микроклимата в кабинах необходимы устройства различного назначения: для отопления, вентиляции, охлаждения и очистки воздуха от вредных примесей, т. е. соответствующие технические средства, содержащие как элементы пассивной тепловой защиты герметизированных кабин, так и установки тепловлажностной обработки с очисткой воздуха.

Агрегат, в котором осуществляется необходимая обработка воздуха (очистка от вредных примесей, подогрев, увлажнение, охлаждение, осушение) называют установкой кондиционирования воздуха, кондиционером воздуха или климатической установкой. В кабине сельскохозяйственной машины, как правило, требуется круглогодичная климатическая установка.

В общей проблеме кондиционирования воздуха в кабинах вопрос его очистки от пыли с содержащимися в ней вредными для здоровья человека примесями приобрел в настоящее время ведущую роль, учитывая ухудшение экологической ситуации в результате накопления в почве с сохранением до нескольких десятилетий своих агрессивных качеств ядохимикатов, минеральных удобрений и радионуклидов. Необходимость защиты от пыли порождает в итоге и остальные вопросы всей проблемы нормализации микроклимата, т. к. защищаясь от внешней пыли, оператор должен работать в закрытой вентилируемой кабине. Это приводит к повышению в ней температуры воздуха, что в значительной мере является следствием «парникового» эффекта в результате воздействия солнечной радиации на замкнутый объект со значительной площадью остекления.

В настоящее время на сельскохозяйственной технике применяются климатические установки с парокомпрессионной холодильной машиной в связи с отработанностью их конструкции в автомобилестроении. Используемый в этих установках хладагент марки R-134a отвечает таким требованиям, как безвредность для организма человека, невоспламеняемость и взрывобезопасность, инертность в отношении металлов и смазочных масел, умеренность

давления конденсации в диапазоне рабочих температур климатических установок.

Что же касается экологической стороны, то этот вопрос в первую очередь решается за счет повышенных требований к герметичности конструкции климатических установок и их высококвалифицированного обслуживания.

Большое внимание уделяется пассивным средствам тепловой защиты кабин, включающих: тепло- и шумоизоляцию в виде пористых материалов (применяется как облицовка интерьера на боковых стенках и потолке); коврики на полу кабины из вспененного резино-пластика с резиновым покрытием; экран в виде солнцезащитной шторки для защиты окон от солнечных лучей; теплозащитные стекла для защиты прозрачных участков кабины от солнечной радиации; установка кабины на виброизоляторы и др. Стремясь сократить выбросы парниковых газов, в 2006 г. Парламент Евросоюза опубликовал Директиву об автомобильных кондиционерах, предписывающую с 1 января 2011 г. заправлять кондиционеры новых машин только хладагентами, потенциал глобального потепления (ПГП – коэффициент, определяющий степень воздействия различных парниковых газов на глобальное потепление) которых менее 150. Принятие этой Директивы означало, что эпохе, когда в большинстве автокондиционеров использовался хладагент R-134a, чей ПГП около 1430, приходит конец.

В качестве замены R-134a автопроизводители рассматривали разные вещества, в числе которых диоксид углерода, пропан, изобутан и R-152a (дифторэтан). Но у каждого из этих веществ есть свои серьезные недостатки: высокое рабочее давление, низкая термодинамическая эффективность, высокая воспламеняемость или взрывоопасность. Тем временем производители хладагентов разрабатывали новые продукты, которые бы удовлетворяли запросам индустрии и нормам Директивы об автомобильных кондиционерах.

Международное общество автомобильных инженеров (SAE) изучило в рамках совместной научно-исследовательской программы (SAE CRP) все имеющиеся варианты и остановило свой выбор на хладагенте HFO-1234yf как на решении, соответствующем новым европейским требованиям. Хладагент HFO-1234yf – прозрачный, бесцветный, сжиженный под давлением газ. Нетоксичен. Классифицируется как слабовоспламеняемый. Его ПГП равен 4, что на 99,7 % ниже, чем у R-134a. Переход автомобильной промышленности на использование в кондиционерах хладагента HFO-1234yf приведет к его применению в климатических установках сельскохозяйственных машин.

Литература

1. Михайлов В.А. Средства нормализации микроклимата и оздоровления воздушной среды в кабинах тракторов: учебное пособие для студентов специальности 150100 «Автомобиле- и тракторостроение»/ В.А. Михайлов, Н.Н. Шарипова; под общей редакцией д. т. н., проф. В.М. Шарипва. - М: МГТУ «МАМИ», 2002. - 90 с.

УДК 631.35

ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ УБОРКИ РАПСА В УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕГО ГАРМОНИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

А.В. Воронин, М.А. Савков
НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Для расширения эксплуатационных характеристик соевой жатки ЖЗС-7 было принято решение оснащать её приспособлением для уборки рапса ПР-7. Для этого необходимо было внести изменения в конструкцию соевой жатки таким образом, что бы обеспечить агрегатирование с рапсовой приставкой с сохранением прочности боковин.

Приспособление состоит из рамы, двух вертикально расположенных активных делителей, режущего аппарата, гидросистемы и комплекта по переоборудованию для уборки рапса.

После изготовления первого опытного образца соевой жатки ЖЗС-7 с приспособлением для уборки рапса ПР-7 было выявлено, что в процессе полевых испытаний наблюдается повышенная амплитуда колебаний гидромоторов приводов активных делителей в поперечном направлении. Это приводит к ухудшению эксплуатационных свойств жатки и повышает вероятность выхода из строя рамы рапсовой приставки. В связи с этим была поставлена задача снижения динамической нагруженности конструкции режущих аппаратов активных делителей, путем нахождения оптимальной жёсткости рамы рапсовой приставки.

Задача решалась путём создания расчётной модели конструкции с последующим расчётом собственных частот и форм колебаний. Расчётная модель была верифицирована путём замера виброускорений на приспособлении для уборки рапса ПР-7 с соевой жаткой ЖЗС-7 при помощи анализатора спектра «ЭКОФИЗИКА-110А». Средние значения результатов измерений частоты колебаний и виброускорений представлены в таблице 1. Результаты статической обработки проведенных опытов свидетельствуют о том, что разброс значений с доверительной вероятностью 96 % не превышает $\pm 5\%$.

Оценка влияния источников проводилась по критерию совпадения измеренных частот колебаний боковин с частотами вынужденных колебаний, исходящих от различных рабочих органов комбайна, находящихся в непосредственной близости от рассматриваемых элементов конструкции. По результатам анализа этим источником вынужденных колебаний стал режущий аппарат приспособления для уборки рапса.

Табл. 1 - Соответствие уровня виброускорения (м/с^2) номограмме восприятия колебаний по методике ВНИИМОЖ [1] на раме режущих аппаратов делителей приспособления для уборки рапса ПР-7

Место измерения	Частота колебаний, Гц	Виброускорение, дБ	№ зоны колебаний по номограмме восприятия ВНИИМОЖ
На левой боковине приспособления	9.52	145.4	1 – очень сильные колебания (возможны повреждения конструкции)
На правой боковине приспособления	9.52	150.1	1 – очень сильные колебания (возможны повреждения конструкции)

Для обеспечения работоспособности рассматриваемой конструкции необходимо добиться отстройки собственных частот конструкции от частоты внешних возмущающих воздействий не менее чем 20 % [2].

Достижение отстройки путём изменения частоты двойных ходов режущего аппарата не представляется возможным, так как они соответствуют величинам, обеспечивающим стабильный технологический процесс. Поэтому после верификации расчётной модели были выработаны наиболее эффективные способы по отстройке собственных частот и форм колебаний конструкции от резонанса.

Последующие экспериментальные исследования показали, что внесённые изменения в конструкцию рапсовой приставки позволили добиться снижения динамической нагруженности крепления гидромоторов приводов активных делителей на раме приспособления для уборки рапса до приемлемых значений.

Изложенный выше подход исследования работоспособности конструкций, работающих в зоне постоянного динамического нагружения, эффективно применяется в НТЦК ОАО «Гомсельмаш» при проектировании и модернизации других уборочных сельскохозяйственных машин».

Литература.

1. Горбатов В.В. Типовая методика испытаний сельскохозяйственной техники на виброзащищённость / В.В. Горбатов. – М.:ВНИИМОЖ, 1986, с. 219.
2. Штейнвольф Л.И. Динамические расчеты машин и механизмов/ Л.И. Штейнвольф. – М.: Машгиз, 1961.

УДК 621.01

**СОВРЕМЕННОЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙ-
СТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ И ПУТИ ЕГО РАЗВИТИЯ
В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНЦИИ
С ЗАПАДНЫМИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ.**

Д.А. Мамсик

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Все начало ХХІ века, и второе его десятилетие в особенности принесли множество перспективных технологий в каждом направлении машиностроения благодаря непрерывной работе ученых и инженеров во всем мире. И если во второй половине ХХ века машиностроение большей частью нарабатывало базу для интенсивных изменений, было по большей части экспериментальным, то с переходом в новое столетие направление и характер разработок изменились в сторону все более глубокого и тщательного анализа и улучшения имеющихся конструкций.

Так, например, мощность бензиновых ДВС, доступных широкому кругу потребителей, возросла с 75 л.с. при объеме в 1,6 л (1995 год) до 140 л.с. при объеме в 1,4 л (2012 год). То есть, литровая мощность повысилась на 113% при снижении вредных выбросов. В таком росте мощности нет коренного изменения конструкции двигателя, кроме усовершенствования систем питания, впуска, выпуска и управления. Это подтверждает идею об ориентированности машиностроения на углубление в имеющуюся базу.

Касаясь сельскохозяйственного машиностроения, и, в частности, западного, следует отметить такую же динамику движения в сторону оттачивания имеющихся наработок. Так, среди всех производителей кормоуборочной техники, только компания Кгоне выпускает жатку сплошного среза для грубостебельных культур, имеющую отличный от прочих способ срезания и транспортирования зеленой массы. У остальных производителей принцип работы техники остается общим и неизменным. Это свидетельствует о том, что самый оптимальный способ реализации технологического процесса уже был найден, и случилось это приблизительно в конце ХХ века.

Следует добавить, что сельскохозяйственная уборочная техника – это достаточно консервативная отрасль, поскольку существует не очень большое число эффективных способов реализации процесса уборки культур. Вдобавок, при работе в реальных условиях на качество протекания техпроцесса влияет большое количество факторов, трудно поддающихся или не поддающихся формальному описанию. Что однозначно усложняет усовершенствование машин.

Дальнейшее развитие техники в основном возможно только в сторону оптимизации процессов, снижения массы, и повышения надежности, что в конечном итоге позволит повысить и производительность. Однако, не следует забывать и о неклассических способах приведения техники в действие. Так, применение электромеханических приводов взамен сложных и дорогостоящих гидравлических систем представляется необъятным полем деятельности при разработке некоторых узлов уборочных машин, например, привод мотовила зерноуборочной жатки, либо электромеханические трансмиссии мобильных машин. Такой вид привода значительно проще в обслуживании, так как не предъявляет особых требований к чистоте и управляющему оборудованию.

Рассматривая зарубежную технику основных конкурентов на предмет применения современных технологий, можно отметить, что качество обработки материалов стоит у производителей не на последнем месте. К этому можно отнести и сварные конструкции без поводок от остаточных напряжений, и чистоту обрабатываемых поверхностей, и аккуратность при сборке. Ко всему прочему накладывается наличие необязательных, но облегчающих работу с машинами улучшений, наподобие встроенного в привод тормоза для быстрой остановки режущих роторов жатки для грубостебельных культур. Это свидетельствует о внимании производителя к деталям. Такие дополнения возможны при наличии у разработчика конструкции достаточного количества времени и грамотной организации рабочего процесса конструктора.

Немалую роль при разработке новой техники играет качество применяемых материалов. Даже небольшое отклонение реальных характеристик материала от заявленных может повлечь существенное снижение эксплуатационных свойств конечного изделия. В отечественном с/х машиностроении по сей день применяются стали, хоть и проверенные временем, но отстающие по своим свойствам от современных марок. Для производства конкурентоспособной техники можно и необходимо осуществлять переход к новым маркам материалов. Конечно же, это повлечет за собой и некоторую, более интенсивную модернизацию производства, нацеленную на возможность применения новых материалов и способов их обработки.

В целом можно сказать, что отечественная сельскохозяйственная техника имеет достаточно высокий технический уровень для того, чтобы справляться с возложенными на нее задачами, но требует более внимательного подхода и глубокого анализа проблем при продвижении ее на иностранные рынки.

УДК 631.353.7

ВЛИЯНИЕ УСТАНОВКИ НОЖА НА ЭНЕРГОЁМКОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ АППАРАТОВ БАРАБАННОГО ТИПА

А.В. Водопетов

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Одним из ключевых агротехнических требований, предъявляемых к кормоуборочным комбайнам, является качество измельчения (количество частиц заданного размера в общей массе измельченных растений). Для заготовки кормов значения данного параметра варьируются в пределах от 5 до 30 мм. Применение новых технологий заготовки кормов требует увеличения размеров фракции до 50 мм. Так же, для повышения функциональности кормоуборочных комбайнов, производители стремятся освоить новые области использования (заготовка лекарственных трав, получение топлива из возобновляемых источников и т.п.) в которых требования к длине резки могут достигать 150 мм.

При выполнении технологического процесса в кормоуборочном комбайне подавляющая часть затрат мощности (до 80 %) приходится на измельчающий аппарат, обеспечивающий измельчение и транспортировку растительной массы. Энергоемкость процесса резания напрямую зависит от двух главных факторов: конструктивных особенностей и состояния режущей пары (нож – противорежущий брус) и свойств поступающей в зону резания растительной массы, которые определяются, в том числе и параметрами установки ножа на измельчающем барабане.

Для предотвращения упора движущегося слоя в плоскость ножа должно выполняться условие (1). Достаточно, чтобы тыльная кромка ножа лежала на расстоянии e от цилиндрической образующей, описываемой лезвиями (рисунок 1). В этом случае можно пользоваться также углом ω , образованным плоскостью ножа и радиусом, опущенным из центра вращения в вершину лезвия.

Это указывает на целесообразность применения по возможности более коротких ножей, что при необходимости использования длинных барабанов обуславливает выполнение их из двух, а иногда из большего числа секций. Однако даже при выполнении барабана секционным и в соответствии с этим с укороченными ножами разница между максимальным и минимальным значениями $\alpha_{кр}$ на его концах значительна.

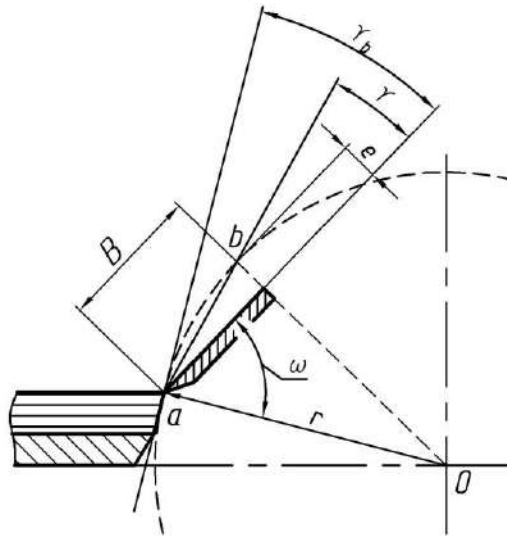


Рисунок 1 - Схема для обоснования угла установки ножа

$$S_M(t_i) < e \quad (1)$$

где $S_M(t_i)$ – путь пройденный технологическим материалом за время от момента среза лезвием ножа до прохождения точки b в месте среза (рисунок 1); e – расстояние от образующей поверхности лезвием ножа до крайней точки по ширине тыльной стороны ножа.

Как видно из данного условия с увеличением скорости подачи технологического материала, для исключения упора его о тыльную плоскость ножа, должен либо увеличиваться размер e либо увеличиваться частота вращения измельчающего барабана. Увеличение же частоты вращения барабана приведёт к увеличению числа резов и как следствие уменьшение длины резки, что не вписывается в современные тенденции к требованиям, предъявляемых к заготавливаемым кормам (увеличение длины резки).

Таким образом, для выполнения условия (1) необходимо увеличивать размер e . С другой стороны угол установки лезвия ножа γ должен стремиться к углу γ_b проходящему через касательную к образующей поверхности лезвия ножа в зоне реза, что обеспечивает минимальные затраты мощности на перерезание растительной массы. Исходя из сказанного становится, очевидно, что для выполнения всех условий нож должен иметь перегиб. Перегиб должен быть выполнен таким образом, что бы лезвие ножа было установлено под углом γ с величиной тыльной части ножа выполняемой условие (1), а остальная часть ножа отогнут на минимальный, конструктивно возможный угол ω .

УДК 004.624

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ ДАННЫМИ И МЕТОДИКИ СВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ

Н.В. Курченко

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Система – это любой объект, который одновременно можно рассматривать и как единое целое, и как объединенную в интересах достижения поставленных целей совокупность разнородных элементов. Системы значительно отличаются между собой как по составу, так и по главным целям.

Растущая конкуренция требует максимально быстрой адаптации к запросам потребителя, сами изделия постоянно усложняются и, как следствие, необходимость сокращения сроков проектирования привели к тому, что за последние годы конструкторы перешли от двумерных САПР к трехмерным, реализующим идею генерации компьютерных моделей с твердотельными свойствами.

Самой актуальной задачей на сегодняшний день для крупных современных предприятий, в информационном плане, является обеспечение надежного управления всем объемом разнородных данных, которые порождаются, хранятся и используются в различных информационных системах, существующих на предприятии и связанных с информационной поддержкой продукции в течение ее жизненного цикла.

Одно из наиболее востребованных направлений развития — автоматизация процессов проектирования, которая дает сокращение и сроков, и затрат. Однако автоматизацию сдерживают проблемы с финансированием, опасения за судьбу проектов, непростое положение предприятий отрасли, а также консервативность и нежелание менять привычные для отечественных предприятий управленческие и производственные процессы, не соответствующие общепринятым стандартам, заложенным в системы. Сегодня убеждать, что предприятию нужна информационная система, уже никого не требуется, но объяснять, что необходимо проектировать в комплексе, взаимоувязывать ERP-, PDM-, MES- и другие системы, иногда еще приходится. Эффективность использования этих систем по отдельности гораздо ниже, чем в случае их тесного взаимодействия между собой в единой информационной среде предприятия. Именно поэтому вопрос интеграции PDM и ERP-систем становится крайне актуальным.

Требования, предъявляемые в настоящее время к интеграционному решению, разнообразны, но все же ключевым является передача составов изделий из PDM-системы в ERP.

В рамках единого информационного пространства предприятия (ЕИП) ERP и PDM системы являются инструментами, выполняющими разные задачи, но функционально дополняя друг друга. PDM-система обеспечивает управление и представление информацией об изделии на производстве с момента создания начальной документации на него и до его выпуска. ERP-система, в свою очередь, использует информацию об изделии, полученную с помощью PDM-системы, чтобы обеспечить предприятие информационной поддержкой в управлении производственными и финансовыми ресурсами.

Совместное использование этих систем даёт организации полный контроль над своими производственными процессами. Благодаря их совместной интеграции, самые последние данные об изделии становятся моментально доступны к использованию всем персоналом предприятия для обеспечения более эффективного планирования использования ресурсов, что особенно важно в современной высоко конкурентной среде, в условиях которой скорость разработки и вывода на рынок новых продуктов является одним из важнейших факторов успеха предприятия. К сожалению, нет единого мнения, какую информацию включать в БД и какая должна быть ее структура. Чтобы система была более проста и понятна для пользователей, разработчики PDM, объем первичной информации во многом искусственно урезают, упрощают. Для одних задач этого достаточно, для других нет. Все зависит от основного предназначения модуля. Если модуль предназначен в основном для организационно-распорядительных целей, то в нем естественно многое чего, что необходимо CALS/PLM, проектным службам не предусмотрено. В результате, решая неплохо одну часть, мы получаем не совсем то, что часто хотелось бы в целом. Во многом это происходит из-за непонимания разработчиками всех нюансов предприятий и изменившихся потребностей.

PTC (Windchill) исходит из того, что информация из штампа чертежа и спецификации содержится в файле самой модели в виде атрибутов. В его базе данных (БД) многие параметры отсутствуют, поэтому для обеспечения информацией других систем часто недостаточно данных. Это программное обеспечение (ПО) требует доработки под отечественную систему документации, разработки дополнительных программ на Java.

Обмениваясь данными между приложениями, пользователи не должны задумываться, как именно осуществляется этот обмен и с какими трудностями он может быть связан. Сложность в том, что программы могут быть созданы на базе совершенно разных технологий и, следовательно, «говорить» на разных языках. Чтобы обменивающиеся информацией приложения могли понимать друг друга, данные должны быть переданы на

некоем общем понятном им языке. Среди возможных технических способов передачи данных из системы Windchill в систему SAP ERP, как наиболее простой и удобный, предпочтение было отдано использованию файлов экспорта/импорта, а именно, расширяемому языку разметки XML. Был разработан общий набор правил. Компонент подготавливает структуру данных для экспорта в формате XML, в которой содержится подробная информация по каждому изделию: исходные комплектующие и материалы, выпускаемые ДСЕ и готовая продукция. Использование универсального формата в совокупности с подробным описанием этой структуры, включенным в PDM-систему, позволяет загрузить и обработать ее максимально быстро в любой ERP-системе. Такая реализация проста и эффективна: в одном файле содержится всё необходимое для интеграции с ERP.

УДК 631.51

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА С ПОЛУНАВЕСНЫМ ОБОРОТНЫМ ПЛУГОМ

Ч.И. Жданович

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

Вспашка полей плугами остается одним из основных приемов обработки почвы в нашей стране. Эффективность проведения этой операции напрямую зависит от согласованности параметров трактора и плуга. В настоящее время активно внедряются оборотные плуги. В Беларуси выпускаются оборотные плуги от трех до десяти корпусов. Оборотные плуги при числе корпусов более пяти выпускаются полунавесными двухсекционными.

Цель работы – разработать математическую модель пахотного агрегата с полунавесным двухсекционным оборотным плугом для исследования его тяговой динамики.

Рассмотрена расчетная схема полунавесного оборотного плуга (рисунк 1). На основании анализа величины и направление сил, действующих на каждый плужный корпус, разработана математическая модель полунавесного оборотного плуга.

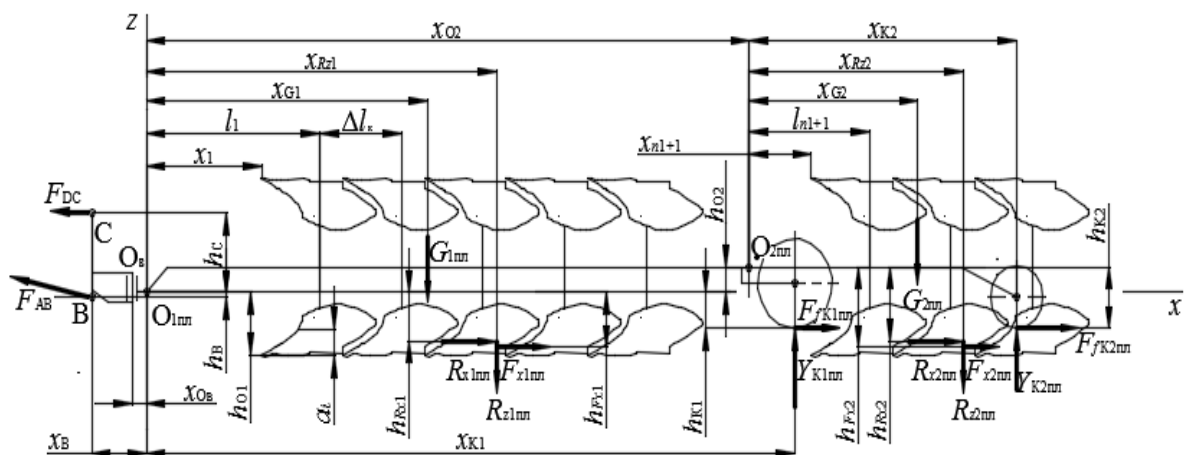


Рис. 1 - Расчетная схема двухсекционного оборотного плуга

Математическая модель полунавесного двухсекционного оборотного плуга учитывает: глубину пахоты и ширину захвата корпуса плуга, угол образуемый лезвием лемеха со стенкой борозды, величину затупления лемеха, длину полевой доски, ширину полевой доски, угол трения, расстояние между корпусами плуга, координаты мест крепления корпусов плуга к балкам, координаты расположения осей шарниров плуга и мест соединения с навеской трактора, координаты расположения колес колесной тележки и опорного колеса, координаты центра тяжести и вес секций плуга,

удельное сопротивление почвы, величину прироста тягового сопротивления при повышении скорости движения, скорость движения плуга, работу системы автоматического регулирования глубины пахоты. Модель позволяет определять силы сопротивления плуга, действующие на навеску трактора, анализировать составляющие сил тягового сопротивления полунавесного оборотного плуга.

Рассмотрена расчетная схема колесного трактора, на навеску которого действуют силы сопротивления полунавесного оборотного плуга (рисунк 2) и разработана его математическая модель.

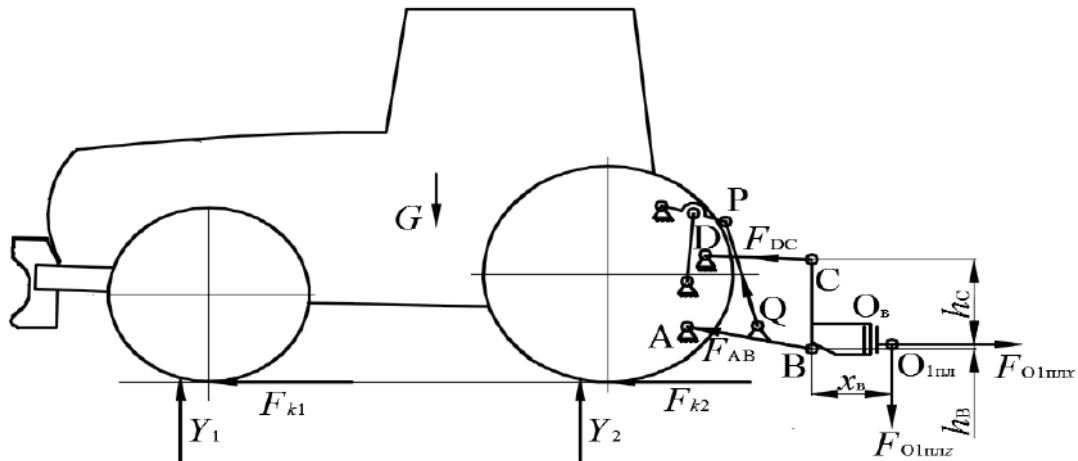


Рис. 2 - Расчетная схема трактора агрегируемого с полунавесным плугом

Математическая модель трактора агрегируемого с полунавесным плугом учитывает: координаты центра тяжести и вес трактора; характеристику двигателя; передаточные числа трансмиссии; КПД привода заднего и переднего мостов; параметры колес; базу трактора; параметры навески; параметры почвы, характеризующие ее сцепные качества и сопротивление качению; величину и направление силы сопротивления полунавесного оборотного плуга.

Разработанная математическая модель пахотного агрегата с полунавесным оборотным плугом позволяет анализировать качество пахоты и энергозатраты при высотном и силовом способах регулирования глубины обработки почвы, а также при регулировании по буксованию. В частности определять, в зависимости от удельного сопротивления почвы, следующие параметры: глубину пахоты каждым из корпусов плуга; силу сопротивления движению трактора; нормальную реакцию почвы на колеса заднего и переднего мостов; касательную силу тяги заднего и переднего мостов, а также трактора в целом; буксование трактора; реализуемые мощность и крутящий момент двигателя; частоту вращения двигателя; расход топлива; действительную скорость пахотного агрегата.

Математическая модель позволяет определять также силы действующие в тягах навески, в раскосах, в силовом гидроцилиндре.

УДК 631.354

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В 2019 ГОДУ

А.В. Клочков, В.В. Гусаров, Р.В. Богатырев
Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь

Производственная ситуация характеризовалась необходимостью уборки более 2 млн. га посевных площадей, и фактические площади в силу ряда причин в течении сезона несколько уменьшались (таблица 1).

Таблица 1 – Основные показатели работы зерноуборочных комбайнов в 2019 г.

Области	Наличие зерноуборочных комбайнов (14.06.2019 г.), штук	Планируемые уборочные площади зерновых и зернобобовых, тыс. га	Фактические уборочные площади на 17.08.2019 г	Убрано зерна без кукурузы на 02.09.2019 г.		Убрано зерна с кукурузой на 25.09.2019 г.	
				намолено всего, тыс. т	на 1 комбайн, т	намолено всего, тыс. т	на 1 комбайн, т
Брестская	1460	360,3	339,2	1200,1	822,0	1247,5	854,5
Витебская	1484	381,4	347,5	960,6	647,3	979,6	660,1
Гомельская	1236	363,8	320,1	685,3	554,4	762,5	616,9
Гродненская	1433	331,1	326,4	1189,4	830,0	1230,3	858,5
Минская	2021	506,2	503,6	1698,9	840,6	1736,3	859,1
Могилевская	1248	329,2	301,6	775,3	621,2	783,9	628,1
Беларусь	8882	2272	2138,4	6509,6	732,9	6740,1	758,8

В выполнении уборочных работ предполагалось участие 8882 зерноуборочных комбайнов и основу парка составляли комбайны ОАО «Гомсельмаш» моделей КЗС-1218 и КЗС-10К. При этом в расчете на 1 комбайн планировалась нагрузка в 256 га. Есть основания предполагать, что в силу ряда причин (технические неисправности, нехватка механизаторских кадров) в действительности использовалось меньшее количество зерноуборочных комбайнов. Так, в хозяйствах Могилевской области в разгар сезона уборки (22.07.2019 г.) использовалось 1189 комбайнов из имевшихся 1248 машин. Благодаря относительно устойчивым погодным условиям динамика роста убираемых площадей отличалась стабильностью, и к 20 августа было убрано 91,1% подлежащих комбайнированию площадей, а к 2.09.2019 г. – 98,9% полей зерновых и зернобобовых культур. Затем продолжилось использование комбайнов для уборки кукурузы на зерно. Относительно большие средние намолоты зерна в 854-859 т на комбайн получены в Минской, Гродненской и Брестской областях.

Работа зерноуборочных комбайнов осуществлялась в при средней урожайности убираемых культур в пределах 21,9-37,8 ц/га (рисунок 1).

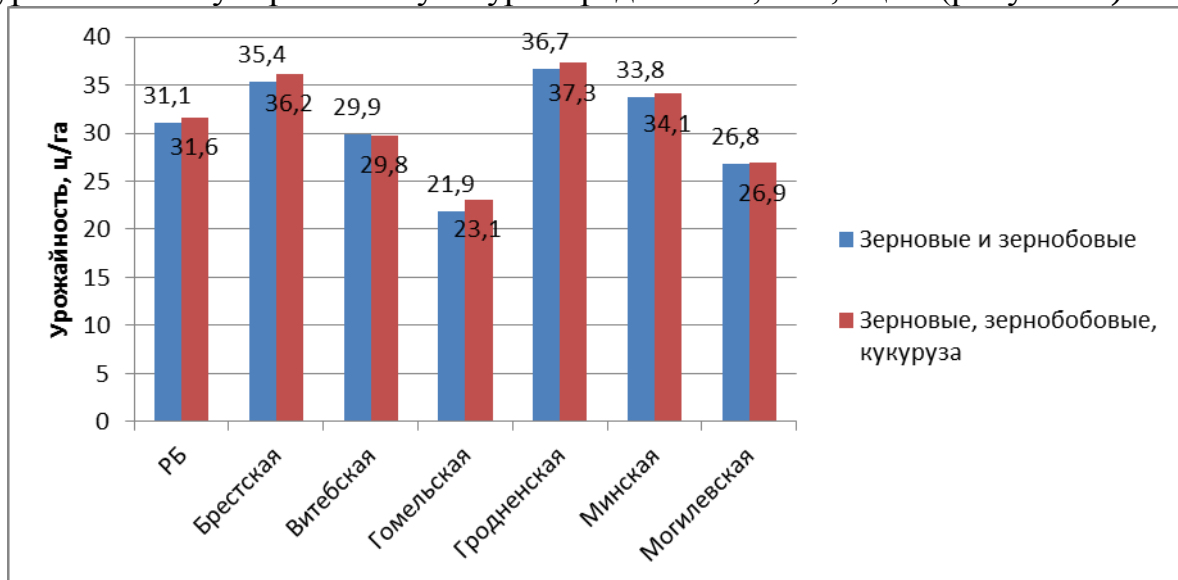


Рис. 1 - Урожайность убранных культур по областям Республики Беларусь

Региональные особенности наличия и использования зерноуборочных комбайнов в каждой области выявили лидеров уборки. При этом разные модели проявили свои потенциальные возможности (таблица 2).

Таблица 2 - Лучшие намоты зерноуборочными комбайнами по областям Республики Беларусь (05.08.2019 г.)

Район	Хозяйство	Комбайн	Убранная площадь, га	Намолот, т	Урожайность, ц/га
Кобринский	ОАО "Покровский"	КЗС-1624	594	2672	45,0
Глубокский	Глубокская интеграционная структура	New Holland	807	2950	36,6
Речицкий	Агрокомбинат "Холмеч"	Lexion 760	455	2460	54,1
Гродненский	ПК имени В.И. Кремко	Lexion 770	431	3420	79,4
Клецкий	КСУП "Племзавод "Красная звезда"	Lexion 580	451	2493	55,3
Могилевский	Агрокомбинат "Заря"	Lexion 760	461	2531	54,9

Отрадно отметить успехи комбайна КЗС-1624, который в ОАО «Покровский» Кобринского района удерживал лидерство по Брестской области и убрал 594 га, намолотив при этом 2672 т зерна. Этот результат не является случайным, поскольку и в 2018 году данный комбайн по состоянию на 10 августа также лидировал с намолотом в 2046 т зерна после уборки 455 га площадей. Однако в остальных областях самые высокие намоты смогли обеспечить импортные модели фирм CLAAS и New Holland. Заложенные в конструкцию передовые технические решения и высо-

кое качество изготовления комбайнов способны обеспечить высокие показатели производительности и качества уборки.

Показательны сравнительные результаты использования комбайнов в ОАО «Александровское» Шкловского района, парк которого насчитывает 19 машин различных моделей, включая 3 комбайна «Lexion 580» и 2 новых комбайна КЗС-1624. Остальные представлены вариантом КЗС-1218. Эти комбайны имели различные намолоты зерна (рисунок 2).

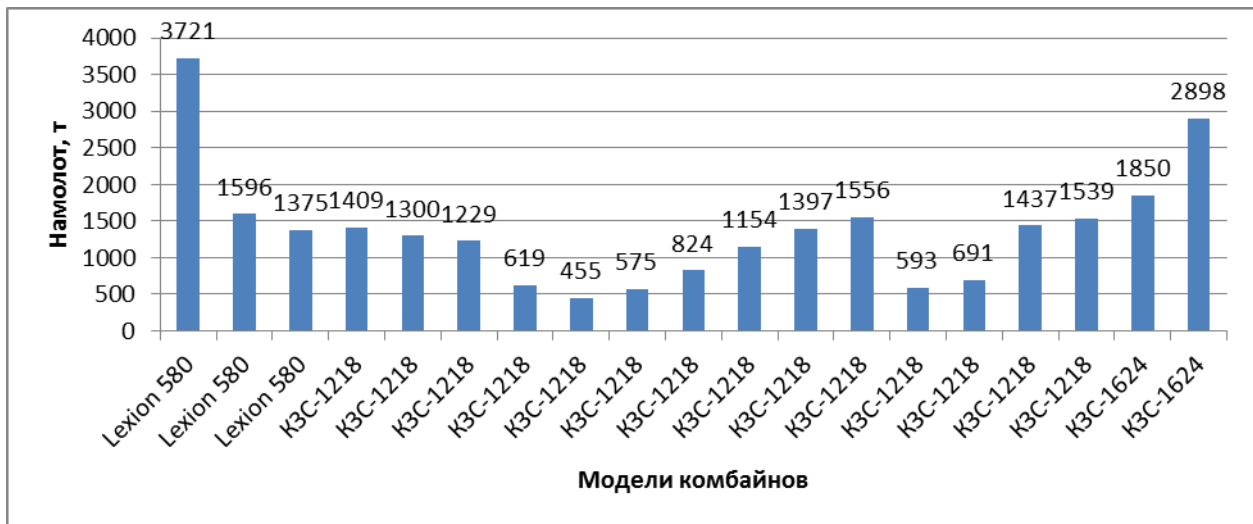


Рис. 2 - Намолоты зерна различными моделями комбайнов в ОАО «Александровское» Шкловского района (29.08.2019 г.)

Средний намолот по комбайнам КЗС-1218 составил 1056 т зерна, по моделям «Lexion 580» – 2231 т и по КЗС-1624 – 2374 т зерна.

Заключение. Уборка урожая зерновых и зернобобовых культур проходила достаточно организованно и в условиях относительно благоприятных погодных условий. Комбайновый парк продолжает сокращаться и следует продолжить замену старых моделей на новые с повышенной производительностью. Сроки проведения зерноуборочных работ превысили нормативные и являются одной из существенных причин потери урожайности зерна.

Литература

1. Уборочные машины «ПАЛЕССЕ»: пособие / А.В. Ключков, О.В. Рехлицкий, П.М. Новицкий, В.Г. Ковалев, И.В. Волков, Ю.М. Поздняков, П.П. Садов /Под ред. А.В.Ключкова – Минск, 2016. – 88 с.
2. Ключков А.В. Уборка-2019:предварительные результаты. Часть 1. Зерновые и травы. Наше сельское хозяйство, № 15, август 2019, с. 24-32.

СЕКЦИЯ № 2

УДК 631.3:621.9

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

И.И. Суторьма, Д.В. Мельников

УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

В основу предлагаемой методики численного моделирования положена система дифференциальных уравнений в частных производных типа Навье-Стокса, описывающих в нестационарной постановке законы сохранения массы, импульса и энергии движущейся текучей среды вида:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k}(\rho u_k) &= 0 \\ \frac{\partial(\rho u_i)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k}(\rho u_i u_k - \tau_{ik}) + \frac{\partial p}{\partial x_i} &= S_i \\ \frac{\partial(\rho E)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_k}((\rho E + P)u_k + q_k - \tau_{ik} u_i) &= S_k u_k + Q_H\end{aligned}$$

где t – время; u – скорость; ρ – плотность текучей среды; P – давление; S_i – внешние массовые силы; E – полная энергия единичной массы текучей среды; Q_H – тепло, выделяемое тепловым источником в единичном объеме текучей среды; τ_{ik} – тензор вязких сдвиговых напряжений; q_i – диффузионный тепловой поток.

Для нахождения искомого решения, в общем случае, нестационарная численная математическая модель физических процессов дискретизируется как по пространству, так и по времени.

С целью дискретизации по пространству, вся расчетная область покрывалась расчетной сеткой грани ячеек, которой параллельны координатным плоскостям, используемой в расчете декартовой глобальной системы координат модели. Расчеты проводятся только в ячейках, попавших в расчетную область, т.е. в пространство, заполненное в соответствии с постановкой задачи текучей средой. Значения независимых переменных рассчитываются в центрах ячеек, а не в узлах расчетной сетки, как в методах конечных разностей. Такой метод носит название метода конечных объемов.

В результате, для расчета значений параметров течения на очередном временном слое $(n+1)$ по известным значениям этих параметров на

предыдущем временном слое (n) используется следующая система алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{U^* - U^n}{\Delta t} + A_h(U^n, p^n)U^* &= S^n \\ L_h \delta p &= \frac{\text{div}_h(\rho u)^*}{\Delta t} + \frac{1}{\Delta t} \frac{\rho^* - \rho^n}{\Delta t} \\ \rho^* &= f(p^n + \delta p, T^*, y^*) \\ (\rho u)^{n+1} &= (\rho u)^* - \Delta t \cdot \text{grad}_h \delta p \\ p^{n+1} &= p^n + \delta p \\ (\rho T)^{n+1} &= (\rho T)^* ; (\rho k)^{n+1} = (\rho k)^* ; (\rho \varepsilon)^{n+1} = (\rho \varepsilon)^* ; (\rho y)^{n+1} = (\rho y)^* \\ \rho^{n+1} &= f(p^{n+1}, T^{n+1}, y^{n+1}) \end{aligned}$$

где U – вектор всех независимых переменных кроме давления; u – вектор скорости; y – вектор концентраций компонентов текущей среды.

Для реализации данной методики была построена твердотельная 3-D модель центробежного насоса (рисунок 1) в системе SolidWorks. Внутренние моделируемые полости моделей корпуса и крышки, а также рабочее колесо выполнялись точно в соответствии с реальными деталями насоса. Внешние поверхности корпуса и крышки насоса были выполнены упрощенно.

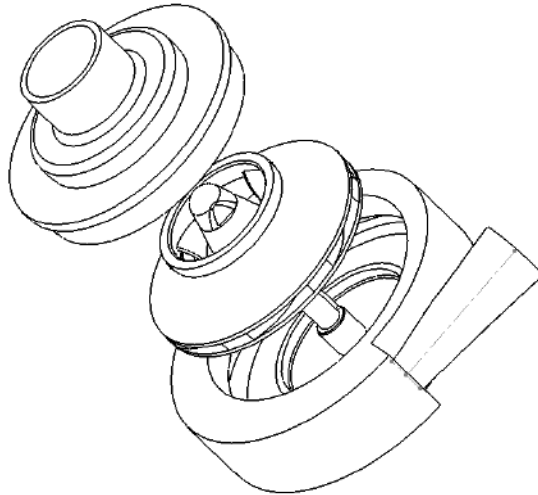


Рисунок 1 – Твердотельная 3-D модель центробежного насоса

С целью проверки адекватности приведенной математической модели проводились расчеты в стационарной постановке задачи для случаев имеющих известные значения входных и выходных параметров насоса. Реализация расчетов осуществлялась с использованием пакета COSMOSFloWorks.

Математические модели, основанные на использовании систем дифференциальных уравнений в частных производных типа Навье-Стокса в сочетании с методом конечных объемов дают удовлетворительную сходимость получаемых результатов с имеющимися в литературе данными при численном исследовании центробежных насосов.

УДК 629.114.2 – 182

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ БАЛЛАСТИРОВАНИИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

В.Б. Попов, Ю.В. Лебявская

УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

Во время работы МТА, состоящего из полноприводного (4×4) сельскохозяйственный трактора и задненавесной почвообрабатывающей машины или орудия, “нагрузка на крюке” колеблется, а рост тягового сопротивления регулярно вызывает догрузку его заднего и разгрузку переднего мостов. В результате возрастает буксование передних ведущих колес трактора и одновременно ухудшается его управляемость, что в целом снижает производительность МТА [1].

Наиболее распространенным способом решения этой проблемы является рациональное балластирование трактора со стороны переднего моста (рисунок 1), повышающее его тягово-сцепные свойства.

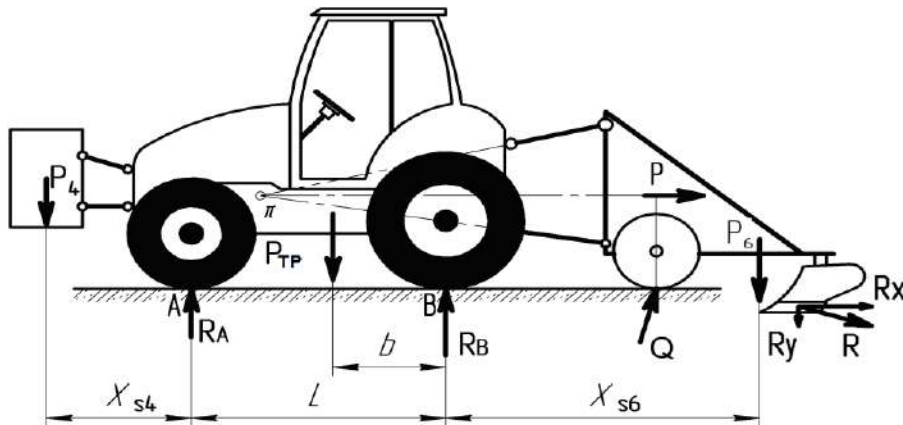


Рис.1 - Расчетная схема нагрузок, действующих на МТА

В статике нагрузка на передней оси горизонтально расположенного трактора, с плугом в рабочем (транспортном) положении, при балластировании посредством переднего подъемно-навесного устройства определяется по выражению:

$$R_A = \frac{P_4 \cdot (X_{s4} + L) + P_{TP} \cdot b - P_6 \cdot X_{s6}}{L}$$

Горизонтальные координаты X_{s4} , X_{s6} - центров тяжести балласта (P_4) и плуга (P_6) в рабочем и транспортном положениях определяются по результатам геометрического анализа кинематических цепей, включающих плоские схемы соответствующих механизмов навески [2].

Во время пахоты (технологического процесса) для обеспечения управляемости и сцепления нагрузка на переднюю и заднюю оси трактора должны составлять соответственно минимум 20% и 40% от общего веса МТА. В этом случае нагрузка на передние колёса трактора R_A определяется из уравнения моментов сил, действующих на МЭС, относительно точки В:

$$R_A = \frac{P_{TP} \cdot b + P_4 \cdot (X_{S4} + L) - P \cdot \rho}{L},$$

где ρ - плечо силы $P = f(R, P_6, Q)$ [3] относительно точки В.

Для определения силы R_B может быть использовано условие $\sum Y = 0$, согласно которому:

$$R_B = P_{TP} + P \sin \alpha - R_A$$

где, $P \sin \alpha$ - вертикальная компонента силы, представляющей геометрическую сумму веса плуга (P_6), сопротивления на его рабочих органах (R) и реакции на колесе (Q) [3].

В режиме транспортного переезда МТА требования по уровню нагрузки на осях трактора сохраняются, но при этом следует учитывать, возникающие в процессе копирования с/х фона силы инерции [4].

В формируемых МТА условия рационального агрегатирования с навесной техникой обеспечиваются выбором рациональных параметров балласта (P_4, X_{S4}) со стороны переднего ПНУ трактора.

В результате навешивание плуга на с/х трактор не должно приводить к превышению допустимого общего веса МТА, допустимых осевых нагрузок и максимально допустимых нагрузок на шины трактора при выполнении основных режимов работы.

Литература

1. Скотников В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля: учебное пособие / В.А. Скотников [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1986, с. 383, ил.
2. Попов В.Б. Функциональная математическая модель анализа подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств / В.Б. Попов // Механика – 2011: сб. науч. тр. V Белорусского конгресса по теорет. и прикладной механике, Минск, 2011 г./ Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: М.С. Высоцкий [и др.]. Минск, 2011. – т.1., с. 169–176.
3. Попов В.Б. Влияние параметров механизма навески и плуга на тягово-энергетические показатели пахотного агрегата / В.Б. Попов, // Вестник ГГТУ им. П.О.Сухого, 2013. – № 4, с. 58–64.
4. Попов В.Б. Влияние параметров мобильного сельскохозяйственного агрегата на некоторые характеристики плавности его хода в режиме транспортного переезда/ В.Б. Попов, А.Ф. Андреев // Вестник ГГТУ им. П.О.Сухого. – 2014. – №1, с. 39 - 44.

УДК 631.312. 3.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА,
РАБОТАЮЩЕГО ПО СХЕМЕ “PUSH-PULL”**В.Б. Попов¹, П.В. Авраменко²¹УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Беларусь

Проблемой сельскохозяйственного производства являются повышенные энергозатраты при обработке почвы, особенно на пахоте. Решения этой проблемы можно достигнуть повышением тягово-сцепных качеств агрегирующего трактора, увеличив его сцепной вес. Для этого в составе пахотного МТА применяют плуги, агрегируемые с трактором по схеме «push-pull» [1]. Установлено, что для трактора с номинальным тяговым усилием 30-32 кН фронтальный плуг должен иметь два корпуса, а задний - 4 (схема «2+4»).

Целью данного исследования является выбор расчетной схемы и аналитических выражений для оценки тягово-энергетических показателей работы пахотного агрегата, работающего по схеме «push-pull» с числом корпусов «2+4» (рисунок 1)



Рис.1 - Пахотный агрегат, состоящий из трактора ХТЗ-16131, передненавесного (ПЛН-2-35) и задненавесного (ПЛН-4-35) плугов

Расчётная схема нагруженного колёсного трактора (рисунок 2) учитывает его вес P_T , силы сопротивления P^3 и P^H , приложенные к заднему и переднему подъемно-навесным устройствам трактора под углами α^3 и α^H к горизонту и опорные реакции колёс Z'_A и Z''_A , приложенные на расстоянии $\mu \cdot r$ от опорных точек колёс.

Искомыми силами являются: вертикальные нагрузки на колеса трактора Z'_A и Z''_A и касательная сила P_k

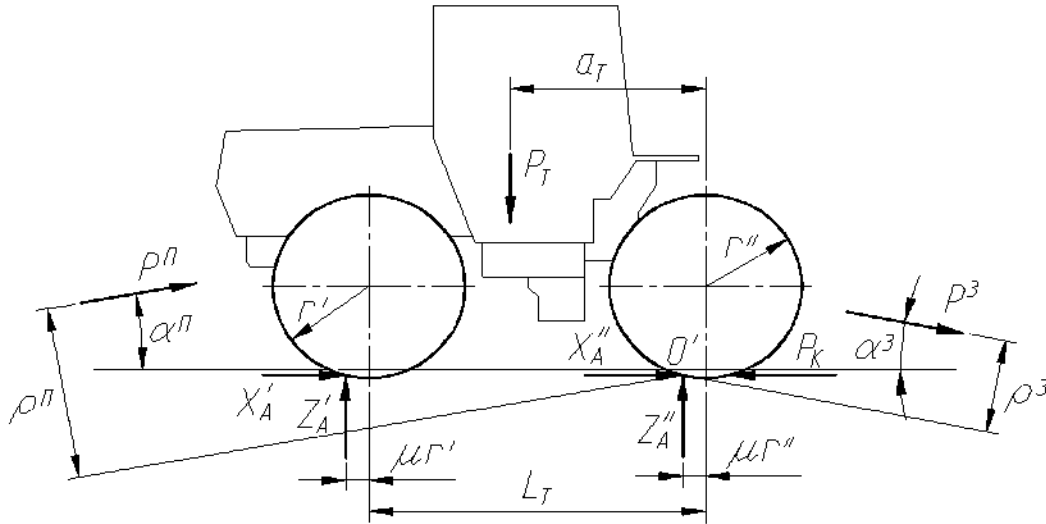


Рис.2 - Расчётная схема МТА с работающими плугами

$$P_k = X'_A + X''_A + P^3 \cos \alpha^3 + P^{II} \cos \alpha^{II};$$

где X'_A и X''_A – силы сопротивления перекачиванию передних и задних колес трактора; α^3 и α^{II} – углы наклона к горизонту сил P^3 и P^{II} .

Сила тягового сопротивления P^3 действует под углом α^3 к горизонту, который определяется по выражению [2]:

$$\alpha^3 = \arctg \left[\frac{\sin(\varphi_5 - \varphi_7)}{\cos \varphi_5 \cdot \cos \varphi_7} \right]$$

где φ_7 и φ_5 - углы, образуемые верхней – L_7 и нижней – L_{56} тягами МН.

Плечо действия силы тягового сопротивления рассчитывается по выражению:

$$\rho^3 = Y_p \cdot \cos \alpha^3 - (X_p - \mu \cdot r'') \cdot \sin \alpha^3,$$

где X_p, Y_p - координаты МЦВ задненавесного плуга; r'' – радиус заднего колеса трактора

Из приведенных выражений очевидна связь ориентации силы тягового сопротивления P^3 и плеча его действия - с координатами шарниров внешнего четырехзвенника МН, а также с размерами и ориентацией его верхней и нижней тяг.

Нагрузка на передних колёсах трактора Z'_A определяется из уравнения моментов сил, действующих на трактор, относительно точки O' :

$$Z'_A = \frac{P_T \cdot (a_T - \mu \cdot r'') - P^3 \cdot \rho^3 - P^{\Pi} \cdot \rho^{\Pi}}{L_T + \mu(r' - r'')},$$

где r' и r'' - радиусы качения колес трактора; ρ^3 и ρ^{Π} - плечи сил P^3 и P^{Π} относительно точки O' ; μ - коэффициент сопротивления перекачиванию колес трактора

Для определения силы Z''_A используем условие $\sum Z = 0$, согласно которому:

$$Z''_A = G_T + P^3 \sin \alpha^3 - P^{\Pi} \sin \alpha^{\Pi} - Z'_A$$

Составив уравнение $\sum Z = 0$ и решая его относительно P_{κ} , находим

$$P_{\kappa} = X'_A + X''_A + P^3 \cos \alpha^3 + P^{\Pi} \cos \alpha^{\Pi}.$$

Теоретические исследования показывают, что за счет вертикальной составляющей тягового сопротивления фронтального плуга увеличивается догрузка передних колес, а значит и сцепной вес трактора. В результате это приводит не только к уменьшению его буксования, но и к снижению удельного расхода топлива пахотным агрегатом в целом.

Литература

1. Надыкто, В.Т. Исследование тракторных и тягово-энергетических показателей работы пахотного агрегата по схеме «push-pull» / В.Т. Надыкто, А.Д. Кистечок // Агропанорама. – 2016. – № 4, с. 2–6.
2. Попов В.Б. Влияние параметров механизма навески и плуга на тягово-энергетические показатели пахотного агрегата / В.Б. Попов, // Вестник ГГТУ им. П.О.Сухого, 2013. – № 4, с. 58–64.

УДК 621.869.4: 658

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОМУ УСТРОЙСТВУ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

В.П. Бойков¹, В.Б. Попов²¹Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь²УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

Исходя из функционального назначения МТА, при его эксплуатации, а, следовательно, и при разработке подъемно-навесного устройства (ПНУ) трактора необходимо обеспечить:

1. Минимизацию нагрузок в элементах механизма навески (МН) при выполнении требований по грузоподъемности:

В результате кинематического анализа определяется аналитическое выражение передаточного числа МН [1] для плуга или другой навесной машины (НМ) - $I_{S_6}(S)$,

$$I_{S_6}(S) = \varphi'_3(S) \cdot U_{53}(S) \cdot \{L_{56} \cdot \cos[\varphi_5(S)] + U_{65}(S) \cdot L_{S_6} \cdot \cos[\varphi_6(S) + \varphi_{S_6}]\} \quad (1)$$

где $\varphi'_3(S)$ - аналог угловой скорости поворотного рычага; $U_{53}(S) U_{65}(S)$ - передаточные отношения; $L_{56}, \varphi_5(S)$ - длина нижней тяги и угол, образуемый ею в правой декартовой системе координат.

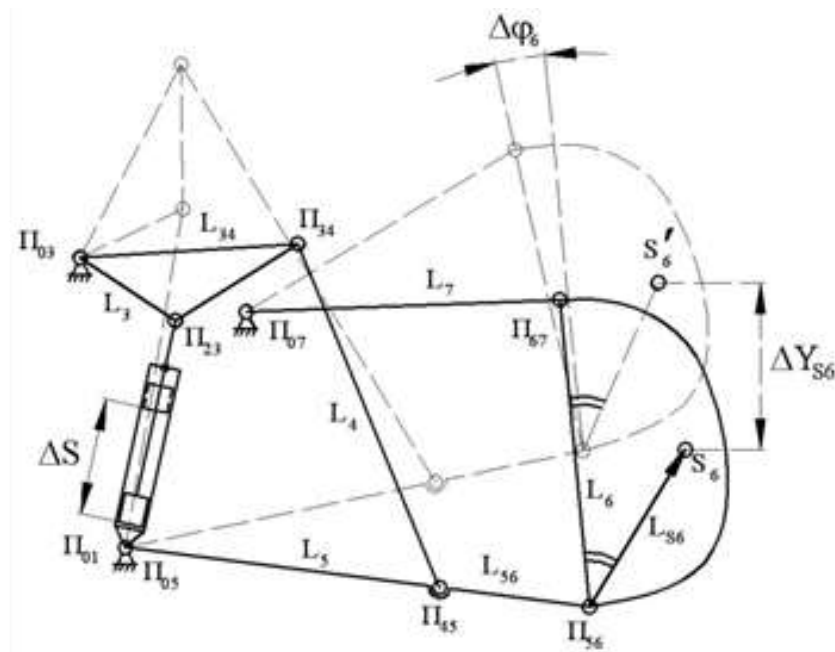


Рис. 1 - Схема подъема механизмом навески навесной машины

Выражение (1) это сумма двух слагаемых – передаточного числа на оси подвеса - $I_M(S)$, и компоненты, представляющей собою произведение аналога угловой скорости НМ - $\phi'_6(S)$ на проекцию вектора L_{S6} .

$$\phi'_6(S) = \phi'_3(S) \cdot U_{63}(S) = \phi'_3(S) \cdot U_{53}(S) \cdot U_{65}(S) \quad (2)$$

Минимизация нагрузок в звеньях МН и выполнение требований по грузоподъемности достигаются минимизацией максимума $I_{S6}(S)$ и сужением диапазона его изменения.

Помимо этого, зная $I_{S6}(S)$ можно, не выполняя силовой анализ, определить приведенную к гидроцилиндрам МН полезную нагрузку - $F(S)$:

$$F(S) = P_6 \cdot I_{S6}(S) \quad (3)$$

2. Возможность заглубления рабочих органов почвообрабатывающих НМ под действием собственного веса и стабильность их хода по глубине:

Для определения координат точки P - мгновенного центра вращения (МЦВ) навесной машины используем уравнения прямых, проходящих через верхнюю (L_7) и нижние тяги (L_{56}) внешнего четырехзвенника МН (рисунок 1). В результате решения уравнений получим положение МЦВ в зависимости от положения центров неподвижных и подвижных шарниров внешнего четырехзвенника МН:

$$X_P = \frac{(Y_{56} \cdot X_{05} - Y_{05} \cdot X_{56}) \cdot (X_{07} - X_{67}) - (X_{05} - X_{56}) \cdot (Y_{67} \cdot X_{07} - Y_{07} \cdot X_{67})}{(Y_{07} - X_{67}) \cdot (X_{05} - X_{56}) - (X_{07} - X_{67}) \cdot (Y_{05} - Y_{56})}$$

$$Y_P = X_P \cdot \frac{Y_{56} - Y_{05}}{X_{56} - X_{05}} + \frac{Y_{05} \cdot X_{56} - X_{05} \cdot Y_{56}}{X_{56} - X_{05}}$$

Способность рабочих органов к самозаглублению при любых условиях работы тракторного агрегата выражает следующая зависимость [2,3]:

$$M_{\text{загл}} = R_{\text{рез}} C > 0,$$

где $M_{\text{загл}}$ – заглубляющий момент; $R_{\text{рез}}$ – проекция результирующей внешних сил, действующих на НМ; C – плечо силы.

За счет регулирования длины центральной тяги (L_7) и высоты присоединительного треугольника (L_6) координаты МЦВ НМ выбираются такими, чтобы заглубляющий момент имел положительное значение во всем диапазоне качания оси подвеса (Π_{56}) МН. При этом одновременно достигается удовлетворительное копирование опорной поверхности навесной техникой.

Литература

1. Попов В.Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей// Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого 2000, №2, с. 25 - 29.
2. Гуськов В.В. Тракторы. Часть III. Конструирование и расчет/ В.В.Гуськов, И.П.Ксенович. – Минск.: Выш. школа, 1981, с. 383.
3. Чудаков Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля: учебное пособие. - М.: Колос, 1975, с. 384.

УДК 629.114.2 – 182

О ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ НА ДВИЖИТЕЛИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

В.Б. Попов¹, А.И. Пунько²¹УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь²Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск, Беларусь

Совершенствование технологических процессов в растениеводстве неразрывно связано с научно обоснованным выбором рациональных параметров мобильных сельскохозяйственных агрегатов (МСХА), образованных из универсального энергетического средства (УЭС) и агрегируемых с ним рабочих машин и орудий. В процессе эксплуатации МСХА нагрузка на двигатели УЭС перманентно изменяется [1], что влияет, как на опорную поверхность, так и на характеристики МСХА, например, его управляемость.

МСХА, состоящие из УЭС и навесных машин (НМ) используют в трех функциональных режимах: рабочем, транспортном и режиме перевода НМ из рабочего положения в транспортное. Характер агрегатирования УЭС с НМ зависит, в том числе, и от параметров подъемно-навесных устройств (ПНУ), связывающих УЭС с рабочими машинами и орудиями.

Результаты испытаний и эксплуатации ПНУ позволяют сделать вывод о том, что его выходные параметры, определяемые как критерии качества [2], воздействуют на показатели управляемости в вышеупомянутых режимах работы, но их влияние исследовано недостаточно.

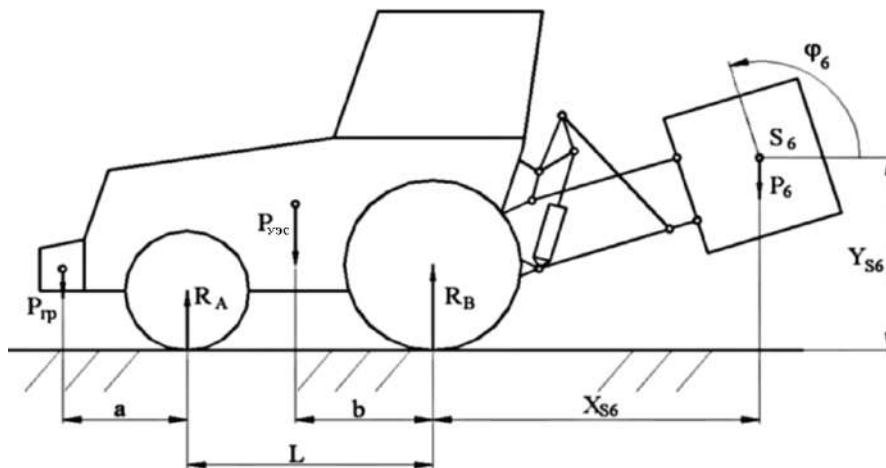


Рис. 1 - Схема сил, действующих на МСХА при поднятой навесной машине.

Установлено, что в процессе работы МСХА передний мост управляемых колес разгружается, а задний мост ведущих колес догружается (рисунок 1)

Перераспределение нагрузки на оси УЭС во время работы и транспортного переезда, управляемость УЭС, передаточные числа и коэффициенты полезного действия механизмов навески (МН), грузоподъемность ПНУ, максимальная высота и вылет навесных машин, а также время их подъема влияют на режимы работы МСХА. Эти показатели качества определяются внутренними параметрами ПНУ, УЭС и навесного оборудования.

Например, для расчёта параметра управляемости УЭС в режиме транспортного переезда составляется уравнение равновесия моментов сил, действующих на МСХА относительно точки опоры В (рис. 1):

$$\sum M_B = P_{\text{сп}} \cdot (a + L) + P_{\text{УЭС}} \cdot b - P_6 \cdot X_{S6} - R_A \cdot L = 0$$

где: $P_{\text{сп}}$ - вес балласта, $P_{\text{УЭС}}$ - вес УЭС, P_6 - вес навесной машины, L - база УЭС, a и b - расстояние от вертикальной проекции центра тяжести УЭС до вертикальных проекций центра тяжести балласта и оси моста ведущих колес соответственно.

Разрешив уравнение моментов сил, относительно реакции на управляемом колесе - R_A получим:

$$R_A = \frac{P_{\text{сп}} \cdot (a + L) + P_{\text{УЭС}} \cdot b - P_6 \cdot X_{S6}}{L}$$

Было принято, что для устойчивого управления движением агрегата часть его веса, приходящаяся на мост управляемых колес (R_A) должна составлять от 16 до 20% ($0.16 \leq k \leq 0.2$) от общего веса МСХА.

Вместе с вышеупомянутым ограничением получим систему, состоящую из уравнения и неравенства:

$$\begin{cases} R_A = \frac{P_{\text{УЭС}} \cdot b - P_6 \cdot X_{S6} + P_{\text{сп}} \cdot (L + a)}{L} \\ R_A \geq k \cdot (P_{\text{УЭС}} + P_6 + P_{\text{сп}}) \end{cases}$$

В результате решения системы (7) получим условие соблюдения управляемости МТА, которое состоит в ограничении веса, агрегатируемой с УЭС навесной машины или рабочего орудия:

$$P_6 \leq \frac{P_{\text{УЭС}} \cdot (b - k \cdot L) + P_{\text{сп}} \cdot [a + L \cdot (1 - k)]}{X_{S6} + k \cdot L}$$

В режиме транспортного переезда [3] центры тяжести НМ, балласта и УЭС совершают колебания в продольной плоскости, получая ускорения, вызванные контактом колес УЭС с соответствующим агрофоном:

$$P_6^* = P_6 \pm m_6 \cdot \ddot{Y}_{S6}$$

При этом исходная нагрузка P_6^* , передающаяся на тяги МН, также приобретает вероятностный колебательный характер, что при-

водит к переменному характеру силового воздействия на раму УЭС и перераспределению нормальных реакций между его передним и задним мостами.

Литература

1. Скотников В.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля/ В.А. Скотников, А.А. Мащенко, А.С. Солонский/ - М.: Агропромиздат, 1986, 383 с.
2. Попов В.Б. Показатели качества функционирования подъемно-навесных устройств мобильных энергетических средств// Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2015. – № 2, с. 11–17.
3. Попов В.Б. Математическое моделирование мобильного сельскохозяйственного агрегата в режиме транспортного переезда// Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2005. – № 3, с. 13–18.

УДК 621.89.0996

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ
ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ПРИ СМАЗКЕ
МАСЛОМ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДНОЙ
ПРИСАДКИ**

Ю.Ю. Наливайко, К.А. Грабок

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г Гомель, Беларусь

В машиностроении большинство тяжело нагруженных узлов трения эксплуатируется в следующих условиях: высокая скорость скольжения, которая может превышать 35 м/с, давление 30 МПа, температура 120°С, кроме того, могут сопровождаться частыми пусками и остановками. В результате этого необходимо резко уменьшить трение деталей, в противном случае сборочная единица выйдет из строя за короткий промежуток времени. Для того, чтобы максимально снизить трение между контактирующими поверхностями создается «масляная пленка» – это тонкая пленка, которая обеспечивается благодаря специальной системе смазки и наличию достаточного давления. Эта пленка должна быть непрерывной в течение всего цикла работы, т.е. должен реализовываться гидродинамический режим работы. Кроме того, давление, развиваемое в смазочном слое, должно уравновешивать внешнюю нагрузку.

Таким образом, одним из условий безотказной работы будет являться обеспечение стабильного качества смазочного материала на протяжении всего времени эксплуатации узла трения. С целью повышения эксплуатационных характеристик и снижения интенсивности изнашивания сопрягаемых деталей в смазочный материал добавили присадку, содержащую наночастицы графита, различной концентрации.

Для определения влияния присадки и ее концентрации на коэффициент трения и интенсивность изнашивания провели серию триботехнических испытаний. Испытания проводились на машине трения СМТ-1. Моделирование узла производили роликом из стали 45 и вкладышем из бронзы БрОФ10 – 1. Характерные размеры ролика: высота 10 мм, внутренний и наружный диаметр 16 мм и 40 мм соответственно; вкладыша: ширина 10 мм, длина дуги контакта – 20 мм. В качестве смазочного материала использовали моторное масло М8 – В без присадки, а также масло моторное М8 – В, содержащее присадку в количестве 0,3 масс. %, 0,5 масс. %, 1 масс. %. Все испытания проводили при скорости скольжения 0,75 м/с и нагрузке 400 Н в течение 2 ч.

Измерение момента трения $M_{тр}$ осуществляли индукционным датчиком, установленным на валу машины трения. Коэффициент трения f рас-

считывали по формуле:

$$f = \frac{M_{mp}}{N \cdot 0,02}, \quad (1)$$

где N – нагрузка на ролик, Н.

Износ (по потере массы) регистрировался на аналитических весах ВЛР-200 с погрешностью, равной 0,0001 г. Интенсивность изнашивания I_h определялась по формуле:

$$I_h = \frac{\Delta m}{\rho \cdot A_a \cdot v \cdot t}, \quad (2)$$

где Δm – изменение массы образца в результате изнашивания;

ρ – плотность материала исследуемого образца, для стали 45 – 7800 кг/м³, для бронзы БрОФ10 – 1 – 8760 кг/м³;

A_a – номинальная площадь поверхности трения, $2 \cdot 10^{-4}$, м²;

v – скорость вращения ролика, м/с ;

t – время динамического контакта, с.

Результаты полученных данных представлены на рисунках 1, 2.

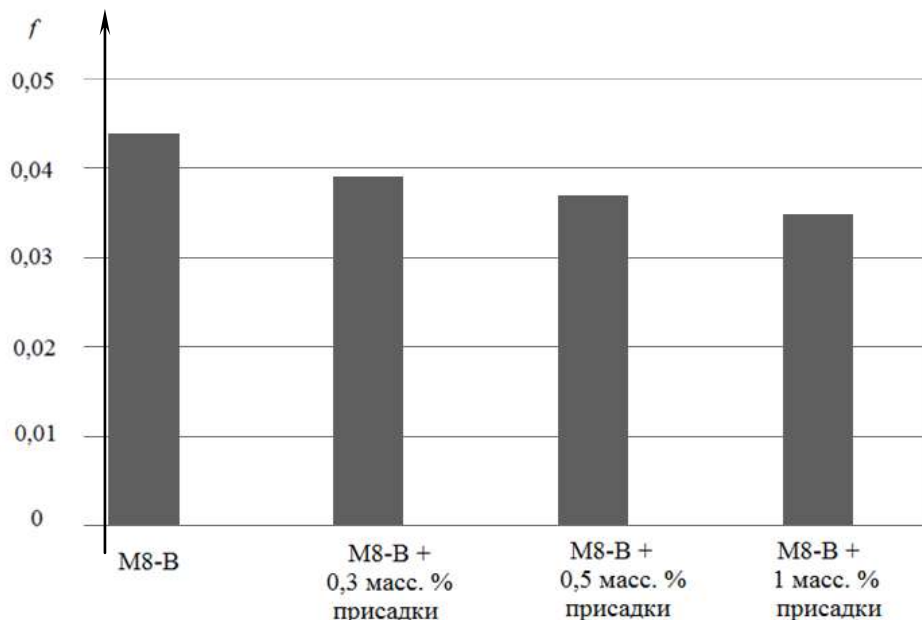


Рис. 1 – Зависимость коэффициента трения (f) бронзы по стали от состава смазочного материала

Представленные на рисунке 1 данные свидетельствуют о том, что коэффициент трения при смазке маслом М8-В выше, чем маслом М8-В, содержащим 1 масс. % присадки. Следовательно, действие присадки оказывает положительное влияние на коэффициент трения при больших нагрузках и скоростях, а также способствует его стабилизации. Действие наноразмерных частиц графита в присадке сводится к следующему:

1) частицы, заполняя впадины и микротрещины, способны выравнивать микрорельеф рабочей поверхности, улучшая противоизносные свойства смазочного слоя;

2) поверхностно – активные вещества, которые адсорбируются на поверхностях наночастиц, образуют оболочку вокруг каждой частицы, увеличивая прочность масляной пленки;

3) наночастицы образуют слой, способный выполнять роль твердого смазочного материала, обладающий высокой нагрузочной способностью и низким сопротивлением сдвигу;

4) оболочка из поляризованных и упорядоченно расположенных молекул обеспечивает более полное разделение трущихся деталей.

Увеличение массового содержания присадки в масле приводит к монотонному снижению коэффициента трения. Можно прогнозировать, что дальнейшее увеличение содержания присадки будет обеспечивать более низкий коэффициент трения.

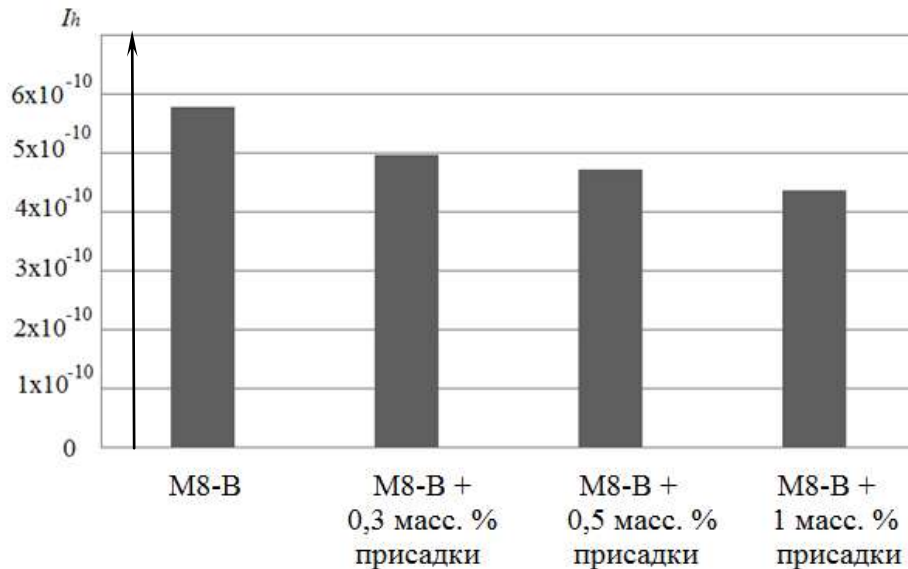


Рис. 2 – Зависимость интенсивности изнашивания (I_h) бронзы по стали от состава смазочного материала

Зависимость интенсивности изнашивания бронзы по стали от состава смазочного материала представляет собой убывающую кривую. Добавление присадки уменьшает интенсивность изнашивания, кроме того, увеличение концентрации присадки в смазочном материале также способствует уменьшению I_h . Так, добавление 0,3 масс. % присадки способствует снижению I_h в 1,16 раз, 0,5 масс. % присадки – в 1,22, 1 масс. % присадки – в 1,32. Также, как и с коэффициентом трения, можно предположить, что увеличивая концентрацию присадки можно уменьшить интенсивность изнашивания пары трения при больших нагрузках и скоростях.

Таким образом, добавление присадки, содержащей наноразмерные частицы графита, в смазочный материал для сопряжения, работающего в

тяжелонагруженных условиях, позволит снизить коэффициент трения и интенсивность изнашивания и обеспечить равномерное их распределение вдоль поверхностей трения.

Литература

1 Богданович П.Н. Трение, смазка и износ в машинах: учебник/ П.Н. Богданович, В.Я. Прушак, С.П. Богданович. – Минск : Тэхналогія, 2011, с. 527.

2 Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания»/ В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов и др.: Под общ. ред. А.С. Орлова, М.Г. Круглова. – 4-е изд. перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990, с. 288.

3 Покровский Г.П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Двигатели внутреннего сгорания» и «Автомобили и тракторы». – М.: Машиностроение. 1985, с. 200.

УДК 621.83

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КУЛАЧКА С ПЛОСКИМ ТОЛКАТЕЛЕМ

Н.В. Иноземцева, А.Т. Бельский

УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

Рабочий процесс многих машин в сельскохозяйственном производстве вызывает необходимость иметь в их составе механизмы, движение выходных звеньев которых должно быть выполнено по строго заданному закону и согласовано с движением других механизмов. Наиболее простыми, надежными и компактными для выполнения такой задачи являются кулачковые механизмы.

При проектировании кулачковых механизмов главными критериями являются угол давления δ при проектировании кулачка с роликовым толкателем и условие выпуклости $\rho > 0$ при проектировании кулачка с плоским толкателем.

Условие выпуклости профиля кулачка с плоским поступательно движущимся толкателем выведено Я.Л. Геронимусом

$$\rho = \frac{d^2 s}{d\varphi_2} + s > 0.$$

Для получения зависимости условия выпуклости для профиля кулачка с коромысловым толкателем (рисунок 1,а) воспользуемся заменяющим механизмом (рисунок 1,б).

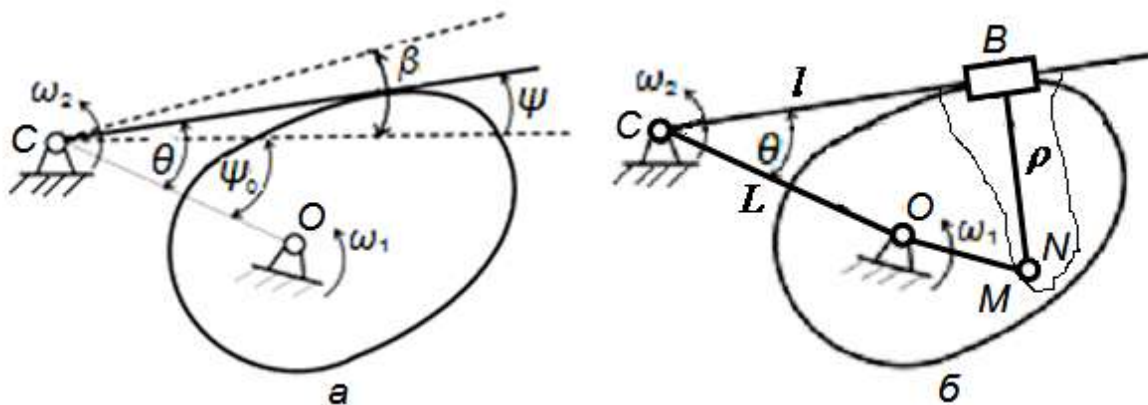


Рис. 1 - Кулачковый механизм с коромысловым толкателем

Пусть точка M является центром кривизны профиля кулачка в точке B . Для определения радиуса кривизны $\rho = NB$ необходимо знать расстояние $l = CB$.

Совместим с точкой M точку N коромысла и построим повернутый план скоростей и план ускорений соответственно по векторным уравнениям

$$\begin{aligned}\vec{V}_N &= \vec{V}_M + \vec{V}_{NM}, \\ \vec{a}_N &= \vec{a}_M + \vec{a}_{NM}^{\text{кор}} + \vec{a}_{NM}^{\text{отн}} = \vec{a}_{NC}^n + \vec{a}_{NC}^{\tau}.\end{aligned}$$

С целью упрощения вывода зависимости для радиуса кривизны построение планов скоростей и ускорений осуществляем соответственно в масштабах $\mu_v = \omega$ и $\mu_a = \omega^2$.

Проектируя изображение плана ускорений на направление NB , после соответствующих преобразований получаем зависимость для радиуса кривизны в следующем виде:

$$\rho = l \cdot \operatorname{tg} \alpha \left(\frac{d\psi}{d\varphi} \right)^2 + l \frac{d^2\psi}{d\varphi^2} + L \cdot \sin \theta - \frac{2V_{NM}}{\omega} \left(\frac{d\psi}{d\varphi} \right).$$

Определяя величины l , α и V_{NM} по плану скоростей, после соответствующих преобразований получим условие выпуклости профиля кулачка

$$\rho = L \frac{\frac{d^2\psi}{d\varphi^2} \cos \theta + \left(1 - \frac{d\psi}{d\varphi} \right) \left(1 - 2 \frac{d\psi}{d\varphi} \right) \sin \theta}{\left(1 - \frac{d\psi}{d\varphi} \right)^3} \geq 0.$$

Учитывая, что $\theta = \psi_0 + \psi$ (рисунок 1), можно сделать вывод, что условие выпуклости профиля кулачка зависит от выбранного закона движения толкателя $\psi = f(\varphi)$, от расстояния между осями вращения кулачка и толкателя L и от начального угла наклона коромысла к линии, соединяющей оси вращения кулачка и толкателя ψ_0 .

Литература:

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин: учебник для вузов – Москва: Наука, 1988, с. 639.

УДК 005.87

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

С.А. Холево

ОАО «Минский завод колёсных тягачей», г. Минск, Беларусь

В 2013 году на Минском заводе колёсных тягачей был начат проект внедрения комплексной системы автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. Стратегической целью проекта было создание современного информационного фундамента для построения автоматизированной системы управления заводом (ERP-системы). Проект получил название BASIS.

До старта проекта было проведено комплексное обследование с описанием действующих бизнес-процессов предприятия. На этой основе был разработан технический проект. Цель проекта внедрения - повышение эффективности конструкторско-технологической подготовки и сопровождения производства изделий ОАО «МЗКТ» за счёт:

- сокращения сроков и общих затрат на КТПП;
- повышения качества изделий;
- снижения материалоёмкости;
- повышения степени унификации применяемых деталей;
- снижения количества изменений;
- повышения эффективности планирования и управления;
- сохранения накопленного опыта.

Достижение целей проекта предполагалось обеспечить за счёт внедрения комплекса CAD/CAM/CAE, PDM/PLM и новых методов конструкторско-технологической подготовки производства.

Для реализации проекта была создана специальная организационная структура, заключён договор с подрядчиком, приобретено специальное программное обеспечение, развёрнута система технической поддержки пользователей. Работа была разделена на направления:

- Сквозная цепочка разработки на базе 3D.
- Электронный архив. Управление библиотеками.
- Автоматизация разработки технологических процессов.
- Базовые средства проектного управления.
- Система управления качеством, надёжностью, требованиями.
- Выпуск технической и эксплуатационной документации (динамические публикации).
- Интеграция с ERP.

- Миграция существующих данных.

В проекте приняло непосредственное участие около 500 человек. Было проведено обучение, новые методики и инструменты отрабатывались в пилотных проектах.

В настоящее время конструкторские разработки полностью ведутся в созданной комплексной системе. В процедуры разработки были внесены изменения, соответствующие принципам проектного управления. Наибольший эффект был достигнут за счёт применения метода проектирования сверху-вниз (Top Down Design). Наибольшие трудности вызывает трансформация восприятия электронных документов вместо бумажных. Для определения практической эффективности новых методов и инструментов проводится эксперимент по бесчертёжной технологии, использованию дополненной реальности.

Подготовлен переход на работу с электронным архивом технической документации – сформированы библиотеки (справочники), настроены рабочие потоки проведения изменений, подготовлена техническая инфраструктура, выполнена миграция данных из старой информационной системы, в цехах установлены мониторы высокого разрешения, внедрена система контроля качества создаваемых электронных структур и моделей изделий, разрабатываются временные регламенты использования новой системы.

В чём сила комплексности? Повысилось качество конструкторской разработки за счёт организации совместной работы, применения библиотек, использования электронных процедур согласования и утверждения с применением «красного карандаша», использования современных инструментов для проектирования механизмов, прочностных расчётов, прокладки трубопроводов, разработки литейных деталей и оснастки, применения динамических публикаций и других. Оперативная расширенная информация, включая 3D-визуализацию и связи, стала доступна потребителям.

Но есть и проблемы. Функционал технологической подготовки производства не может быть эффективно использован без внедрения современной ERP-системы. Отсутствуют квалифицированные и опытные консультанты по тематике управления качеством продукции. Сложность комплексной системы требует больше усилий для поддержания её работоспособности. Электронный архив предъявляет пользователям больше требований при создании документации. Высокая квалификация персонала, необходимая для работы с современной системой, приводит к текучести кадров. Консерватизм управленцев вступает в противоречие с современными методиками.

Что считать успехом проекта? Внедрение современного функционала программного обеспечения или приобретение предприятием навыков быстро осваивать новые технологии и эффективно использовать человеческий потенциал?

УДК 669.715

**ПРИМЕНЕНИЕ АНТИФРИКЦИОННОГО СИЛУМИНА В
ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

В.Ю. Стеценко, К.Н. Баранов, А.П. Гутев

Институт технологии металлов НАН Беларуси, г. Могилев, Беларусь

Традиционно в агропромышленном комплексе и машиностроении в узлах трения используют серийные промышленные бронзы типа БрАЖ, БрАЖН, БрАЖМц, БрОЦС, БрОС, БрОФ. Их главными недостатками являются относительно высокая стоимость, большой удельный вес и импортное производство. В ИТМ НАН Беларуси разработан и запатентован (пат. ВУ 17697, RU 2504595) более дешевый, относительно легкий отечественный заменитель бронз – антифрикционный силумин АК15МЗ (АС). Для его получения разработаны и освоены специальные виды литья с повышенной скоростью охлаждения отливок: вертикальное центробежное и непрерывное горизонтальное литье, литье в струйные кристаллизаторы и охлаждаемые кокиля. Получаемые заготовки из силумина имеют высокодисперсную инвертированную микроструктуру. Высокая структурная инверсия кристаллов кремния в алюминиевой матрице после ускоренной термической обработки по режиму Т5 обеспечивает заготовкам из силумина следующие механические и триботехнические свойства: временное сопротивление разрыву – 350-450 МПа; относительное удлинение – 3-5%; твердость – 125-135 НВ.

В Санкт-Петербургском институте машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ) были проведены сравнительные триботехнические испытания образцов из АС и бронзы БрОЦС5-5-5. При сухом трении испытания проводились на торцевой машине трения при нормальном напряжении 12,8 Н и вращении образца из стали 45 со скоростью 620 об/мин. Линейный износ образцов из АС в 7 раз меньше, чем у аналогичных образцов из бронзы. В условиях сухого трения коэффициент трения скольжения по стали 45 у образцов из АС были в 1,65 раз ниже, чем у аналогичных образцов из бронзы БрОЦС5-5-5. Аналогичные испытания были проведены на машине трения СМЦ-2 со смазкой И20А при нормальном напряжении 200 Н и вращении образца из стали 45 со скоростью 300 об/мин. Линейный износ образцов из АС в 23 раз ниже, чем у аналогичных из бронзы БрОЦС5-5-5. В условиях трения со смазкой И20А коэффициент трения скольжения по стали 45 у образцов из АС были в 1,35 раз ниже, чем у аналогичных образцов из бронзы БрОЦС5-5-5. По заключению Санкт-Петербургского института машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ) АС превосходит серийную бронзу БрОЦС5-5-5 по триботехническим характеристикам и может ее заменить в узлах трения машин и механизмов.

Детали из АС успешно прошли опытно-промышленные испытания более чем на 30 промышленных предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации: ОАО «Белшина» (г. Бобруйск); ОАО «Управляющая компания холдинга «Бобруйскагромаш»; ОАО «Кузлитмаш» (г. Пинск); ОАО «БЕЛАЗ» - управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ» (г. Жодино); ОАО «Минский завод колесных тягачей», ПАО «Таганрогский металлургический завод» (РФ); ОАО «Первоуральский новотрубный завод» (РФ); АО «ТМК Нефтегазсервис - Нижневартовск» (РФ); ОАО «МАЗ» - управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ» (г. Минск); МЦ «ССМ-Тяжмаш» (г. Череповец, РФ) и др.

Все стендовые и опытно-промышленные испытания показали, что детали из АС по износостойкости и ресурсу работы превосходили либо не уступали аналогичным из бронз: БрАЖ9-4, БрАЖН10-4-4, БрАЖМц10-3-2, БрОЦС5-5-5, БрОЦС4-4-2,5, БрОС10-10, БрОФ6,5-0,15, БрОФ10-1, импортных Wieland-B09 и BMZ/L (CuSn8P), ZX-100 и антифрикционного материала АСП-6.

Заготовки из АС в среднем в 2,5 раза дешевле проката промышленных антифрикционных бронз и применяется для изготовления таких деталей, как: подшипники скольжения, муфта предохранительная фрикционная, втулки балансиров и шарнирных соединений, вкладыши люнета токарных станков, прессов и гильотин, втулки сателлитов дифференциалов и сальниковых бус, поршни гидроцилиндров, шестерни червячных колес редукторов, направляющие втулки и другие детали узлов технологического оборудования.

В настоящее время в ИТМ НАН Беларуси создано опытно-промышленное производство и налажен выпуск заготовок из АС в соответствии с техническими условиями ТУ ВУ 700002421.003-2011: сплошных мерных заготовок диаметром до 200 мм и высотой до 150 мм; полых заготовок наружным диаметром от 90 до 320 мм и высотой до 150 мм; непрерывнолитых прутков диаметром от 38 до 85 мм.

Потребителями заготовок из АС являются более 65-ти предприятий Республики Беларусь: ОАО «МАЗ» - управляющая компания холдинга «БЕЛАВТОМАЗ», ОАО «БЕЛАЗ» - управляющая компания холдинга «БЕЛАЗ-ХОЛДИНГ», ОАО «Гомсельмаш», ОАО «Гродненский завод токарных патронов «БелТАПАЗ», ОАО «Минский завод колесных тягачей», ОАО «Моготекс», ОАО «Белшина», ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов», ОАО «Гомельский завод станочных узлов», ОАО «Светлогорск Химволокно», ОАО «Борисовский завод «Автогидроусилитель», ОАО «Бобруйский завод тракторных деталей и агрегатов» и многие другие.

УДК 621.74.04

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ - ПРОИЗВОДСТВУ

А.М. Брановицкий, В.А. Пумпур

Институт технологии металлов НАН Беларуси, г. Могилев, Беларусь

Технологии непрерывного литья, создаваемые в Институте технологии металлов НАН Беларуси (далее - Институт) являются энерго- и ресурсосберегающими по сравнению с такими, как литье в песчаные формы, по выплавляемым моделям и многими другими. За счет высокой производительности и автоматизации труда значительно уменьшаются энергозатраты, увеличивается выход годного продукта. Отсутствуют дымо-, газо- и пылевыведение при подготовке формы и в процессе изготовления отливок, а также образование отвалов горелой земли - в результате повышается экологичность литья.

В настоящее время известная во всем мире технология непрерывно-циклического литья полых цилиндрических заготовок из чугуна методом направленного затвердевания, созданная в Институте и освоенная на одном из передовых литейных предприятий республики УЧНПП «Технолит» (г. Могилев), позволяет получать отливки с заранее заданными структурой и физико-механическими свойствами. Эта технология находит спрос и в России. В 2016 году Институт изготовил и поставил машину непрерывно-циклического литья намораживанием ООО «Механика», г. Рязань.

Освоение технологии и оборудования непрерывного горизонтального литья заготовок деталей из чугуна на Гомельском литейном заводе «Центролит» позволило предприятию с 2016 года выпустить литейной продукции на сумму свыше 2 млн. рублей и поставлять ее на экспорт. Повысилось качество литья, снизились потери металла по сравнению с кокильным литьем, уменьшился расход электроэнергии, повысилась производительность труда. Данная технология и оборудование имеют постоянный спрос за рубежом. В 2016 году опытную машину для непрерывного литья проволоочной заготовки из никелевых и медно-никелевых сплавов Институт поставил в Россию ООО «КУЗОЦМ Технолоджи», г. Каменск-Уральский.

На базе Института создано производство по изготовлению заготовок деталей машиностроения из силуминов с повышенными механическими и антифрикционными свойствами, не уступающими бронзе. Стоимость заготовок из антифрикционного силумина в среднем в 3 раза ниже, чем аналогичных из бронз, а износостойкость - в 4-6 раз выше. Изделия из антифрикционного силумина с успехом заменяют в узлах трения импортные детали машиностроения, многократно и успешно прошли испытания на различных предприятиях Республики Беларусь и Российской Федерации,

что подтверждено множеством актов испытаний и положительных отзывов.

ИТМ НАН Беларуси ежегодно поставляет партии заготовок из антифрикционного силумина более чем тридцати предприятиям и организациям Беларуси и России. Потребителями изделий из антифрикционного силумина являются, в том числе, и предприятия агропромышленного комплекса: ОАО «Гомсельмаш», ОАО «Бобруйский завод тракторных деталей и агрегатов», филиал «Гомсельмаш» «Гомельский завод специнструмента и технологической оснастки», ОАО «Осиповичский завод автомобильных агрегатов», ЗАО «Агропромсельмаш», г. Лида, и другие.

Импортозамещающая ресурсосберегающая технология получения горячекатаных цинковых анодов для Белорусского металлургического завода, г. Жлобин, является одним из примеров успешного сотрудничества Института с промышленными предприятиями. В Институте действует опытно-экспериментальное производство по выпуску импортозамещающей продукции - цинковых анодов. Вследствие разницы в стоимости анодов, закупаемых в России и произведенных Институтом из отходов гальванического производства завода, ежегодный экономический эффект составляет свыше 170 тыс. руб.

Технология изготовления биметаллических червячных колес методом электрошлакового переплава внедрена на заводе «Могилевлифт-маш», где организован серийный выпуск импортозамещающей продукции - биметаллических червячных колес главного привода лифтов, - что значительно повысило эксплуатационные характеристики отечественных лифтов. Ее внедрение позволило повысить конкурентоспособность лифтов на внутреннем и внешнем рынках за счет увеличения надежности и долговечности главного привода. В 2018 году ученые и специалисты Института разработали и изготовили для Могилевлифтмаша комплект оборудования для модернизации установки электрошлакового переплава, выполнили шефмонтаж и наладку установки.

В Институте создано производство по выпуску деталей дробильно-размольного оборудования с повышенным ресурсом работы. В результате исследований, выполненных учеными Института, стойкость деталей к износу и срок их эксплуатации в центробежных дробилках и мельницах, поставляемых за рубеж, возросли на 30-50 %. С 2016 по 2019 годы произведено и поставлено таких деталей предприятиям республики и в Россию на сумму свыше 430 тыс. долл. США.

Технологии и оборудование, создаваемые учеными и специалистами Института, находят спрос в республике и за ее пределами, так как являются инновационными и позволяют получать высококачественные литые изделия при значительном энерго- и ресурсосбережении.

УДК 669.14.018.8: 621.45.038.72

ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ БОРА И УГЛЕРОДА: ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ

Н.Ф. Соловей,¹ Е.А. Кулеш, Н.Н. Федосенко², Д.Г. Пилипцов²¹НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь²УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»,
г. Гомель, Беларусь

В машиностроении широко используются как технологии поверхностного упрочнения (азотирование, цементация, борирование), так и создание на рабочих поверхностях инструмента покрытий специального назначения. Покрытия на основе карбида бора характеризуются высокой твердостью; устойчивостью к износу и коррозии; высокой теплопроводностью и термостойкостью, которая не характерна для других карбидных соединений [1]. Разработка способов формирования алмазоподобных покрытий легированных бором является актуальной задачей.

Основной недостаток формирования композиционных α -C:B покрытий заключается в методе формирования углеродной компоненты, для этого, как правило используют методы химического осаждения из газовой фазы, что формирует относительно мягкие (микротвердость не более 7–9 ГПа) углеродные покрытия, или с использованием методов распыления композиционных B_4C мишеней, что обуславливает высокую концентрацию атомов углерода с sp^2 гибридизацией связей. Применение лазерных методов для формирования α -C:B покрытий за счет распыления композиционных мишеней [2], характеризуется низкой скоростью роста покрытий, что не является технологическим методом. Применение же методов химического осаждения характеризующихся высокой температурой синтеза ($\geq 750^\circ C$), ограничивает тип материалов подложек.

В предложенной методике формирования α -C:B покрытий, осаждение углеродной компоненты покрытия осуществляется из импульсной углеродной плазмы, получаемой за счет распыления графитового катода, а введение бора – за счет распыления лазерным излучением мишени, изготовленной из бора чистотой 99,95 %. Схема эксперимента представлена на рисунке 1.

Испарение мишени из бора осуществляется импульсным излучением твердотельного $YAG:Nd^{3+}$ лазера. Оптическая схема позволяет выбирать между режимом свободной генерации и модулированной добротности. БПЛ 75/3 использовался в качестве блока питания.

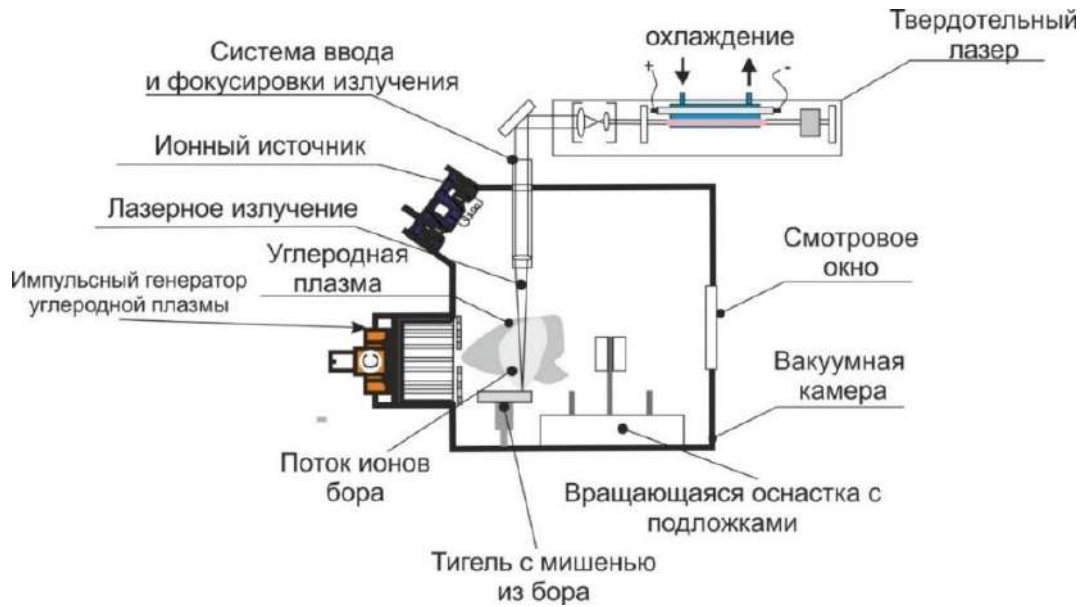


Рис. 1 - Схематическое изображение экспериментального оборудования, предназначенного для осаждения бор-углеродных покрытий

Частота следования импульсов задается блоком питания и лежит в интервале от 1 до 50 Гц. Предложенная методика формирования композиционных бор-углеродных покрытий позволяет формировать углеродную матрицу с высоким содержанием атомов углерода с sp^3 связями, и за счет варьирования частоты следования импульсов лазерного излучения формировать поток атомов бора различной плотности, что определяет широкий диапазон отношения атомов C/B в покрытии. Использование химически чистых материалов, а также отсутствие водорода и высокомолекулярных соединений, позволит получить покрытия с бездефектной структурой и, следовательно, высокими механическими свойствами. Разработанная методика формирования бор-углеродных покрытий, сочетает одновременное осаждение углеродной компоненты покрытия из импульсной плазмы дугового разряда с частотой следования импульсов от 3 до 15 Гц и потоков ионов бора, формируемых распылением мишени изготовленной из порошка бора дисперсностью 20 мкм импульсным излучением $YAG:Nd^{3+}$ лазера. За счет варьирования частоты импульсов лазера от 3 до 50 Гц предполагается изменять концентрацию бора в углеродной матрице.

Литература

1. Synthesis of superhard cubic BC_2N / V. L. Solozhenko [et al.] // Applied Physics Letters. – 2001. – Vol. 78. – P. 1385 – 1387.
2. The control of BN and BC bonds in BCN films synthesized using pulsed laser deposition / Y. Wada [et al.] // Diamond and Related Materials. – 2000. – Vol. 9. – P.620–624.

УДК 621.882.6:669.1

О ВЛИЯНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Н.Ф. Соловей¹, Г.П. Горецкий², Л.А. Мороз¹, Т.В. Кравчук¹

¹НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь,

²Физико-технический институт НАН Беларуси, г. Минск, Беларусь

Важнейшей задачей современного машиностроительного крепежа является улучшение качества металлопродукции и изготавливаемых из нее деталей, повышение надежности и долговечности узлов.

Наиболее распространенным способом изготовления метизных изделий является метод холодной штамповки. Для изготовления высокопрочного крепежа широко используются стали 40Х, 35, 35Х, а также бор-содержащие стали 20Г2Р и 30Г1Р. В настоящее время сталь 40Х в виде круга диаметром 17 мм закупается у различных поставщиков ближнего зарубежья и может различаться по химическому составу, микроструктуре и механическим свойствам. Для получения качественных болтов необходима высокая степень технологичности в процессе холодного деформирования и термической обработки. Это значит, что для каждой партии металла должен быть подобран свой режим термообработки и деформирования, в результате которого получают заданные механические свойства.

Согласно одной из технологий, существующих на предприятии, поступающий металлопрокат подвергается длительному отпуску: 3÷4 ч при 740 °С, 15 ч при 680 °С с последующим остыванием до 500 °С с печью, а затем на воздухе. Следующая операция – длительное травление в серной кислоте. В результате отжига получают структуру «зернистый перлит» ~ 50% и твердость не более 179 НВ. Длительный отжиг приводит к значительному обезуглероживанию (увеличению содержания графита в поверхностном слое). Известно, что при графитизации наблюдается рост растворимости водорода. При одинаковом содержании углерода стали с феррито-перлитной структурой наиболее склонны к наводороживанию, стали с трооститной и мартенситной – менее. С повышением содержания углерода степень наводороживания уменьшается. Таким образом, длительный отжиг в процессе изготовления болтов создает оптимальные условия для наводороживания металла при травлении. Считается, что сегрегация водорода происходит наиболее вероятно в областях с деформацией растяжения, поэтому водород накапливается в деформированных областях около конца трещины и, тем самым, способствует ее росту (эффект Ребиндера). Для дальнейшего роста трещины необходимо, чтобы на вновь образовавшейся поверхности адсорбировалась следующая порция водорода, что и происходит через определенное время. Волочение (изменение диаметра с 17 мм до 15, 6 мм) также способствует образованию дефектов. Наводороживание во многом

обусловлено зависимостью растворимости и диффузионной подвижности атомов водорода от концентрации и типа несовершенства кристаллической решетки, деформирующейся в процессе холодной пластической деформации (волочение, формообразование болта, накатка резьбы). Существует тесная связь между тонкой структурой металла и топографией водорода, атомы которого сегрегируют на дислокациях и субграницах однофазных состояний. Количество и вид дефектов, образовавшихся в процессе технологических операций, имеет дискретный характер, как по поверхности, так и по объему металла.

Фосфатирование вносит свой вклад в наводороживание. При нагреве под закалку создается определенный углеродный потенциал для устранения обезуглероживания с последующей закалкой и запиранием водорода в приповерхностном слое. Статическое нагружение болтов в процессе затяжки увеличивает напряжение растяжения и создает благоприятные условия для дополнительного движения водорода с последующей молизацией и возрастанием парциального давления в дефектных областях (по данным Вамплера и др. - около 2000 атм.). Создание внутренних напряжений выше предела текучести материала ведет к развитию трещин перпендикулярно приложенной нагрузке и хрупкому разрушению болта в зоне повышенной напряженности, т.е. именно к тому, что мы наблюдаем при разрушении болтов КВС-2-0115629.

Водородное охрупчивание может проявляться при содержании водорода всего $0,2 \times 10^{-5}$ м³/кг. Хотя наиболее полно водородное охрупчивание наблюдается при $1 \div 2 \times 10^{-5}$ м³/кг. Таким образом, наличие в металле определенной концентрации водорода не может не сказаться на его механических свойствах.

Процесс цинкования также сопровождается наводороживанием с концентрацией водорода, как в покрытии, так и в поверхностном слое металла. Опыты показывают, что содержание водорода в покрытии в $1,5 \div 2$ раза выше, чем в самом металле и сосредоточено в тонком слое покрытия, прилегающим к покрываемой поверхности. В дальнейшем возможна диффузия водорода внутрь, а также его молизация в покрытии с образованием пузырей, вздутий и нарушении сплошности покрытия, ухудшающими внешний вид изделия, что наблюдается в реальности на комбайнах.

Проведенный анализ болтов КВС-2-0115629, разрушенных в процессе эксплуатации кормоуборочных комбайнов, показал: происходит хрупкое разрушение по ненагруженной резьбовой части болта; практически все механические свойства неразрушенных болтов соответствуют нормам. Основная причина разрушения – наследственное и приобретенное несовершенство структурных и физико-механических свойств металлопроката и не устранение дефектов в процессе изготовления болтов. Для получения качественных болтов необходима высокая степень технологичности в процессе холодного деформирования и термической обработки.

УДК 65.011.56

АДАПТАЦИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ И ПОДХОДЫ К АДАПТАЦИИ ПРИ РАБОТЕ КОМПАНИЙ В УСЛОВИЯХ ИНОСТРАННЫХ РЫНКОВ

С.А. Емельянченко

НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

В настоящее время все больше компаний выходят на новые рынки со своей продукцией, при этом существующие стандарты стран, куда выходят компании, не совпадают со стандартами, по которым разработана КД и оформлены сопутствующие документы. При создании пунктов продаж, налаживании дилерских сетей и совместных предприятий за пределами стран СНГ наши компании сталкиваются с не соответствием как самой продукции действующим стандартам (требованиям) на новых рынках, и если решение вопросов по адаптации продукции к новому рынку решаются, то дальнейшие сложности при подготовке производства, обслуживания сохраняются.

Целью данной работы был поиск путей решения возникающих проблем на основе анализа существующих систем производства изделий. Для решения вопроса по адаптации продукции на новых рынках сбыта за пределами стран СНГ и размещения изготовления своих ДСЕ в этих странах были проанализированы существующие системы подхода к делу производства.

Анализ показал, создание новой документации на изделие и сопутствующих документов под разные страны приводит к необходимости создания новых КД идентичных существующим и др. но в тоже время она становится различной по добавленным в неё элементам (из-за требований, предъявляемых в странах сбыта). Вопрос сводится к различию систем и невозможности их объединения в рамках одной, что приводит к увеличению времени на решения вопросов, и большой номенклатуре документов в которых приходится проводить необходимые корректировки. Использование в работе модульного принципа построения структуры изделия, а также создание упрощения сопутствующих документов, таких как листы, замен или упрощения применённых материалов и комплектующих (сведённый в одну группу список материалов заменяющих др. др. комплектующих и т.д.) позволяет свести к минимуму затраты по адаптации продукции на рынке. Также как одно из направлений необходимо пересмотреть подходы компаний, при которых листам замен и самой КД присваивают обозначения с использованием кириллицы (во многих странах используется латиница, а также иероглифы). Необходимость создание адаптированной под большинство стран уже на этапе конструирования КД и

др. документов по опыту западных компаний лучше в системах обозначения использовать цифры, исключив применение буквенных обозначений.

Большинство компаний в СНГ до сих пор продолжают использовать системы ведения документации по аналогу действующего у нас стандарта или по принципу сформированного, когда компании не претендовали на зарубежные рынки. В настоящее время существующие стандарты позволяют создавать системы обозначений отступлениями от стандарта, что существенно сокращает затраты компании на при работе на зарубежных рынках.

В условиях постоянно меняющегося рынка когда приходится принимать быстрые решения и с наименьшими затратами занимать новые ниши на рынке новых стран внедрение модульный принцип построения изделия на уровне КД позволит без больших затрат размещать продукцию на своих совместных предприятиях или производить необходимую локализацию изделия. Так как само изделие будет полностью разбито на модули, используемые при его изготовлении, а использование для сборки изделия КД, в которых показана установка под узла упрощает адаптацию изделия. Также применение в обозначении только цифровых индексов исключит вероятность ошибки при индикации элемента конструкции в любом регионе (написание цифр идентичны во всем мире).

Литература

1. Кириллова Л.К. «Особенности и тенденции развития логистики в условиях интернационализации бизнеса». Ferdows, K. «Making the most of foreign factories.». Джон Кеннет Гэлбрейт «Новое индустриальное общество». Journal of Operations Management. (2006) «The supply base and its complexity: implications for transaction costs, risks, responsiveness».

УДК 004.94

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ОАО ГОМСЕЛЬМАШ

В.И. Козлов, А.В. Черношей
НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

В текущий период развития Информационных технологий в практике проектирования отчетливо присутствуют два подхода объединяющие непосредственно проектирования и оформления конструкторской документации.

Традиционный (старый) метод разработки КД, при котором 3D-модель, чертеж, спецификация системно не связаны между собой. Ответственность за правильность этих составляющих КД несет один или несколько конструкторов. Как следствие – велико влияние человеческого фактора при разработке и поддержании актуального состояния при реализации изменений.

Новый подход на базе решений ведущего мирового производителя фирмы PTC программных продуктов Creo/Windchill, объединяющий в единое целое электронное описание изделия (ЭОИ), три составляющее «модель-чертеж-спецификацию»

Основополагающая идея ЦТ – представления физического объекта в цифровой форме, форме ЭОИ с которой работают, используют, преобразуют, дополняют своими данными все специалисты, на всей цепочке жизненного цикла изделия «Проектирование – подготовка производства – производство – эксплуатация - утилизация».

Определены основные проблемы ЦТ применительно к условиям сложившимся в НТЦК

Первая задача - изменение фундаментального убеждения, что является подлинником конструкторского документа, за что конструктор отвечает, за что его спрашивают в случае разночтений, брака, отказов. Что является подлинником, бумажная документация или электронная модель с ассоциативно связанным чертежом и спецификацией.

Второй глобальной задачей, требующей огромных ресурсов рабочего времени и добротной квалификации персонала, является приведение данных, хранящихся и обрабатываемых в разных местах, к нормализованному виду, который согласуется с требованиями системы Windchill, является ассоциативно связанным в аспекте «Модель-чертеж-спецификация», представляющим собой полное ЭОИ, соответствующим стандартам предприятия.

УДК 621.74

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЯХ НА ЭТАПЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ

И.Б. Одарченко, И.Н. Прусенко, В.А. Жаранов
УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

Решение задач по проектированию и оптимизации литейных технологий связано с необходимостью оценки технологичности отливок, во многом зависящей от сложности применяемых литейных стержней. Сложность и технологические особенности литейных стержней определяют годность и качество внутренних поверхностей отливок, обеспечивая надежность посадок, контактную жесткость, теплопроводность стыков сопряженных деталей, герметичность соединений конечных деталей и узлов.

Общепринятые подходы в классификации сложности литейных стержней предполагают приближенную, комплексную оценку формирующих их показателей (геометрическая форма, размеры стержня, характеристики и количество стержневых знаков, требования к шероховатости внутренних поверхностей отливок). При этом оценка сложности литейных стержней является косвенной, во многом зависящей от опыта технолога.

Вместе с тем, современный аппарат математического моделирования и подходы, заложенные в CAD, CAM, CAE продуктах, создают возможность для комплексной разработки литейных технологий с применением автоматизированного процесса оценки сложности и учетом специфики применяемых литейных стержней. Основой для решения такой задачи выступают современные программные продукты, позволяющие оперативно и точно производить оценку геометрических параметров трехмерных моделей.

При этом трехмерную модель литейного стержня предлагается представлять совокупностью простых геометрических тел, по геометрическим данным которых производится расчет технологически значимых характеристик стержня, таких как общий объем, площадь поверхности, габаритные размеры, соотношения размеров отдельных его частей, толщина стенок, количество, вид, размеры стержневых знаков и другие. Математическая обработка полученных данных позволяет вывести корреляционные коэффициенты (размерности, тонкостенности, массивности, устойчивости, контактной поверхности, термически активных зон и др.), характеризующих условия работы стержня и его

влияние на выбор решений в проектировании технологии изготовления отливок.

Данный принцип оценки сложности литейного стержня был использован в основе разработки компьютеризированной системы прогнозирования качества внутренних поверхностей отливок. С этой целью была сформирована база САД моделей литейных стержней, применяемых для чугунных отливок сельхозмашиностроительного назначения, обработка которой позволила выделить пять групп сложности литейных стержней. Для каждой группы, полученные пороговые данные, характеризовались резкими отличиями корреляционных коэффициентов, позволяющими принимать принципиально иные технологические решения при разработке литейных технологий. При этом использование предложенных коэффициентов наряду с данными о составе стержневых смесей и эксплуатационных свойствах литейных стержней, позволяет создать новый подход к моделированию вероятности образования литейных дефектов (просечек, ужимин, газовых раковин, пористости, пригара, засоров, горячих и холодных трещин, и др.) на внутренних поверхностях и в теле отливок.

Литература

1. Одарченко И.Б. Оптимизация гидродинамики литниково-питающих систем с использованием нейросетевых методов классификации технологических параметров/ И.Б. Одарченко, В.А. Жаранов, И.Н. Прусенко// Литье и металлургия. – 2017.– №4, с. 84-88.

УДК 621.74

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ

И.Б. Одарченко, И.Н. Прусенко, В.А. Жаранов
УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

Прочностные и пластические свойства литейного стержня при контакте с жидким сплавом определяются его структурой, характеристиками и свойствами исходных компонентов стержневой смеси. Структура стержневой смеси формируется за счет образования физико-химических связей между отдельными зернами огнеупорного наполнителя. Такие связи образуются при введении связующего, обеспечивающего адгезионно-когезионную связь частиц.

Потенциально-возможные прочностные и пластические свойства структуры стержневой смеси литейного стержня для большинства современных стержневых технологий определяются именно характером и величиной сил когезионного взаимодействия в зоне единичного контакта и удельным количеством таких контактов в заданном объеме смеси [1]. В этой связи процессы формообразования, используемые в изготовлении литейных стержней, направлены на обеспечение оптимального уплотнения структуры стержневой смеси, соответствующей достижению требуемого количества контактов между зернами огнеупорного наполнителя через оболочку связующего.

Анализ структурообразования стержневой смеси при использовании средств компьютерного моделирования в CAD и CAE программах позволил установить общее количество контактов зерен огнеупорного наполнителя в заданном объеме стержневой смеси. Для моделирования структуры стержневой смеси были разработаны трехмерные модели зерен песка округлой и угловатой формы четырех фракций (01, 016, 02, 04) (рис. 1).

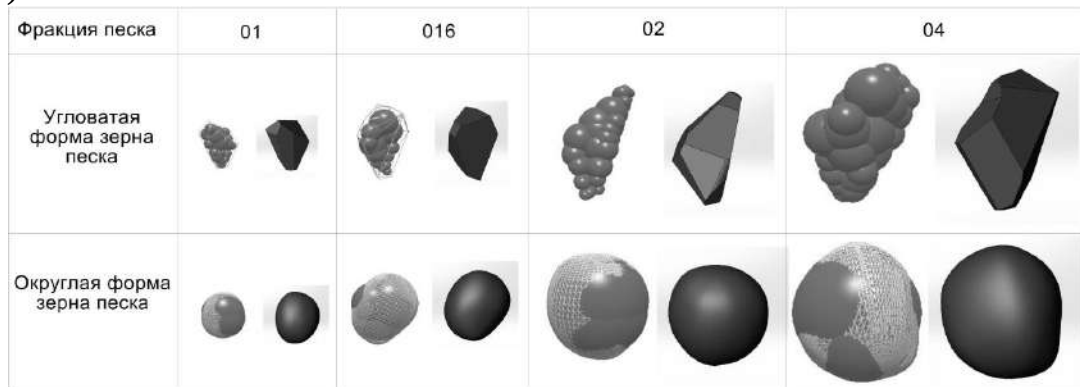


Рис. 1 - Трехмерные модели зерен песка

Генерированием частиц огнеупорного наполнителя заданной формы и среднего размера имитировался процесс заполнения виртуальной емкости объемом 1 см^3 , в результате чего были сформированы трехмерные модели структуры стержневой смеси. При этом моделировалась динамика изменения количества контактов во времени. В каждом исследовании заданный объем смеси формировался в течение 8 секунд, после чего подвергался воздействию сил прессования до плотности смеси $1,45 \text{ г/см}^3$. Подсчет числа контактов осуществлялся с применением контактных векторов между частицами песка.

В результате проведенных исследований было установлено, что для частиц песка угловатой формы характерно большее количество реализованных контактов в единице объема уплотненной смеси в сравнении с частицами округлой формы. При этом следует заметить, что с уменьшением удельной поверхности частиц количество реализованных контактов уменьшается (таблица 1).

Табл. 1 - Концентрация контактов в единице объема смеси

Средний размер зерен песка, мм	01	016	02	04
Концентрация контактов в объеме стержневой смеси для частиц угловатой формы, шт/см ³	4001000	1211000	597000	79000
Концентрация контактов в объеме стержневой смеси для частиц округлой формы, шт/см ³	3958000	1134000	526000	64000

Проведенный анализ позволяет установить существенную зависимость прочности литейного стержня от качественных характеристик огнеупорного наполнителя и, тем самым, расширяет возможности ее регулирования. Для стабилизированного протекания процессов механического взаимодействия расплава и литейного стержня гранулометрический состав огнеупорного наполнителя должен подбираться не только с учетом размера, характера распределения зерен песка, но и с учетом формы и характера поверхности частиц. Данный подход необходим для формирования структуры стержневой смеси, обеспечивающей стойкость к деформациям и возникновений механических напряжений при контакте с расплавом.

Литература

1. Жуковский С.С. Холоднотвердеющие связующие и смеси для литейных стержней и форм: справочник/ С.С. Жуковский. – М.: Машиностроение, 2010, с. 256 .

УДК 621.869.4

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНЫХ УСТРОЙСТВ ФРОНТАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ

В.Б. Попов¹, О.В. Рехлицкий²¹УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» г. Гомель, Беларусь²НТЦК «ОАО Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

В сельскохозяйственном производстве, дорожном и городском строительстве, фронтальные погрузчики (ФП) успешно решают проблему механизации труда. Растущий шлейф сменного рабочего оборудования выдвигает проблему агрегатирования ФП и рабочих машин на одно из первых мест. Необходимый для обеспечения конкурентоспособности рост показателей эффективности работы ФП в немалой степени определяется характеристиками его подъемно-навесного устройства (ПНУ). В условиях ограничений на материальные, финансовые и трудовые ресурсы обеспечение требуемых показателей качества ПНУ возможно только за счет автоматизации проектирования, базирующейся на соответствующем математическом обеспечении.

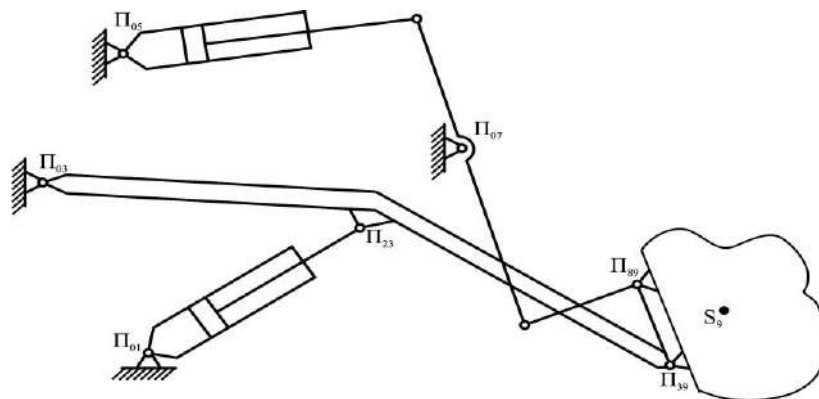


Рис. 1 - Схема механизмов подъема стрелы и поворота траверсы фронтального погрузчика

ПНУ состоит из нерегулируемого объемного гидропривода, гидроцилиндры которого приводят в движение, расположенные симметрично относительно продольной плоскости симметрии ФП механизмы подъема стрелы (МПС) и поворота траверсы (МПТ). МПС большинства погрузчиков устроен одинаково: на раме ФП шарнирно закреплена стрела, поворачиваемая при помощи гидроцилиндра в продольной плоскости. Структурный анализ показывает, что в проекции на продольную плоскость сим-

метрии погрузчика МПС представляет собой одноподвижный четырехзвенник со средней поступательной парой. Справа и слева на стреле шарнирно закреплены два МПТ, включающие два гидроцилиндра, соединенные одним концом со стрелой, а другим через рычаги и тяги с рабочим органом. На плоскости МПТ идентифицируется одноподвижным шестизвенником. Гидроприводы ФП формируются по единой схеме, в составе которой, как правило, присутствуют: шестеренный гидронасос, трехпозиционный гидрораспределитель, силовой односторонний гидроцилиндр, фильтр, бак и предохранительный клапан, замкнутые в цепь гидромагистральями.

Ряд показателей качества погрузчика (определяемых структурой и параметрами ПНУ): грузоподъемность ПНУ, вылет стрелы, максимальная высота подъема рабочего органа, время подъема рабочего органа, максимальное давление в гидроприводе, опрокидывающая ФП нагрузка должны закладываться уже на этапе технического задания. Для решения этой проблемы в условиях автоматизированного проектирования были разработаны функциональные математические модели (ФММ) для геометрического, кинематического, силового, динамического анализа, а также параметрического синтеза ПНУ [1,2]. ФММ геометрического, кинематического и силового анализа были представлены алгебраическими зависимостями и системами уравнений, описывающими установившийся режим подъема рабочего органа. В результате геометрического анализа определяются максимальная высота подъема и вылет стрелы, а также угол поворота рабочего органа. По результатам кинематического и силового анализа определяются грузоподъемность ПНУ, реакции в кинематических парах, приведенная к ведущему звену сила трения.

ФММ динамики подъема стрелы и поворота рабочего органа представлены системами нелинейных дифференциальных уравнений, решаемых методом численного интегрирования (Рунге-Кутта 4-го порядка). В результате динамического анализа движения нагруженного поршня определяются законы движения ведущих звеньев механизмов и рациональные параметры гидроприводов, время подъема стрелы и поворота рабочего органа, а также давление настройки предохранительного клапана, помимо этого уточняются результаты силового анализа. ФММ колебаний погрузчика с поднятым рабочим органом, движущимся с постоянной скоростью в продольной плоскости и преодолевающего характерные неровности микрорельефа формируется на основе уравнения Лагранжа 2-го рода и представлена системой нелинейных дифференциальных уравнений. Определяемые в результате решения параметры вибрации позволяют уточнить распределение действующей на несущие элементы конструкции нагрузки. Используя программные комплексы, реализующие метод конечных элементов (ИСПА, ANSYS) на стадии эскизного проектирования выполняется анализ прочности рамы ФП, стрелы, а также других звеньев механизмов ПНУ. Это позволяет откорректировать геометрические модели упомяну-

тых объектов, понизив их металлоемкость и одновременно обеспечив конструкции обоснованный запас по прочности и жесткости.

ФММ геометрического, кинематического и силового анализа ПНУ, составленная из аналитических выражений для показателей качества целевая функция, управляемые параметры, функциональные и параметрические ограничения, а также метод оптимизации (случайного поиска – метод “Монте-Карло”) формируют задачу нелинейного программирования и составляют основу ФММ оптимизационного параметрического синтеза ПНУ.

Возможность использования полученных ФММ для получения рекомендаций по выполнению соответствующих регулировок при агрегатировании аналогичных импортных ФП с отечественными рабочими машинами и наоборот очевидна. В случае существенного изменения габаритов ФП и грузоподъемности, для идентичных по структуре ПНУ в алгоритмах и программах математического обеспечения проводятся необходимые корректировки.

Литература

1. Попов В. Б. Математическое моделирование функционирования механизмов подъема и поворота траверсы фронтального погрузчика / В.Б. Попов, П.В. Авраменко// Конференция “Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра” НТЦК, 2017, с 104-105.
2. Попов В. Б. Параметрическая оптимизация механизмов подъема и поворота траверсы фронтального погрузчика/ В.Б. Попов, П.В. Авраменко// Конференция “Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра” НТЦК, 2018, с 139-141.

УДК 67.04

ПОДШИПНИК СКОЛЬЖЕНИЯ С ВКЛАДЫШЕМ НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА ДЛЯ РОЛИКОВОЙ РИХТОВКИ

Ю.Л. Бобарикин, Ю.В. Мартьянов, И.А. Цырганович
УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

Роликовая рихтовка служит для обеспечения прямолинейности проволоки и металлокорда перед намоткой на приёмную катушку.

Основная проблема роликовых рихтовок для волочильных станов тонкого волочения заключается в недостаточно высоком ресурсе работы на высоких скоростях волочения и в неравномерном износе подшипников роликовых рихтовок. Неравномерный износ вызывает разность в моментах сопротивления вращения роликов, а также может являться причиной подклинивания. Этому недостатка лишены подшипниковые узлы скольжения с вкладышами на основе неметаллической матрицы. Несмотря на низкую прочность по сравнению с подшипниками качения и с подшипниками скольжения, имеющими вкладыш на металлической матрице, неметаллическая матрица вкладыша позволяет добиться удовлетворительных условий трения, обеспечивая компромисс между коэффициентом трения, моментом сопротивления вращению и температурой за счёт повышенной пластичности вкладыша.

В качестве матрицы исходного композиционного материала вкладыша подшипника применяется фторопласт (ПТФЭ-4). Фторопласт обладает неплохими антифрикционными свойствами, а также практически не смачивается, что позволяет исключить попадание влаги в композит в процессе его работы.

Для изготовления подшипника скольжения применялась оснастка собственной разработки. Схема оснастки представлена на рисунке 1.

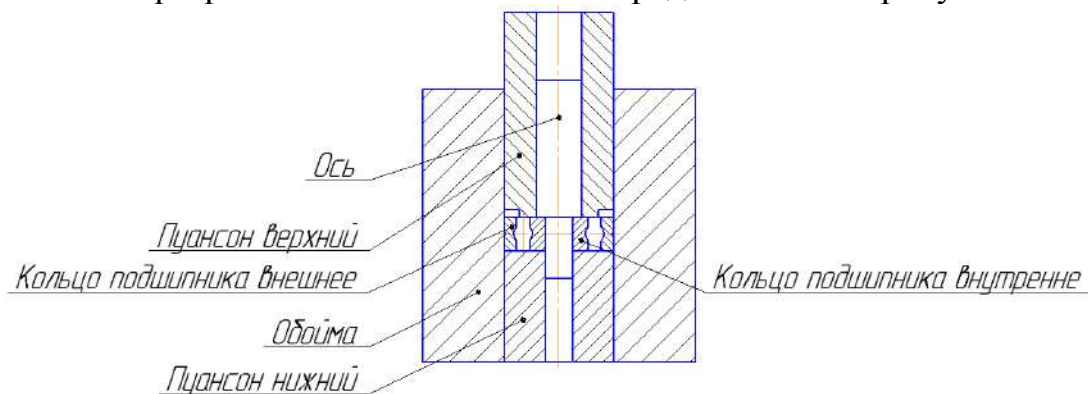


Рис. 1 - Схема оснастки для изготовления подшипника скольжения

Суть изготовления подшипника скольжения сводится к восстановлению повреждённых и вышедших из строя шариковых подшипников качения. В оснастку помещается подшипник качения, из которого предварительно удалены сепаратор и шарики. В полость засыпается подготовленная смесь для композиционного материала, содержащая фторопласт в качестве матрицы, а также графит и бронзу в качестве наполнителей. Графит улучшает условия трения и снижает рабочую температуру подшипника. Бронза увеличивает общую прочность полученного вкладыша.

Для испытаний изготовленного подшипника использовался стенд для вращения подшипника с помощью фрикционной пары. Испытания проводились в течение 60 минут непрерывной работы. Для имитации нагрузки на подшипник использовался рычажный механизм с грузом. Нагрузка на подшипник составляет 10Н. Основным фактором оценки работоспособности подшипника выбрана температура его работы. Измерение температуры измерялось с помощью тепловизора *Testo 730*.

Картина температурного распределения представлена на рисунке 2.

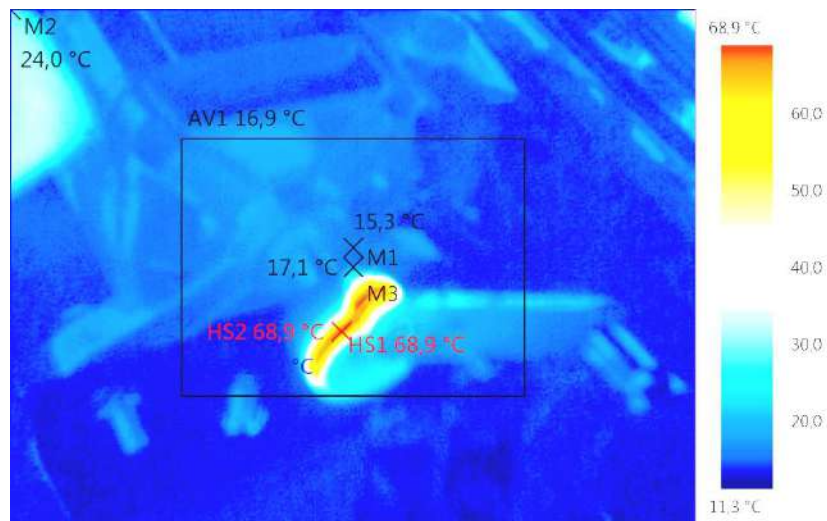


Рис. 2 - Картина температурного распределения

После 60 минут испытаний температура подшипника не превысила 70°, что свидетельствует об удовлетворительных условиях работы подшипника. При такой температуре химический состав вкладыша не изменяется, антифрикционные свойства не ухудшаются, прочность подшипника не снижается.

Исследования показывают перспективность данного направления исследования. Аналогичное решение возможно использовать в подшипниковых узлах большего диаметра. Следующими шагами исследования будут расширенные испытания в течение большего количества времени, а также корректировка состава композита для улучшения условий работы подшипника.

УДК 621.785.5

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, АНАЛИЗ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

П.Ю. Бетанов, В.В. Шевко
НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

Существующая на настоящий момент концепция комплексов и агрегатов по подготовке почвы и посеву, применяемых в сельскохозяйственном производстве, подразумевает использование в качестве энергоносителя трактора и прицепляемых к нему орудий и агрегатов.

Начиная с 80-х годов прошлого века, отчетливо прослеживается тенденция к созданию мощных универсальных машин, используемых в сельскохозяйственном производстве, способных к переагрегатированию с минимальными трудозатратами и обеспечивающими агрегатирование с прицепными или монтируемыми на шасси адаптерами с активными рабочими органами с приводом от ВОМ или посредством гидравлических систем.

Фирмой «CLASS» представлены на рынке универсальные энергетические средства (далее-УЭС) «XERION-4000», «XERION-5000» с мощностью двигателя от 400 до 490 л.с., с различной компоновкой размещения кабины.

Фирмой «HOLMER» производится универсальные энергетические средства «Terra Variant» с мощностью двигателя от 450 до 600 л.с. с передним расположением кабины по автомобильному типу «кабина за двигателем».

Компания Vredo, Голландия изготавливает универсальные энергетические средства платформенного типа с мощностью двигателя от 450 до 600 л.с.

Фирма DEUTZ FAHR также ведет работы по универсальному энергетическому средству нового поколения Agro XXL с мощностью двигателя 600 л.с. и шасси на базе 4 мостов для применения в крупных сельскохозяйственных предприятиях.

ОАО «КАМАЗ» начал работу над УЭС для сельскохозяйственного производства под названием «AUTOTRAC-260». Энергосредство построено на платформе серийного автомобиля «КАМАЗ».

В настоящее время все универсальные энергетические средства имеют механические или двухпоточные гидромеханические трансмиссии, которые требуют за время полной эксплуатации значительного расхода масла и жидкости для гидросистем.

Электромеханическая трансмиссия позволяет полностью оптимизировать крутящий момент на каждом колесе в зависимости от сцепных

свойств. В дальнейшем развитии универсальное энергетическое средство должно представлять собой шасси платформенного типа с колесной формулой 4к4 или 6к6 с электромеханической трансмиссией с приводом каждого колеса отдельным электромотором;

передним и задним навесными устройствами с электрическим приводом и усилителем, передним и задним валами отбора мощности с приводом электромотором. УЭС должно иметь универсальные электрические разъемы для подключения привода рабочих органов адаптеров посредством электрических двигателей.

Мощность дизельного двигателя должна быть не менее 460л.с. В дальнейшем дизельный двигатель можно заменить на двигатель на водородном топливе или топливные элементы на основе водорода.

Рулевое управление электрическое с приводным механизмом.

С целью расширения возможности агрегатирования с различными адаптерами кабина должна быть смещаемая относительно продольной и поперечной плоскостей энергосредства на рычажном механизме и с целью обслуживания двигателя подниматься вперед на петлях.

УЭС должно агрегатироваться с плугами захватом до 6м, комбинированными агрегатами для сплошной обработки почвы с захватом до 18м, комбинированными посевными агрегатами и агрегатами для внесения удобрений монтируемыми на платформу, транспортных работ с использованием кузова на платформе или полуприцепов объемом до 100м. куб и массой до 50т, соединяемого с УЭС через седельное или шаровое сцепное устройство, монтируемым на платформе опрыскивателем, комплексами по заготовке кормов или сахарной свеклы с погрузкой как в рядом идущее средство так и в монтируемый на платформе или прицепной бункер-накопитель, комплексами по посадке и уборке картофеля и т.д.

Литература

1. Златин П.А., Кеменов В.А., Ксенович И.П. Электромобили и гибридные автомобили. — М.: Агроконсалт, 2004.
2. Гибридные автомобили и их компоненты (обзор зарубежной печати)// Мобильная техника. — 2003, № 1—3.
3. Ксенович И.П., Ипатов А.А., Изосимов Д.Б. Технологии гибридных автомобилей: состояние и пути развития отечественной автомобильной техники с комбинированными энергоустановками // Мобильная техника. — 2003, № 2, 3.
4. Белоусов Б.Н., Попов С.Д. Колесные транспортные средства особо большой грузоподъемности. Конструкция. Теория. Расчет / Под общ. ред. Б.Н. Белоусова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006.
5. Материалы, проспекты с международной выставки «Агротехника», 2009-2017г.

УДК 004.89:004.4:621:004;

МОДУЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ

А.Г. Гривачевский, Р.Л. Кулик

Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь

Модуль автоматизированного проектирования технологических процессов холодной штамповки является составной частью комплекса программных средств автоматизации технологической подготовки производства на машиностроительных предприятиях с единичным и серийным типами производств, разрабатываемым в рамках одного из заданий ГНТП «Интеллектуальные информационные технологии».

Комплекс предназначен для повышения уровня автоматизации технологической подготовки производства с получением технико-экономического эффекта за счет снижения трудоемкости и сокращения сроков технологического проектирования.

Программные средства комплекса обеспечивают:

- ввод информации с электронных чертежей и 3D-моделей, созданных в разных графических системах;
- автоматизированное проектирование технологических процессов в сквозном режиме по направлениям: механическая обработка, холодная штамповка, сварка, нанесение гальванических покрытий, нанесение лакокрасочных покрытий, раскладка деталей из листового металлопроката для резки на машинах термической резки и гильотинных ножницах, а также профильного металлопроката для резки на отрезных станках.

Проектированию технологических процессов обработки деталей из листовых материалов предшествует этап выбора рационального способа их изготовления, с применением необходимого технологического оснащения, в зависимости от годовой программы выпуска.

Рациональный способ изготовления деталей определяется по наименьшей стоимости изготовления годовой программы деталей.

Модуль предназначен для автоматизированного проектирования технологических процессов по наиболее распространенным операциям холодной штамповки: вырубка, гибка, вытяжка и т.д.

Модуль позволяет выбирать оборудование, приспособления, вспомогательные и измерительные инструменты, назначать режимы обработки, нормы времени, рассчитывать расход материалов, формировать технологические карты.

Результаты проектирования выдаются в виде комплекта документации, описывающего технологический процесс изготовления детали в соответствии с требованиями стандартов.

Компонентами модуля холодной штамповки являются:

- архив технологической документации;
- база данных
- генератор формирования форм технологической документации.

База данных модуля содержит следующие разделы:

- оборудование;
- оснастка;
- материалы;
- сортаменты;
- операции;
- переходы

Предусмотрены следующие режимы формирования карт технологических процессов:

- проектирование нового техпроцесса;
- проектирование нового техпроцесса путем редактирования ранее спроектированного.

Для работы с комплексом необходим компьютер следующей конфигурации: процессор с количеством ядер не менее двух и с тактовой частотой 2,7 ГГц и выше; оперативная память (ОЗУ) объемом не менее 2 ГБ; 5 ГБ свободного места на диске; видеопамять не менее 256 МБ; принтер формата А4.

Базовое программное обеспечение: ОС Windows 7 и выше, Microsoft SQL Server, Microsoft Word, AutoCAD, КОМПАС.

Разработанные алгоритмы, программные средства и эксплуатационные документы модуля автоматизированного формирования технологических процессов холодной штамповки обеспечивают необходимое качество продукции, высокую производительность при изготовлении деталей и снижение трудоемкости.

Пилотная версия проекта внедрена в ОАО «Минский Агросервис» на базовом программном обеспечении (графический пакет «Компас в.15», СУБД MS SGL- сервер).

УДК 004.94; 519.85; 631.3

СРЕДА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИЦЕПНЫХ И НАВЕСНЫХ АГРЕГАТОВ

Ю.М. Кротюк, А.Г. Гривачевский
Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь

Концепция создания полнофункциональной системы автоматизации проектирования (САПР) для разработки конструкций прицепных агрегатов для обработки почвы, обеспечивающей решение задач автоматизации проектирования и инженерного анализа конструкции подразумевает организацию единого информационного пространства – среды разработки на основе единой базы данных.

В ОИПИ НАН Беларуси в рамках ГПНИ «Информатика, космос и безопасность» разработан экспериментальный образец интегрированной среды информационной поддержки процессов проектирования и инженерного анализа конструкции сложных технических объектов (ИСППИА), который обеспечивает информационную поддержку процессов описания и подготовки данных для проектирования элементов конструкции таких объектов, осуществляет расчетные процедуры и взаимодействие между используемыми функциональными приложениями и который был использован в ряде проектов по созданию конструкции прицепных и навесных агрегатов для обработки почвы.

Основой для автоматизации работ по проектированию конструкции прицепных агрегатов для обработки почвы в ИСППИА являются библиотеки параметризованных CAD-моделей элементов конструкции. Библиотечные модели элементов конструкции используются при

разработке конструкторско-технологической документации и проведении исследований прочностных характеристик. С помощью библиотек элементов конструкции выполняются следующие работы:

- создаются конструкции прицепных агрегатов для обработки почвы (определяются рациональные параметры конструкции, осуществляется выбор сортамента, определяется положение элементов конструкции в пространстве);
- выполняется компоновка конструкции;
- корректируются размеры конструкции;
- редактируются параметры и свойства элементов конструкций в процессе проектирования.

При проектировании прицепного оборудования обеспечивается решение следующих задач:

- визуализация структуры проекта;

- отображение значений параметров элементов проекта;
- визуализация изображений элементов и их чертежей;
- взаимодействие со средой графического моделирования SolidWorks;
- поддержка процессов проектирования элементов конструкции

из

моделей, заложенных в библиотеку базы данных;

- формирование базы данных моделей конструктивных элементов, отличающихся от библиотечных моделей;
- редактирование проектной модели;
- формирование исходных данных для расчета параметров геометрических моделей элементов конструкции;
- обеспечение вызова и реализации процедур проектирования;
- формирование модели изделия;
- формирование сборочных моделей изделия;
- формирование спецификаций для сборочных моделей изделий;
- формирование отчётов;
- поддержка внешних модулей для проведения инженерного анализа в конечно-элементных пакетах ANSYS и LS-DYNA;
- оперативное внесение изменений в проект, хранение и предоставление информации по проекту.

Процесс проектирования осуществляется на экранных формах, в рамках которых конструктор задает элементный состав конструкции, параметры элементов конструкции и исходные данные, необходимые для проведения расчетов и оформления документации.

Для обеспечения поддержки процессов инженерного анализа конструкций и ее элементов, выполнения прочностных расчетов конструктором, по его усмотрению, используются специализированные модули расчета элементов рамных конструкций, расчета рамных конструкций и подготовки исходных данных для расчета конструкции в системе LS-DYNA. Несмотря на общий интерактивный режим, в среде информационной поддержки процессов проектирования навесных и прицепных агрегатов для обработки почвы реализован достаточно высокий уровень выполнения разнообразных проектных процедур в автоматическом режиме, основанный на использовании развитых баз данных по нормативно-справочной информации и библиотек параметризованных геометрических моделей.

УДК 620.178.16

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФРЕТТИНГА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

А. А. Новиков, П. С. Дробышевский, С. А. Тюрин, Д. С. Чумак,
А. Н. Конопацкий
ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

В широком смысле термином «фреттинг» обозначают сложную совокупность механических, физических, химических, тепловых и электрических процессов, которые развиваются в зонах контакта сопряженных деталей при малых колебательных смещениях одной поверхности относительно другой [1 и мн. др.]. Результатом развития фреттинг-процесса могут быть: износ, если преимущественным является механическое разрушение поверхности (фреттинг-изнашивание); коррозионное повреждение (фреттинг-коррозия), если преимущественными являются химические и электрохимические процессы; сочетание фреттинг-коррозии и фреттинг-износа.

Если фреттинг-процесс происходит на фоне циклического деформирования хотя бы одного из контактирующих тел, система работает на фреттинг-усталость. В случае фреттинг-усталости происходит взаимосвязанное развитие обоих повреждающих явлений – фреттинга и механической усталости. Их взаимодействие ведет к резкому снижению долговечности системы. Фреттинг-усталостные повреждения характерны для большого числа ответственных соединений, таких, например, как прессовые, болтовые, штифтовые, заклепочные, шпоночные, шлицевые и т. д. Они представляют собой большую опасность для массовых изделий, как, например, валы, трубы теплообменных аппаратов, муфты, канаты и др.

Известен ряд работ [2-3 и др.], в которых дан анализ закономерностей влияния факторов, относящихся к условиям трения и к условиям взаимодействия элементов системы, на процесс усталости (прямой эффект). Авторами настоящей работы была поставлена задача провести испытания на фреттинг-усталость в условиях прямого эффекта и определить влияние контробразцов-мостиков фреттинга из различных материалов на предел выносливости.

Серия образцов из нормализованной стали 45 испытана на механическую усталость и фреттинг-усталость. Испытания проводили на машине СИ-03М при частоте 50 Гц. Методика предусматривала построение кривой усталости согласно требованиям ГОСТ 25.502-79. В качестве контробразцов использовали мостики фреттинга, изготовленные из стали 25ХГТ. Схемы испытаний на механическую и фреттинг-усталость приведены на рисунке 1.

Испытания образцов проводили непрерывно до достижения предельного состояния или до базового числа циклов. Критерий предельного

состояния – разделение образца на две части. База испытаний N_B при определении предела выносливости σ_{-1} была $3 \cdot 10^6$ циклов.

Полученные по результатам испытаний кривые усталости и фреттинг-усталости приведены на совмещенном графике (рисунок 1).

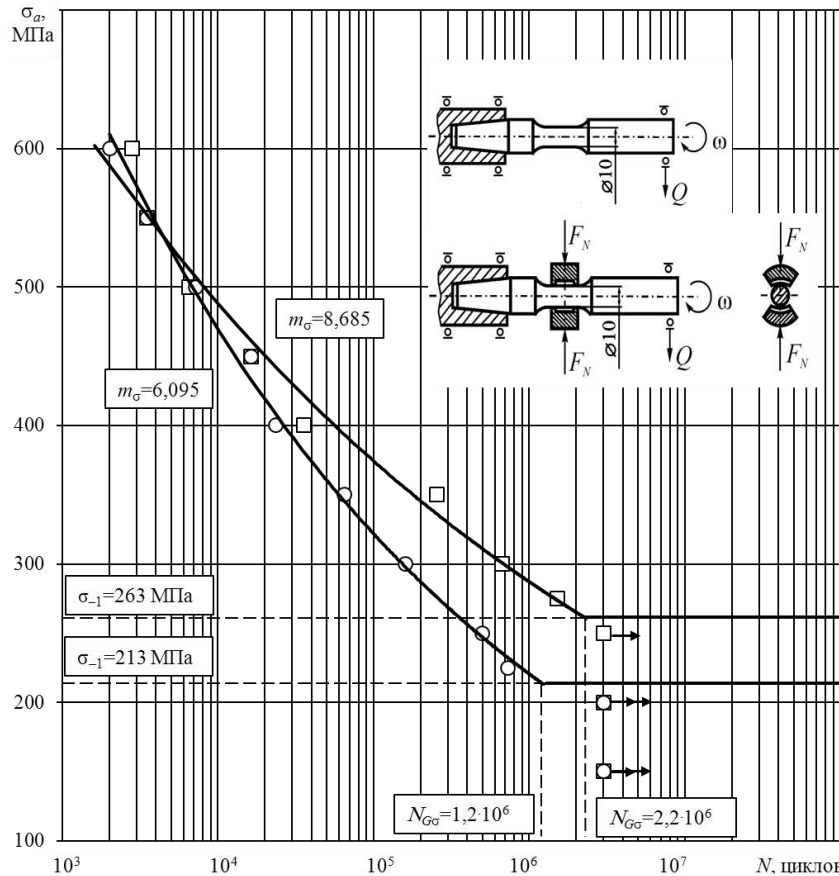


Рис. 1 - Кривые механической усталости и фреттинг-усталости стали 45:

□ – механическая усталость; ○ – фреттинг-усталость

Анализ результатов испытаний показывает, что при фреттинг-усталости происходит как существенное снижение предела выносливости образцов, так и показателя наклона кривой усталости. Так, в условиях эксперимента предел выносливости образцов при фреттинг-усталости оказался ниже, чем при обычной усталости, на 50 МПа, т.е. на 19 %. Следовательно, подтверждены данные о существенном снижении долговечности системы под влиянием процессов фреттинга. Авторы работы планируют в дальнейшем провести более широкий спектр исследований по изучению влияния различных материалов на сопротивление фреттинг-усталости конструкционных сталей.

Литература

1. Фреттинг-коррозия / Р. Б. Уотерхауз. – Л. : Машиностроение, 1976. – 271 с.
2. Голего, Н. Л. Фреттинг-коррозия металлов / Н.Л. Голего [и др.]. – □ Киев: Техника, 1974, с. 270.
3. Сосновский, Л. А. Фреттинг-усталость: основные закономерности (обобщающая статья) / Л. А. Сосновский [и др.] // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 1992. – № 8, с. 45–62.

УДК 621.36

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ РОТОРНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

А.С. Шантыко, В.С. Черношей, Н.Ф. Соловей
НТЦК ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Беларусь

В состав кормоуборочных комбайнов, используемых для заготовки кормов в сельскохозяйственном производстве, входят питающий и измельчающий аппараты. Питающий аппарат предназначен для подачи, с предварительной подпрессовкой, растительных материалов, а измельчающий - для измельчения растений и выброса измельченной массы через дефлектор силосопровода в транспортное средство [1]. Измельчение массы – наиболее энергоемкая операция из всех выполняемых комбайном. Поэтому, основной задачей теоретических и экспериментальных исследований процесса измельчения в конечном итоге является снижение его энергоемкости.

Целью работы являлся поиск оптимальных решений, на основе анализа существующих конструкций измельчающих аппаратов, по снижению энергоемкости процесса измельчения растительной массы и поиск оптимальной конструкции ротора измельчителя на основании новых перспективных технологий в машиностроении.

Практикой установлено, что из всех способов измельчения растительной массы наиболее рациональным является резание лезвием. Необходимо отметить, что для процесса резания лезвием значимы два основных фактора: скользящее движение лезвия по разрезаемому материалу и зависимость от него нормального давления, необходимого для проникновения лезвия в материал [2]. Эффект скользящего движения лезвия объясняется тем, что при скольжении лезвия по материалу оно захватывает неровностями частицы материала, создавая в нем деформацию сдвига. Между смещаемыми и соседними частицами материала возникают нормальные напряжения растяжения или касательные напряжения сдвига вместо напряжения сжатия. Установлено, что большинство материалов на растяжение и сдвиг оказывают меньшее временное сопротивление (имеют меньшую прочность), чем на сжатие (смятие).

Существующие кормоуборочные комбайны, традиционно содержат дисковый измельчитель со смещенными от центра диска прямолинейными ножами, швыряющими лопатками и кожух с прямоугольным загрузочным окном, расположенным по обе стороны от вертикальной оси измельчителя [3]. Близким к оптимальному техническому решению процесса резания скользящего растительной массы является кормоуборочный комбайн, со-

державший дисковый измельчитель с выпуклыми ножами, т.е. криволинейной формы [4].

Для обеспечения скользящего перемещения лезвия прямолинейного ножа по материалу он поворачивается относительно радиуса диска на угол τ , называемый углом скольжения. В зависимости от физико-механических свойств разрезаемого растительного материала доля участия в процессе резания эффекта от скользящего движения лезвия может быть значительной только при определенных углах скольжения. Например, для соломы $\tau = 20 \div 30^\circ$, когда происходит заметное понижение сопротивления перерезания и, следовательно, снижение работы резания.

В конструкции измельчителя с прямолинейной формой ножей не всегда возможно максимально расширить загрузочное окно измельчителя и обеспечить во всем сечении приемного окна необходимое значение угла скольжения. Конструкции с криволинейной формой ножей позволяют максимально учесть недостатки характерные для измельчителей с прямолинейной формой ножей, но необходимо отметить, что технологический процесс изготовления указанных ножей значительно трудоемкий, а периодическая заточка режущих кромок в ходе эксплуатации ножей затруднительна и снижает ремонтпригодность комбайна.

По результатам проведенных работ найдено решение, где поставленная задача достигается тем, что в кормоуборочном комбайне с дисковым измельчителем устанавливаются ножи со смещением от центра диска, причем точки пересечения нижней и обеих боковых граней загрузочного окна расположены на дуге окружности диаметром D , соответствующей траектории движения дальней от центра диска точки режущей кромки ножа, а расстояние A между боковыми гранями загрузочного окна не превышает $0,82-0,87$ диаметра D . Каждый нож выполнен из отдельных элементов с прямолинейными режущими кромками, образованными близлежащими к загрузочному окну поверхностями и удаленными от загрузочного окна поверхностями, при этом плоскость размещения близлежащих к загрузочному окну поверхностей перпендикулярна оси вращения диска. Ножи установлены таким образом, что угол, образованный касательной к дуге, проведенной через крайние точки режущих кромок элементов одного ножа, и линией, соединяющей данную точку с центром диска, равен $25-30$ градусов [5].

Литература

1. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. – М.: «Машиностроение», 1975, с. 311.
2. Желиговский В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов. Тбилиси: Сельхозгиз.–1960, с. 325.

3. Комбайн кормоуборочный полунавесной КПК-3000.//Инструкция по эксплуатации// - ПО «Гомсельмаш», 2003, с. 137.

4. Чепурной А.И., Козлов В.В. Перспективные кормоуборочные комбайны и технологии / Тракторы и сельскохозяйственные машины.— 2005. – № 6.

5. Кормоуборочный комбайн / А.А. Новиков, А.С. Шантыко, В.С. Черношей, Н.Ф. Соловей //Полож. реш. на изобретение РБ № а20170498 от 01.02.2016.

УДК 621.762

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВОГО ПОЛОСОВОГО МАТЕРИАЛА

С.В. Шишков, Н.А. Поляков

УО «Гомельский государственный технический университет
имени П.О. Сухого», г. Гомель, Беларусь

Металлофторопластовая полоса состоит из верхнего тонкого фторопластового слоя, контактирующего с контртелом трения, среднего бронзофторопластового слоя и несущего стального слоя. При ее изготовлении используется метод совместного деформирования трехслойного композита прокаткой [1]. При совместном пластическом деформировании разнородных материалов возникает послойная неравномерность деформации, которая определяет значения толщин слоев при производстве слоистого композита [2].

С целью обеспечения требуемых толщин слоев материала было предложено использовать систему уравнений:

$$\frac{\varepsilon_{\phi}}{\varepsilon_{\phi p}} = \frac{\sigma_{S_{\phi p}}(\varepsilon)}{\sigma_{S_{\phi}}(\varepsilon)} ; \quad (1)$$

$$\frac{H_{\text{нак}} - \Delta + H_{\text{ст}}}{H_{\text{нак}}} = 1 - \frac{h_{\phi} + h_{\phi p}}{H_{\phi} + H_{\phi p}} , \quad (2)$$

где $\sigma_{S_{\phi p}}$ - сопротивление деформации бронзового слоя, МПа;

$\sigma_{S_{\phi}}$ - сопротивление деформации фторопластового слоя, МПа;

ε - относительная деформация, %;

$\varepsilon_{\phi} = \frac{H_{\phi} - h_{\phi}}{H_{\phi}}$ - относительная деформация фторопластового слоя;

$\varepsilon_{\phi p} = \frac{H_{\phi p} - h_{\phi p}}{H_{\phi p}}$ - относительная деформация бронзофторопластового

слоя;

$\varepsilon_{\text{нак}} = \frac{H_{\text{нак}} - h_{\text{нак}}}{H_{\text{нак}}}$ - относительная деформация трехслойного пакета;

Δ - зазор между прокатными валками.

Эта система уравнений представляет собой аналитическую модель, связывающую между собой технологические параметры прокатки с послойной деформацией металлофторопластового композиционного материала.

Для определения степени достоверности полученной аналитической зависимости был проведен ряд опытов по прокатке металлофторопластовой полосы с различными степенями обжатия. Исходные толщины фторопластового и бронзофторопластового слоев составляли $h_{\phi}=0,1$ мм и $h_{\phi p}=0,35$ мм соответственно, толщина стальной основы $h_{cm}=0,8$ мм. Результаты экспериментальной проверки (рисунки 1 и 2) показали, что по критерию Фишера модель считается адекватной с доверительной вероятностью 0,95.

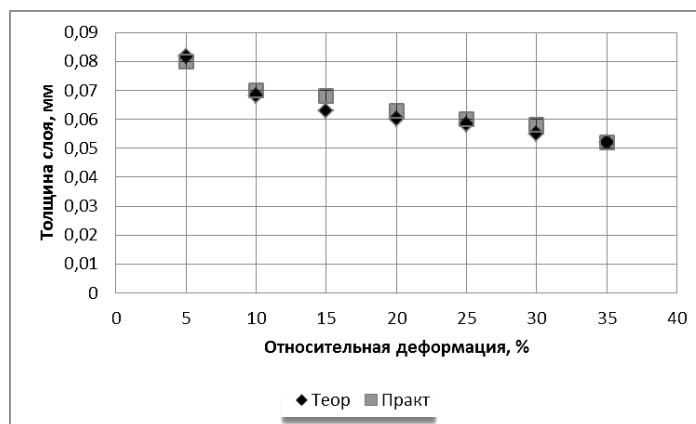


Рис. 1 - Зависимость конечной толщины фторопластового слоя от степени обжатия

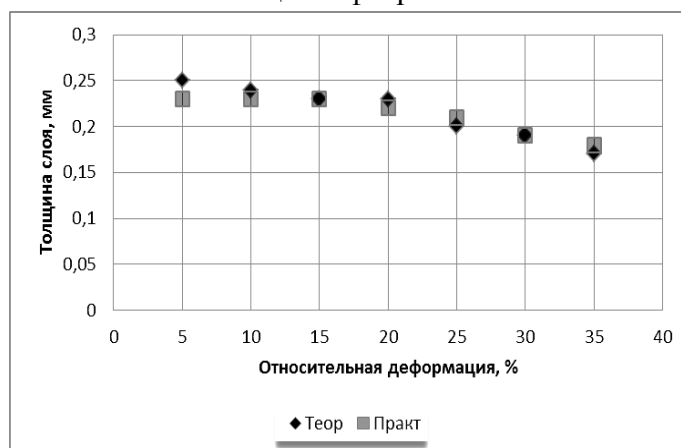


Рис. 2. Зависимость конечной толщины бронзофторопластового слоя от степени обжатия

Таким образом, полученная аналитическая зависимость может применяться в инженерных расчетах значений толщин слоев при производстве совместной прокаткой слоистых композитов, содержащих исследованные материалы.

Литература

1. Бобарикин Ю.Л., Шишков С.В. Способ изготовления полосового антифрикционного металлофторопластового материала. - Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого, №3 2011г. с. 3-9.
2. Производство металлических слоистых композиционных материалов: монография/ А. Г. Кобелев, В. И. Лысак [и др.]. - Москва: Интернет инжиниринг, 2002. - 495 с.: ил. - Библиогр. список: с. 481-495.

СОДЕРЖАНИЕ

Пленарное заседание

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ПРОГРАММ С.С. Щербаков.....	3
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНЖЕНЕРИИ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ П.А. Витязь, В.И. Жорник, М.А. Белоцерковский.....	6
ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ «САЛЕО» Е.П. Борисов, Е.Ю. Сериков.....	8
ИННОВАЦИОННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННО-ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ И ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА: ИССЛЕДОВАНИЕ, РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ В.Г. Залесский, И.Л. Поболь, И.И. Вегера, М.Н. Босяков, Б.В. Ковалевский, О.Г. Степук.....	10
РАЗРАБОТКИ ИММС НАН БЕЛАРУСИ В ОБЛАСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ А.Я. Григорьев, С.С. Песецкий, Н.К. Мышкин.....	12
ПИЩЕВОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ Д.А. Зайченко.....	14
ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ С.Г. Яковчик, Н.Г. Бакач, В.И. Володкевич, А.В. Шах.....	16
АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ДВУХПОТОЧНОЙ ТРАНСМИССИИ Ч.И. Жданович, М.И. Мамонов.....	18
ГАЗОПЛАМЕННОЕ НАНЕСЕНИЕ ПОКРЫТИЙ – ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ЗАЩИТЫ ОТ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН АПК М.А. Андреев, Е.Д. Манойло, Ф.Е. Онащенко.....	20
КРИТЕРИИ ВЫХОДА ПРОДУКЦИИ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» НА ЗАРУБЕЖНЫЕ РЫНКИ С.В. Михолап, Д.Е. Муляр.....	22

Секционные доклады

Секция № 1 «Уборочная техника и научно-техническое сотрудничество»

ВНЕСЕНИЕ ЖИДКИХ КОНСЕРВАНТОВ НА САМОХОДНЫХ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНАХ

П.В. Авраменко, А.Г. Вабищевич, В.Б. Попов..... 24

ОСОБЕННОСТИ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ 16MNCRS5 ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Ф.И. Пантелеенко, И.Н. Степанкин, Е.П. Поздняков, Е.А. Парецкая, А.А. Серафимович, А.В. Радионов..... 26

НОРМАТИВЫ ГОДОВОЙ ЗАГРУЗКИ УБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НАДЁЖНОСТЬ

О.А. Баран 28

СИСТЕМЫ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА СПОСОБ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ МАШИНЫ

О.В. Рехлицкий, В.Н. Шкирский, В.Б. Попов..... 31

ВЫБОР РАБОЧЕЙ СКОРОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ДЛЯ ИХ ЭФФЕКТИВНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ПРИМЕРЕ КЗС-1218

В.К. Липская..... 33

СОВМЕСТНАЯ РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ УПРАВЛЕНИЯ В ИНТЕРЕСАХ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ»

А.В. Уксусов..... 36

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ КОМБАЙНОВОЙ ТЕХНИКОЙ

А.В. Козлов..... 37

АНАЛИЗ НАГРУЖЕННОСТИ УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА КОМБАЙНА КЗС-1218 ПРИ ДВИЖЕНИИ НА СКЛОНЕ

П.Е. Родзевич, С.И. Евтушков..... 39

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СИЛЫ РЕЗАНИЯ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИМ АППАРАТОМ БАРАБАННОГО ТИПА

П.Е. Родзевич..... 41

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ДОИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ
ВАЛЬЦЕВОГО ТИПА ПРИ ЗАГОТОВКЕ КОРМОВ В
СОВРЕМЕННЫХ АПК**

В.В. Малащенко..... 43

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ CNG И LNG В КАЧЕСТВЕ ПЕРСПЕКТИВНОГО
МОТОРНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МА-
ШИН**

Г.В. Ермольчик 45

**ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗМЕЛЬЧАЮЩЕГО АППАРАТА
КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

С.И. Кирилук, А.В. Голопатын, Ю.В. Лелявская, Д.В. Мельников..... 48

**НАГРУЖЕННОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ОЧИСТКИ
ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КЗС-1218**

А.С. Шантыко, А.Н. Вырский, Д.А. Дубовик, В.И. Прибыльский..... 50

**СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ
СИСТЕМЫ ОТСОСА ПЫЛИ ИЗ НАКЛОННОЙ КАМЕРЫ ЗЕРНО-
УБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КЗС-3219**

И.А. Баран, А.Н. Вырский, А.В. Воронин..... 52

**МЕТОД ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАК ИНСТРУМЕНТ
ИССЛЕДОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА В ЗЕРНОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ**

Д.Н. Иванов, Д.В. Джасов..... 54

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МУЛЬТИПЛИКАТОРОВ ДЛЯ ЗЕРНО- И
КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» В
УСЛОВИЯХ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПОСТАВЩИКОВ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Е.С. Короткевич..... 57

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИАДГЕЗИОН-
НЫХ СВОЙСТВ ПОКРЫТИЙ**

Н.Ф. Соловей, Д.В. Рехлицкая, Е.А. Мастепанов..... 60

**ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ НАПЛАВЛЕННЫХ В
РАЗЛИЧНЫХ СРЕДАХ СЛОЕВ ПРИ ТРЕНИИ В УСЛОВИЯХ ГРА-
НИЧНОЙ СМАЗКИ**

Е.Г. Трухан..... 62

**АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПОДКАЧКИ ШИН КАК
СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ШИН НА ПОЧВУ**

Д.М. Кариков, Е.А. Николенко..... 66

АДАПТАЦИЯ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КАЧЕНИЯ ВЕДУЩЕГО КОЛЕСА ПРИ ПОСТОЯННОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ЦЕНТРА МАСС С.Б. Анфиногенов.....	69
СНИЖЕНИЕ НАГРУЖЕННОСТИ ПРИВОДА ОДНОНОЖЕВОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА А.Н. Вырский, А.С. Шантыко, Д.А. Дубовик, Н.П. Першукевич.....	72
СНИЖЕНИЕ ВИБРАЦИИ ВЕТВЕЙ КЛИНОРЕМЕННОЙ ПЕРЕДАЧИ ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЖАТОК К ЗЕРНОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНАМ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» А.М. Мухлядо, М.А. Савков.....	74
ФОРМИРОВАНИЕ АНТИБЛИКОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ЭКРАНЕ БОРТОВОГО КОМПЬЮТЕРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХ- НИКИ Н.Ф. Соловей, Н.Н. Федосенко, Д.Л. Горбачёв, Е.А. Кулеш.....	76
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ УБОРОЧНО – ТРАНСПОРТНОГО И ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО – СУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСОВ В.П. Чеботарев.....	78
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОПИРОВАНИЯ КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА Д.И. Хропаков, Д.В. Джасов, В.В. Подрез.....	81
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМОВ ПОДЪЕМА И УРАВНОВЕШИВАНИЯ АДАПТЕРА КОСИЛКИ САМОХОДНОЙ Д.В. Джасов	83
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА ОБМОЛОТА ЗЕРНА В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин.....	85
СОЗДАНИЕ КОНСТРУКЦИИ 12-РЯДНОЙ ЖАТКИ ДЛЯ УБОРКИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО К ЗЕРНОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНАМ Л.Б. Хайкин, К.Н. Яцко.....	87

ПЕРЕХОД НА НОВЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ. СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В МАСШТАБАХ ПРЕДПРИЯТИЯ И.А. Кольцова.....	89
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА В КАБИНАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН Я.В. Кнут.....	93
ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ УБОРКИ РАПСА В УСЛОВИЯХ ВНЕШНЕГО ГАРМОНИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ А.В. Воронин, М.А. Савков.....	95
СОВРЕМЕННОЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ И ПУТИ ЕГО РАЗВИТИЯ В УСЛОВИЯХ КОНКУРЕНЦИИ С ЗАПАДНЫМИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ Д.А. Мамсик.....	97
ВЛИЯНИЕ УСТАНОВКИ НОЖА НА ЭНЕРГОЁМКОСТЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ АППАРАТОВ БАРАБАННОГО ТИПА А.В. Водопетов.....	99
СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ ДАННЫМИ И МЕТОДИКИ СВЯЗИ МЕЖДУ НИМИ Н.В. Курченко.....	101
МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА С ПОЛУНАВЕСНЫМ ОБОРОТНЫМ ПЛУГОМ Ч.И. Жданович.....	104
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В 2019 ГОДУ А.В. Клочков, В.В. Гусаров, Р.В. Богатырев	106

СЕКЦИЯ № 2 «Тракторы, мобильные энергетические средства, прицепные и навесные агрегаты»

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

И.И. Суторьма, Д.В. Мельников..... 109

К ВОПРОСУ О РАЦИОНАЛЬНОМ БАЛЛАСТИРОВАНИИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

В.Б. Попов, Ю.В. Лелявская..... 111

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА, РАБОТАЮЩЕГО ПО СХЕМЕ “PUSH-PULL”

В.Б. Попов, П.В. Авраменко..... 113

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОМУ УСТРОЙСТВУ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

В.П. Бойков, В.Б. Попов..... 116

О ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ НА ДВИЖИТЕЛИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

В.Б. Попов, А.И. Пунько..... 119

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ ПРИ СМАЗКЕ МАСЛОМ С РАЗЛИЧНЫМ СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДНОЙ ПРИСАДКИ

Ю.Ю. Наливайко, К.А. Грабок..... 122

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КУЛАЧКА С ПЛОСКИМ ТОЛКАТЕЛЕМ

Н.В. Иноземцева, А.Т. Белский..... 126

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

С.А. Холево..... 128

ПРИМЕНЕНИЕ АНТИФРИКЦИОННОГО СИЛУМИНА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В.Ю. Стеценко, К.Н. Баранов, А.П. Гутев..... 130

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ - ПРОИЗВОДСТВУ

А.М. Брановицкий, В. А. Пумпур..... 132

ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ БОРА И УГЛЕРОДА: ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ПОЛУЧЕНИЯ	
Н.Ф. Соловей, Е.А. Кулеш, Н.Н. Федосенко, Д.Г. Пилипцов.....	134
О ВЛИЯНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРЕПЕЖНЫХ ИЗДЕЛИЙ	
Н.Ф. Соловей, Г.П. Горецкий, Л.А. Мороз, Т.В. Кравчук.....	136
АДАПТАЦИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ И ПОДХОДЫ К АДАПТАЦИИ ПРИ РАБОТЕ КОМПАНИЙ В УСЛОВИЯХ ИНОСТРАННЫХ РЫН- КОВ	
С.А. Емельянченко.....	138
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ОАО ГОМСЕЛЬМАШ	
В.И. Козлов, А.В. Черношей.....	140
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАННЫХ О ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЯХ НА ЭТАПЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ	
И.Б. Одарченко, И.Н. Прусенко, В.А. Жаранов.....	141
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ	
И.Б. Одарченко, И.Н. Прусенко, В.А. Жаранов.....	143
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНЫХ УСТРОЙСТВ ФРОНТАЛЬНЫХ ПО- ГРУЗЧИКОВ	
В.Б. Попов, О.В. Рехлицкий.....	145
ПОДШИПНИК СКОЛЬЖЕНИЯ С ВКЛАДЫШЕМ НА ОСНОВЕ ФТОРОПЛАСТА ДЛЯ РОЛИКОВОЙ РИХТОВКИ	
Ю.Л. Бобарикин, Ю.В. Мартянов, И.А. Цырганович.....	148
УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, АНАЛИЗ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	
П.Ю. Бетанов, В.В. Шевко.....	150
МОДУЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ШТАМПОВКИ	
А.Г. Гривачевский, Р.Л. Кулик.....	152

**СРЕДА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИЦЕПНЫХ И НАВЕСНЫХ
АГРЕГАТОВ**

Ю.М. Кротюк, А.Г. Гривачевский..... 154

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФРЕТТИНГА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ
УСТАЛОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ**

А.А. Новиков, П.С. Дробышевский, С.А. Тюрин, Д.С. Чумак,
А.Н. Конопацкий..... 156

**ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ РОТОРНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ
КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

А.С. Шантыко, В.С. Черношей, Н.Ф. Соловей..... 158

**ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ
ИЗГОТОВЛЕНИИ МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВОГО
ПОЛОСОВОГО МАТЕРИАЛА**

С.В. Шишков, Н.А. Поляков..... 161