

ОАО «Гомсельмаш»
Научно-технический
центр комбайностроения

Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра

Сборник тезисов докладов четвертой международной
научно-практической конференции

4 ноября 2020 года
г. Гомель, Беларусь



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

4-ая МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ -
СЕГОДНЯ И ЗАВТРА**

4 ноября 2020 г.

**Сборник тезисов докладов международной
научно-практической конференции**

Гомель, Республика Беларусь

УДК 631.3:620.22:001895

Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: Сборник тезисов докладов 4-ой международной научно-практической конференции - Гомель: Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2020. - 222 с.

ISBN 978-985-6477-55-6

В сборнике опубликованы тезисы докладов участников 4-ой международной научно-практической конференции **«Инновационные технологии в агропромышленном комплексе - сегодня и завтра»**, посвященные состоянию, тенденциям и направлениям развития сельскохозяйственного машиностроения в области создания тракторов, универсальных энергетических средств, навесных и прицепных машин, машин для уборки зерновых культур, кормов и корнеклубнеплодов, новых материалов, методов проектирования с использованием компьютерных технологий, методов повышения конкурентоспособности сельскохозяйственных машин, включая критерии надежности и безопасности.

СЕКЦИОННЫЕ ДОКЛАДЫ

СЕКЦИЯ №1

«УБОРОЧНАЯ ТЕХНИКА И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО»

УДК 339.138

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» И ЕЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

А.А. Новиков, С.В. Михолап
ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ», г. Гомель, Республика Беларусь

Для сохранения традиционных рынков продаж и освоения новых, повышения качества и конкурентоспособности продукции, наращивания ее экспортного потенциала, выпуска нового поколения сельскохозяйственной зерноуборочной и кормоуборочной техники ОАО «Гомсельмаш», необходимо разработать основные направления стратегии развития организации на долгосрочную перспективу. Имеющаяся Стратегия развития ОАО «Гомсельмаш» на среднесрочную (2016-2020 годы) и долгосрочную (до 2030 года) перспективы не соответствует текущему моменту и требует пересмотра.

Учитывая сложившуюся за последние годы ситуацию и конъюнктуру рынка, проблематичным выглядит достижение обозначенного ранее в Стратегии товарооборота в 1 млрд. долл. США к 2030 году. Прогнозируется, что к 2030 году он составит 500 млн. долл. США и при оперативном решении текущих вопросов, связанных с финансированием дальнейшей деятельности холдинга «ГОМСЕЛЬМАШ».

Увеличение количества совместных предприятий (СП) и производств, которое заложено в Стратегии, было оправдано при условии участия совместно собираемой техники в региональных программах субсидирования части стоимости сельхозтехники при ее реализации конечным потребителям. С введением в действие заградительных мер на основных рынках продаж ранее созданные СП не имеют возможности пользоваться региональными программами субсидирования, что в свою очередь, снижает конкурентоспособность белорусской техники по ценовому фактору.

По состоянию на 01.01.2020 г. товаропроводящая сеть ОАО «Гомсельмаш» за рубежом включает в себя 167 субъектов в 42 странах мира. Анализ работы товаропроводящей сети свидетельствует о ее неработоспо-

способности и неэффективности, требующей незамедлительного вмешательства и применения иных подходов в работе с ней. Поэтому дальнейшее расширение географии сотрудничества общества на мировом рынке и связанное с ним увеличение количества субъектов товаропроводящей сети за рубежом является экономически нецелесообразным сценарием развития продаж. Предлагаются следующие направления деятельности:

1. Оптимизировать состав товаропроводящей сети по итогам работы в 2019-2020 годах, исключив неэффективно работающих субъектов.

2. Провести сегментацию по географическому признаку потребителей сельскохозяйственной техники, аналоги которой могут быть предложены ОАО «Гомсельмаш» – разбивка регионов по основным видам культур (зерновые, кормовые, кукуруза на зерно, подсолнечник, картофель) и определение номенклатуры техники, которая может быть ими востребована.

3. Сформировать программы продвижения и направить усилия оставшихся дилеров на реализацию продукции в наиболее перспективных регионах России.

4. Сохранение лидирующей позиции на рынке зерноуборочной и кормоуборочной техники Беларуси (доля на рынке не менее 90 %).

5. Увеличение объемов реализации зерно- и кормоуборочной техники на рынках стран ближнего и дальнего зарубежья. В перечень перспективных стран входят: страны СНГ – Республика Беларусь, Российская Федерация, Украина, Казахстан, Молдова, Узбекистан, Азербайджан, Кыргызстан; страны дальнего зарубежья – Польша, Литва, Латвия, Эстония, Чехия, Словакия, Румыния, Венгрия, Болгария, Сербия, Турция, Китай.

Расширение ассортимента поставляемой продукции за счет продвижения на рынок новых моделей зерноуборочных комбайнов (КЗС-3219КР, КЗС-1119Р) и кормоуборочной техники (КВК-800А, КВК-8060) позволит увеличить продажи на традиционных рынках (Беларусь, Россия, Казахстан) и расширить географию поставок в страны ближнего и дальнего зарубежья. К 2032 году удельный вес новой техники в общем объеме поставок составит 51%.

Основными направлениями развития продаж ОАО «Гомсельмаш» на период до 2032 года являются:

1. Сохранение позиций по зерноуборочной и кормоуборочной технике на внутреннем рынке, а также повышение показателей надёжности, технических характеристик серийно выпускаемых машин и разработка новых образцов техники для полного удовлетворения спроса сельхозпроизводителей Беларуси.

2. Развитие совместного предприятия ЗАО СП «Брянксельмаш» путем подписания специального инвестиционного контракта с Министерством промышленности и торговли России с целью включения предприятия в федеральные и региональные программы субсидирования.

3. Развитие сотрудничества ЗАО СП «Брянксельмаш» с ОАО «Росагролизинг» в рамках поставок техники по федеральному лизингу.

4. Расширение ассортимента поставляемой продукции на традиционные рынки и страны дальнего зарубежья за счет продвижения новых моделей зерноуборочных (КЗС-3219КР, КЗС-1119Р) и кормоуборочных (КВК-800А, КВК-8060) комбайнов.

5. Подписание соглашений о сотрудничестве с банками Украины заинтересованными в кредитовании сельхозпроизводителей при покупке сельхозтехники ОАО «Гомсельмаш» с целью совместной разработки конкурентоспособных финансовых схем с гибкими условиями кредитования.

6. Развитие совместного производства зерноуборочной техники в Казахстане и увеличение совместно собираемых до 500 шт. в год.

7. Повышение эффективности работы ТПС путем развития существующих и создания новых субъектов в странах ближнего и дальнего зарубежья (Польша, Литва, Латвия, Болгария, Румыния, Венгрия).

8. Установление гибкой ценовой политики и альтернативных схем оплаты за поставляемую продукцию для вхождения и закрепления на новых рынках.

9. Привязка двигателей экологического класса Stage V к зерноуборочным и кормоуборочным комбайнам и комплексам (КЗС-1218А-1, КЗС-3219КР, КЗС-1119Р, КЗС-1624-1, КВК-800А, КВК-8060-2) и проведение сертификации (омологации) в странах ЕС.

10. Максимальное удовлетворение потребителей путем улучшения потребительских характеристик (интерьер и экстерьер машин), качества и надежности выпускаемой и вновь разрабатываемой техники.

11. Проведение демонстрационных показов работы комбайнов в сезон уборки в основных странах экспорта.

12. Регистрация субъектов ТПС в странах ближнего и дальнего зарубежья на тендерных площадках, отслеживание и своевременное участие в объявляемых тендерах на закупку сельхозтехники.

13. Обеспечение участия в крупнейших сельскохозяйственных выставках с демонстрацией техники в странах ближнего и дальнего зарубежья.

По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь потребность в республике на 2020-2025 гг. по зерноуборочным комбайнам составляет 6827 ед., по кормоуборочным – 2298 ед. При этом списание за указанный период планируется на уровне 3637 зерноуборочных и 1626 кормоуборочных комбайнов. Таким образом, для восполнения ежегодного списания и сложившегося дефицита парка комбайнов, необходимо ежегодно поставлять сельхозпроизводителям республики не менее 1140 зерноуборочных и 380 кормоуборочных комбайнов.

Стратегической целью ОАО «Гомсельмаш» на рынке Беларуси является сохранение лидирующей позиции на рынке зерноуборочной и кор-

моуборочной техники республики. Основные направления развития продаж:

1. Активное продвижение на рынок серийно выпускаемых и новых моделей техники: зерноуборочные комбайны КЗС-1218А-1, КЗС-2-1218, КЗС-10С, КЗС-3219КР, КЗС-4118К, КЗС-1624-1; кормоуборочные комбайны К-Г-6, КВК-800, КВК-8060; картофелеуборочная техника ПКК-2-05, КПБ-2, КПБ-260-2; прицепная и навесная кормозаготовительная техника.

2. Обеспечение включения новых машин в схемы продаж ОАО «Промагролизинг».

3. Разработка и внедрение на рынок новых видов техники в соответствии с потребностями сельхозтоваропроизводителей.

4. Организация сотрудничества с ЗАО «Белорусская национальная биотехнологическая корпорация» с целью поставок сельскохозяйственной техники для нужд корпорации.

5. Организация информационных встреч-семинаров (с показами техники в работе) с белорусскими аграриями, принятие участия в выставках для информирования о новинках техники холдинга и формирования портфеля заказов.

6. Использование различных финансовых инструментов для развития продаж на рынке Республики Беларусь.

УДК 631.354.2.076

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В БАЛКЕ УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

П.Е. Родзевич, С.И. Евтушков

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

Зерноуборочный комбайн предназначен для прямой и раздельной уборки зерновых колосовых культур, а также, для уборки подсолнечника, кукурузы на зерно, зернобобовых и крупяных культур, семенников трав и рапса на равнинных полях с уклоном до 8° .

Балка управляемого моста работает в условиях косоугольного изгиба. Нормальные напряжения при косоугольном изгибе в произвольной точке любого поперечного сечения балки вычисляются следующим образом:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_x y}{I_x} + \frac{M_y x}{I_y},$$

где: I_x, I_y - главные центральные моменты инерции поперечного сечения; x, y - координаты точек в системе главных центральных осей, в которых наблюдаются максимальные значения напряжений.

Балка моста на полях с уклоном до 8° и при движении по горизонтальной поверхности ($\alpha = 0^\circ$) будет воспринимать следующие нагрузки: в вертикальной плоскости на балку действует вес комбайна $G_y = 80$ кН (КЗС-1218 с жаткой ЖЗК-7-2, бункер полный), приходящийся на управляемый мост, а также вес самого моста, распределенный по длине с интенсивностью $q = 1500$ Н, сила $F_{1H,B}$, которая соответствует весу комбайна, приходящегося на одно колесо. В горизонтальной плоскости – сила сопротивления перекачиванию $F_{2H,B} = fF_{1H,B}$ с коэффициентом сопротивления качению $f = 0,1$ (для стерни).

При движении комбайна на склоне с углом до α со стороны почвы будет возникать сила $F_3 = 0,5G_y \sin \alpha$, создающая изгибающий момент на плече R .

Приложение нагрузок при движении комбайна по горизонтальной поверхности и на склоне происходит симметрично, поэтому расчетную схему можно представить в виде консольной балки и с учетом веса моста, распределенного по длине, она будет иметь следующий вид (рис. 1).

Изгибающие моменты M_x и M_y для левой и правой части моста ввиду действия изгибающего момента от силы F_3 будут равны:

для левой части – $M_x(z) = M_1 + F_1 z - q \frac{z^2}{2} - F_3 R$,

для правой части – $M_x(z) = M_1 + F_1 z - q \frac{z^2}{2} + F_3 R$,

для левой и правой части – $M_y(z) = M_2 + F_2 \cdot z$,

где: M_1 , M_2 – изгибающие моменты от сил F_1 и F_2 , приведенные в точку А балки моста трубчатого сечения; z – переменная функции момента, изменяющаяся от 0 до $a = 1,2$ м.

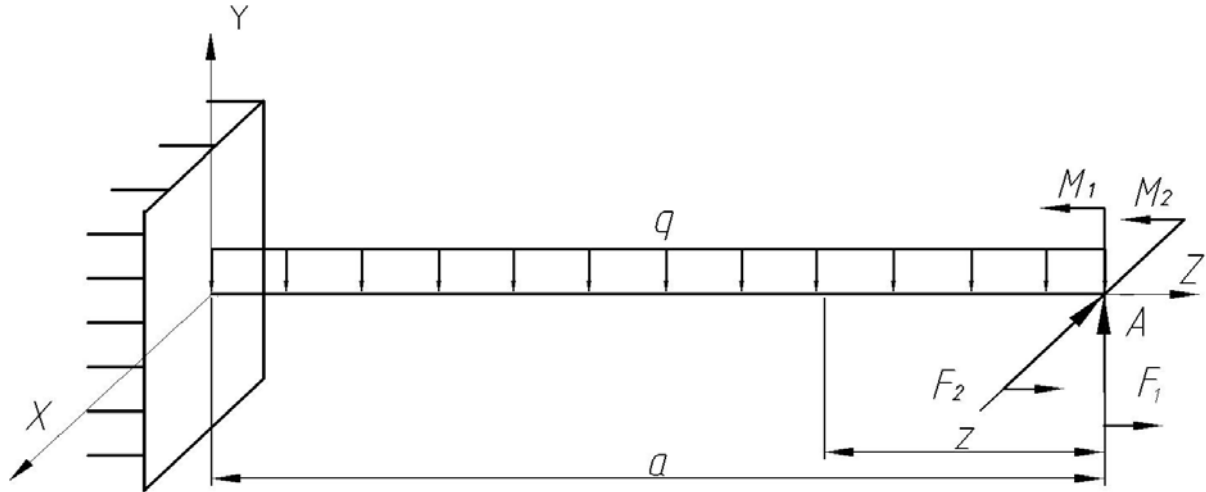


Рис. 1. Расчетная схема

Силы F_1 и F_3 будут определяться выражениями:

для левой (нижней) части – $F_{1H} = \frac{G \cdot \cos \alpha \cdot l - G \cdot \sin \alpha \cdot R}{2 \cdot l}$;

для правой (верхней) части – $F_{1B} = \frac{G \cdot \cos \alpha \cdot l + G \cdot \sin \alpha \cdot R}{2 \cdot l}$;

$$F_3 = \frac{G}{2} \sin \alpha,$$

где: l – расстояние между колесами (колея), $l = 3,2$ м.

Расчеты показывают, что максимальные напряжения с учетом переменного сечения моста наблюдаются в области сжатия. Для правой (верхней) части моста они изменяются от 67 МПа до 304 МПа при угле $\alpha = 0^\circ$, от 60 МПа до 303 МПа при угле $\alpha = 4^\circ$ и от 51 МПа до 301 МПа при угле $\alpha = 8^\circ$. Для левой (нижней) части моста напряжения изменяются от 67 МПа до 304 МПа при угле $\alpha = 0^\circ$, от 77 МПа до 303 МПа при угле $\alpha = 4^\circ$ и от 85 МПа до 301 МПа при угле $\alpha = 8^\circ$. Разность значений напряжений наблюдается в точке А и обусловлена действием силы F_3 , создающей одинаковые но разно направленные изгибающие моменты.

УДК 631.354.2.076

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ УСТАНОВКИ ШИРОКОПРОФИЛЬНЫХ ШИН НА УПРАВЛЯЕМЫЙ МОСТ КОМБАЙНА

П.Е. Родзевич, Ю.В. Лебявская

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

Для повышения проходимости самоходных комбайнов на переувлажненных почвах устанавливают широкопрофильные шины, для установки которых ось поворотного кулака можно изготавливать разъемной (рис.1). Анализ нагруженности оси разъемного поворотного кулака на примере зерноуборочного комбайна КЗС-1218 и возможности удлинения оси кулака позволяет установить широкопрофильные шины.

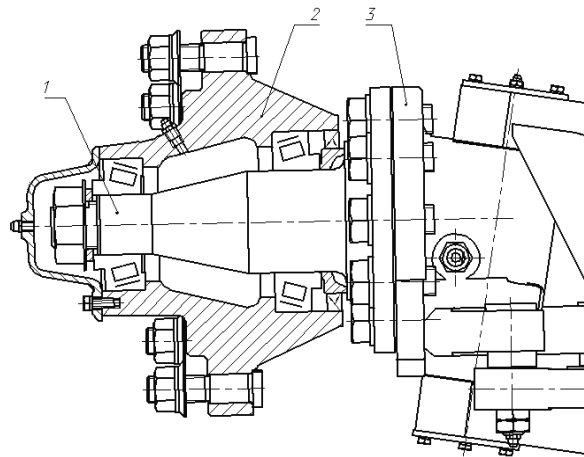


Рис. 1. Разъемный поворотный кулак комбайна КЗС-1218: 1 – ось кулака; 2 – ступица; 3 – поворотный кулак

Ось поворотного кулака изготавливается из стали 18ХГТ с пределом прочности $\sigma_B = 1150$ МПа, пределом текучести $\sigma_T = 980$ МПа, пределом выносливости $\sigma_{-1} = 575$ МПа.

Расчет ведется для случая движения комбайна КЗС-1218 с жаткой ЖЗК-7-2 и с полным бункером на уклоне 8° . Схема приложения нагрузок на ось поворотного кулака, приведена на рисунке 2.

Приняв вес, приходящийся на управляемые колеса $F_{упр} = 84$ кН, можно составить квадратное уравнение $11,05 \cdot b^2 + 3,56 \cdot b - 1 = 0$ с одним действительным корнем $b = 0,18$ м с возможностью увеличения консоли на 152 мм.

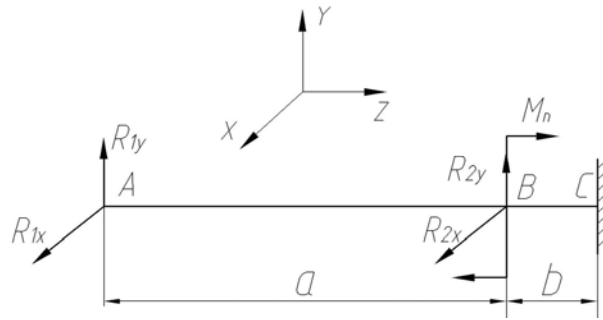


Рис. 2. Схема нагрузок, приложенных к оси: $a = 166$ мм; $b = 28$ мм

На рисунке 3 представлен график изменения диаметров в точке С в зависимости от увеличения величины b от 28 мм до 152 мм при различных значениях допускаемых напряжений $[\sigma]$, определяемых пределом выносливости, коэффициентами концентрации напряжений, качества поверхности, масштабным коэффициентом и коэффициентом запаса.

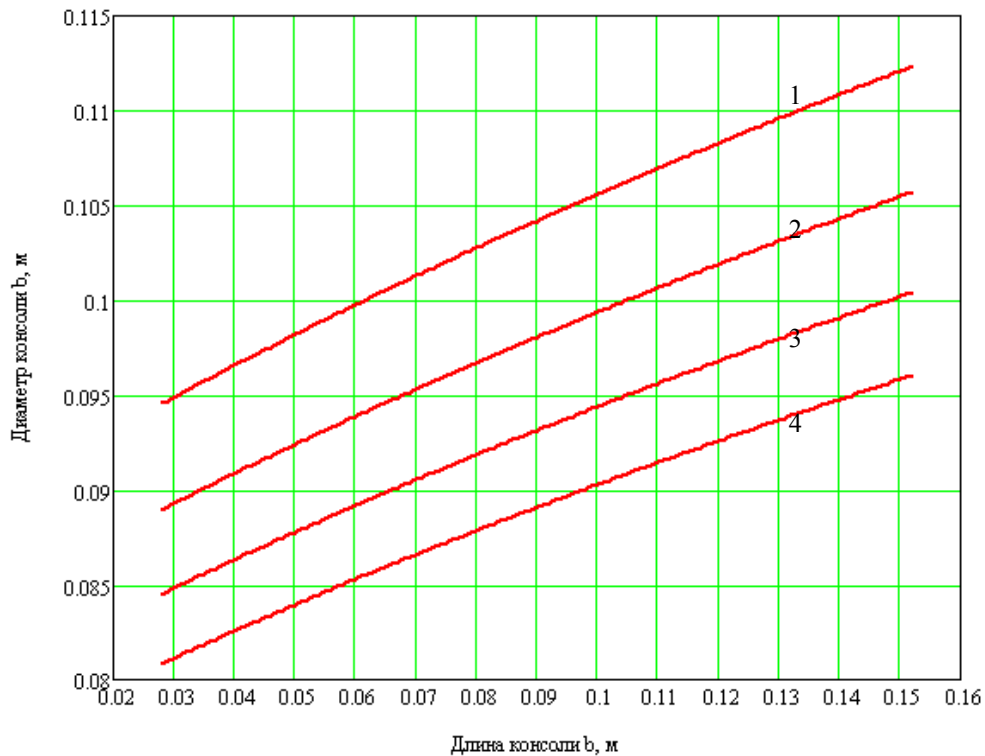


Рис. 3. График изменения диаметров в точке С:
 1 - $[\sigma] = 100$ МПа; 2 - $[\sigma] = 120$ МПа; 3 - $[\sigma] = 140$ МПа; 4 - $[\sigma] = 160$ МПа

Из графика видно, что с увеличением расстояния b происходит увеличение требуемых диаметров при уменьшении нормальных допускаемых напряжений. На величину напряжений существенное влияние оказывают коэффициенты концентрации напряжений и коэффициент качества поверхности. Поэтому в целях уменьшения металлоемкости конструкции необходимо стремиться к уменьшению коэффициента концентрации напряжений и увеличению коэффициента качества поверхности.

УДК: 631.354.026

ДИНАМИКА ДЕЙСТВИЯ ВОЗДУХА В ОЧИСТКЕ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

А.В. Ключков, Р.В. Богатырев

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Процесс сепарации зерна в рамках ветрорешетных очисток во многом обуславливается их конструктивными и кинематическими параметрами [1-2]. Для решения данных задач интенсификации процесса без значительного усложнения конструкции и рационального использования энергозатрат предлагается [3] обеспечить повышенную динамичность действия воздушного потока на обрабатываемую технологическую массу с жалюзи различной конструкции (рис. 1).

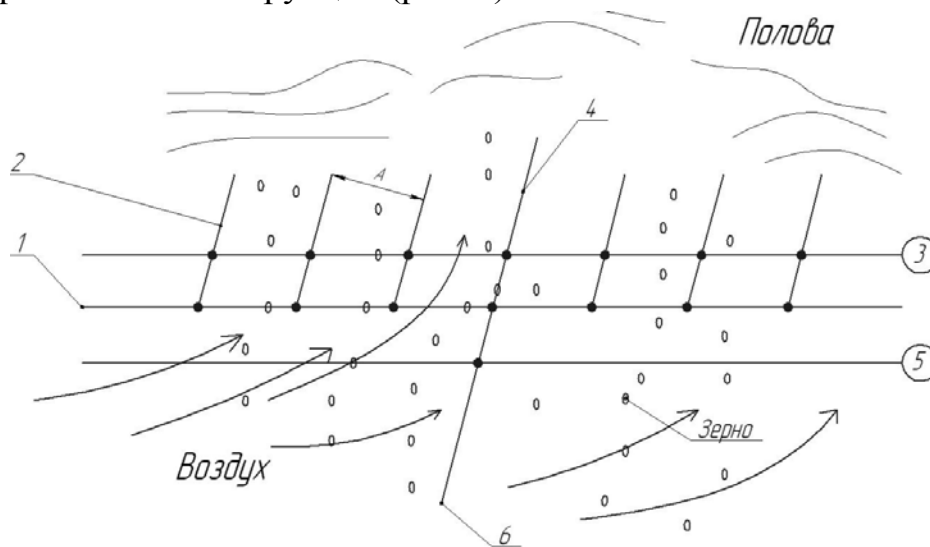


Рис. 1. Схема технологического процесса модернизированной воздушно-решетной очистки: 1 – решетчатая жалюзийная; 2 – жалюзи короткие; 3 – регулировочный механизм коротких жалюзи; 4 – двусторонние длинные жалюзи; 5 – регулировочный механизм двусторонних длинных жалюзи; 6 – воздухозаборные пластины двусторонних жалюзи

В разработанной воздушно-решетной очистке воздушный поток, создаваемый вентилятором, поступает в промежутки «А» между короткими односторонними жалюзи 2 и впускает солоmistую массу для выделения из нее зерна. В передней части двусторонних длинных жалюзи 4 за счет отходящих вниз воздухозаборных пластин 6 воздушный поток усиливается. Возникающий эффект пульсирующей подачи воздуха в сепарируе-

мую массу с учетом дополнительного протряхивания солоmistых частиц создает условия для интенсивного выделения зерна.

В результате распределение вертикальной составляющей скорости воздуха над решетом изменяется: увеличивается перед воздухонаправляющей пластиной и уменьшается позади. Получаемая динамичность воздействия воздушного потока за счет действия воздухонаправляющих пластин может быть оценена по разности скорости воздуха до и после пластины. Подсчитали средние значения показателей данного процесса и представили их графически (рис. 2).

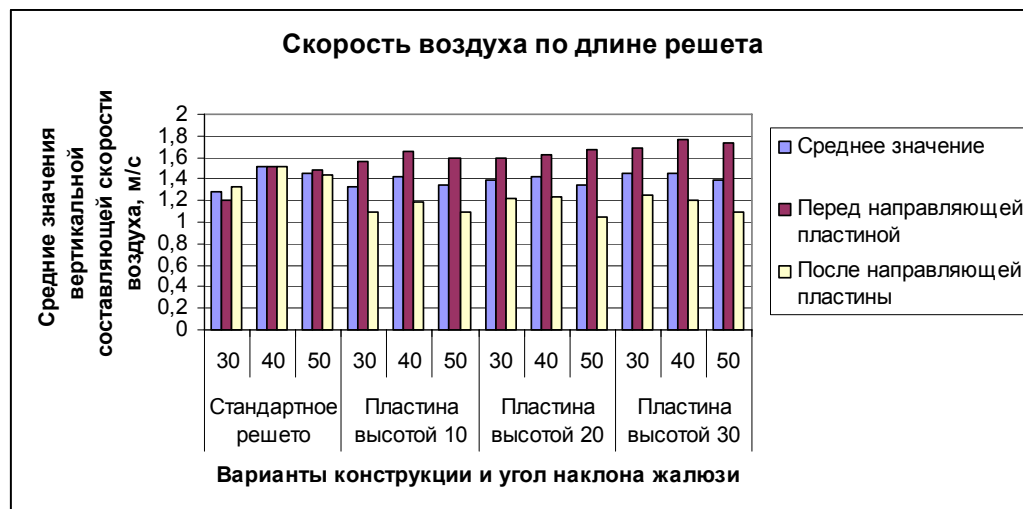


Рис. 2. Средние значения показателей вертикальной составляющей скорости воздуха над поверхностью жалюзийного решета с различными пластинами при изменении углов наклона (30, 40 и 50 градусов)

При исследованных вариантах воздухонаправляющих пластин вертикальная составляющая скорости воздушного потока впереди составляет 1,57-1,76 м/с, а за пластиной скорость снижается до 1,05-1,25 м/с. Это подтверждает достижение требуемого эффекта динамического воздействия на сепарируемую массу.

Закключение. Решета с модернизированными пластинами позволяют повысить динамичность действия воздушного потока на сепарируемую массу. Создается перепад скоростей вертикальной составляющей воздушного потока около 0,5 м/с, что позволяет впусивать слой перед пластиной и облегчить выпадение зерен на следующем участке решета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жалнин Э.В. Расчет основных параметров зерноуборочного комбайна /Э.В. Жалнин. – М.: ВИМ, 2001. -146 с.

2. Алферов С.А. Воздушно-решетные очистки зерноуборочных комбайнов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 159 с.: ил.,

3. Клочков А.В., Богатырев Р.В. Воздушно-решетная очистка зерноуборочного комбайна. Патент № 12344 U на полезную модель, бюллетень №4, 30.08.2020, стр. 78.

УДК 631.354

ПОКАЗАТЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А.В. Ключков, В.В. Гусаров

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь

Количество зерноуборочных комбайнов в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь продолжает сокращаться, за 2019 год обновление комбайнового парка только на 2,6 % [1]. При этом по областям используется в среднем 36,1 % комбайнов со сроком эксплуатации свыше 10 лет (табл. 1).

Таблица 1 – Наличие комбайнов и основные условия использования в 2020 году

Регионы	Наличие комбайнов на время уборки, штук	Недостает механизаторов, человек	Относительное количество импортных моделей (без РФ), %	Комбайнов со сроком эксплуатации свыше 10 лет, %	Удельная нагрузка на комбайн, га
РБ	8604	4176	11,2	36,1	255
Брестская	1414	534	1,7	44,9	239
Витебская	1381	882	4,6	6,2	274
Гомельская	1190	606	1,4	39,4	286
Гродненская	1324	628	27,0	44,6	241
Минская	2042	905	15,6	43,8	238
Могилевская	1253	621	6,5	33,9	268

Существенной проблемой практического использования зерноуборочных комбайнов является нехватка квалифицированных механизаторских кадров и необходимость учебных пособий и справочной литературы [2-5].

По результатам работы в 2020 году средние показатели намолотов зерна различались по областям. При среднем намолоте на комбайн 899 т по областям данный показатель изменялся от 711 т по Витебской области до 1148 т в Гродненской области (на 01.09.2020 г.).

При сохранении сложившихся тенденций в изменении численности зерноуборочных комбайнов следует предполагать на 2021 год наличие 8250 зерноуборочных комбайнов. С учетом возможного валового намолота 8-9 млн. т зерна средний намолот на один комбайн может составить 970-1091 т зерна.

Важным фактором является соблюдение агротехнически обоснованных сроков уборки в пределах 20-25 дней. В 2020 году к этому требо-

ванию приблизились в Брестской, Гродненской и Минской областях (табл. 2).

На протяжении всего уборочного сезона урожайность изменялась незначительно, и в большей степени зависела от региона возделывания. С увеличением сроков проведения уборочных работ урожайность по областям снижалась с 28,0-53,0 ц/га до 27,2-48,4 ц/га. Резервы сокращения сроков уборки и повышения производительности зерноуборочных комбайнов демонстрируют достижения лидеров по намолотам, которые определились в условиях каждой области.

Таблица 2 – Влияние сроков основного периода уборки на урожайность

Регионы	Сроки уборки посевных площадей		Длительность основного сезона уборки зерна, дней	Урожайность за рассматриваемый период уборочных работ	
	убрано 5%	убрано 95%		убрано 5%	убрано 95%
Брестская	20.07	14.08	26	42,5	40,2
Витебская	29.07	15.09	49	32,0	31,2
Гомельская	17.07	18.08	33	28,0	27,2
Гродненская	21.07	17.08	28	53,0	48,4
Минская	23.07	19.08	28	42,3	40,5
Могилевская	27.07	15.09	51	33,1	34,1

Важным условием производительной и качественной работы зерноуборочных комбайнов является их техническая надежность. Простои комбайнов по техническим причинам составляли 2,24-3,52% от всего наличия моделей отечественного производства и незначительно различались в сравнении с импортными комбайнами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные зерноуборочные комбайны производства ОАО «Гомсельмаш» при правильной эксплуатации способны обеспечивать плановые показатели работы с соответствующим качеством. Обеспеченные сроки уборки зерновых и зернобобовых культур не сказались отрицательно на урожайности. В перспективе следует предполагать среднюю нагрузку уборочных площадей в 256,5 га и сезонный намолот не менее 1000 т зерна в расчете на один комбайн. Централизовано и на местах рекомендуем обратить внимание на повышение квалификации кадров комбайнеров.

Литература

1. Ключков А.В. Предварительные результаты уборки зерна в 2020 году. Наше сельское хозяйство, № 15, 2020 г.
2. Ключков, А.В. Сельскохозяйственные машины. Теория и расчет: учебное пособие / А.В. Ключков, В.Г. Ковалев, П.М. Новицкий. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 436 с.

3. Клочков, А.В. Устройство сельскохозяйственных машин : учеб. пособие / А.В. Клочков, П.М. Новицкий. – Минск: РИПО, 2016. – 431 с.
4. Электронные системы и устройства сельскохозяйственных машин: учебное пособие / А.В. Клочков, П.М. Новицкий, В.Г. Ковалев, В.В. Гусаров. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 140 с.
5. Уборочные машины «ПАЛЕССЕ»: пособие / А.В. Клочков [и др.]. – Минск: РИПО, 2016. – 243 с.

УДК 631.3-1/-9

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ НА УБОРОЧНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

К.А. Грабок

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

В настоящее время сельскохозяйственная техника работает в достаточно широком диапазоне эксплуатационных условий, а частым эксплуатационным фоном являются затапливаемые и переувлажненные почвы со слабой несущей способностью, что значительно затрудняет своевременную уборку урожая.

Проблема уборки в сложных агроклиматических условиях имеет несколько конструктивных решений, таких как уменьшение давления в шинах, применение колес увеличенного диаметра и ширины, увеличение числа колес на оси и увеличение количества осей, применение гусеничного и полугусеничного хода.

Наиболее перспективным решением в части проходимости и снижения негативного воздействия на почву является применение гусеничной техники.



Рис. 1. Сельскохозяйственная техника на гусеничном и полугусеничном ходу с резиноармированными гусеницами

Главным преимуществом гусеничного движителя, в сравнении с колесным, является его проходимость за счет низкого удельного давления на почву. Исследования и испытания различных типов гусеничных систем подтвердили, что они обеспечивают надежную проходимость в самых неблагоприятных условиях эксплуатации.

Важнейшим, с точки зрения производителей сельхозпродукции, преимуществом применения гусеничного движителя является более щадящее воздействие на почву. При проведении различных агротехнических работ под воздействием ходовых систем сельскохозяйственных машин происходит значительное уплотнение почвы, особенно колесными движителями. Плотность почвы – наиболее важная характеристика, от которой зависит весь комплекс физических факторов, водный, воздушный и тепловой режимы и, следовательно, условия биологической деятельности растений. Применение гусеничных машин позволяет снизить давление на почву за счет намного большего пятна контакта с поверхностью, чем могут обеспечить как колесные, так и полугусеничные ходовые системы. При том, что гусеничная техника имеет более сложную конструкцию и больший вес она оказывает значительно меньшее негативное влияние на почву [1].

Одним из методов оценки уровня влияния ходовых систем на почву может служить коэффициент уплотнения K_y , который характеризуется отношением плотности почвы до и после прохода машины. Ниже приведено сравнение коэффициента уплотнения после прохода техники различного тягового класса на примере тракторов с различными типами конструктивных решений, направленных на снижение удельного давления на почву [2].

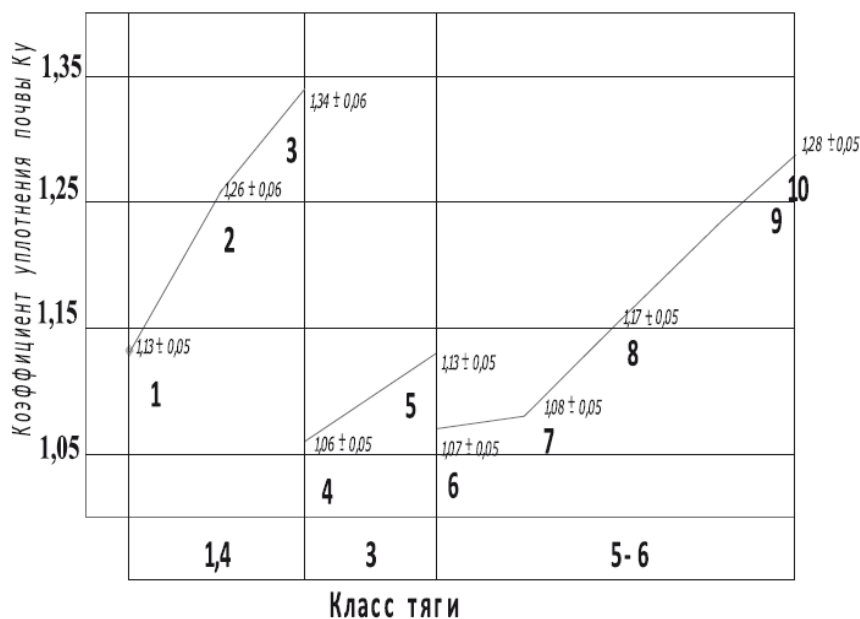


Рис. 2. Коэффициент уплотнения почвы после прохода трактора: 1 – МТЗ-82 (сдвоенные колеса); 2 – МТЗ-82 (полугусеничный); 3 – МТЗ-82; 4 – Т-150К (сдвоенные колеса); 5 – Т-150К; 6 – К-701 (сдвоенные колеса); 7 – К-700А (сдвоенные колеса); 8 – Buhler Versatile 2425 (сдвоенные колеса); 9 – К-744 (сдвоенные колеса); 10 – К-701

Как видно из рис. 2 наиболее эффективными способами снижения коэффициента уплотнения почвы являются использование сдвоенных колес и постановка полугусеничного хода. Постановка же техники на полностью гусеничный ход позволит снизить коэффициента уплотнения почвы еще больше.

При исследовании воздействия гусеничных комбайнов КЗС-812С на почву в Амурской области было установлено, что после прохода комбайна прирост плотности почвы наблюдался лишь в слое 0...10 см. Уровень прироста плотности почвы не превысил допустимого значения 0,1 г/см, а изменение плотности наблюдалось во всех слоях почвы до 30 см. Значение глубины следа составило 33 мм при допустимом значении в 50 мм. Коэффициент уплотнения находится в диапазоне 1,016...1,085. Приведенные данные свидетельствуют, что уровень воздействия соответствует требованиям ГОСТ 26955 и не оказывает значительного уплотняющего воздействия на почву [3].

В целом применение гусеничного движителя с резиноармированными гусеницами позволяет повысить уровень ресурсосбережения и экологического воздействия на почву. Даже постановка колесного комбайна на полугусеничный ход с резиноармированными гусеницами значительно снижает величину и меняет характер воздействия на грунт со стороны ведущего моста.

Вывод: Наиболее приемлемым решением в части проходимости и снижения техногенного воздействия на почву является применение техники на гусеничном с резиноармированными гусеницами.

Литература

1. Рябченко, В.Н. Исследование проходимости гусеничного движителя уборочных машин/ В.Н. Рябченко, А.М. Емельянов // Тракторы и сельхоз машины. 1981, №10, 23 – 25.
2. Техногенное воздействие на почву колесных тракторов С.В. Щитов, П.В. Тихончук, Н.В. Спириданчук, Дальневосточный ГАУ.
3. Липкань А.В., Самсонов Р.Е., ГНУ ДальНИИМЭСХ Россельхозакадемии Экспериментальная оценка воздействия на почву зерноуборочных комбайнов на резиновых гусеницах на уборке сои в Амурской области.

УДК 631.35

КАЛИБРОВКА ПАРАМЕТРОВ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА – ЭТАП СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ЗЕРНОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ

Д.Н. Иванов, Д.В. Джасов, А.Н. Вырский

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

Качественные и количественные параметры технологических процессов в рабочих органах зерноуборочных машин являются определяющими факторами технического уровня машин, их конкурентоспособности на отечественных и зарубежных рынках.

До настоящего времени оптимизация данных параметров в НТЦК проводилась экспериментальным путём. Эти исследования требуют применения дорогостоящего исследовательского оборудования, проведения многоэтапных полевых испытаний различных вариантов доработок конструкции, которые ограничены уборочным сезоном.

Значительно сократить сроки разработки конструкции технологических тракторов зерноуборочных машин может создание и исследование цифрового двойника его технологического процесса. Цифровой двойник – это виртуальная интерактивная копия реального физического объекта или процесса, которая помогает эффективно управлять им. Цифровой двойник будет подсказывать, что нужно изменить в реальной модели с точки зрения режима эксплуатации рабочих органов для адаптации «в поле» к изменяющимся условиям, например, изменение свойств сыпучего материала.

Создание цифрового двойника технологического процесса проводится в несколько этапов:

- сбор данных о сыпучих материалах;
- калибровка параметров сыпучего материала;
- построение численной имитационной модели технологического процесса;
- создание мета-модели (многопараметрической гиперповерхности), где в роли параметров выступают данные связанные с режимом работы конструкции, а целевыми параметрами являются, например, производительность, эффективность сепарации, процент потерь и др.

Работа цифрового двойника в режиме реального времени возможна за счёт сочетания данных из систем автоматизации (систем машинного зрения, датчики, IoT компоненты) и данных, полученных на базе численного моделирования (мета-модели).

В данной статье кратко рассматривается метод сбора данных и калибровки параметров сыпучего материала применяемый в НТЦК ОАО

«Гомсельмаш». На рисунке 1а представлен стенд для калибровки параметров сыпучих материалов, а на рисунке 1б его виртуальная модель.



а



б

Рис. 1. Стенд для калибровки параметров сыпучих материалов:
а – реальная модель стенда, б – виртуальная модель стенда.

В результате серии экспериментов был получен ряд параметров, которые в дальнейшем калибруются на виртуальной модели стенда. На рисунке 2а представлены результаты эксперимента по определению угла естественного откоса сыпучего материала, а на рисунке 2б результаты оптимизационных виртуальных испытаний, проведенных для подбора параметров данного сыпучего материала.



Рис. 2. Измерение угла естественного откоса сыпучего материала:
а – на реальном стенде, б – на виртуальном стенде.

На рисунке 3а и 3б представлены результаты эксперимента по определению угла внутреннего схода сыпучего материала и результаты виртуальных испытаний.

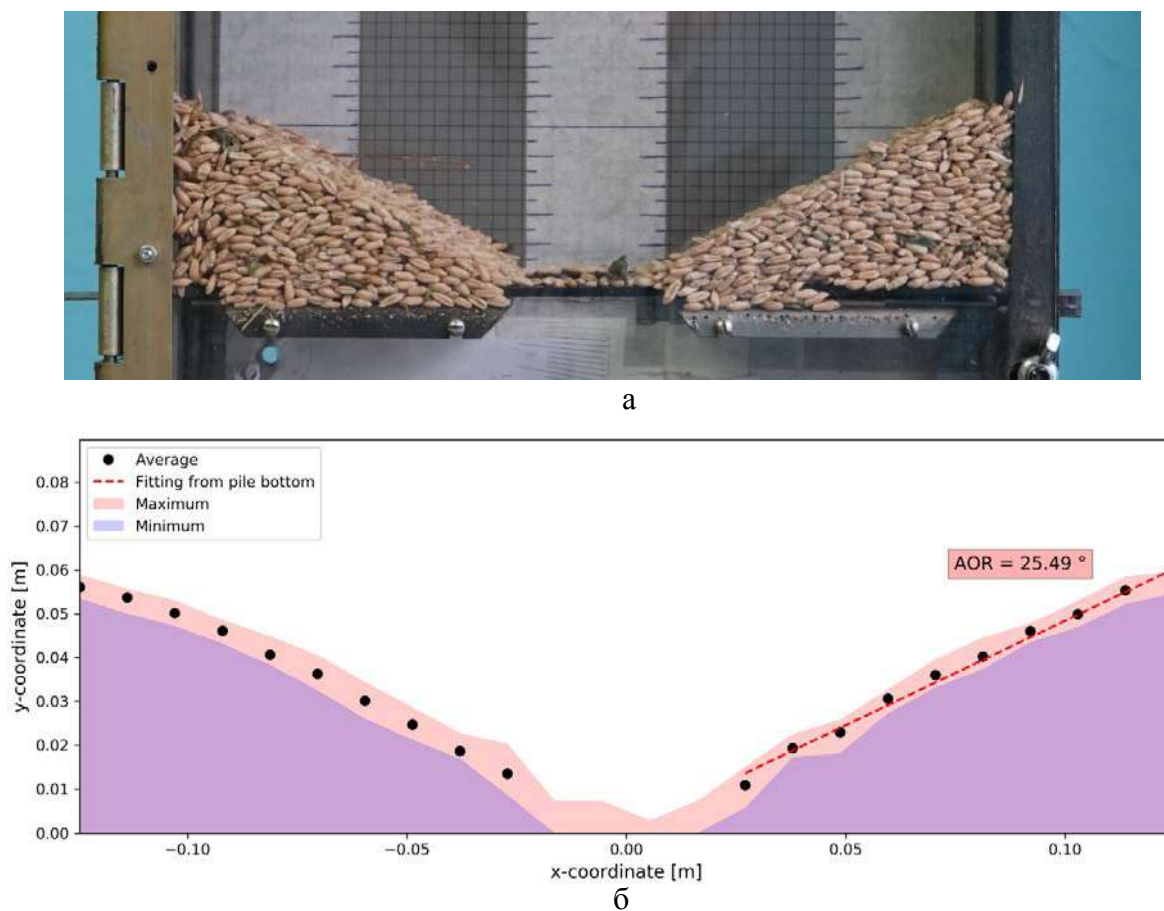


Рис. 3. Измерение угла внутреннего схода сыпучего материала:
а – на реальном стенде, б – на виртуальном стенде.

Применение цифрового двойника технологического процесса зерноуборочного комбайна позволяет проверять решения по изменению конструкции без реализации в металле, выявлять и устранять «узкие места» в конструкции, автоматизировать процесс проектирования, и с учётом накопленных численных расчетов, заменить часть физических испытаний виртуальными [1].

Литература

1. Жедик, А.А. Современные методы имитационного моделирования технологических процессов, как инструмент исследования и оптимизации конструкции в сельскохозяйственном комбайностроении / А.А. Жедик, А.С. Шантыко, Д.Н. Иванов, Д.В. Джасов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник / Национальная академия наук Беларуси, Республиканское унитарное предприятие "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства". Вып. 53/ ред.: П. П. Казакевич [и др.] ; рец.: В. В. Азаренко [и др.] - Минск : Беларуская навука, 2020. - С.157-161.

УДК 631.35

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ СИЛЫ ГАЗОВОЙ ПРУЖИНЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ МЕХАНИЗМА УРАВНОВЕШИВАНИЯ КАПОТА

А.Д. Конявский, Д.В. Джасов, Ю.В. Чупрынин

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

В современном комбайностроении механизмы подъема капотов с использованием газовых пружин получили широкое применение. Такие механизмы, в процессе эксплуатации или обслуживания машин механизатором, позволяют снизить усилие на рукоятке при переводе его из одного положения в другое до комфортной величины [1].

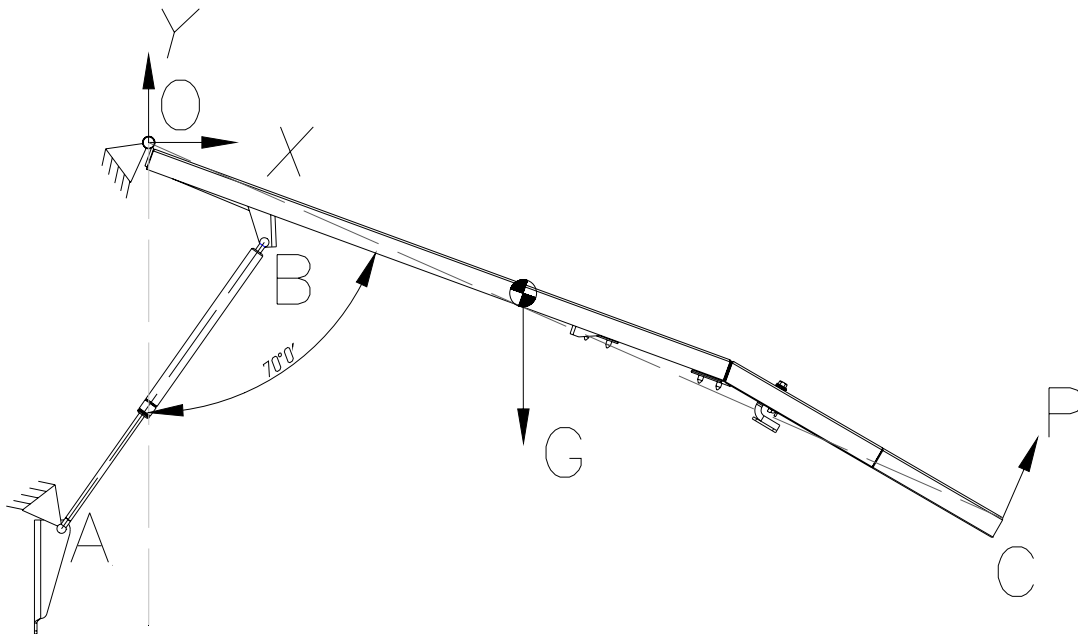


Рис.1. Схема механизма подъема капота в верхнем положении

Снижение силы на рукоятке, потребной для подъема капота, достигается за счет уравновешивания веса капота силой газовой пружины. Для обеспечения удовлетворительной работоспособности механизма уравновешивания капота недостаточно просто снизить усилие на рукоятке. Необходимо так же обеспечить требуемую характеристику изменения этого усилия во всем диапазоне подъема. Эта характеристика должна быть такой, чтобы в верхнем положении обеспечивалось гарантированное удержание капота на неподвижной машине, в среднем положении осуществлялся переход через равновесное состояние, а в нижнем положении обеспечивалась фиксация капота.

Согласно ГОСТ 12.2.120-2015 сила сопротивления для элементов управления рукой не должна превышать 150Н. Но наиболее комфортным для механизатора является усилие, потребное для перевода капота из одного положения в другое, не превышающее 100Н.

Газовая пружина представляет собой изделие, сила на штоке которого меняется в зависимости от положения штока. Часто при проектировании механизма уравнивания капота этим фактом пренебрегают и принимают силу на пружине условно постоянной, равной значению, заданной производителем. Как правило, это связано с тем, что не все изготовители пружин в паспорте изделия указывают характеристику изменения этой силы. Однако, пренебрежение этим может привести к существенному изменению характеристики механизма уравнивания.

Влияние нестабильности силы газовой пружины на характеристику механизма уравнивания покажем на примере капота зерноуборочного комбайна GS200. Для исследования характеристики изменения усилия на рукоятке во всем диапазоне подъема необходимо составить математическую модель механизма. Составление этой модели целесообразно проводить векторным способом описания рычажных механизмов [2,3,4].

Результаты расчета характеристики изменения усилия на рукоятке капота во всем диапазоне подъема для условно постоянной силы на штоке пружины и для силы, изменяющейся в соответствии с характеристикой, приведенной изготовителем, представлены на рисунке 2.

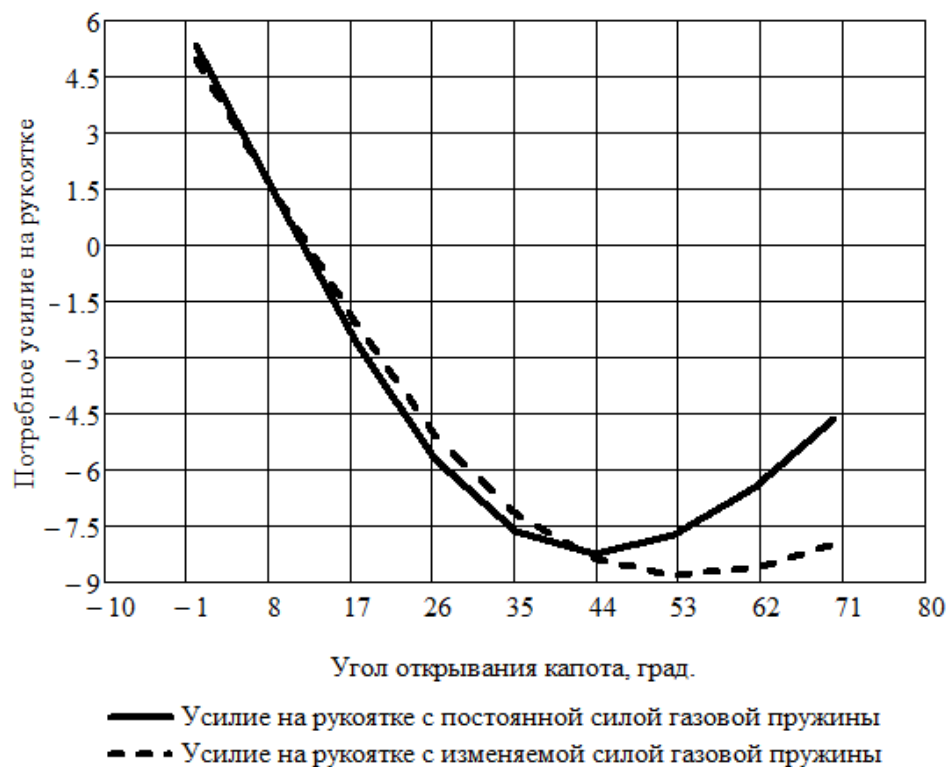


Рис.2. Изменение потребного усилия на рукоятке для подъема капота для разной силы пружины

Анализ приведенных графиков показывает, что игнорирование характеристики изменения силы газовой пружины при проектировании механизма уравнивания приводит к погрешности прогнозирования характеристики изменения потребной силы на рукоятке от 7% до 72%.

Таким образом, учет изменения силы на штоке газовой пружины является необходимым условием для точного прогнозирования характеристики изменения потребного усилия на рукоятке капота.

Литература

1. Джасов Д.В. Оптимизация параметров механизма подъёма капота косилки с применением газовых пружин/ Д.В. Джасов, Д.Н. Иванов, А.С. Шантыко// Вестник аграрной науки Дона. – 2018, №2(42), 65 – 73.
2. Шантыко А.С. Функциональная математическая модель механизма поперечного уравнивания травяной жатки / А.С. Шантыко, А.Д. Конявский, Д.В. Джасов, Ю.В. Чупрынин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межведомственный тематический сборник / Национальная академия наук Беларуси, Республиканское унитарное предприятие "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства". Вып. 53/ ред.: П. П. Казакевич [и др.]; рец.: В. В. Азаренко [и др.] – Минск: Беларуская навука, 2020, 161 – 165
3. Рехлицкий О.В. Синтез механизмов уравнивания с газовыми пружинами с использованием векторного анализа / О.В. Рехлицкий, Д.В. Джасов, С.В. Труханович // Сборник научных трудов «Актуальные вопросы машиноведения», выпуск 2, Минск, 2013, 106 – 110.
4. Чупрынин Ю.В. Алгоритм расчета геометрии ременного контура векторным способом / Ю.В. Чупрынин, А.А. Дюжев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005, №6, 39 – 40.

УДК 631.35

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ВЫГРУЗНОГО ШНЕКА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ

Д.В. Джасов, А.Д. Конявский, Ю.В. Чупрынин, В.В. Карчевская
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Выгрузной шнек зерноуборочного комбайна служит для транспортировки зерна из бункера в кузов транспортного средства. Он может находиться в двух положениях: в сложенном состоянии – на транспортных переездах, в разложенном состоянии – в процессе перегрузки зерна из бункера в кузов. Для перевода шнека из одного положения в другое служит механизм его поворота.

Механизм поворота выгрузного шнека зерноуборочного комбайна является пространственным механизмом. Особенностью конструкции является наличие связи между неподвижным шнеком бункера и выгрузным шнеком с помощью карданной передачи, которая служит для привода выгрузного шнека (рис. 1).

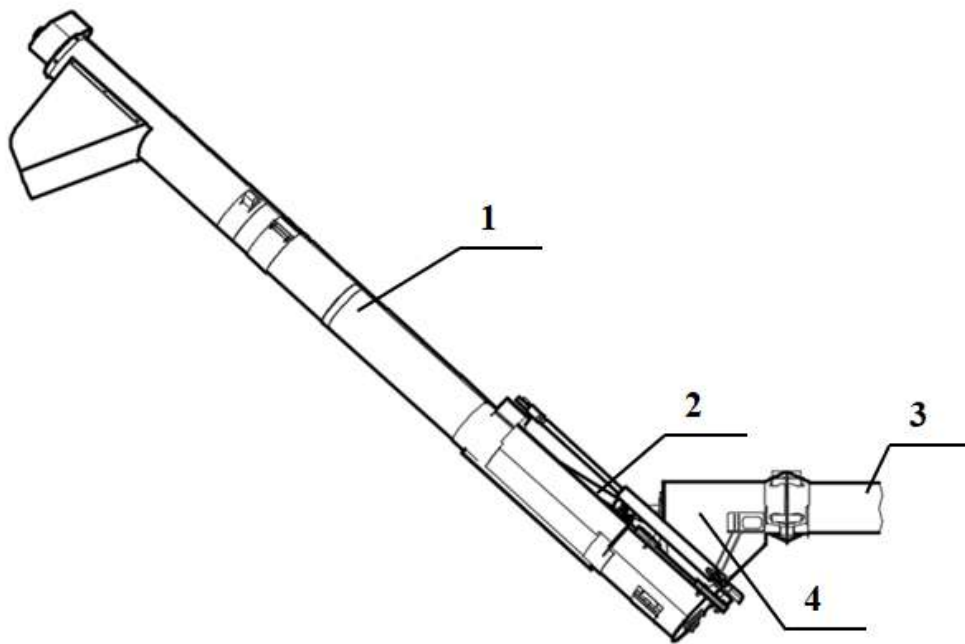


Рис.1. Схема механизма поворота шнека: 1 – выгрузной шнек; 2 – карданный вал, 3 – шнек бункера, 4 –переходная камера

Известно, что неправильная установка валов карданной передачи относительно друг друга в рабочем положении приводит к неравномерности вращения выходного вала. Указанная неравномерность вращения в конструкции выгрузного шнека отрицательно сказывается как на долго-

вечности работы шарниров карданного вала, так и на процессе выгрузки зерна из бункера, а именно может наблюдаться порционная подача зерна и снижение производительности. При этом в процессе поворота шнека из одного крайнего положения в другое эти углы изменяются в пространстве. Следовательно, для оценки работоспособности и неравномерности вращения карданного вала и вала шнека использование математической модели механизма поворота шнека в плоской постановке задачи недостаточно.

Для описания положения всех точек системы в пространстве без использования сложной тригонометрической математики целесообразно воспользоваться векторным способом описания рычажных механизмов в пространственной постановке задачи [1 - 3]. В основе этого способа лежит формула поворота одного пространственного вектора вокруг оси второго пространственного вектора на заданный угол, полученная из известной в математике формулы изменения системы координат [4]. Благодаря этому способу угол в шарнире карданной передачи определяется как угол между двумя пространственными векторами, изменяющийся в зависимости от положения шнека.

С помощью математической модели получены: кинематика движения всех характерных точек системы; характеристика изменения углов в шарнирах карданной передачи; характеристика изменения потребного давления при раскладывании/складывании шнека и др. В характеристике изменения потребного давления учтены такие внешние факторы, как движение центра тяжести шнека и силы трения в поворотном фланце.

На рисунке 2 показаны результаты расчета углов между валами карданной передачи в шарнирах 1 и 2, а так же изменение потребного давления в гидроцилиндре при раскладывании/складывании шнека во всем диапазоне поворота.

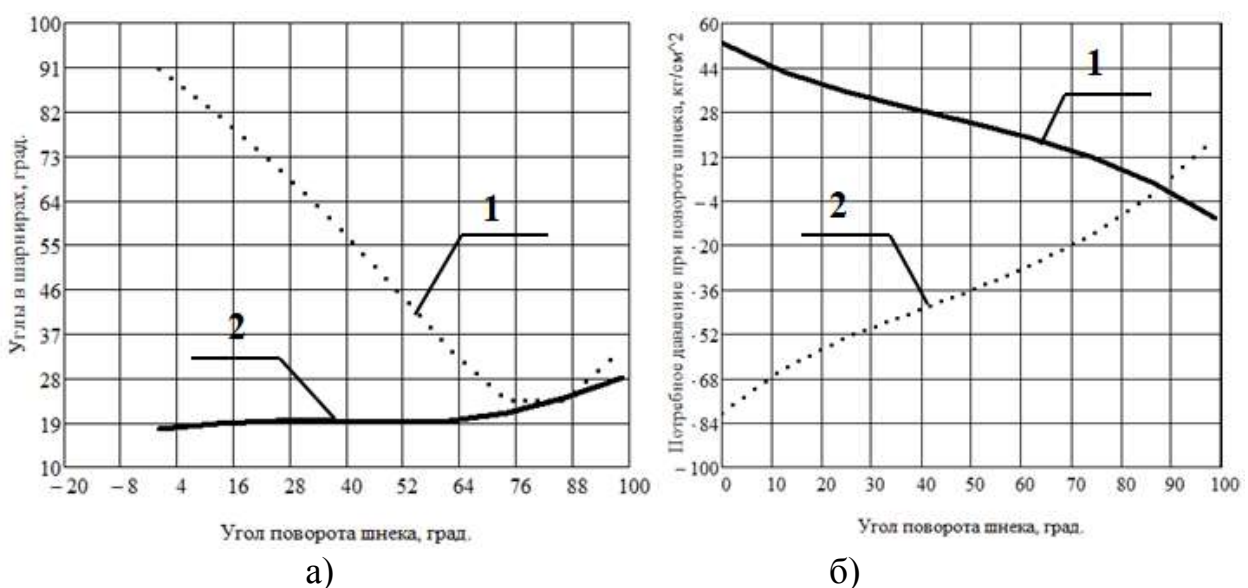


Рис. 2. Результаты расчета: а) изменение угла в шарнирах 1 и 2; б) потребное давление в гидроцилиндре для поворота шнека: 1 – раскладывание, 2 – складывание

Для нормальной работы карданной передачи с двумя шарнирами необходимо чтобы углы в шарнирах были примерно одинаковы между собой и не превышали величины неравномерности $\pm 7\%$. С помощью математической модели было подобрано расположение шарниров карданной передачи таким образом, чтобы в положении выгрузки углы в шарнирах карданной передачи были примерно одинаковыми. Таким образом, при рабочих углах $75^\circ \dots 95^\circ$ положения шнека были достигнуты следующие величины изменения углов: в шарнире 1 – $21.1^\circ \dots 26.8^\circ$, в шарнире 2 – $23.1^\circ \dots 30.1^\circ$. Благодаря этому неравномерность вращения выходного вала карданной передачи в рабочем диапазоне не превышает 7% .

По результатам расчета для оптимизированных параметров механизма поворота потребное давление в поршневой полости гидроцилиндра для преодоления сил трения в стыке при раскладывании в рабочее положение не превышает 53 кг/см^2 . Расчетное потребное давление в штоковой полости гидроцилиндра при переводе шнека из крайнего рабочего положения в транспортное, как видно из рисунка 2б, не превышает 19 кг/см^2 . Далее шнек будет опускаться под действием силы тяжести, что объясняет наличие знака «—» в результатах расчета потребного давления.

Полученная математическая модель механизма поворота выгрузного шнека зерноуборочного комбайна, сформированная векторным способом в пространственной постановке задачи, позволила определить и оптимизировать параметры сложной пространственной системы.

Литература

1. Джасов Д.В. / Применение векторного анализа для математического описания пространственных рычажных механизмов на примере моста управляемых колес сельскохозяйственной машины // Джасов Д.В., Машук А.Я., Чупрынин Ю.В. Сборник научных трудов «Актуальные вопросы машиностроения», выпуск 2, Минск 2013, С. 102 – 106.
2. Котов А.В., Чупрынин Ю.В. Векторный анализ пространственных рычажных механизмов на примере механизма качающейся шайбы привода режущего аппарата // Тракторы и сельхозмашины. – 2011, №12.
3. Котов А.В., Чупрынин Ю.В. Уравновешивание механизма качающейся шайбы привода режущего аппарата жатки для уборки трав // Тракторы и сельхозмашины. – 2011, №12.
4. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981

УДК 631.354.2

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ БАРАБАНОМ ПРИ ИЗЪЯТИИ СВОБОДНОГО ЗЕРНА ИЗ ОЧЕСАННОГО ВОРОХА

В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»
с. Кокино, Брянская область, Россия

Принято считать, что мощность, потребляемая барабаном, расходуется на преодоление вредных сопротивлений (23%), деформацию (перетирание) массы в зазоре между барабаном и декой (70%), а также на удар и сообщение вороху дополнительной скорости (7%) [1].

При перенаправлении свободного зерна непосредственно в систему очистки (минуя барабан) зерно не подвергается дополнительным ударам, поэтому последняя составляющая энергозатрат исключается. При пропускной способности молотилки 10 кг/с и 80% свободного зерна в очесанном ворохе (8 кг из 10) вследствие этого экономится 2,16 кВт.

Из [1] следует, что мощность ($N_{2\Sigma}$), расходуемая на различные виды деформации очесанного вороха вместе со свободным зерном, в 10 раз превышает мощность ($N_{3\Sigma}$), расходуемую на удар и разгон массы. Вычислив по формуле (1) величину $N_{3\Sigma}$, достаточно затем умножить ее на 10 чтобы получить $N_{2\Sigma}$. То есть,

$$N_{3\Sigma} = \xi \cdot m \cdot v^2 = 0,3 \cdot 10 \cdot 30^2 = 2700 \text{ Вт} = 2,7 \text{ кВт} \quad (1),$$

где: $m=10 \text{ кг/с}$ – пропускная способность молотилки;

$v = 30 \text{ м/с}$ – линейная скорость бича;

$\xi = 0,3$ – коэффициент.

Следовательно, $N_{2\Sigma} = 10 \cdot N_{3\Sigma} = 10 \cdot 2,7 = 27 \text{ кВт}$

Оценивая энергозатраты, необходимые на деформацию вороха, лишённого зерна, следует иметь в виду, что они обусловлены не массой компонентов, а их объемом, который и подвергается разного рода деформациям. Следовательно, чтобы адекватно оценить уменьшение мощности, потребляемой процессом деформации, необходимо сравнивать не массы (исходную и оставшуюся после изъятия зерна – 10 и 2 кг/с, соответственно), а исходный объем вороха и объем его части, оставшейся после изъятия свободного зерна. То есть, имеет место пропорция

$$\frac{V_{\Sigma}}{V_2} = \frac{N_{2\Sigma}}{N_2}, \quad (2),$$

где $V_{\Sigma} = V_2 + V_{\text{зер}}$ – объем исходного вороха, м^3 ;

N_2 – мощность, расходуемая на деформацию вороха, лишённого свободного зерна, кВт;

V_2 – объем двух килограммов вороха, лишнего свободного зерна, м^3 ;

$V_{\text{зер}}$ – объем 8 кг зерна, м^3 .

Что касается объема зерна, то его можно найти, ориентируясь на насыпную массу пшеницы $\rho_{\text{пш}} = 730 \dots 850 \text{ кг/м}^3$. Тогда $V_{\text{зер}} = 0,01 \text{ м}^3$.

Удельная масса соломы варьируется в пределах от 40 до 100 кг/м^2 . Для соломы длиной 0,8 м приемлем нижний предел. Установлено, что по мере измельчения массы ее удельная масса возрастает. Так, солома в 2,5 раза плотнее соломы. Поскольку в очесанном ворохе в основном присутствует соломины длиной 0,15 ... 0,2 м, будем считать, что удельная плотность вороха, лишнего зерна, находится посередине между соломой большой длины и половой. То есть, $\rho_6 = 70 \text{ кг/м}^3$. Тогда $V_2 = 0,0285 \text{ м}^3$.

Соответственно, $V_{\Sigma} = 0,0385 \text{ м}^3$.

Подставив полученные результаты в формулу (2) и преобразовав ее, имеем

$$N_2 = \frac{V_{\Sigma}}{V_2} = \frac{N_{2\Sigma} \cdot V_2}{V_{\Sigma}} = \frac{27 \cdot 0,0285}{0,0385} \approx 20 \text{ кВт}. \quad (3)$$

Следовательно, изъятие из очесанного вороха свободного зерна позволяет сэкономить мощность, потребляемую на деформацию хлебной массы, в количестве

$$\Delta N_2 = N_{2\Sigma} - N_2 = 27 - 20 = 7 \text{ кВт}. \quad (4)$$

Суммируя эту мощность с ранее полученной экономией энергии на удар и разгон хлебной массы ($N_3 = 2,16 \text{ кВт}$), имеем

$$\Delta N_{\Sigma} = \Delta N_2 + N_3 = 7 + 2,16 = 9,16 \text{ кВт}. \quad (5)$$

С учетом уменьшения вредных сопротивлений, на которые влияет, в частности, уменьшение реакций в подшипниковых опорах, можно констатировать, что экономия мощности на привод барабана, вследствие изъятия из очесанного вороха свободного зерна, не меньше 9 кВт, что составляет порядка 30% от исходной величины или 4,3% от мощности двигателя комбайна КЗС-10К «Полесье GS-10».

Литература

1. Пустыгин, М.А. Теория и технологический расчет молотильных устройств. – М.: ОГИЗ-СЕЛЬХРЗГИЗ, 1948. – 96с.

2. Ожерельев, В.Н. Предварительная сепарация очесанного зернового вороха в наклонной камере / В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин // В сборнике: Агропромышленный комплекс на рубеже веков. Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию агроинженерного факультета. – Воронеж: Изд-во Воронежского ГАУ, 2015. – С. 165-170.

УДК 631.3

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Н.Ф. Соловей, Л.А. Мороз, Н.Н. Белая

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

При разработке зерноуборочного комбайна КЗР-10 по аналогии с шарнирами системы очистки комбайна Дон-1500 были применены резиновые втулки КЗР 0202015 и КЗР 0202015-1. Втулки фиксировались в узле контактным давлением от запрессовки по внутреннему и наружному радиусу с (натягом по внутреннему на пальце и обжатием в обойме), а также торцовым поджатием.

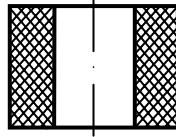


Рис.1. Резиновая втулка КЗР 0202015

Известно, что подобного рода втулки применяются в шарнирах, воспринимающих, главным образом, радиальные нагрузки. Шарниры системы очистки зерноуборочного комбайна КЗР-10 воспринимают сложные знакопеременные нагрузки: радиальную, осевую, коаксиальное скручивание. При установке резиновых втулок в шарнирные узлы системы очистки зерноуборочного комбайна КЗР-10 наблюдались проскальзывание и преждевременное разрушение резины, образование области деструкции в форме вытянутой в осевом направлении линзы на внутренней поверхности резиновой втулки, свидетельствующие о развитии в материале необратимых деформаций.

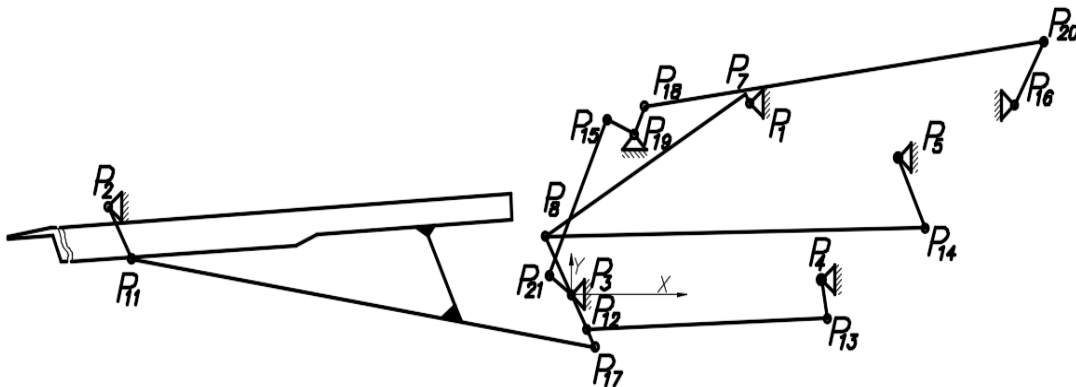


Рис.2. Кинематическая схема системы очистки зерноуборочного комбайна

Был проведен ряд исследовательских работ по поиску решений, способных уменьшить осевые и радиальные перемещения резиновой втулки, повысить сопротивляемость шарнира разрушающим нагрузкам, коаксиальному и торцевому скручиванию с целью достижения требуемых функциональных характеристик шарнира: высокой долговечности, малой угловой и большой радиальной жесткости.

Проанализированы условия эксплуатации резиновых втулок в комбинированном шарнире комбайна КЗР-10 с учетом действующих нагрузок и соотношения размеров изделия. Рассчитаны допускаемые значения действующих нагрузок и деформаций, удельная радиальная нагрузка (q_r), относительный сдвиг при скручивании (γ), относительный сдвиг при осевом нагружении (γ_{oc}), степень запрессовки (ϵ_z) и натяг по внутреннему диаметру (β), а также соответствие полученных значений требованиям ТНПА.

Разработаны методика, конструкция, изготовлено специальное приспособление для определения методом неразрушающего контроля упруго-жесткостных характеристик шарниров при дискретном приложении фиксированного крутящего момента ($N_{хм}$) и остаточной деформации после снятия нагрузки. Испытания позволили получить данные для экстраполяции результатов на условия эксплуатации.

В условиях, максимально приближенных к режиму нагружения, проведены стендовые испытания на долговечность резиновых втулок, изготовленных ОАО «Беларусьрезинотехника» из резин различных марок и твердости на основе натурального (НК) и синтетического изопренового каучука (СКИ-3), из полиуретанового эластомера, а также резиновых втулок импортного производства. Критерием долговечности служили наработка втулок до потери жесткости или до установленной наработки (не менее 200 ч). В ходе испытаний цилиндрических втулок, проведенных на отдельном стенде и в составе стрясной доски, подтвердилась неэффективность их применения в подвесках стрясной доски, так и решетных станов и в шатунах привода очистки.

Проведены стендовые испытания резино-металлических сайлентблоков производства ф. «Симрит», (Германия) -двухвтулочных амортизаторов, состоящих из двух металлических втулок, между которыми находится привулканизованная резиновая втулка. В ходе испытаний зафиксировано отслоение резины от металла. Низкая наработка импортных резинометаллических сайлентблоков не позволила применить их в шарнирных соединениях системы очистки комбайнов ОАО «Гомсельмаш».

В результате комплекса проведенных работ повышение долговечности шарниров системы очистки зерноуборочных комбайнов было достигнуто за счет применения одновтулочной конструкции амортизатора (резиновая втулка привулканизована к металлической втулке по внутреннему диаметру).

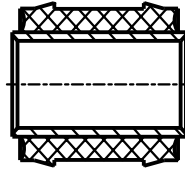


Рис.3. Сайлентблок КЗР0202750

Прочность соединения «резина-металл» обеспечена использованием системы на основе клея «Хемосил». Эластичная втулка изготовлена из резины на основе синтетического изопренового каучука, с минимальным динамическим гистерезисом и с оптимальной твердостью 60 ед. Шор А. Форма наружной поверхности резинового элемента с двумя буртиками позволила уменьшить степень обжатия резинового массива, снизить жесткость сайлентблока. Таким образом, разработанный ОАО «Гомсельмаш» комбинированный резино-металлический шарнир «Сайлентблок КЗР 0202750» имеет большую циклическую долговечность при коаксиальном кручении и воздействии радиальной, осевой нагрузок, по сравнению с резиновыми втулками и двухвтулочными амортизаторами. Сайлентблок КЗР 0202750 серийно применяется в системах очистки комбайнов КЗК-10К, КЗС-7.

Разработка и внедрение резинометаллических шарниров для восприятия радиальных, осевых нагрузок и крутящего момента в узлы системы очистки зерноуборочных комбайнов ОАО «Гомсельмаш» позволили избежать закупок импортных сайлентблоков, значительно сэкономить денежные средства предприятия (для сравнения: стоимость импортного сайлентблока ~ 22 евро, сайлентблока КЗР 0202750 ~ 5 долларов).

Предложенная конструкция резинометаллического шарнира защищена патентами на изобретение №1515 зарег. 03.05.2004 Резинометаллический шарнир (Дюжев А.А., Соловей Н.Ф.), № 22740 зарег. 29.08. 2019 Резинометаллический шарнир (Рехлицкий О.В., Соловей Н.Ф., Меженников А.П.), № 2975 зарег.16.05.2006 «Очистка зерноуборочного комбайна (Дюжев А.А., Иоффе М.П., Жмайлик В.А., Соловей Н.Ф., Дубина А.А., Осипов А.Д.).

УДК 621.793

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРАКТА КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ.

Н.Ф. Соловей, Д.В. Рехлицкая, В.С. Черношей
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Надежность техники зависит как от уровня конструкторского решения, так и от технологичности изготовления и грамотной эксплуатации. Надежность – способность техники находиться в исправном состоянии и выполнять заданные параметры технологического процесса в течение оговоренного срока. Принято считать, что время, при котором комбайн в процессе эксплуатации выполняет основные показатели нормативной документации без существенного изменения расчетных параметров, с учетом экономически обоснованных ремонтов, определяет долговечность. Ресурс долговечности – время эксплуатации комбайна до первого капитального ремонта.

Технологический тракт кормоуборочного комбайна состоит из питающе-измельчающего аппарата, и последовательно расположенных устройств транспортировки измельченной массы: центробежного ускорителя выброса, установленного на корпус основания силосопровода и непосредственно поворотного дефлектора, выполненного в виде коробчатой конструкции. В процессе эксплуатации по тракту движется большой поток измельченной массы с элементами абразива и растительных кислот, что ведет к значительному износу тумбы основания силосопровода (деталей КВС-1-0143425 и КВС-1-0143426). Для повышения износостойкости перечисленных деталей в 2017 году между ОАО «Гомсельмаш» и ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» был заключен договор №353-2017/Бел «Разработка технологических процессов формирования на деталях технологического тракта кормо- и зерноуборочных комбайнов покрытий, обладающих повышенной износо- и коррозионной стойкостью и низкой адгезией к транспортируемым продуктам».

В процессе выполнения договора сотрудниками Лаборатории материаловедения и триботехники выполнен монтаж и усовершенствование установки гиперзвуковой металлизации АДМ-10, разработанной ГНУ «ОИМ НАН Беларуси». Ранее на предыдущей конференции нами показано, что износостойкость покрытий, полученных методом гиперзвуковой металлизации, зависит от многих факторов: режимов нанесения, материалов, подготовки исходной поверхности, а также топографии поверхности, толщины покрытия и его поверхностной шероховатости. Установлено, что из-за

отсутствия надежных средств измерения картина износа деталей сложной конфигурации Коробов КВС-1-0143425 и КВС-1-0143426 малоинформативна. В 2019 году в НТЦК приобрели мобильную трехкоординатно-измерительную машину МСА. Использование данной машины позволяет получить сканограмму поверхности исследуемых деталей до и в процессе испытаний через определенный промежуток времени. При расшифровке сканограммы появилась возможность оценивать износостойкость в любой точке износа. Места изменения толщин отображаются контрастной цветовой гаммой. При просмотре сканограммы в электронном виде зоны максимального износа визуально наблюдаются в полном объеме (рис. 1).



Рис.1. Виртуальная сканограмма поверхности детали КВС-1-0143425

В процессе испытаний в 2018 году на комбайн КВК-800 №1317 был установлен Короб КВС-1-0143425/426 с покрытием из коррозионно-стойкой стали 40Х13. В качестве подложки использовался сплав нихрома. Нарботка составила 661 м-ч (13,638 т: подбор трав – 2863 т, кошение трав – 10803т). Топография износа представлена на рисунке 2.

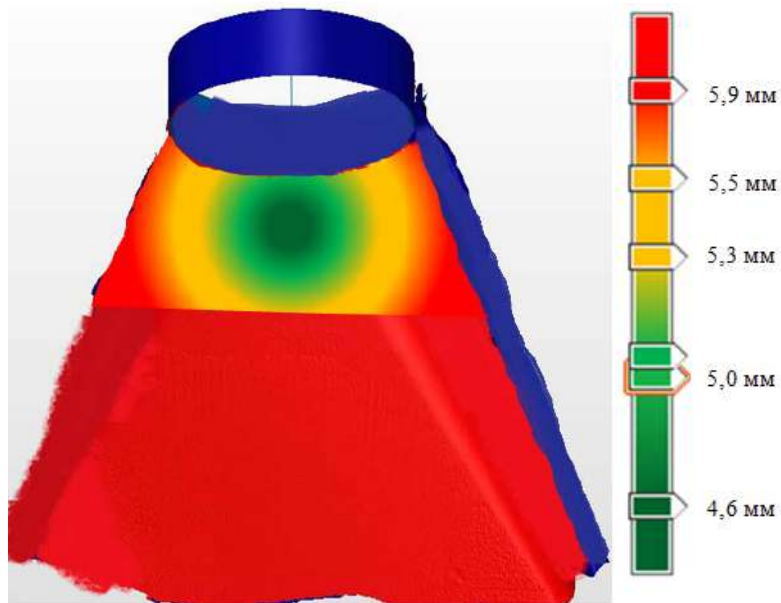


Рис.2. Виртуальная сканограмма поверхности детали КВС-1-0143425 после испытаний в сезоне 2018 года

После измерения толщины Короб установлен на тот же комбайн, без каких либо конструктивных изменений технологического тракта. Испытания были продолжены. При наработке 840 м-ч в 2019 году (21,280 т: подбор трав – 10626 т, уборка кукурузы – 7601 т, кошение трав – 3053 т) Короб КВС-1-0143425/426 демонтировали и измерили толщину. Топография износа представлена на рисунке 3.

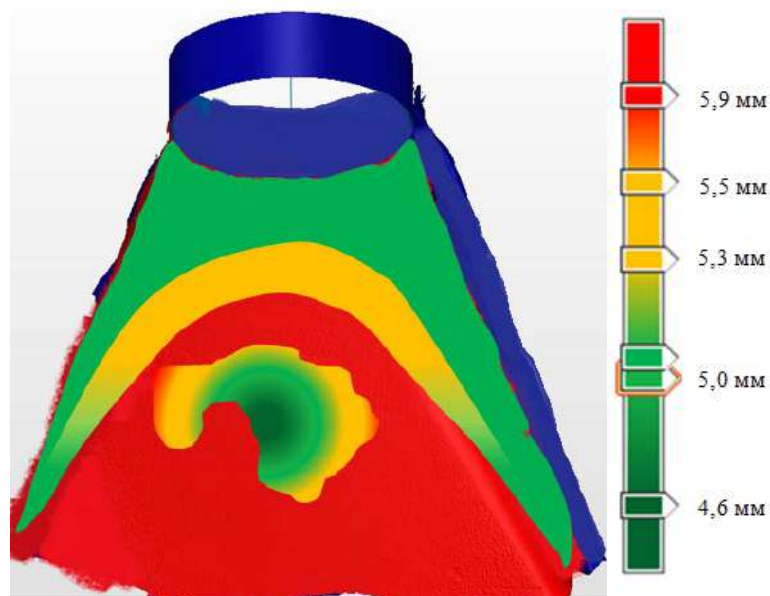


Рис.3. Виртуальная сканограмма поверхности детали КВС-1-0143425 после испытаний в сезоне 2019 года

Анализ топографических картин износа свидетельствует о появлении неизвестного фактора, который может влиять на перераспределение

зон износа Короба КВС-1-0143425. При рассмотрении рисунка 3 видно, что топография износа изменилась.

При транспортировке измельченной массы по технологическому тракту плотность его потока неравномерна и износ сопрягаемой поверхности неравномерен. Кроме того, внутри устройства возникает разряжение, что оказывает тормозящее действие на процесс транспортировки измельченной массы и неравномерность распределения зон износа.

Предположительно, перемещение области износа в нижнюю часть короба связано с тем, что при его перестановке была нарушена герметичность технологического тракта, при возникновении разряжения извне в тракт начал поступать воздух, при соприкосновении которого с измельченной массой происходит центробежно-инерционно-вихревой способ транспортировки.

Обнаруженное явление позволит в дальнейшем в полной мере реализовать заявленные решения в патенте ВУ№2099 «Устройство для транспортировки измельченной массы кормоуборочной машины» и совместно с совершенствованием процесса нанесения покрытия методом гиперзвуковой металлизации, повысить надежность и долговечность в целом.

УДК 631.35

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ КОМПЛЕКСОВ ПОЛЕСЬЕ-800

А.В. Лашкевич, Д.Н. Костунова

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

Аннотация. Приводятся основные особенности по компоновке комбайнов и электросистемам современных двигателей, направления модернизации существующей электрической системы комплексов Полесье-800, результаты внедрения бортовой информационной системы собственного производства ОАО «Гомсельмаш», дальнейшие перспективы развития с применением устройств и элементов систем управления и автоматизации.

Ключевые слова: бортовая информационная система, особенности по компоновке и электроуправлению, панели управления, перспективы развития, система управления и индикации режима работы двигателя.

Из-за ужесточения требований экологичности, а также требований к потреблению топлива, необходим переход на двигатели с электронными блоками управления. Для ОАО «Гомсельмаш», как и для остальных производителей сельскохозяйственной техники в СНГ, стал актуальным вопрос применения современных двигателей.

Особенно остро данный вопрос встал в 2015г., при проведении работ по апплицированию двигателя ф. SCANIA (Швеция), соответствующего экологическим нормам Stage 3A, на комплекс высокопроизводительный кормоуборочный Полесье-800. Имеющиеся аналоговые приборы не могли считывать показания, выдаваемые электронным блоком, а управлять подачей топлива, как раньше, тросом, не представлялось возможным. Как промежуточный вариант решения данной задачи, были закуплены у ф. SCANIA элементы управления и индикации режимов работы, что и предопределило в дальнейшем направления модернизации существующей электрической системы.

Рассматривая линейку современных двигателей зарубежных производителей (Германия, Швеция, Швейцария, США, Китай и т.д.), применяемых на зарубежных кормоуборочных и зерноуборочных комбайнах, были отмечены основные особенности по компоновке и электроуправлению:

- на всех современных двигателях применяется электронное управление подачей топлива, при помощи главного электронного блока управления двигателем;

- чаще всего электронный блок управления двигателем расположен непосредственно на самом двигателе и производит сбор информации о параметрах и режимах работы двигателя (имеет свои датчики и электрический жгут);

- управление электронным блоком осуществляется электрическими сигналами по CAN-шине (протокол управления двигателем J1939) или при помощи дополнительных электрических устройств, таких как электрическая педаль, потенциометр или переключатели;

- электрические сигналы о работе двигателя или неисправности также формируются электронным блоком и передаются в CAN-шину.

В процессе проводимого анализа и дальнейшего углубленного изучения вопросов по управлению двигателями постепенно были отклонены дополнительные электрические устройства (электрическая педаль, потенциометр, переключатели), так как способы управления, с их применением, имели ряд недостатков, а наиболее эффективным признан способ управления посредством CAN-шины.

Для реализации возможности управления двигателем комплексов Полесье-800 по CAN-шине и с целью обеспечения возможности установки современных двигателей разных производителей (с единым протоколом J1939), была разработана и внедрена в 2017г. бортовая информационная система собственного производства ОАО “Гомсельмаш”, что позволило:

- снять ограничения по выбору типа и производителя двигателя (с электронным управлением);

- применить различные схемы управления оборотами двигателя (бесступенчато, дискретно, по заданному алгоритму и т.д.);

- расширить возможности оповещения механизатора дополнительной информацией о процессах, протекающих в технологическом тракте при работе машины (мониторинг параметров, сигнализация о неисправностях и т.п.).

В процессе адаптации конструкции машины под установку бортовой информационной системы, была проведена глубокая модернизация существующей электрической системы комплексов Полесье-800:

- разработан новый пульт управления, оптимизированы трассы прокладки жгутов внутри пульта;

- разработан новый электрический шкаф с вынесенными элементами коммутации и защиты (реле, предохранители, блоки и т.п.);

- применены новые типы датчиков для работы с бортовой информационной системой.

Внедрение бортовой информационной системы в конструкцию комплексов Полесье-800 совместно с изменением серийной электрической системы позволило в дальнейшем на машине, хорошо зарекомендовавшей себя у потребителя, производить модернизацию основных рабочих органов

комбайна с применением новых технических решений, применять новейшие и перспективные технологии.

В настоящее время перспективным, по нашему мнению, следует считать направление по переходу к широкому применению программируемых устройств и элементов систем управления и автоматизации, вместо локальных клавиш, переключателей, кнопок и т.п.

Для применения в автотракторной промышленности ряд компаний Республики Беларусь (НПП “Контакт”, НПП “Контакт-модуль”) и России (НПФ “АТИ”) предлагают высококачественные герметичные (IP65) контрольные панели с защитой от ударных и вибрационных нагрузок, на основе которых можно изготавливать законченные устройства управления для сельскохозяйственной техники – пульты и рукоятки управления.

Панели управления могут включать в себя не только группы управляющих клавиш, но и группы сигнальных индикаторов, функционирующих заодно в соответствии с заданными алгоритмами.

В настоящее время для машин кормоуборочного и зерноуборочного направления, выпускаемых ОАО “Гомсельмаш”, разработаны внедрены, либо проходят различные стадии процедуры одобрения для серийных поставок варианты панелей освещения, панелей рукояток ГСТ, а также панели управления комбайнами от различных отечественных и российских разработчиков



Рис.1. Современные панели пульта управления и рукоятки ГСТ кормоуборочного комбайна Полесье-800А



Рис.2. Панели управления освещением кормоуборочного комбайна Полесье-800А

Освоение описанных технологий и устройств, положительные результаты их апробирования в составе проходящих испытания и эксплуатирующихся в хозяйственных условиях машин, позволяет приступить к дальнейшим работам по модернизации электрических систем, выпускаемой ОАО «Гомсельмаш» техники, например, осуществить модернизацию электрического шкафа, новые компоновочные решения по которому уже закладываются разработчиками в конструкторскую документацию проектируемых машин.

Данное решение позволит снизить время на монтаж и сборку основной распределительной панели, упростит конструкцию подводящих электрожгутов, снизит вероятность неправильной сборки и установки элементов на панель (реле, предохранители, модули и т.п.), исключит выпадение контактов из панели за счет применения эффективных технологий сборки и монтажа электросистем.

Современные тенденции развития аналогичной сельскохозяйственной техники, выпускаемой конкурирующими производителями, и требования потребителей ставят перед конструкторами НТЦК ОАО «Гомсельмаш» все новые и новые задачи, направленные на повышение технического уровня и комфортабельности машин, при решении которых открываются новые перспективы дальнейшего развития и совершенствования систем управления, в значительной степени обеспечивающих повышение конкурентоспособности выпускаемой холдингом «Гомсельмаш» техники.

Литература

1. Интеллектуальные системы в сельском хозяйстве/ Федоренко В.Ф., Гольяпин В.Я.// Москва, ФГБНУ «Росинформагротех», 2017.
2. Отчеты и фотоматериалы специалистов НТЦК ОАО «Гомсельмаш» о посещении выставки «Agritechnica 2019», г. Ганновер, Германия.

УДК 634.75: 631.358

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ОПТИМИЗАЦИИ СБОРА ЯГОД ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА

В.В. Сомин

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»,
с. Кокино, Брянская область, Россия

При традиционном ручном способе сбора ягод земляники садовой применяют рабочие позы «с наклоном туловища вперёд» и «в приседе на корточках». Такой способ влечёт за собой значительные потери времени на перемещение тары с ягодами и чередование рабочих поз, что снижает производительность труда. Уменьшить количество неэффективных движений для увеличения производительности труда позволяет средство оптимизации сбора ягод, изображённое на рисунке 1.



Рис. 1. Тележка для сбора ягод земляники садовой индивидуального использования

Данное средство создано на базе серийного дорожного велосипеда, конструкция которого дополнена боковой приставкой для крепления посадочного места сборщика и площадки для тары, наполняемой ягодами. Экспериментальный образец получил название: «Тележка для сбора ягод земляники садовой индивидуального использования» (далее: тележка) (рис.1). Первые полевые испытания проведены в 2019 году на плантациях земляники садовой Кокинского опорного пункта ВСТИСП в Выгоничском районе Брянской области. Результаты испытаний указали на необходимость технологических регулировок колеи. По окончании сезона сбора ягод экспериментальный образец доработан под изменяющиеся технологические

условия и направлен для дальнейших исследований в крестьянское (фермерское) хозяйство К(Ф)Х «Стекачёв П.Ю.» (Почепский район, Брянской области).

Заключительные испытания в 2020 году включили в себя определение производительности труда при сборе ягод на плантации. Участок площадью 0,4 га занят посадками земляники садовой сорта «Царица» (первого года использования), имеет выровненный рельеф с уклоном до 2 градусов. Схема посадки 1,00 х 0,30 м, однострочная, без гребней, междурядья замульчированы древесными опилками, диаметр поверхности покрытия почвы листовым аппаратом 0,20 - 0,30 м, высота растений 0,15 - 0,25 м, планируемая урожайность 10 т/га. Фактическая урожайность визуальна однородная, сбор ягод в К(Ф)Х осуществляют с одновременной сортировкой на «стандарт» и «не стандарт».

Измеряемые параметры для определения производительности труда получены от привлечения к исследованию 4-х сборщиков ягод с различным опытом работы на плантации земляники. Зафиксированные показатели измерений при двух способах сбора ягод отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Производительность труда сборщиков ягод, кг/час

Участники эксперимента	Производительность труда при сборе ягод традиционным способом, кг/час	Производительность труда при сборе ягод с применением «тележки», кг/час	Повышение производительности труда за счёт применения «тележки», кг/час	Повышение производительности труда, %
Сборщик № 1	6,1	8,4	+ 2,3	+ 37,7
Сборщик № 2	11,1	16,9	+ 5,8	+ 52,2
Сборщик № 3	12,8	19,3	+ 6,5	+ 50,8
Сборщик № 4	10,2	15,6	+ 5,4	+ 52,9
Среднее значение показателя	10,05	15,05	+ 5,0	+ 48,4

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- Повышение производительности труда, в среднем, на 48,4 % свидетельствует о целесообразности применения средства оптимизации труда «Тележка для сбора ягод земляники садовой индивидуального использования» в условиях личных подсобных и фермерских хозяйств.

- Стоимость внесения изменений в конструкцию серийного дорожного велосипеда при преобразовании в средство оптимизации труда для сбора ягод, делает его доступным, как для начинающих фермеров, так и для личного подсобного хозяйства.

УДК 62-8:531.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ САЙЛЕНТБЛОКОВ НА НАГРУЖЕННОСТЬ ПРИВОДА ОЧИСТКИ

А.С. Шантыко¹, А.Н. Вырский¹, Д.А. Дубовик², Н.П. Першукевич²,
О.А. Баран²

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

²ГНУ «Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

В работе [1] расчетным методом установлено, что использование упругих шарниров (сайлентблоков) вместо подшипниковых в приводе стрясной доски и решетных станов серийной конструкции комбайна КЗС-1218 обеспечивает снижение размаха динамических нагрузок от сил инерции на номинальном режиме (частота 4,5 Гц) в 1,4 раза. Следует отметить, что при расчетах был принят ряд допущений. Для получения более полной информации о динамической нагруженности привода целесообразно выполнение экспериментальных исследований.

Целью настоящей работы является экспериментальная оценка влияния сайлентблоков на динамическую нагруженность привода колеблющихся рабочих органов очистки зерноуборочного комбайна.

Объект испытаний – очистка зерноуборочного комбайна КЗС-1218.

Испытания механизма очистки проводились в стендовых условиях Научно-технического центра комбайностроения ОАО «Гомсельмаш» на укомплектованном серийном комбайне. Привод колеблющихся рабочих органов очистки осуществлялся от внешнего источника крутящего момента с помощью ременной передачи на шкив эксцентрикового вала. Другие приводы, связанные с механизмом очистки, были отключены. Нагруженность привода очистки оценивалась по величине осевого усилия в стержнях шатунов, связывающих эксцентриковый вал с двуплечими рычагами механизма. Нагружение обеспечивалось вращением эксцентрикового вала с заданной частотой. При испытаниях частота колебаний рабочих органов очистки ступенчато изменялась от 2 Гц до 5 Гц с шагом 0,5 Гц. Выдержка на каждой частоте составляла около 15 с.

Измерение усилий в шатунах производилось методом тензометрии. На обоих шатунах в области среднего сечения стержня диаметрально противоположно в плоскости вращения эксцентриков были установлены по два тензорезистора (см. рис. 1). Регистрация сигналов с датчиков осуществлялась тензометрическим усилителем QuantumX MX840В фирмы НВМ. Запись результатов измерений при испытаниях велась с частотой дискретизации 300 измерений в секунду. Обработка полученных данных произ-

водилась с помощью компьютерных программ CatmanAP, Excel и VibroAnalyzer.

При обработке результатов измерений получены осциллограммы сигналов осевых усилий с шатунов, а также их спектры на установившихся частотах. Анализ спектров сигналов показал, что основную долю в нагруженности привода составляет основная (1-я) гармоника частоты нагружения. На рисунке 2 приведен график зависимости амплитуды 1-ой гармоники сигнала осевого усилия на шатуне от частоты нагружения.



Рис. 1. Расположение датчиков на левом шатуне

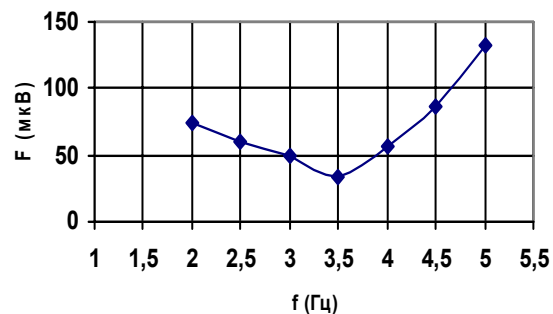


Рис. 2. График зависимости амплитуды 1-ой гармоники сигнала осевого усилия на шатуне от частоты нагружения

Характер кривой графика (рис.2) соответствует амплитудно-частотной характеристике рекуперативного привода колеблющихся рабочих органов со встроенной колебательной системой [2]. Собственная частота колебательной системы механизма очистки комбайна с сайлентблоками составляет около 3,5 Гц. Следовательно, благодаря упругим свойствам сайлентблоков снижается нагруженность привода очистки на частотах выше собственной частоты, в том числе, на номинальной 4,5 Гц.

Таким образом, экспериментальные исследования подтвердили снижение динамической нагруженности привода колеблющихся рабочих органов очистки за счет применения сайлентблоков. Полученная информация может быть использована при совершенствовании привода очистки.

Литература

1. Дубовик, Д.А. Влияние сайлентблоков на динамическую нагруженность привода механизма очистки / Д.А. Дубовик, В.И. Прибыльский, Н.П. Першукевич, А.С. Шантыко, А.Н. Вырский / Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 23-24 апреля 2020 г. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2020. – С. 82-83.
2. Бойко, Л.И. Механика приводов колеблющихся рабочих органов машин / Л.И. Бойко. – Минск, 2003. – 240 с.

УДК 631.354:534.1

СНИЖЕНИЕ ВИБРОАКТИВНОСТИ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЖАТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Д.А. Дубовик¹, О.А. Баран¹, В.И. Прибыльский¹, А.Н. Вырский²,
Ю.В. Чупрынин²

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск,
Республика Беларусь;

²Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В настоящее время большинство производителей зерноуборочных комбайнов для привода ножа режущего аппарата жатки применяют планетарный механизм, называемый “Schumacher”. Основным преимуществом такого механизма по сравнению с механизмами с коромыслом или качающейся шайбой является возможность увеличения технологических скоростей, в том числе и движения комбайна.

Несмотря на то, что привода с механизмом Шумахера наиболее уравновешены по сравнению с механизмами с коромыслом или качающейся шайбой, увеличение ширины захвата жатки и соответственно массы ножа приводит к возрастанию вибраций и нагрузок в приводе и актуализирует разработку методов и технических решений для снижения виброактивности привода режущего аппарата жатки.

Для гашения вибраций, возникающих вследствие неуравновешенных силовых воздействий при работе агрегатов и систем, целесообразно использовать общие подходы по уменьшению или перераспределению во времени энергии возмущающих сил [1]. Эффективными средствами снижения виброактивности в приводах являются балансировка вращающихся деталей машин, а также использование рекуперативных устройств с упругими элементами, снижающими амплитуду колебаний на резонансных режимах [2].

Для балансировки механизмов в приводах перспективно использование маховика [3], в связи с чем актуальной задачей является разработка методов расчёта рациональных параметров маховика для балансировки привода углового редуктора режущего аппарата с планетарным механизмом “Schumacher”. Традиционно расчёт диаметра маховика выполняется упрощённо для диска из условия обеспечения необходимого момента инерции по формуле:

$$D_1 = \sqrt[5]{\frac{32J_{м.с.}}{\pi\psi_b\rho}}, \quad (1)$$

где D_1 – максимальный диаметр маховика, м; $J_{м.с.}$ – момент инерции, кг·м²; ψ_b – коэффициент ширины маховика, $\psi_b = \frac{b}{D_1}$; b – ширина маховика, м; ρ – плотность материала маховика, кг/м³.

Таким образом, задача балансировки привода с помощью маховика сводится главным образом к расчёту необходимого момента инерции.

Анализ [2] показал, что динамические системы рекуперативных приводов режущего аппарата жатки хорошо описываются линейными математическими моделями. Динамическая модель привода режущего аппарата жатки показана на рисунке 1.

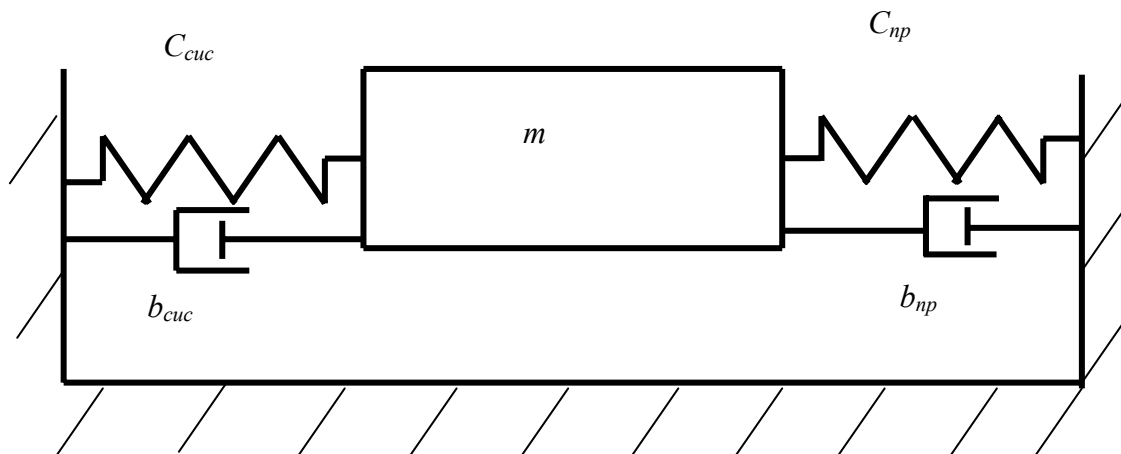


Рис.1. Одномассовая модель динамической системы рекуперативного привода жатки: C_{cuc} , C_{np} , b_{cuc} , b_{np} – коэффициенты жёсткости системы и упругого элемента рекуператора (пружины), а также их коэффициенты демпфирования соответственно; m – масса ножа

В общем виде колебания одномассовой динамической системы описываются дифференциальным уравнением

$$\ddot{q}m + b\dot{q} + Cq = F, \quad (2)$$

где q – обобщенная координата; b – коэффициент демпфирования; C – коэффициент жесткости; F – обобщённая сила.

Источником возбуждения колебаний в рекуперативных приводах являются силы инерции, возникающие вследствие ускорений, поэтому решение уравнения (2) при кинематическом возбуждении и заданной амплитуде колебаний по перемещению имеет вид:

$$F = \alpha m \sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4h^2\omega^2}, \quad (3)$$

где α – амплитуда колебаний по перемещению; ω_0 – собственная частота динамической системы; $\omega_0 = \sqrt{\frac{C}{m}}$; $h = \frac{b}{2m}$.

Таким образом, для снижения виброактивности режущего аппарата жатки с планетарным механизмом перспективными направлениями являются введение в конструкцию маховика и рекуперативных устройств.

Литература

1. Куцубина, Н.В. Теория виброзащиты и акустической динамики машин: учебное пособие / Н.В. Куцубина, А.А. Санников. – Екатеринбург : Уральск. гос. лесотехн. ун-т, 2014. – 167 с.
2. Бойко, Л.И. Механика приводов колеблющихся рабочих органов машин / Л.И. Бойко. – Минск, 2003. – 240 с.
3. Приводной узел для косилочного ножа (варианты) : пат. RU 2346424 С2 / Г. Шумахер, Г. Шумахер. – Оpubл. 20.02.2009 Бюль. №5.

УДК 631.3: 06 – 52

ЗАДАЧА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЯ САМОХОДНОГО КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

В.Б. Попов

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

Эксплуатация современных самоходных кормоуборочных комбайнов показывает, что даже в течение рабочей смены ход рабочего процесса характеризуется значительными колебаниями как со стороны урожайности с/х культуры, так и со стороны характеристик опорной поверхности. Непрерывное колебание внешней нагрузки вынуждает оператора, во избежание забивания рабочих органов растительной массой, постоянно недогружать двигатель комбайна, поэтому средняя величина развиваемой им мощности ниже возможной. Качество ручного регулирования скорости комбайна, определяемое в значительной степени квалификацией и состоянием оператора, подтверждает его неприспособленность эффективно компенсировать интенсивно изменяющиеся внешние воздействия [1]. Автоматически регулируя скорость поступательного движения комбайна на уровне близком к максимуму загрузки ДВС, можно повысить производительность комбайна, сократить удельный расход топлива и время уборки с/х культуры.

Проблема автоматизации загрузочного режима самоходной уборочной машины по-разному решается на протяжении последних 40 - 50 лет. Решение проблемы автоматизации режимов загрузки уборочной машины связана со специфическими условиями работы комбайна, когда рабочие органы взаимодействуют с растениями, а движители с микрорельефом и почвой. Сюда же можно отнести стохастический характер внешних возмущающих воздействий, а также непостоянство внутренних параметров комбайна, как объекта регулирования и сжатые агротехнические сроки уборки с/х культур.

В энергетическом аспекте кормоуборочный комбайн, как объект регулирования, представляет собой динамическую систему с двумя основными потребителями энергии. Развиваемая ДВС мощность через клиноремные передачи передается на привод рабочих органов (адаптер, питающий аппарат, измельчающий барабан) и объемный гидропривод ходовой части. Возможен вариант автоматического регулятора загрузки (АРЗ), использующий датчик частоты вращения (ДЧВ), установленный в лючке против махового колеса двигателя. При этом следует отметить, что отраженная на регуляторной характеристике связь между развиваемой двига-

телем мощностью, моментом нагрузки и частотой вращения вала двигателя, позволяет последней лишь косвенно характеризовать загрузку ДВС. Энергетический аспект, выполняемого кормоуборочным комбайном технологического процесса, характеризуется в первую очередь моментами нагрузки на рабочие органы и ходовую часть, вовремя оценить которые, измеряя один вышеупомянутый параметр, невозможно. Естественной регулируемой величиной в системе автоматического регулирования (САР) загрузки двигателя комбайна является текущее суммарное значение мощности на рабочих органах и ходовой части.

Однако, энергетический аспект, выполняемого кормоуборочным комбайном технологического процесса, характеризуется в первую очередь моментами нагрузки на рабочие органы и ходовую часть, вовремя оценить которые, измеряя один вышеупомянутый параметр, невозможно. Естественной регулируемой величиной в системе автоматического регулирования (САР) загрузки является текущее суммарное значение мощности на рабочих органах и ходовой части (рис.1).

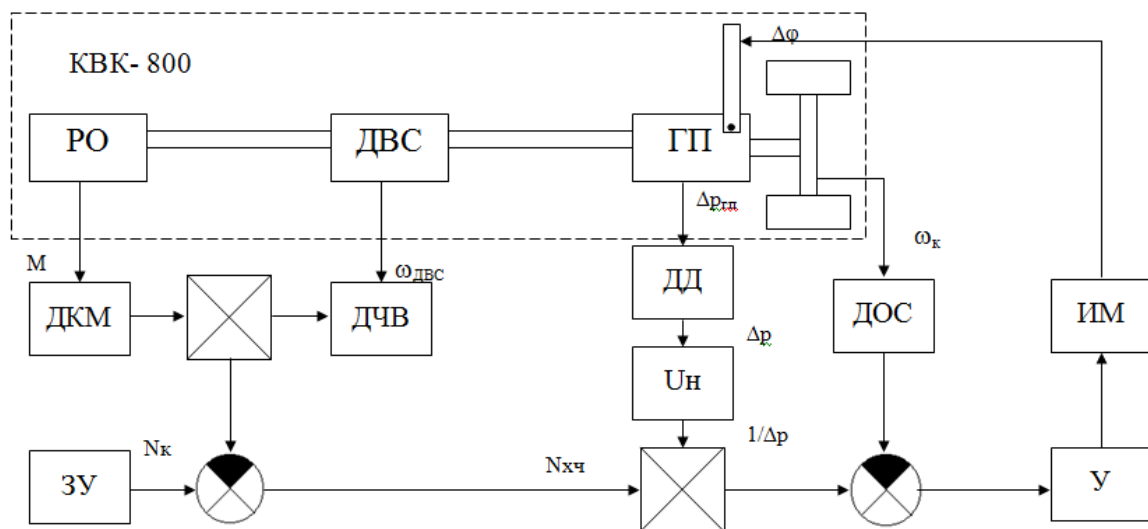


Рис.1. Функциональная схема регулирования загрузки ДВС кормоуборочного комбайна: ЗУ - задающее устройство; ДКМ – датчик крутящего момента; ДЧВ – датчик частоты вращения; ДД датчик давления; ДОС – датчик обратной связи; У – усилитель; ИМ – исполнительный механизм

Важным фактором по реализации САР является подготовленность к ней кормоуборочного комбайна. Под этим подразумевается возможность бесступенчатого регулирования поступательной скорости комбайна, установки датчиков без дополнительной конструкторской доработки и наличие источника питания для функциональных элементов АРЗ. На ходовой части комбайна применяется бесступенчатая гидростатической трансмиссии. Узким местом в проблеме автоматизации загрузки двигателя комбайна

долгое время оставался выбор надежных датчиков, позволяющих в условиях уборки снимать необходимую информацию. Дополнительно к ДЧВ предлагается использовать магнитоупругие датчики крутящего момента (ДКМ) и давления (ДД), которые исчерпывающе характеризуют загрузку рабочих органов и ходовой части. ДКМ в форме кольца охватывает вал контрпривода, скручивание которого пропорционально изменяет магнитное поле. ДД устанавливается в клапанной коробке гидромотора. Множительное устройство преобразует информацию с двух датчиков в сигнал пропорциональный потребляемой мощности и далее делает возможным реализацию управляющего воздействия на объект регулирования в виде отклонения “флажка” гидронасоса.

Частота вращения вала ДВС характеризует развиваемую двигателем мощность на режиме, определяемом регуляторной характеристикой и положением рейки топливного насоса

Таким образом, желаемую зависимость скорости комбайна от урожайности с/х культуры, ширины захвата адаптера, физико-механических свойств культуры и нагрузки на ходовую часть можно обеспечить при помощи средств автоматики, исключающих субъективность ручного управления.

Для проектирования системы автоматического регулирования загрузки двигателя комбайна необходимо также знать динамические свойства кормоуборочного комбайна как объекта регулирования. Под динамическими свойствами здесь понимаются статические и динамические связи между регулируемыми величинами с одной стороны и возмущающими и управляющими воздействиями с другой.

Литература

1. Лурье А.Б., Моделирование сельскохозяйственных агрегатов и их систем управления / А.Б. Лурье, И.С. Нагорский, В.Г. Озеров и др. - Л.: Колос, 1979.-312 с.: ил.

УДК 004.89;004.3;621.001.63;658.512

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОНОГО КОМБАЙНА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНО- ГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.М. Крот¹, А.Н. Вырский², И.А. Баран², В.М. Демко¹

¹ОИПИ НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь;

²Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Известно, что производительность зерноуборочного комбайна и повреждение зерна в первую очередь определяет совершенство молотильно-сепарирующего устройства (МСУ) и системы очистки зерна [1, 2].

В настоящее время программные пакеты для моделирования механики сплошных сред (Rocky, EDEM и др.) позволяют рассчитывать характеристики взаимодействия частиц и элементов конструкции, в том числе с учетом абразивного износа, дробления частиц, реальной геометрии частиц. Однако упрощенное задание условий взаимодействия частиц между собой и элементами конструкции хотя и снижает точность расчетов, но позволяет на основе компьютерной технологии моделирования оптимизировать параметры систем очистки зерноуборочных комбайнов КЗС-1624-1, КЗС-1319 и КЗС-2221.

Возможность параметрической оптимизации конструкции, быстрой проверки внесенных конструктивных изменений за счет многовариантности решаемой модели предоставляет компьютерная технология моделирования с использованием разделения зернового вороха на фракции в воздушном потоке системы очистки. Для учета влияния движения решетного стана на процесс разделения зерновой массы задействован нестационарный решатель программного пакета STAR-CD.

Решение нестационарной задачи проводилось на промежутке времени в 20 с, причем вброс частиц происходил на промежутке времени от 1 до 6 с. На рисунке 1 представлен пример распределения частиц зерновой массы, полученный в результате компьютерное моделирования в момент времени 6 с (когда в систему были брошены все частицы зерновой массы) и 16.2 с (когда практически все частицы закончили свое движение) для рабочей частоты вращения вентилятора, равной 600 об/мин.

Рисунок 2 иллюстрирует распределения вертикальной компоненты скорости дисперсной фазы для случаев отсутствия (рис. 2а) и наличия (рис. 2б) распределённого источника импульса. Из рисунков видны различия в картинах распространения компоненты скорости, в частности, над средним решётным станом.

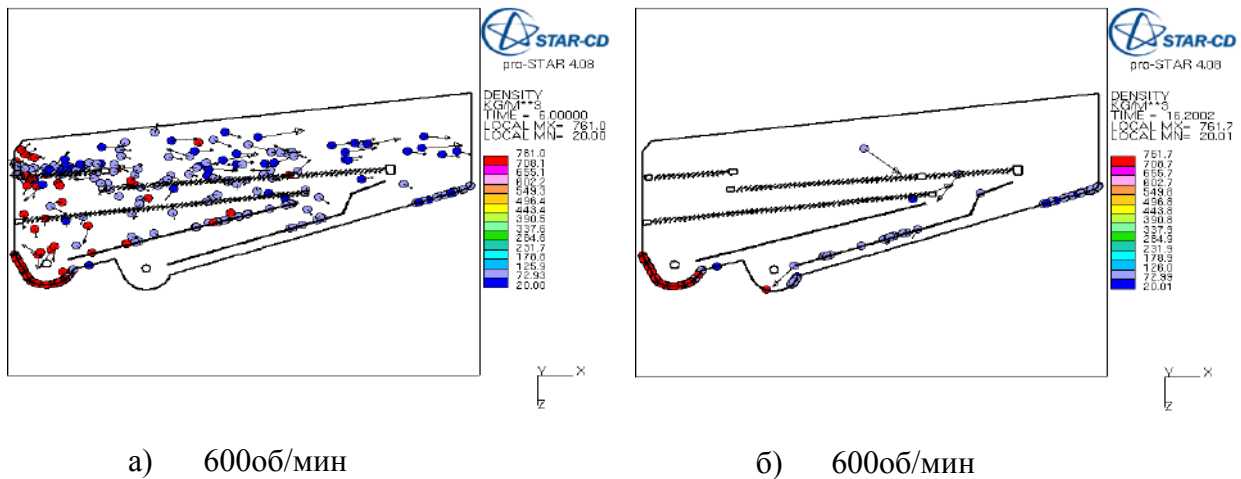


Рис.1. Распределение частиц внутри камеры системы очистки в момент времени 6 с (а) и 16 с (б). Вброс частиц производился в период времени от 1 до 6 с. (красный цвет соответствует частицам зерна, серый — частицам солоmistых частей, синий — частицам полостям).

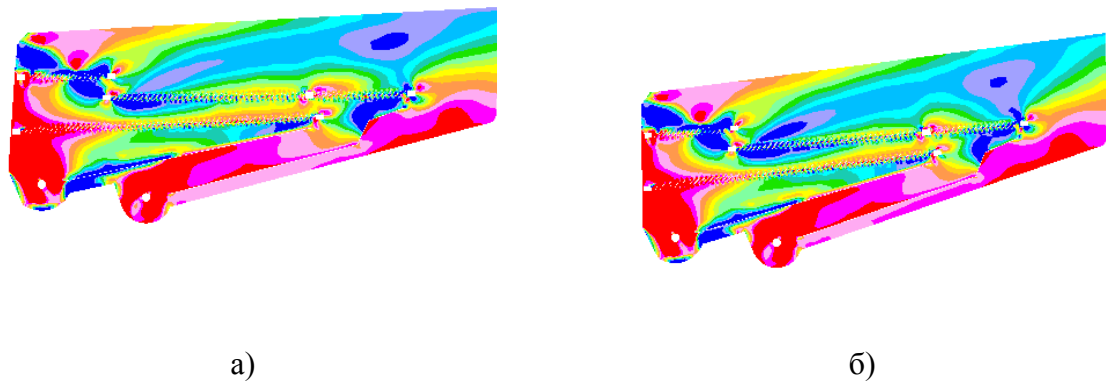


Рис.2 . Распределение вертикальной компоненты скорости дисперсной фазы для случая отсутствия (а) и наличия (б) распределённого источника импульса

Литература

1. Проблемы компьютерного моделирования аэродинамических процессов в транспортирующих органах кормоуборочных комбайнов /А.М. Крот [и др.]// Информатика. – 2006, №3(11), 80 – 90.
2. Баран И.А. Использование компьютерного моделирования аэродинамических потоков при проектировании систем очистки зерноуборочных комбайнов / И.А. Баран, А.Н. Вырский, С.В. Труханович // Молодежь в науке – 2014 : "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; Минск 2015, 56 – 61.

УДК 53.087.45/621.37/39

СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ВОЖДЕНИЯ, СОЗДАННЫЕ НА БАЗЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

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

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

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

Современная сельскохозяйственная техника представляет собой сочетание сложных механических и электронных устройств, которые призваны обеспечить максимальную эффективность машины и при этом снизить напряженность труда механизатора. Одним из наиболее перспективных электронных устройств является система автономного вождения, созданная на базе технического зрения с элементами искусственного интеллекта.

Одним из направлений в технологиях автовождения является система автономного управления сельскохозяйственной техникой (зерноуборочным комбайном, трактором, опрыскивателем) на базе технологий технического зрения с использованием элементов искусственного интеллекта. Интеллектуальная система позволяет снизить рутинную нагрузку на водителя, что дает ему возможность сосредоточиться на контроле параметров технологического процесса, влияющих на качество уборки урожая [1].

С целью оснащения выпускаемой техники данными системами ОАО «Гомсельмаш» ведутся работы с фирмой «Когнитив Роботикс» по адаптации разработано фирмой системы Cognitive Agro Pilot на серийном зерноуборочном комбайне КЗС-1218А-1, проходящем испытания на уборке пшеницы (рис. 1). Единственным сенсором, позволяющим комбайну ориентироваться в пространстве, является видеокамера. В данной системе не используются дорогостоящие лазерные сканеры, привычные по зарубежным аналогам, что делает систему доступнее для потребителя. Система распознавания анализирует информацию с камеры и координирует все движения машины: комбайн подстраивается под изменяющееся положение кромки поля и автоматически выстраивает траекторию движения [2].

В автоматическом режиме комбайн может распознавать структуры поля и посторонние объекты, самостоятельно ехать по кромке, рядку или валку, в зависимости от задачи и типа культур, а также избегать столкновения с объектами (рис. 2).



Рис.1. Процесс сегментирования участков поля. КЗС-1218А-1 на уборке пшеницы. Август 2020 г.

При этом не имеет значения, какой комбайн ранее убирал эту часть поля и по какой траектории он передвигался. В будущем такая технология может стать основой для создания беспилотного комбайна, над разработкой которого активно ведутся работы зарубежными фирмами. Фирма «Когнитив Роботикс», исходя из имеющегося опыта, заявляет, что внедрение беспилотной технологии позволит сократить потери зерна во время уборки до двух раз и тем самым снизить себестоимость зерна примерно на 3-5 процентов [3].

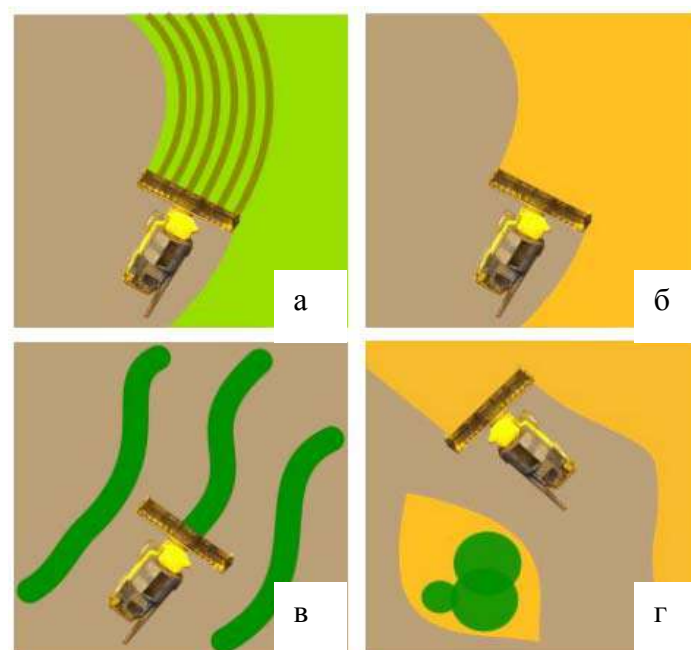


Рис.2. Режимы работы и движения комбайна при уборке урожая: а - по рядку; б – по кромке; в – по валку; г – обнаружение препятствия.

По сравнению с системами, работающими со спутниковым сигналом GPS/GLONASS, данная технология имеет ряд преимуществ (рис. 3), хотя и не лишена недостатков[1].

Критерии для сравнения	AgroPilot	Trimble EZ series	Topcon AGI-4	AgLeader	Raven SC1+CR7+600S
Управление движением	✓	✓	✓	✓	✓
Гидравлическая система управления	✓	Электрические «подрульки»	Электрические «подрульки»	Электрические «подрульки»	Электрические «подрульки»
Дисплей управления	✓	✓	✓	✓	✓
Движение по рядкам	✓	Дополнительные насадки на жатку и ПО	—	Дополнительные насадки на жатку и ПО	—
Движение по кромке	✓	—	—	—	—
Движение по валкам	✓	—	—	—	—
Независимость от спутниковой навигации	✓	—	—	—	—
Необходимость в платных поправках RTK* для достижения точности 10-15 см	—	✓	✓	✓	✓
Групповая работа в смешанном парке **	✓	—	Только заложенный курс	Только заложенный курс	Только заложенный курс
Работа на произвольном поле	✓	Заранее оцифрованные карты полей	Заранее оцифрованные карты полей	Заранее оцифрованные карты полей	Заранее оцифрованные карты полей
Определение искусственных и естественных препятствий	✓	Только заранее нанесенные	Только заранее нанесенные	Только заранее нанесенные	Только заранее нанесенные

* RTK – относится к навигации. Дополнительная система из неподвижной базовой станции и приемников, которая передает специальные поправки к GPS сигналам по радио. Только с ее помощью достигается точность 10-15 см в системах вождения по сигналам GPS. Поправки обычно платные, стоимость подписки в среднем 1,5 тыс USD за квартал.

** Смешанный парк – машины оснащенные системами вождения и не оснащенные ими, работающие в бригаде во время уборки.

Рис.3. Сравнительные параметры систем автовождения [1]

В 2020 году проведены предварительные испытания на уборке злаковых культур и заготовке кукурузы на зерно комбайна КЗС-1218А-1, оснащенного системой Cognitive Agro Pilot. По результатам работы на уборке пшеницы можно сделать заключение, что система позволяет повторять траекторию кромки поля с точностью вождения в пределах 15-20 см. Однако, в процессе испытаний выявлено, что точное следование кромке неубранного стеблестоя вызывает в результате нескольких проходов комбайна увеличение размаха неровностей и необходимость выравнивания кромки. Данная операция, с учетом ее неоднократно повторения, ощутимо снижает эффект повышения производительности комбайна, обусловленного полнотой использования конструктивной ширины захвата адаптера. Следует отметить, что данная особенность проявляется на злаковых культурах, при уборке кукурузы, где ориентиром являются рядки, такого эффекта нет, система уверенно ведет комбайн по стеблестоям. Также, еще одним фактором, сдерживающим реализацию потенциальной производительности комбайна, является возможность работы только по левой кромке убираемой культуры (применительно к злаковым культурам). При использовании способа уборки "челноком" видеокамера не может работать по правой кромке, для устранения данной проблемы требуется применять либо две видеокамеры, либо изменить место расположения и тип видеокамеры. С учетом того, что по ряду причин не удалось произвести полноценную

калибровку системы на уборке злаковых культур, данный вопрос требует дальнейшего исследования. Выводы:

Проведенные в 2020 году испытания комбайна КЗС-1218А-1, оснащенного системой Cognitive Agro Pilot, фирмы “Когнитивные технологии”, показали существенное снижение напряженности труда механизатора, однако, в связи с наличием замечаний, связанных с необходимостью периодической корректировки кромки стеблестоя на уборке злаковых культур и отсутствием возможности реализации челночного способа передвижения комбайна при уборке зерновых, необходимо продолжение испытаний в сезоне 2021 года усовершенствованного варианта системы.

Результаты работы КЗС-1218А-1 на заготовке кукурузы на зерно демонстрируют возможность системы Cognitive Agro Pilot обеспечивать уверенное автоматическое вождение комбайна по стеблестоя кукурузы при наличии как минимум одного непрерывного рядка растений.

Дополнительного изучения требуют аспекты экономической эффективности применения комбайнов с автономными системами вождения, такие как влияние на сменную и годовую производительность зерноуборочной техники при выполнении уборочных работ различных сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Сайт <https://promo.cognitivepilot.com/> Система Cognitive Agro Pilot
2. Журнал Хабр, «Как мы первыми в мире роботизируем кормоуборочные комбайны», 18 августа 2020.
3. Журнал Агро Бизнес, «Как автоматизация комбайнов помогает экономить ресурсы во время сбора урожая» 27 мая 2020

УДК 658.512.011.56

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Д.О. Веремеев

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

Целью данной публикации является доказательство возрастания актуальности использования интеллектуальных систем в сельскохозяйственном машиностроении.

Высокие показатели качества, новые требуемые свойства современных сельскохозяйственных машин и агрегатов обуславливают применение прецизионных узлов и деталей. При этом можно отметить расширение номенклатуры изделий из специальных труднообрабатываемых сплавов и материалов, механическая обработка которых имеет специфические особенности. В таком сочетании задач технологические процессы автоматизированных производств должны быть обеспечены оборудованием высокого класса точности и с высокой стабильностью характеристик функционирования. На эти задачи направлены работы по совершенствованию конструкции оборудования и перспективные работы по использованию современных информационных технологий, обеспечивающих диагностирование, идентификацию состояния и оптимизацию режимов функционирования, в том числе на основе искусственного интеллекта (ИИ).

Например, при оптимизации состава машинотракторного парка для группы сельхозпредприятий необходимо накопить историю в виде большого количества разнородной информации, чтобы предсказывать выходные функционально-стоимостные характеристики конкурентоспособной сельскохозяйственной техники. Или с помощью машинного обучения определить первоначальный состав и параметры технического задания на проектирование, чтобы добиться заданного качества проектируемых машин. Это позволит сократить расходы сырья, оптимизировать состав элементов, предсказывать качество выходной продукции, оптимально управлять процессом проектирования, изготовления опытных образцов и испытания создаваемых машин. При этом нужно понимать, что не может быть двух одинаковых процессов проектирования. Задача машинного обучения – анализировать огромное количество параметров, чтобы оптимизировать состав и количество входных элементов и параметров эксплуатации для получения качества согласно техническим требованиям.

С появлением самообучающихся алгоритмов сами данные становятся объектом интеллектуальной собственности. Данные содержат в себе нужные ответы – нужно лишь найти их при помощи технологий ИИ. По-

сколько сейчас данные играют гораздо более важную роль, чем когда-либо ранее, они могут обеспечить конкурентное преимущество. При использовании одинаковых технологий в конкурентной среде выиграет тот, у кого наиболее точные данные.

ИИ осуществляет более глубокий анализ больших объемов данных с помощью нейросетей со множеством скрытых уровней. Несколько лет назад создание системы обнаружения мошенничества с пятью скрытыми уровнями было практически невозможным. Все изменилось с колоссальным ростом вычислительных мощностей и появлением «больших данных». Для моделей глубокого обучения необходимо огромное количество данных, так как именно на их основе они и обучаются. Поэтому чем больше данных, тем точнее модели.

Глубинные нейросети позволяют ИИ достичь беспрецедентного уровня точности. К примеру, работа с Alexa, поисковой системой Google Search и сервисом Google Photos осуществляется на базе глубокого обучения, и чем чаще используются эти инструменты, тем эффективнее они становятся.

По данным CB Insights, в 2016 году стартапы в области ИИ смогли привлечь в совокупности \$5,02 млрд инвестиций, что стало наибольшей суммой за прошлые пять лет.

Количество раундов финансирования проектов в области ИИ выросло со 160 (2012 год) до 658 – то есть, более чем в 4 раза. Также возросла доля неамериканских стартапов, постепенно увеличившись с 21% до 38% за период с 2012 по 2016 год, хотя большая часть инвестиций по-прежнему достаётся американским компаниям.

Проведённый анализ разнообразных источников показал, что востребованность использования интеллектуальных систем в сельскохозяйственном машиностроении возрастает с каждым годом по следующим причинам:

ИИ позволяет автоматизировать повторяющиеся процессы обучения и поиска за счет использования данных;

ИИ делает существующие продукты интеллектуальными;

ИИ адаптируется благодаря алгоритмам прогрессивного обучения, чтобы дальнейшее программирование осуществлялось на основе данных;

Глубинные нейросети позволяют ИИ достичь беспрецедентного уровня точности;

ИИ позволяет извлечь максимальную пользу из данных.

Из этого можно сделать вывод о том, что для успешной реализации использования интеллектуальных систем в сельскохозяйственном машиностроении в нем должны быть задействованы выпускники ГГТУ имени П. О. Сухого по специальности 1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических процессов и производств».

УДК 658.512.011.56

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

К. Г. Васильчиков

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

Для понимания сути тезисов дадим вначале несколько определений.

Проект в сельскохозяйственном машиностроении – комплекс взаимосвязанных работ, обеспечивающих достижение конкретным лицом или организацией заданных целей в рамках составленного расписания и выделенного бюджета, а также соблюдения прочих условий и ограничений. Цели проекта – желаемый результат деятельности, достигаемый при успешном осуществлении проекта в заданных условиях его реализации.

Проект всегда нацелен на результат, на достижение определенных целей, на определенную предметную область, в рассматриваемом случае целью является создание конкурентноспособной сельскохозяйственной техники.

Реализация проекта осуществляется полномочным руководителем проекта и командой проекта, работающей под его руководством, а также другими участниками проекта, выполняющими отдельные специфические виды деятельности, процессы по проекту. В работах по проекту, как правило, на условиях частичной занятости, могут участвовать представители линейных и функциональных подразделений предприятия, ответственных за выполнение возложенных на них заданий, видов деятельности, функций, включая планирование, руководство, контроль, организацию, администрирование и другие общесистемные функции.

Другими характеристиками проекта являются новизна, комплексность, юридические условия его выполнения, необходимость выполнения работ в смежных областях деятельности, распределение работ. В широком понимании проект в сельскохозяйственном машиностроении – это ограниченное по времени целенаправленное изменение отдельной системы с установленными требованиями к качеству результатов, возможными рамками расхода средств и ресурсов и специфической организацией.

Под структурой проекта в сельскохозяйственном машиностроении понимается совокупность взаимосвязанных элементов и процессов проекта, представленных с различной степенью детализации. На основе структуры проекта строятся различные структурные модели проекта и его окружения, используемые в процессе управления проектом на протяжении всего его жизненного цикла. Структура проекта представляет собой стройную иерархическую декомпозицию проекта на составные части (элементы,

модули), необходимые и достаточные для планирования и контроля осуществления проекта.

При этом для полноценного организационного проектирования в сельскохозяйственном машиностроении необходимы средства создания стоимостных моделей и инструменты динамического моделирования. Работа по созданию стоимостных моделей систем управления, организационной структуры и бизнес-процессов, а также анализ и оценка экономической эффективности организационных структур могут проводиться с использованием методологии попроцессного учета затрат ABC/ABM (Activity Based Costing/Activity Based Management). В качестве инструмента для динамического моделирования поведения сложных организационных систем можно использовать методику CPN (Coloured Petri Nets).

В настоящее время требования к оптимальным организационным структурам становятся все более сложными и комплексными. Это вызывает появление более совершенных инструментов автоматизированного проектирования и моделирования организаций по многим аспектам, что позволяет создавать проекты организаций, включающие и административные связи, и горизонтальные процессы, и информационную систему, и структуру целей и задач, и производственно-технологическую инфраструктуру, и социально-психологические аспекты организации, и ее финансово-экономические показатели.

Организационная структура – наиболее важный механизм управления проектированием. Она дает возможность реализовывать всю совокупность функций, процессов и операций, необходимых для достижения поставленных перед проектом целей, при этом организационная структура является основой формирования и осуществления деятельности команды проекта.

Эффективность структуры управления зависит не столько от рационального вертикального или горизонтального разделения труда, сколько от той системы коммуникаций, которая закладывается в эту структуру. Система коммуникаций определяется также множеством составляющих: потоки и структура данных, программное обеспечение, аппаратное обеспечение, схема бизнес-процессов, Интернет, телефония и другие средства связи, планы помещений, обустройство рабочих мест. Все это требует согласованного проектирования анализа и внедрения. Основным инструментарий, используемый для этих целей, – интегральные автоматизированные методологии, носителями которых являются разнообразные программные продукты. Из этого можно сделать вывод о том, что для успешной реализации проекта в нем должны быть задействованы молодые специалисты, которые приобрели в вузе умения и навыки решения производственных и научных задач с помощью компьютерной техники. Например, выпускников ГГТУ имени П. О. Сухого по специальности 1-53 01 01-01 «Автоматизация технологических процессов и производств».

УДК 631.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ И СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЖАТКИ С ПЛАНЕТАРНЫМ МЕХАНИЗМОМ

С.И. Кирилук, А.В. Голопятин

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

В настоящее время большинство производителей зерноуборочных комбайнов для привода ножа режущего аппарата жаток в качестве преобразователя вращательного движения в возвратно-поступательное применяют планетарный механизм. Кроме того, данный привод стал применяться и для травяных жаток. Однако из-за воздействия на преобразователь достаточно высоких инерционных нагрузок движущихся возвратно-поступательно масс поставщики ограничивают частоту колебаний ножа, что снижает производительность, особенно при использовании на жатках для уборки трав. В связи с этим исследования по анализу динамической нагруженности привода с планетарным преобразователем представляют практический интерес. Рассмотрим жатку для трав комбайна КПК-3000 с планетарным механизмом. Исходные данные: частота двойных ходов ножа 660; масса ножа режущего аппарата 10,5 кг; ход ножа 81 мм; диаметр начальной окружности центрального колеса 81 мм; диаметр начальной окружности сателлита 40,5 мм; масса сателлита 0,3 кг; масса водила с кривошипом 5 кг. Кинематическая схема привода режущего аппарата жатки представлена на рисунке 1. Вращение передается через коническую зубчатую передачу на входной вал планетарного механизма.

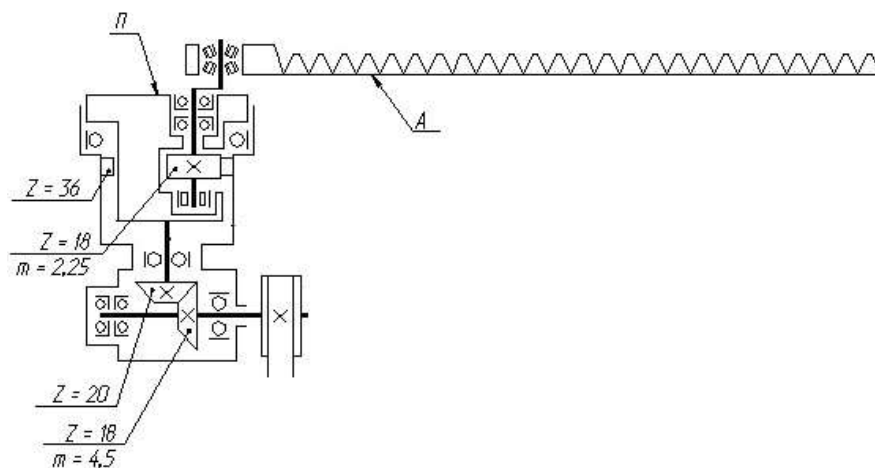


Рис. 1. Кинематическая схема привода режущего аппарата жатки: П – планетарный механизм; А – нож режущего аппарата жатки;

Особенность конструкции данного планетарного механизма заключается в том, что радиус центрального зубчатого колеса в два раза больше радиуса сателлита, в результате любая точка сателлита, лежащая на его начальной окружности, движется только по линии, проходящей через полюс вращения. С этой точки и ось центрального колеса. В рассматриваемом механизме центральное зубчатое колесо неподвижное, колесо имеет подвижную ось, которая вращается вместе с водилом Н с угловой скоростью ω_H . При этом сателлит вращается с угловой скоростью ω_c вокруг мгновенного центра вращения. Кинематические характеристики данного механизма рассчитываются по классической методике [2] и, согласно [3], [1] движение кривошипа и ножа режущего аппарата жатки описывается формулами:

$$x_a = 2r_6 \cos \varphi; \quad y_a = 0, \quad (1)$$

Скорость $v_{нож}$ и ускорение $a_{нож}$ ножа режущего аппарата следующие:

$$v_{нож} = v_o = \dot{x}_a \omega = -2r_6 \omega_4 \sin \varphi, \quad (2)$$

$$a_{нож} = a_o = \ddot{x}_a \omega = -2r_6 \omega_4 \cos \varphi, \quad (3)$$

где $\varphi = \omega_4 t$, $\omega_4 = \omega_H = -\omega_6$.

Влияние динамических нагрузок, возникающих вследствие возвратно-поступательного движения ножа режущего аппарата, т. е. сил инерции, рассчитывается методом кинетостатики по методике силового расчета зубчатых передач с подвижными осями [3]. Основной нагрузкой является сила инерции ножа. Согласно (1), нож режущего аппарата движется по гармоническому закону, его сила инерции выражается формулой

$$F_{и.нож} = -m_{нож} \cdot a_{нож} = -m_{нож} 2r_6 \omega_4 \cos \varphi, \quad (4)$$

Через кривошип (рис. 1) сила инерции ножа передается на сателлит в виде момента, который рассчитывается из условия равенства передаваемой мощности

$$F_{и.нож} v_{нож} = M_{сат} \cdot \omega_6, \quad M_{сат} = F_{и.нож} \frac{v_{нож}}{\omega_6} = m_{нож} 2r_6^2 \omega_4^2 \sin 2\varphi, \quad (5)$$

Из уравнений равновесия для корпуса планетарного механизма рассчитываются проекции реакций $Rx_{н.м}$, $Ry_{н.м}$ на корпус механизма от его подвижных звеньев, приложенные к оси вращения приводного вала, и реактивный момент относительно этой оси:

$$Rx_{н.м} = (Fx_{56} + Fx_{o1}), \quad Ry_{н.м} = (Fy_{56} + Fy_{o1}), \quad (6)$$

$$MR_{н.м} = -2r_2 (Fy_{56} \cos \varphi + Fx_{56} \sin \varphi), \quad (7)$$

модуль вектора реактивной силы и его угол наклона определяется выражениями $R_{n.m} = \sqrt{R_{x_{n.m}}^2 + R_{y_{n.m}}^2}$, $\delta = \arctg \left[\frac{R_{y_{n.m}}}{R_{x_{n.m}}} \right]$. Согласно расчетной схеме рис. 1, на корпус планетарного механизма будет действовать реактивная сила $R_{n.m}$, равная сумме центробежных сил и направленная радиально, а реактивный крутящий момент будет вдвое больше движущего момента. На корпус планетарного механизма вдоль траектории ножа также действует сила инерции ножа, тогда общая реакция будет равна

$$R_x = R_{x_{n.m.}} - F_{и.нож}; \quad R_y = R_{y_{n.m.}}; \quad R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \quad (8).$$

Литература

1. Бойко Л. И., Прибыльский В. И., Ракова Н. Л., Першукевич Н. П. // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 2015. № 1. С. 87–94.
2. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. М., 1975.
3. Кленин Н. И., Киселев С. Н., Левшин А. Г. Сельскохозяйственные машины. М., 2008.

УДК 330.14

БЮДЖЕТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТНОСПОБНОСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ В АПК

О.А. Рыжковец

ОАО «Минский завод гражданской авиации №407»,
Академия управления при Президенте Республики Беларусь,
г. Минск, Республика Беларусь

Уровень эффективности сельскохозяйственного производства в целом, снижение рисков, сдерживающих уровень его производительности, зависит от машинообеспеченности агропромышленного комплекса. Обеспеченность АПК необходимыми техническими средствами, соответствующих финансовым возможностям эксплуатантов сельскохозяйственной техники, позволит не только получить максимальную прибыль, но и более полно использовать природные ресурсы.

Существующий рынок сельхозтехники предлагает широкую номенклатуру моделей, отличающихся своими потребительскими качествами. Однако покупателю зачастую трудно сориентироваться среди всего ее многообразия. Поэтому перед производителями стоит задача не только произвести машины для уборки зерновых культур, тракторов и прочей техники, но и помочь покупателю выбрать наиболее подходящий вариант для определенных условий хозяйствования.

Для повышения уровня конкурентоспособности на рынке сбыта, обеспечения отличительных особенностей структурных составляющих прейскурантов цен на поставку техники, используемой в АПК, предлагается внедрение «бюджетных прейскурантов». Бюджетный прейскурант является технико-экономической моделью, позволяющей определить целесообразность закупки той или иной машины применительно к конкретным условиям ее использования и будет иметь «итоговую стоимость» из следующих составляющих:

- цена машины (для производителей она должна быть раздроблена на максимально полное количество частей);
- производительность в регионе применения в стоимостной оценке;
- эксплуатационные расходы по годам на протяжении как минимум нормативного срока службы (затраты на поддержание годности), сроки поставок деталей в гарантийном и послегарантийных периодах;
- расход топлива и сопутствующих смазочных материалов;
- возможности различного рода доработок машин к требованиям целевого использования (установка дополнительной оснастки для более широкого применения, установка программного оборудования для встраивания используемой сельхозтехники в общую систему действующих биз-

нес-процессов агропромышленного предприятия и прочие);

- количественная оценка универсальности машины;
- количественная оценка технологических отличий машин.

Формируя таким образом прејскуранты получится не только заметное отличие от других продавцов, когда есть «понятная» стоимость сельскохозяйственной техники на протяжении всего срока эксплуатации, но и заставит ее производителей стать на место покупателя. В результате данная стратегия позволит хорошо изучить возможности потенциального потребителя, критерии, которыми он руководствуется при выборе техники. А также невольно вынудит производителей изыскивать резервы снижения составляющих «итоговой стоимости» на протяжении всего срока эксплуатации машины, чтобы выдерживать конкуренцию на существующем рынке сельхозтехники; сориентирует в направлениях инновационных доработок, особенно той сельскохозяйственной техники, которая позволяет максимально полно использовать имеющиеся природные ресурсы.

Например, высокие эксплуатационные расходы, связанные с заменой неремонтируемых деталей (пружин, подшипников и других), создадут предпосылку для изменения тех узлов машин, в которых они находятся, и которые подвержены наиболее значительному износу.

В контексте практической реализации по созданию вышеприведённого типа прејскуранта необходимо перед производителями сельскохозяйственной техники ставить задачи по обязательному внедрению максимально подробных систем бюджетирования (например, бюджет по изготовлению какого-либо узла определенных технических характеристик). Данные бюджеты должны иметь разную степень подробности в зависимости от пользователей: для руководителей технических подразделений – подробную с интеграцией в специфичность, для менеджмента высшего звена – укрупненную, но годную для управленческих решений. В конечном итоге все это создаст возможности для поиска резервов снижения себестоимости и повышения ценовой привлекательности покупателей сельскохозяйственной техники, повышения сравнимости аналогичных моделей техники, произведённой разными производителями, направления денежных потоков в наиболее перспективные разработки и поиску лучших конструкторских решений.

Литература

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 27.03.2014 № 281 «Об утверждении комплексного плана реализации концепции системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2015 и на период до 2020 года».

УДК 681.532.6

ОБОСНОВАНИЕ МОЩНОСТИ ГИДРОНАСОСА ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕЖИМЕ ПОДЪЕМА НАВЕСНОЙ МАШИНЫ

В.Б. Попов¹, О.В. Рехлицкий², В.Н. Шкирский²¹УО «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь;²Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

При проектировании мобильных энергетических средств (МЭС) возникает задача обоснованного выбора мощности гидропривода, осуществляющего подъем навесных машин (НМ) и рабочих орудий, например, навесного кормоуборочного комбайна КНК-500.

Подъемно-навесное устройство (ПНУ) МЭС состоит из гидропривода (ГП) и механизма навески (МН). Грузоподъемность ПНУ прямо пропорциональна максимальному давлению в гидроцилиндре ГП и обратно пропорциональна максимальному передаточному числу МН [1].

$$G_M = \frac{p_{2ц}^{\max} \cdot F_c - [F_{ин}^{np}(S^*) + F_{тр}^{np}(S^*)]}{I_M^{\max}(S^*)} \quad G_{S6} = \frac{p_{2ц}^{\max} \cdot F_c - [F_{ин}^{np}(S^*) + F_{тр}^{np}(S^*)]}{I_{S6}(S^*)_{\max}}, \quad (1)$$

где, $I_M(S)$, $I_{S6}(S)$ - передаточные числа МН на оси его подвеса и в центре тяжести навесной машины; $G_m(S)$ – грузоподъемность ПНУ на оси подвеса, $G_{S6}(S)$ – грузоподъемность ПНУ, соответствующая расположению центра тяжести КНК-500, $p_2^{\max}$ – максимальное давление в гидроцилиндре МН, $F_{ин}^{np}$, $F_{тр}^{np}$ – соответственно, приведенные силы инерции и трения, F_c – суммарная площадь поршней гидроцилиндров.

В ПНУ энергонасыщенных МЭС (универсальных энергетических средств, тракторов общего назначения) используется трехточечный МН (рис.1) с двумя гидроцилиндрами и симметричным (относительно продольной оси) расположением навесной машины.

Для определения требуемой мощности ГН, необходимо с помощью функциональной математической модели [2], задавшись, помимо прочего, весом и координатами центра тяжести НМ, выполнить расчет выходных параметров ПНУ, определив максимальную нагрузку на поршень гидроцилиндра. Величина приведенной к поршню гидроцилиндра (ГЦ) нагрузки – $F_{np}(S)$ состоит из полезной составляющей $F(S)$, а также приведенных сил трения ($F_{тр}^{np}$) и инерции ($F_{ин}^{np}$):

$$F_{np}(S) = F(S) + F_{ин}^{np}(S) + F_{тр}^{np}(S), \quad (2)$$

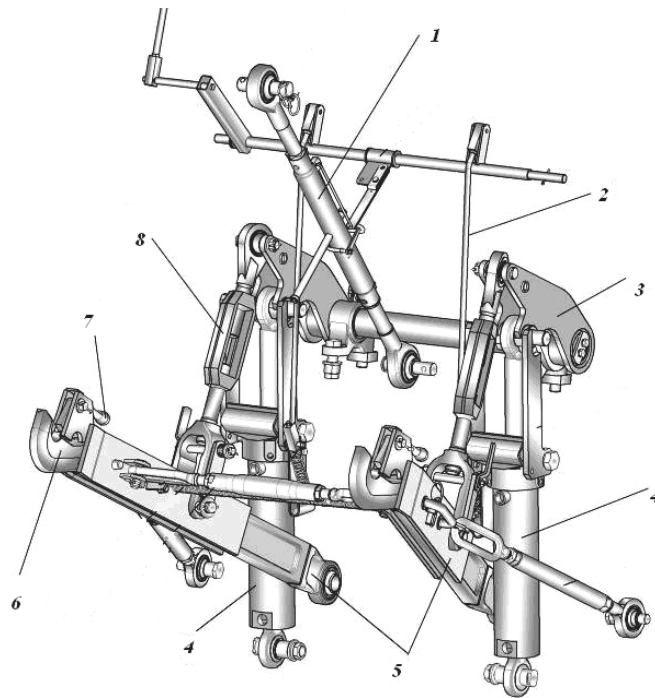


Рис.1. Механизм навески МЭС: 1 – тяга верхняя; 2 – тяга механизма фиксации; 3 – рычаг поворотный; 4 – гидроцилиндры; 5 – тяги нижние; 6 – захват; 7 – ручка фиксатора; 8 – раскос

Полезная нагрузка пропорциональна передаточному числу МН – $I_{S6}(S)$:

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

где P_6 – вес НМ, например, комбайна КНК-500.

Максимальная движущая сила, развиваемая на штоке ГЦ, преодолевающая приведенную к штоку ГЦ нагрузку, определяется по выражению:

$$F_{шт}^{max} = p_{гц}^{max} F_c, \quad (4)$$

где F_c – площадь поршня ГЦ; $p_{гц}^{max}$ – максимальное давление в ГЦ.

Затем следует рассчитать давление со стороны штока ГЦ и сравнить его с максимальным давлением, поддерживаемым предохранительным клапаном ГП. Максимально возможное давление в ГЦ ограничено настройкой предохранительного клапана (ПК) и потерями давления в ГП:

$$p_{гц}^{max} = p_{пк} - (\Delta p_{др} + \Delta p_{гм}), \quad (5)$$

где $p_{пк}$ – давление настройки ПК гидропривода; $\Delta p_{др}$ – потери давления на дросселе в магистрали слива; $\Delta p_{гм}$ – потери давления в гидромагистралях нагнетания и слива.

Например, если настройка ПК равна 20 МПа, а общие потери давления в ГП составляют 1,5 МПа, то максимально возможное давление в ГЦ не превышает 18,5 МПа. Именно из этого давления нужно исходить при подсчете максимальной движущей силы, развиваемой на штоке ГЦ - (4) для преодоления приведенной нагрузки (2).

Подача ГН определяет скорость, а, следовательно, и время подъема НМ.

Время перевода НМ из рабочего положения в транспортное определяется как отношение рабочего объема гидроцилиндров к подаче насоса гидропривода ПНУ с учетом его объемного КПД, но, без учета времени нарастания давления в гидроцилиндре при переключении распределителя гидропривода ПНУ из-за его быстротечности:

$$t_{\text{под}} = \frac{V_{\text{гц}}}{q \cdot n \cdot \eta_{\text{об}}}, \quad (6)$$

где $V_{\text{гц}}$ - суммарный рабочий объем гидроцилиндров ПНУ; $\eta_{\text{об}}$ - объемный КПД гидронасоса; q - производительность гидронасоса; n - частота вращения вала гидронасоса.

Пусть имеется: ГН марки НШ-32 с объемным КПД $\eta_{\text{об}} = 0,9$; два ГЦ с диаметром поршня $D=90\text{мм}$ и ходом поршня 250мм . Входной вал ГН приводится во вращение с частотой 1500 мин^{-1} . В этом случае время подъема НМ будет равно:

$$t_{\text{под}} = \frac{3,14 \cdot 4,5^2 \cdot 2 \cdot 25}{32 \cdot 25 \cdot 0,9} = 4,416 \text{с}, \quad (7)$$

Время подъема НМ составляет 88,3% от допустимого (5,0с) [3]. Способ его снижения очевиден, и состоит он в увеличении составляющих знаменателя в формуле (6):

- выборе ГН с большей подачей рабочей жидкости, например, НШ-46;

- повышении объемного КПД;

- повышении частоты вращения входного вала ГН.

Реализация последнего варианта представляется менее затратной и более эффективной. Так, при 30% росте частоты вращения входного вала ГН (1800 мин^{-1}) время подъема КНК-500 понизится до 3,09с.

Максимальная мощность, которую способен развить данный ГН, определяется по выражению:

$$N_{\text{гн}} = p_{\text{нк}} \cdot Q_{\text{гн}} = 20 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 16 \cdot 10^3 \text{ вт} = 16 \text{ кВт} \quad (8)$$

То есть, при подъеме НМ, создающей на штоке ГЦ нагрузку, эквивалентную давлению в 18,5 МПа (см. выше) в напорной полости ГЦ, мощность, реализуемая НШ-32 не может превышать 16 кВт.

В качестве примера определим максимальную мощность, которую потреблял бы вышеупомянутый ГН при переводе КНК-500 в

транспортное положение посредством механизма навески УЭС-290/450 [4]. С учетом утечек рабочей жидкости ($\eta_{об}=0,9$) её подача в ГЦ составит $0,72 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, при этом установившаяся скорость поршня определяется как отношение подачи к площади поршней ГЦ, равное $5,67 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$. Приведенная к штокам ГЦ максимальная нагрузка составляет 249 кН [4], поэтому развиваемая ГЦ максимальная мощность равна:

$$N_{гц} = F_{пр} \cdot \dot{S} = 249 \cdot 10^3 \cdot 5,67 \cdot 10^{-2} = 14118 \text{ вт} \cong 14,1 \text{ кВт} \quad (9)$$

С учетом механических потерь в ГП ($\eta_m = 0,9$) максимальная мощность, развиваемая ГН составит 15,67 кВт.

Представленная здесь методика анализа возможности перевода в транспортное положение НМ посредством ПНУ, позволяет оценить такую возможность для других МЭС и навесных машин.

Литература

1. Попов В.Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей / В.Б. Попов // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого – 2000, №2, 25 – 29.
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. ГОСТ 10677-2001. Устройство навесное заднее сельскохозяйственных тракторов классов 0,6-8. Типы, основные параметры и размеры (межгосударственный стандарт) – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации: 2002. – С. – 8.
4. Попов В.Б. Анализ агрегатирования универсального энергетического средства УЭС 290/450 “Полесье” с навесным кормоуборочным комбайном КНК-500 / В.Б. Попов – 2012, №4, 29 – 36.

УДК 631.35

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОНОРОТОРНОГО ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КЗС- 1119Р (GR700) С ЗАРУБЕЖНЫМИ АНАЛОГАМИ

П.П. Садов, Ю.М. Поздняков, О.В. Прядко, Н.В. Прядко
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

Современный подход к проектированию новой сельхозтехники включает в себя разработку зерноуборочных комбайнов, которые отличаются высокой производительностью, надежностью, универсальностью, качественным обмолотом, уменьшением потерь, повреждения зерна и т.д. Зерноуборочные комбайны с роторной системой обмолота и сепарации отвечают всем указанным выше требованиям.

В настоящее время зерноуборочные комбайны с роторной системой обмолота и сепарации изготавливают следующие производители сельскохозяйственной техники: «Deere & Company» (США), «Massey Ferguson», «FENDT», «Challenger» - «AGCO Corporation» (США), «Case IH» (США), ООО Комбайновый завод «Ростсельмаш» (Россия) и другие. Первый такой комбайн появился в линейке зерноуборочной техники ОАО «Гомсельмаш».

При проектировании роторного зерноуборочного комбайна был изучен опыт мировых производителей роторной сельхозтехники, применены собственные наработки и совместными усилиями специалистов Научно-технического центра комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», был разработан опытный образец монороторного зерноуборочного комбайна КЗС- 1119Р (GR700), который отличается рядом конструктивных особенностей и инновационных конструктивных решений по сравнению с аналогами.

В результате сравнительного анализа, к наиболее существенным отличиям можно отнести следующие:

1. Конструкции молотильных и сепарирующих дек.

В конструкции КЗС-1119Р (GR700), отсутствует вращающаяся дека, как, например, на комбайнах «TORUM» производства ООО Комбайновый завод «Ростсельмаш». Деки в молотильной части установлены в подвижную рамку, имеющую механическую защиту от перегрузок. Данная конструкция позволяет производить регулировку молотильного зазора механизатором непосредственно из кабины. Сепарирующие деки собраны неподвижно с верхним кожухом в эллиптический цилиндр. Смещенный от центра ротора верхний кожух с расположенными на нем направляющими

создает эффект "сжатия и впусивания". Растительная масса, перемещаясь вниз по мере прохождения дек и дальнейшего поступления к верхней части кожуха, впусивается. Это создает эффект перемешивания, где солома совместно с зерном перемещается и зерно поступает к наружной части потока соломистой массы, где за счет центробежных сил происходит сепарация зерна через отверстия в деках, что является одним из важнейших факторов, определяющих высокую производительность комбайна без ухудшения качества соломы. Эффект "сжатия и впусивания" отсутствует на комбайнах «TORUM», «CASE IH» серии Axial-Flow, «Challenger» серии 500С и 600В и «FENDT Ideal 7».

2. Конструктивные размеры ротора.

Диаметр ротора зерноуборочного комбайна КЗС-1119Р (GR700) составляет 770 мм, а длина 4200 мм, что позволяет развить высокую окружную скорость и силу инерции. За счет этого технологический процесс выполняется устойчиво, не зависимо от изменения урожайности, подачи зерностебельной массы и условий работы.

Для сравнения в таблице 1 представлены конструктивные размеры роторов у аналогов.

Таблица 1 – Конструктивные размеры роторов у аналогов

№	Производитель	Диаметр ротора, мм	Длина ротора, мм
1	«Case IH» (США) Axial-Flow 150/250	762	2623
2	ООО «Комбайновый завод «Ростсельмаш» (Россия) PCM-181 («TORUM» 750/780)	762	3200
3	«Deere & Company» (США) «John Deere» S-серия	762	3124
4	«AGCO Corporation » (США), «Massey Ferguson» 9520	700	3560
5	«AGCO Corporation» (США), FENDT Ideal 7	600	4837
6	«AGCO Corporation » (США), «Challenger» 660B, 670B Challenger» 690B	700 800	3560

3. Система прямой выгрузки соломы.

Комбайн оснащен ротором с системой прямой выгрузки, что позволяет получать солому оптимального качества, способную легко спрессовываться в тюки или вязаться в рулоны. Непосредственный выброс соломы на поле имеют комбайны фирмы Challenger и FENDT Ideal 7 (Massey Ferguson) «AGCO Corporation» (США). Такие производители как «Deere & Company» (США), ООО Комбайновый завод «Ростсельмаш» (Россия) используют дополнительные разгрузочно-ускоряющие барабаны (битеры), а комбайны «Case IH» (США) используют интегрированный барабан-

соломоизмельчитель на малых оборотах. Это приводит к дополнительным затратам мощности на привод разгрузочных устройств, наличию дополнительных регулировок, травмированию соломы.

4. Конструкция гидростатического привода.

В конструкции комбайна КЗС-1119Р (GR700) применен оптимально простой гидростатический привод ротора с системой электронного управления, которая поддерживает заданную частоту вращения автоматически, регулирует подачу масла насосом, не зависимо от изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя и изменений условий уборки. Это позволяет снизить нагрузку на двигатель и приводит к экономии топлива, а ротор комбайна становится практически «всеядным». Гидростатический привод ротора применяется в комбайнах «Massey Ferguson» серии 9000 «AGCO Corporation» (США). В комбайнах РСМ-181 «TORUM 750/780» ООО Комбайновый завод «Ростсельмаш» (Россия) привод ротора осуществляется планетарным вариатором с гидроуправлением, дорогостоящим и сложным гидромеханическим устройством, а в комбайнах «Case IH Axial Flow» серии 250 (США), привод осуществляется сложной бесступенчатой трансмиссией CVT.

5. Применение классической схемы очистки.

При проектировании КЗС-1119Р (GR700) были использованы простые, эффективные и проверенные решения. Классическая схема транспортировки и подготовки зернового вороха к очистке на решетках. Зерновой ворох после обмолота попадает на стрясную доску, где происходит расслоение вороха для лучшего выделения зерна на решетках очистки. В комбайнах производителей «Deere & Company» (США) и «Case IH» Axial-Flow серии 150 (США) применяется сложная система транспортирующих шнеков с элементами привода и дополнительной регулировкой, которая усложняет конструкцию и увеличивает массу комбайна.

Резюмируя всё вышеперечисленное, можно с уверенностью заявить, что новый монороторный зерноуборочный комбайн КЗС-1119Р (GR700) займет достойное место в линейке зерноуборочной техники ОАО «Гомсельмаш» и будет востребован производителями сельхозпродукции.

Литература

1. FENDT. Время новых решений. Fendt IDEAL [Электронный ресурс]: Официальный сайт Fendt Company. – Режим доступа: <https://www.fendt.com/ru/fendt-ideal>. – Загл. с экрана.

2. Торговая компания Европа. Каталог «Ростсельмаш». Комбайны зерноуборочные. Комбайны «TORUM» 750/780 [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://tk-evropa.ru/katalog/rostelmash/kombajny-zernouborochnye-1/torum-750-781-evropa.html>. – Загл. с экрана.

3. Агробаза. Комбайн зерноуборочный «John Deere» S-серия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_385ddeb4-f051-4eff-9e2d-39588ea0cff3#tab-specification. – Загл. с экрана.

4. Challenger. Высокопроизводительные зерноуборочные комбайны. Комбайны зерноуборочные «Challenger» 660B, 670B, 690B. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.byxo.de/data/20111030CH660-80B_RU.pdf. – Загл. с экрана.

5. AGRONEWS. Case IH представляет обновленную линейку комбайнов Axial-Flow 150 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agronews.com/by/ru/news/agrosfera/2020-04-12/43826>. – Загл. с экрана.

6. CASE IH. СЕРИЯ AXIAL FLOW 250. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://caseih-ntcentr.com/products/zernouborochnye-kombayny/seriya-axial-flow-250>. – Загл. с экрана.

УДК 631.35

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С РОТОРНОЙ СХЕМОЙ ОБМОЛОТА И СЕПАРАЦИИ КЗС-1119Р (GR700)

П.П. Садов, Ю.М. Поздняков, О.В. Прядко, Н.В. Прядко
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В условиях конкуренции и конъюнктуры рынка предъявляются высокие требования к качеству выпускаемой сельхозтехники, простоте эксплуатации и технического обслуживания, высокой ремонтпригодности, качеству собранного зерна и т.д. В связи с этим, назрела необходимость в разработке самоходного зерноуборочного комбайна с роторной схемой обмолота и сепарации, отвечающего самым современным требованиям потребителей сельхозтехники. Научно-техническим центром комбайностроения ОАО «Гомсельмаш» был разработан первый в линейке выпускаемой техники зерноуборочный комбайн с роторной схемой сепарации и обмолота КЗС-1119Р (GR700) с осевым расположением ротора. Преимуществом комбайна с роторной схемой обмолота и сепарации является то, что большая часть зерна выделяется за счет использования сил инерции, возникающих при вращении ротора, благодаря чему сепарация зерна через подбарабаны происходит без механических ударов, как бы «вытиранием» зерна из колосьев, а не «ударом бил», как в классических молотильных аппаратах. Многократное прохождение зерностебельной массы над подбарабанами гарантирует бережный обмолот, низкий процент поврежденных зерен (дробление и микроповреждение) и извлечение даже прочно «сидящих» зёрен. Эти неоспоримые преимущества позволяют повысить посевные качества зерна.

Конструкция GR700 была разработана с учетом опыта мировых производителей сельхозтехники и собственных разработок.

В частности, в конструкции применен пальцевый барабан-ускоритель, в котором происходит протяжка и оптимизация потока зерностебельной массы для равномерной подачи в ротор, что способствует высокой и стабильной производительности, отсутствию пиковых нагрузок на ротор, снижению потребляемой мощности. Кроме того, в конструкции зерноуборочного комбайна

КЗС-1119Р (GR700) отсутствует вращающаяся дека. Оригинальным решением было размещение дек молотильной части в подвижную рамку, имеющую механическую защиту от перегрузок. Данная конструкция позволяет применить один линейный электромеханизм и осуществлять регулировку зазора молотильных дек механизатором непосредственно из

кабины прямо во время работы. Сепарирующие деки, собраны неподвижно с верхним кожухом в эллиптический цилиндр. Смещенный от центра ротора верхний кожух с расположенными на нем направляющими, создает эффект "сжатия и впусивания". Сжатие растительной массы осуществляется внизу и по мере прохождения дек, поступая к верхней части ротора – впусивается, что создает эффект перемешивания. Зерно поступает к наружной части потока солоистой массы, где происходит сепарация через отверстия в деках. Это является одним из важнейших факторов, определяющих высокую производительность комбайна без ухудшения качества соломы.

Следует отметить, что ротор комбайна КЗС-1119Р (GR700) имеет диаметр 770 мм, а его длина составляет рекордные 4200 мм. Такой диаметр ротора позволяет развить высокие окружные скорости (до 45 м/сек) и, как следствие, значительную силу инерции ротора, за счет чего технологический процесс выполняется устойчиво и не зависит от изменения урожайности, подачи зерностебельной массы и условий работы.

В конструкции КЗС-1119Р (GR700) применен оптимально простой гидростатический привод ротора, без использования специальных муфт, ременных передач и вариаторов.

Система электронного управления поддерживает заданную частоту вращения автоматически, регулирует подачу масла насосом не зависимо от изменения частоты вращения коленчатого вала двигателя и изменения условий уборки. Это позволяет снизить нагрузочные колебания на двигатель и приводит к экономии топлива, а ротор комбайна становится практически «всеядным». Гидростатический привод и механическая коробка передач обеспечивают большой диапазон плавных регулировок оборотов ротора, позволяя выбрать с рабочего места механизатора оптимальный режим работы, подходящий под конкретные условия работы.

Комбайн КЗС-1119Р (GR700) оснащен мощным четырехсекционным вентилятором, создающим равномерный воздушный поток по решетам, а гидропривод вентилятора обеспечивает плавную регулировку в широком диапазоне.

Применённая конструктивная схема отличается не только простотой и надежностью, но и уменьшением повреждения зерна и соломы, высокой стабильной производительностью, экономией топлива, высокой унификацией с серийно выпускаемой техникой ОАО «Гомсельмаш» и снижением затрат на подготовку производства и изготовление машин.

Конструкция комбайна КЗС-1119Р (GR700) в базовой комплектации разработана на уровне лучших зарубежных высокопроизводительных аналогов.

УДК 004.9; 025.4.03

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НОВОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЕ

А.Г. Гривачевский, В.А. Карабанович, М.Я. Ковалев
ГНУ «Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

Важным инструментом государственной поддержки развития цифровых технологий в промышленности и социальной сфере Беларуси являются государственные научно-технические программы (ГНТП). Одной из таких программ является ГНТП «Цифровые технологии и роботизированные комплексы», включающую подпрограмму «Цифровые технологии в промышленности, социальной сфере и государственном управлении», которую планируется выполнять в Беларуси в 2021–2025 годах. Подпрограмма соответствует следующим приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы (Указ Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 № 156):

1. Цифровые информационно-коммуникационные и междисциплинарные технологии, основанные на них производства, в том числе:
 - развитие информационного общества, электронного государства и цифровой экономики;
 - математика и моделирование сложных функциональных систем (технологических, биологических, социальных);
 - информационно-управляющие системы;
 - технологии больших данных;
 - искусственный интеллект и робототехника;
 - высокопроизводительные вычислительные средства.
2. Биологические, химические, медицинские и фармацевтические технологии и производства, в том числе:
 - диагностика, медицинская профилактика и лечение инфекционных, включая вирусной этиологии, и неинфекционных заболеваний, экспертиза качества медицинской помощи;
 - персонифицированная медицина;
 - управление здоровьем и средой обитания человека, его здоровое и безопасное питание, активное долголетие.

Данная подпрограмма будет направлена на создание цифровых технологий, способствующих повышению эффективности работы экономических субъектов промышленности, улучшению качества медицинского и социального обслуживания населения, оптимизацию выполнения работ государственной деятельности. Структура подпрограммы отражает два основных крупных направления использования цифровых технологий: ре-

альный сектор экономики и социальную сферу и предполагает создание и внедрение цифровых технологий для повышения эффективности работы социально-экономических субъектов, улучшение качества медицинского и социального обслуживания населения, оптимизацию государственной деятельности.

Задания, относящиеся к первому разделу подпрограммы, направлены на внедрение цифровых технологий на предприятиях, в объединениях и холдингах реального сектора экономики и будут способствовать скорейшему выпуску инновационной продукции и повышению производительности труда. При этом должны решаться следующие задачи:

- информационное, методическое и программное обеспечение деятельности крупных предприятий, объединений и холдингов;
- внедрение цифровых информационных технологий и систем поддержки принятия решений при управлении процессами и ресурсами организаций, направленное на повышение производительности труда, обеспечение конкурентоспособности новой продукции и услуг, сокращение импорта, увеличение экспорта;
- интеграцию существующих прикладных систем, автоматизирующих различные сферы деятельности предприятия и его партнеров в едином информационном пространстве.

Задания, относящиеся ко второму разделу подпрограммы, будут способствовать развитию системы цифровых электронных услуг, включая государственные услуги, применению телемедицины, более точной диагностике заболеваний, принятию своевременного решения о необходимости корректировки методов лечения, использовании цифровых технологий в области культуры, спорта, туризма и оздоровления населения. При этом будут решаться задачи связанные с:

- разработкой и внедрением наукоемких цифровых информационных технологий для оказания электронных услуг в социальной сфере;
- интеллектуальным анализом и распознаванием медико-биологических данных и изображений медицинского профиля, разработки на их основе информационных систем медицинского назначения;
- разработкой и внедрением наукоемких информационных систем и систем поддержки принятия решений для диагностики и профилактики заболеваний, их постоянного использования в медицинской практике, что в конечном счете ведет к экономии средств и рациональному расходованию выделенных ресурсов.

Выполнение подпрограммы будет способствовать цифровой трансформации экономики, ускорит необходимые инфраструктурные перемены у субъектов хозяйствования, а также усилит использование организациями и предприятиями современных информационных систем, что является одним из важных условий их эффективного функционирования в современных условиях. Важно также, что внедрение цифровых технологий повысит

уровень профессиональных знаний работников предприятий. Организаций и учреждений. Использование результатов подпрограммы повысит эффективность экономической, социальной и государственной деятельности, приблизит ее к современным мировым стандартам, что будет иметь значительный социальный эффект.

В результате выполнения подпрограммы предполагается разработка и внедрение таких систем как:

- информационные системы предприятия, способные к интеграции в единую цифровую платформу;
- цифровые двойники реальных объектов и процессов;
- системы поддержки принятия решений на стадиях жизненного цикла продукции;
- системы искусственного интеллекта для решения производственных и социальных задач, задач государственного управления;
- системы оказания электронных услуг в сфере здравоохранения;
- системы интеллектуального анализа медико-биологических данных;
- информационные системы медицинского назначения;
- интеллектуальные технологии и системы поддержки принятия решений для диагностики и профилактики заболеваний.

Реализация заданий подпрограммы будет осуществляться при финансовой поддержке государства (до 45%) и собственных средств предприятий-пользователей 55% и более.

УДК 631.35.008.94

3D-МОДЕЛЬ, КАК ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК ДАННЫХ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА, ИЗГОТОВЛЕНИИ, ЭКСПЛУАТАЦИИ

И.А. Кольцова¹, В.И. Козлов¹, Н.В. Грудина², Е.П. Поздняков²

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

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

В соответствии с государственной политикой цифровизации в Республике Беларусь и концепцией Индустрия 4.0, требованиями постоянного повышения качества выпускаемой продукции приоритетность использования 3D-моделей в жизненном цикле изделия приобретает первостепенную значимость.

Под 3D моделью объекта понимают его пространственную (трехмерную) компьютерную геометрическую модель, которая обязательно включает в себя полный набор атрибутов, описывающих объект (далее по тексту 3D-модель). Говоря, популярно, всю необходимую информацию для изготовления, контроля, эксплуатации ДСЕ, или изделия в целом.

Современные предприятия содержат колоссальные источники данных. Сегодня 3D-модели с заполненными атрибутами требуются на этапах всех жизненного цикла изделия (ЖЦИ), которые взаимосвязаны между собой. Детальная схема применения 3D-моделей включает в себя следующие основные этапы (рисунок 1):

- маркетинг
- проектирование
- технологическая подготовка производства
- производство
- реализация
- эксплуатация
- ремонт и обслуживание
- утилизация.

Роль 3D-моделей на каждом этапе жизненного изделия в большой степени значима. Сегодня 3D-модель необходима всем специалистам, действующим в жизненном цикле изделия.

Маркетинг - применяют 3D-модели для рекламной деятельности, для интернет торговли, используют в каталогах, для сайтов и прочее.

Проектирование - 3D-модели используются как при концептуальном, так и при рабочем проектировании для компьютерного инженерного анализа принимаемых конструкторских решений. Конструктор выполняет разработку, модификацию 3D-моделей и чертежей; выполняет инженерные расчеты на базе 3D-моделей, проводит виртуальные и натурных испытаний с использованием 3D-моделей; выполняет конструкторские изменения с учетом версий 3D-моделей; проводит бизнес процессы электронного согласования 3D-моделей, чертежей; согласование извещений на изменение.

Технологическая подготовка производства (ТПП). До появления средств компьютерного 3D-моделирования исходной информацией для этапа ТПП служила чертежно-конструкторская документация (рис.1).

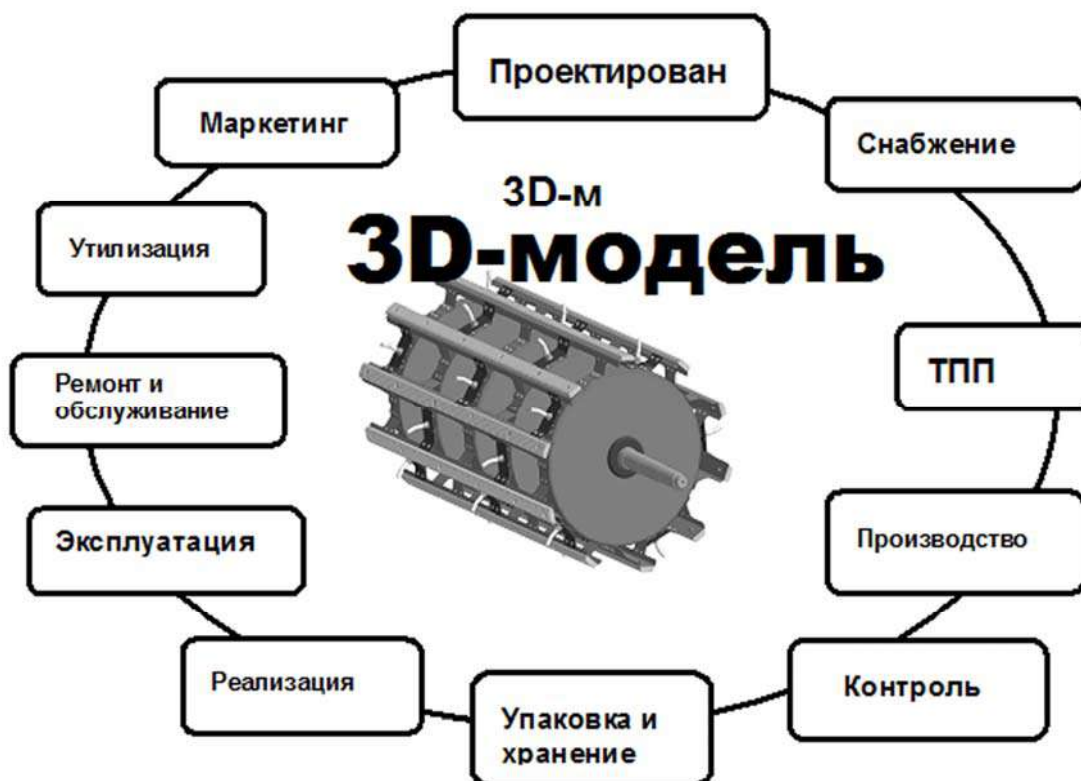


Рис. 1. Полный жизненный цикл изделия

В настоящее время 3D-модели рассматриваются как составная часть конструкторской документации на изделие. При этом появляется возможность непосредственного использования геометрии 3D-моделей в задачах ТПП. К таким задачам можно отнести:

- формирование управляющих программ обработки деталей сложных форм на станках с ЧПУ;
- построение операционных эскизов при разработке технологических процессов;
- проектирование сложной формообразующей оснастки и инструмента – пресс-форм, штампов и электродов;

- моделирование процессов формообразования (литья, штамповки,ковки и др.) с целью выявления возможных дефектов и их последующего устранения, а также с целью экономии материала.

Важно отметить, что роль 3D-моделей в ТПП не ограничивается использованием модели изделия и его компонентов. Для изготовления сложных приборов и систем необходимо спроектировать и изготовить большое число приспособлений, пресс-форм, штампов, различные виды специального инструмента, а также нестандартное оборудование. При решении этих задач роль 3D-моделей во многом сходна с их ролью на этапе проектирования основного изделия. Еще один аспект использования 3D-моделей в сфере ТПП – это создание 3D-моделей сложного технологического оборудования с целью виртуального моделирования процесса обработки. Такое моделирование позволяет выявить и устранить возможные коллизии (столкновения) в системе «станок – приспособление – инструмент – деталь».

Производство. На базе для 3D-моделей выполняют процессы сборки/демонтажа и др. видов обработки. 3D-модели связаны с контрольно-измерительной машиной, где она выступает, как эталон. На современных предприятиях, на производственных участках соответствующих стандартам Индустрия 4.0 устанавливаются «интерактивно-сенсорные системы» (взамен бумажных альбомов), системы «дополненной виртуальной реальности» для визуализации 3D-моделей, которые помогают в повседневной производственной деятельности, ускоряют получение информации, уменьшают количество ошибок.

Здесь моделирование возможно использовать для анализа и оптимизации производственных процессов. Например, в роботизированной линии по сборке сложного изделия необходим не только контроль столкновений, но и временная синхронизация действий отдельных роботов, оборудования и людей. Создав 3D- модели технологического оборудования и используя систему виртуального моделирования производственных процессов, можно решать указанные выше задачи. Предприятие получает возможность моделировать процессы изготовления изделия параллельно с его проектированием, оперативно учитывая возникающие конструктивные изменения, множественность версий и исполнений изделия, ограничения, налагаемые оборудованием и человеческим фактором. Это позволяет существенно сокращать сроки разработки и запуска в производства новых изделий, повышать их качество и технологичность.

Реализация. Здесь 3D-модели могут использоваться для создания электронных инструкций, для проведения рекламы, для создания сайтов, для электронных каталогов, слайдов и анимационных фильмов, выгодно представляющих созданное изделие и поясняющих принципы его работы.

Эксплуатация. 3D-модели могут, как и для этапа реализации, использоваться для создания слайдов и анимационных фильмов, которые, в

свою очередь, используются в качестве элементов или составных частей эксплуатационной документации. 3D-модели используются для сбора информации о работающей технике.

Ремонт и обслуживание. Обучающие системы на базе интернет технологий (интернета вещей) с использованием платформы ThingWorx, которые позволяют обучить, осуществить оперативный ремонт. Здесь 3D-модели могут использоваться для создания так называемых интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР), которые предназначены для решения следующих задач: обеспечение пользователя справочными материалами об устройстве и принципах работы изделия; обеспечение пользователя справочными материалами, необходимыми для эксплуатации изделия, выполнения регламентных работ и ремонта изделия; обеспечение пользователя информацией о технологии выполнения операций с изделием, о потребности в необходимых инструментах и материалах, о количестве и квалификации персонала; подготовка и реализация автоматизированного заказа материалов и запасных частей; планирование и учет проведения регламентных работ; обмен данными между потребителем и поставщиком.

Утилизация. Когда срок службы изделия окончен, оно должно быть подвергнуто утилизации, которая представляет собой регламентированный процесс. Этот процесс может быть обеспечен инструктивными материалами в форме ИЭТР, разработанными на основе использования 3D-моделей.

3D-модель создается на этапе проектирования и особенно важна для технологической подготовки производства изделий.

В соответствии с ГОСТ 2.102-2013 «ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов» электронная модель детали - документ, содержащий электронную геометрическую модель детали и требования к ее изготовлению и контролю и в настоящее время в НТЦК уже 100% проектируемых изделий разрабатываются с использованием 3D-моделей. (В НТЦК 3D-модель - эта электронная модель, выполненная в аксонометрии, триметрической ориентации в системе CREO. Данные сохраняются в PDM Windchill).

Вместе с тем, на текущий момент, 3D-модели ещё не являются главным источником информации об изделии в ОАО «Гомсельмаш». Несмотря на то, что, как и многие предприятия, проектируют свои изделия в виде 3D, в итоге на их основе выпускаются конструкторскую документацию – традиционно бумажные чертежи, которые в дальнейшем и являются основным источником информации, в том числе и в производстве. Сами исходные 3D-модели не отслеживаются (не актуализируются) и не могут использоваться совместно с чертежами.

Такое отношение к 3D-моделям является расточительным и не позволяет получить максимальный эффект от их использования. Для полноценного

использования 3D-моделей, необходимо внедрение единой PDM системы, создание единой информационной среды предприятия, внедрение сквозных САПР для конструкторско-технологической подготовки, разработка и выполнение стандартов предприятия (ТНПА), внесение организационных изменений в существующих бизнес-процессы. То что имеется в настоящий момент, стандарты существуют, однако, не выполняются в полном объеме. Без описанных комплексных мероприятий, 3D-модели останутся лишь вспомогательными инструментами инженерной подготовки производства, с минимальной отдачей затраченных в них средств.

Разработка и выпуск конструкторской документации. Исторически, инженерные процессы были сосредоточены вокруг 2D чертежей. Конструктор выполняет разработку конструкторской документации. Трудоемкая часть оформления чертежа выполняется в Creo, Autocad и других системах. Конструкторская документация (разработка чертежей 2D-моделей) выполняется в CREO (НТЦК), далее распечатывается на бумажном носителе, выдается в производство, для технологической подготовки производства.

Использование 3D-моделей совместно с чертежами. Сегодня получается, что данные на 3D-модели и на чертеже имеют разночтения. Конструктивные данные хранятся в нескольких источниках данных: на модели и чертеже. Конструктор затрачивает много время для разработки 3D-моделей, корректировки 3D-моделей и отдельно затрачивает большую часть времени для оформления чертежа, который генерируется из модели.

В случае корректировки чертежей:

- конструктор изменяет 3D-модель (а иногда и не корректирует; человеческий фактор; основные изменения проходят на бумаге);
- проверяет 3D-модели;
- корректирует чертеж; проверяет чертеж;
- специалисты, подписывающий чертеж (зав.отделом, тех.контроль, нормоконтроль и т.д) проверяют чертёж повторно.

Модель, ее качество, актуальность данных остается на ответственности, компетенции конструктора, а для производства, для станков с ЧПУ нужна именно актуальная 3D-модель.

Текущие критические ситуации по чертежам:

2D-чертежи не подходят для обмена информации между подразделениями. 2D-чертежи более подвержены ошибкам интерпретации и приводят к несоответствию конструкции и неточности данных.

Часто, для использования моделей для инженерного анализа, технологической подготовки, обработки ЧПУ выполняется повторное моделирование по чертежам для загрузки информации в цифровую систему станка.

Одновременное использование трехмерных 3D-моделей и чертежей, как основных конструкторских документов влечет за собой следующие последствия:

1. Увеличивает объем конструкторской документации (и соответственно трудозатраты на работу с этими документами: оформление, согласование, учет, изменения);
2. Увеличивает объем работы при корректировке конструкции;
3. Требуется поддержания актуальности данных в чертеже и 3D-модели (всегда есть риск расхождения этих данных)

Решением данного вопроса является, переход на передачу информации от конструктора в производство посредством 3D-моделей с заполненными атрибутами, с исчерпывающей информацией для дальнейших стадий жизненного цикла изделий (квази - бесчертежные технологии).

Сейчас никто не отрицает важность и необходимость применения трехмерного моделирования, все же, когда речь заходит о придании трехмерным моделям легитимного (законного) статуса, выясняется, что внедрение 3D-моделирования совместно с чертежами значительно увеличивает объем документооборота (это и согласование, и необходимость учета документов, необходимость внесения изменений и в чертеж, и в модель и т.д.). Поэтому данная методология проходила бы легче, при упрощении чертежей, с возможным переходом на бесчертежную технологию по крайней мере, на некоторых этапах жизненного цикла изделия. Применение старых подходов в современных условиях получаем увеличение трудоемкости, вместо ее сокращения.

Внедрение новых автоматизированных систем совместно с современными методиками проектирования. Переход на использование CAD-систем, PDM-систем достаточно сложен, Требуется широкого применения сложного, наукоемкого, высокотехнологичного программного обеспечения, современных IT ,понятно, многие пользователи продолжают работать по-старому, использовать традиционные подходы и технологии.

Ожидание какого-то чуда от современных IT (возможно, что система начнет проектировать, чертить все за них, заполнять атрибуты), является необоснованным.

Переход к новому технологическому укладу, требует серьезных инноваций и изменений привычной технологии проектирования на технологию, которую несут в себе современные CAD: применение функционального и параметрического моделирования предшествующего процессу конструирования, параллельная разработка с применением подхода «сверху-вниз», применение инструментов управления требованиями для автоматизированной проверки соответствия. Уже сейчас очевидна эффективность подхода - разработку модели , чертежа, спецификации в одной системе и т.д.

В противном случае – без применения современных подходов мы получим результат, неотличимый от результатов работы CAD-систем начального или среднего уровня, но с более весомыми затратами.

Глобальное внедрение системы управления инженерными данными. Внедрение CAD-систем, PDM-систем в локальном подразделении, (например, только у конструктора в НТЦК), без вовлечения технологов и производителей и других получателей данных, может дать увеличение трудоемкости. Это связано с необходимостью внесения в PDM дополнительной информации, заполнение дополнительных атрибутов, в том числе и на 3D-моделях.

Работа в смежных подразделениях может сократиться за счет исключения двойного ввода информации (перечерчивания чертежей). Таким образом, эффект от внедрения PDM может проследиваться не в отдельном подразделении, а заключаться в **сокращении всей цепочки конструкторско-технологической подготовки производства в единой информационной среде.**

Новые технологии для новой техники. Использование аннотаций вместе с 3D-моделями. Разработка новой техники становится все более сложной и динамичной, в условиях сжатых сроков выполняются множество проектов.

Целесообразно уходить от бумажных носителей (чертежей). Работать с 3D-моделями проще. Легче в понимании. Все, что конструктор выполнял на чертежах вносить на 3D-моделях. Модель могут в электронном виде просматривать все заинтересованные специалисты, руководители.

Придать 3D-модели – основной приоритет и значимость. В последние десятилетия появился метод, называемый цифровое определение продукта на основе моделей (MBD). MBD новая, прогрессивная технология (англ. *Model-Based Definition (MBD)*, синоним *Digital product definition (DPD)*) «Определение основанное на модели», мировой тренд, поддерживается в программе Creo для сокращения сроков проектирования, улучшения качества 3D-моделей. Технология MBD избавляет от рутинного и трудоемкого оформления чертежей.

В MBD информация, полученная программным приложением CAD (например, Creo), автоматически передается в приложение CAM (автоматизированное производство) и переводится через постпроцессор на другие языки, такие как G-код, который выполняется станком с ЧПУ. В MBD набор данных, а не чертеж, является приоритетным.

Цифровое определение продукта – практика использования 3D-цифровых данных (например, твердотельных моделей и связанных с ними метаданных) в рамках программного обеспечения 3D CAD, что обеспечивает предоставление спецификации для отдельных компонентов и собранных продуктов. Виды информации, содержащиеся в MBD, включают в се-

бя геометрические размеры и допуски, инженерные спецификации на уровне сборок, описание материалов на уровне деталей, инженерные конфигурации, дизайнерский замысел и т.д.

Технология MBD основана на выполнении аннотирования 3D-моделей. Конструктор на 3D-моделях проставляет надписи, заметки, размеры, допуски, геометрические допуски, технические требования, шероховатости и др. атрибуты, данные необходимые для производства. Т.е на 3D-модели конструктора наносят аннотации (описания рис.2).

Преимущества работы с 3D-моделями:

- 3D-модели проще в понимании; сокращается время на оформление;
- уменьшение ошибок, конструктор сосредоточен только на редактировании модели, что повышает качество разработки;
- передача информации, осуществляется в электронном виде;
- актуальная 3D-модель – основной источник данных для всех заинтересованных подразделений, что соответствует концепции Индустрии 4.0 и выше (исправления типа исправил чертеж, а модель не исправил, исключаются и не допускаются).

Действия, внимание конструктора – направлено для работы только с одной 3D-моделью (с одним источником информации). Сегодня актуальная 3D-модель необходима для многопользовательской работы для конструкторов и подразделений ОАО «Гомсельмаш».

Вся информация о модели, заполненных атрибутах храниться в цифровом (электронном виде). Сегодня в НТЦК есть 3D-модели с заполненными аннотациями (рис. 3).

Чем сложнее чертежи, тем выше эффективность применения технологии MBD.

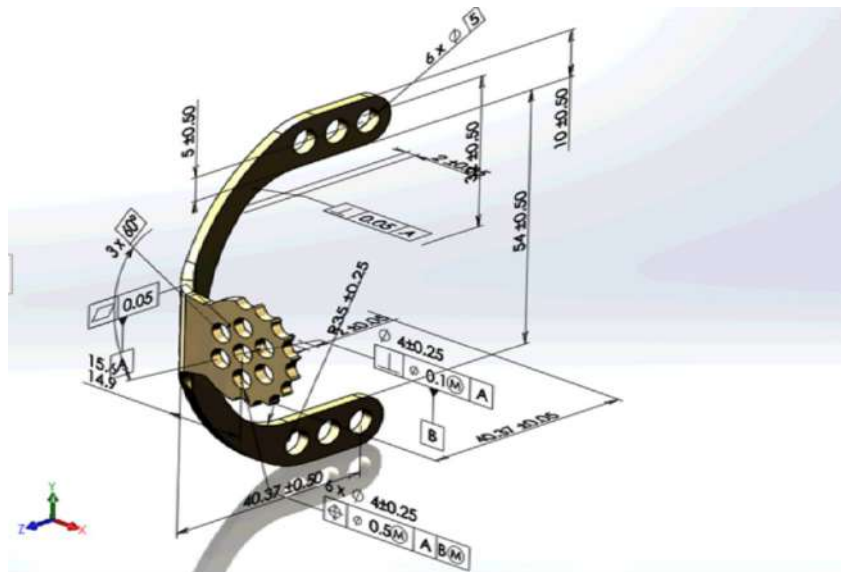


Рис. 2. Технология MBD на 3D-модели

Следует отметить, что действующие ТНПА подтверждают, что электронная 3D-модель должна содержать все данные, необходимые для изготовления и контроля детали в соответствии с требованиями ГОСТ 2.052 «ЕСКД Электронная модель детали», ГОСТ 2.102 «Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов» и др.

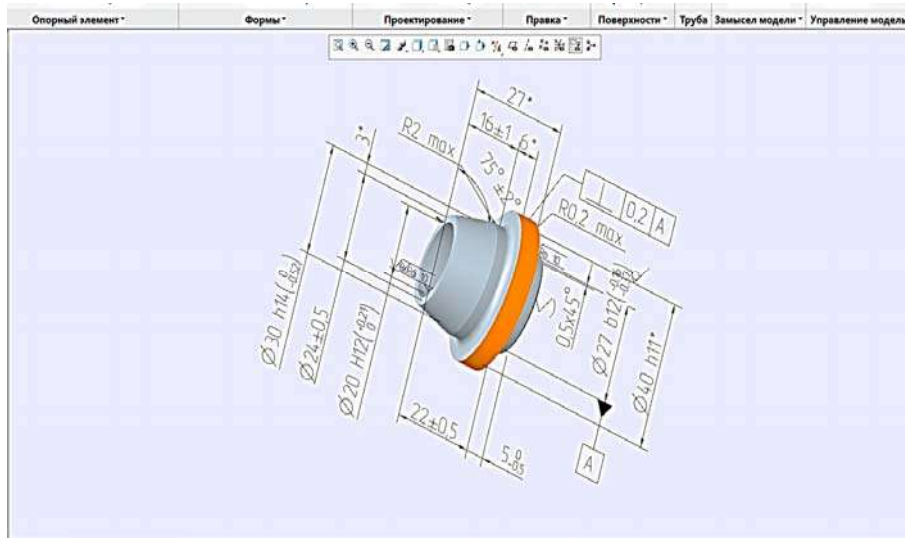


Рис. 3. Пример выполнения 3D-модели в системе CREO, сохранение данных в PDM Windchill с использованием технологии MBD с аннотированными данными. Имя файла KVK 0144624A.PRT

Заключение: Пять ключевых бизнес-факторов говорят в пользу использования **3D-моделей** как средства передачи информации:

- Быстрее – за счет передачи данных без преобразования в бумажный чертеж;
- Умнее – благодаря наглядности и цифровому представлению;
- Лучше – через упрощение восприятия информации рабочим изготовителем;
- Дешевле – отсутствие процесса создания чертежа, печати, размножения и физического распространения копий по цехам и управлениям;
- Безопаснее – благодаря централизованному хранению информации.

Литература

1. ГОСТ 2.102-2013 «Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов»
2. ГОСТ 2.052 «Единая система конструкторской документации. Электронная модель детали»

3. Проект госпрограммы «Цифровое развитие Беларуси» на 2021-2025 гг
4. Кондаков, А.И. САПР технологических процессов : учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Кондаков. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 272 с
5. Почему внедрение новых технологий PLM происходит медленно? «ПЛИМ Урал»/П.Ведмедь, Щейников С.П., www.up-pro.ru, http://www.up-pro.ru/print/library/information_systems/management/plm-tehnologii.html
6. Системно-ориентированный подход к разработке продукции на базе продуктов Siemens PLM Software / Щейников С.П.
7. Интернет-ресурс: Материал из Википедии
8. Интернет-ресурс: <https://pavel-samuta.livejournal.com>
9. Интернет-ресурс: <https://berladinyu.wixsite.com/mysite>

УДК 621.89.099.6

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА С ЦЕЛЮ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТЯЖЕЛОНАГРУ- ЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Ю.Ю. Наливайко

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

Важнейшей задачей машиностроения является проблема повышения износостойкости большинства узлов современных машин и оборудования, а также снижение расходов на их эксплуатацию. Большая часть затрат обусловлена тем, что преждевременный выход из строя тяжело нагруженных узлов происходит в результате изнашивания.

Надежность и долговечность тяжело нагруженных узлов трения в общем случае будут определяться смазочными материалами. Известно, что улучшить свойства и продлить ресурс масла в процессе эксплуатации позволяет введение противоизносных, противозадирных и антифрикционных присадок.

Поскольку технические решения, которые позволяют повысить эксплуатационные характеристики различных узлов машин без существенного изменения их конструкции, приобретают особую роль, то одним из таких решений может выступать изменение состава смазочного материала. Следовательно, необходима разработка такого состава, при котором будет наблюдаться увеличение износостойкости и долговечности машин и механизмов, и, как следствие, повышение эксплуатационных характеристик, что является актуальной задачей в машиностроении.

Повышение триботехнических характеристик происходит за счет введения наполнителей в смазочный материал. В качестве наноразмерных наполнителей могут применяться наночастицы полимеров, оксидов, металлов, нитридов, фуллерены, ультрадисперсный графит и др.

Оптимизация будет заключаться в добавлении присадки, которая содержит наночастицы графита различной концентрации, к маслу.

Необходимо определить влияние присадки, ее концентрации на интенсивность изнашивания при различных нагрузках.

Испытания проводились на машине трения СМТ-1 по схеме «ролик – вкладыш». Ролик выполнен из стали 45, вкладыш выполнен из бронзы БрФ10 – 1.

Для определения зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки испытания проводили при нагрузках: 50Н, 150Н, 200Н, 250Н, 300Н, 350Н, 400Н, а для определения зависимости интенсивности изнашивания

от состава смазочного материала испытания проводим, используя масло М8-В, масло М8-В + 3 масс. % присадки, масло М8-В + 5 масс. % присадки, масло М8-В + 10 масс. % присадки. Присадка содержит наноразмерные частицы графита. Все испытания проводили при частоте вращения ролика 360 об/мин.

Время испытания для каждой нагрузки составляло 120 мин. Предварительно произвели приработку образцов в течение 2 ч.

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

$$I_h = \frac{\Delta m}{\rho \cdot A_a \cdot v \cdot t},$$

где Δm – изменение массы образца в результате изнашивания;

ρ – плотность материала исследуемого образца;

A_a – номинальная площадь поверхности трения;

v – скорость вращения, м/с ;

t – время динамического контакта, с.

По полученным данным построили график зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки при различном составе смазочного материала.

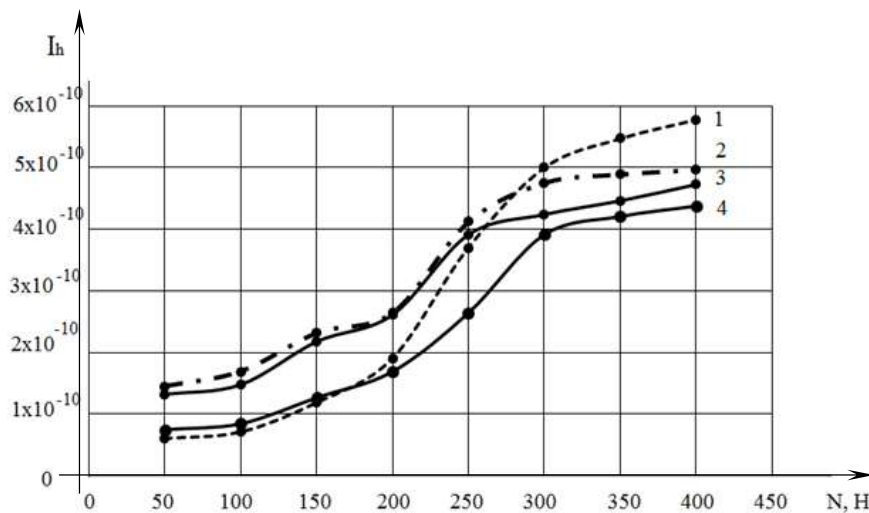


Рис. 1. Зависимости интенсивности изнашивания от нагрузки при различном составе смазочного материала: 1 – масло М8-В; 2 – масло М8-В + 3 масс. % присадки; 3 – масло М8-В + 5 масс. % присадки; 4 – масло М8-В + 10 масс. % присадки

Зависимость интенсивности изнашивания от нагрузки представляет собой возрастающую кривую. Это связано с тем, что при увеличении нагрузки увеличивается давление в пятне контакта и наблюдается уменьшение толщины смазочного слоя, что увеличивает вероятность разрушения

граничного слоя между наиболее высокими выступами и приведет к образованию прочных мостиков сварки, разрушение которых вносит значительный вклад в изменение массы. Кроме того, при высоких нагрузках вследствие многократных пластических деформаций будет повышаться температура в зоне контакта, благодаря этому произойдет снижение вязкости масла, возможна десорбция молекул и разрушение граничного слоя, в результате чего увеличится вероятность образования прочных мостиков сварки. Это приведет к увеличению изменения массы образцов, а следовательно, и к повышению интенсивности изнашивания.

Как видно на графике, добавление присадки при больших нагрузках 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. Это может быть связано с тем, что присадка способствует образованию пленки на поверхностях трения, которая способна обеспечить высокую нагрузочную способность и низкое сопротивление сдвигу. Частицы присадки, заполняя впадины и микротрещины, способны выравнивать микрорельеф рабочей поверхности, улучшая противоизносные свойства смазочного слоя. На поверхности адсорбированной пленки может быть вторичная адсорбция полярных молекул. Благодаря этому сопротивление сдвигу между слоями становится значительно меньше сил адгезии к поверхности металла и снижается вероятность образования прочных мостиков сварки, поскольку уменьшается вероятность среза пленки и возникновения ювенильных участков поверхности. Кроме того, в результате упорядоченного расположения кристаллов присадки и благодаря поочередному разрушению межслойных связей при сдвиге и высокой адгезии к поверхностям трения, добавление присадки обеспечит хорошие смазочные свойства и высокую стойкость пленки к изнашиванию.

Таким образом, добавление присадки, содержащей наноразмерные частицы графита, в смазочный материал для тяжелонагруженных узлов трения позволит снизить интенсивность изнашивания и обеспечить более равномерное его 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. – 527 с.
2. Покровский Г. П. Топливо, смазочные материалы и охлаждающие жидкости: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Двигателя внутреннего сгорания» и «Автомобили и тракторы». – М.: Машиностроение. 1985. – 200 с.

УДК 631.354.2:339.137.2

ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ТОВАРОВ АПК

В.К. Липская

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

В настоящее время все более актуальное значение приобретает проблема повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. Особого внимания требуют технически сложные товары производственного назначения агропромышленного комплекса. Поскольку уровень конкурентоспособности последних зависит от большого количества факторов, назревает объективная необходимость определения и обоснования наиболее значимых из них.

Согласно Современному экономическому словарю, под факторами понимаются условия, причины, параметры и показатели, оказывающие влияние на экономический процесс, а также его результаты [1]. В иных источниках понятие «фактор конкурентоспособности» трактуется как непосредственная причина, наличие которой необходимо и достаточно для изменения одного или нескольких критериев данной категории [2]. В этой связи полагаем, что под факторами конкурентоспособности продукции следует понимать параметры и условия, влияющие на формирование преимуществ или недостатков продукции, определяющих ее предпочтение потребителями.

Для того чтобы составить полный перечень наиболее значимых факторов, следует рассматривать изучаемую продукцию комплексно, на всех стадиях формирования конкурентоспособности. При этом необходимо учитывать, что складывается она в условиях внешней и внутренней среды предприятия. Кроме того, на данный показатель оказывает влияние и само предприятие.

Проведенный анализ показал, что существует пять стадий формирования конкурентоспособности. Анализ этих стадий, а также классификаций факторов конкурентоспособности, представленных в научной литературе, позволили выявить группы факторов, характерных для каждой из них. Заметим, что каждая из выделенных групп, включает набор факторов, раскрывающих характер их влияния на конкурентоспособность (рисунок).

Остановимся подробнее на рассмотрении конструкционных, производственных и эксплуатационных групп факторов.

Группа «конструкционные факторы»

Параметрические факторы. Технические параметры, закладываемые в конструкцию разрабатываемых (совершенствуемых, модернизируе-

мых) машин, технические решения, технология, а также материал и технические требования к деталям оказывают значительное влияние на качество и потому являются одними из наиболее значимых факторов.

Факторы контроля. В современных условиях хозяйствования конкурентоспособность сложной техники может быть обеспечена лишь высочайшей степенью ее проработанности, предусматривающей минимальные потери при работе, высокую надежность и безотказность за период эксплуатации. Это нашло отражение в государственных стандартах, в соответствии с требованиями которых изготавливаемые машины проходят все виды испытаний: исследовательские, предварительные, приемочные и квалификационные испытания.

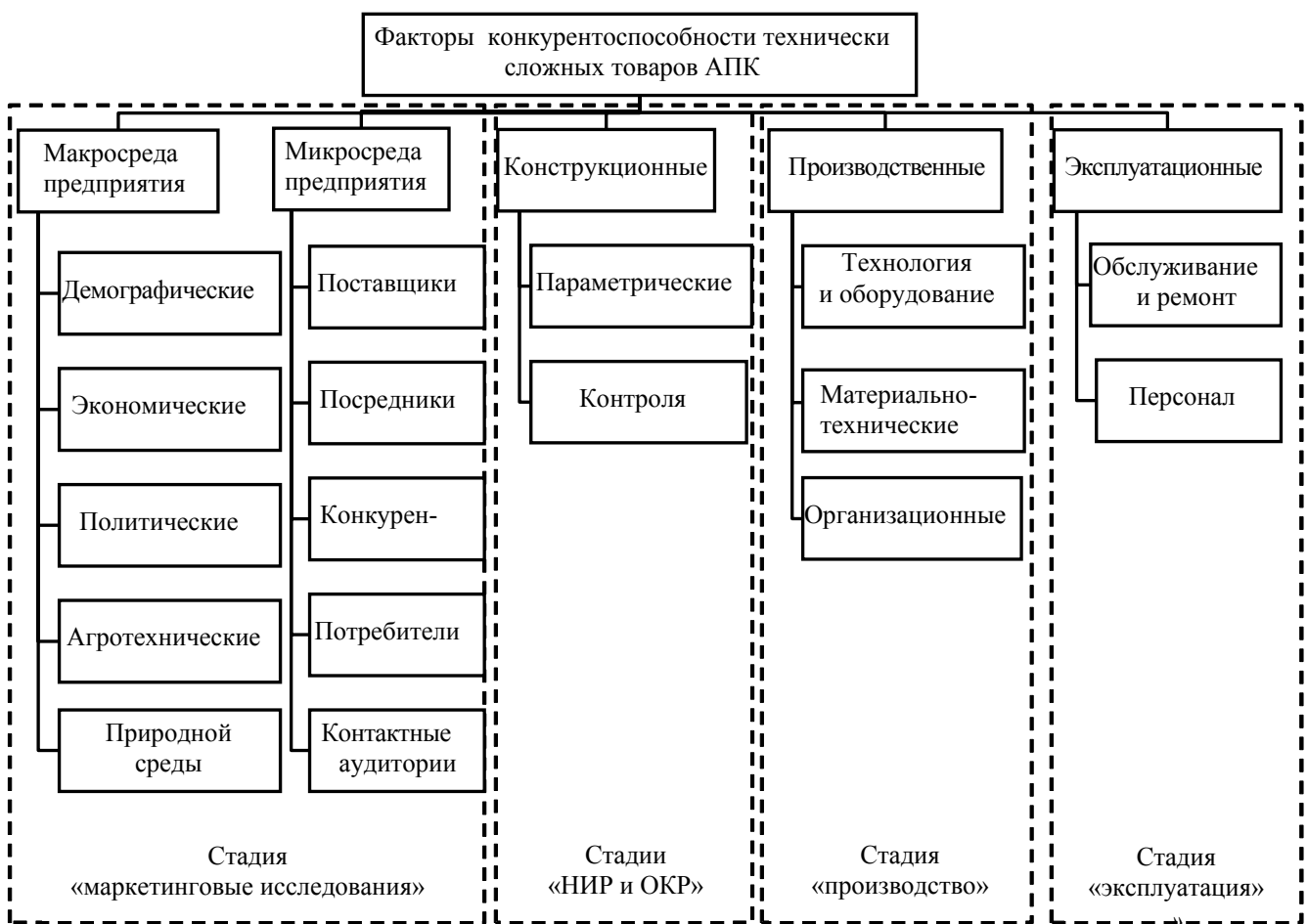


Рис.1. Структура основных факторов, влияющих на конкурентоспособность технически сложных товаров АПК на каждой стадии ее формирования

Группа «производственные факторы»

Технология и оборудование. Определено, что эффективность производственной деятельности напрямую зависит от состояния применяемого оборудования, оснастки, инструмента. Чем выше их точность, надежность и прогрессивность, тем выше качество выпускаемой продукции. Важно не

только обновлять действующее оборудование, но и поддерживать соответствующий его уровень в процессе технического обслуживания и ремонта.

Материально-технические факторы. Качество выпускаемых сельскохозяйственных машин во многом определяется качеством исходного сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий и может быть достигнуто за счет повышения эффективности их входного контроля.

Организационные факторы. Установлено, что укрепление производственной дисциплины является мерой воздействия, относящейся к организационным факторам. Эти факторы связаны с совершенствованием организации производства и труда, повышением производственной дисциплины и ответственности за качество продукции, обеспечением культуры производства и соответствующего уровня квалификации персонала, внедрением системы управления качеством и ее сертификации, улучшением работы службы отдела технического контроля и другими организационными мероприятиями [3].

Группа «эксплуатационные факторы»

Обслуживание и ремонт. Гарантийное и послегарантийное обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники осуществляют, как правило, технические центры. Практика показывает, что оперативность и качество выполняемых ими работ оказывает существенное влияние на конкурентоспособность данного вида машин. В то же время надлежащая оперативная работа может быть обеспечена только при достаточном количестве таких центров в каждом регионе, где эксплуатируется техника.

Персонал. Что касается персонала, то на конкурентоспособность сельскохозяйственных машин оказывают влияние механизаторы, непосредственно работающие на них, и персонал, осуществляющий техническое обслуживание и ремонт. Задача механизаторов заключается в умении эффективно эксплуатировать технику, не допуская ошибок в работе, приводящих к ее поломкам, а обслуживающего персонала – в оперативном и качественном проведении работ по обслуживанию машины.

Таким образом, выполненные исследования позволили выделить пять основных групп факторов, влияющих на конкурентоспособность технически сложных товаров АПК. Следует отметить, что даже незначительное изменение любого фактора может привести к существенным изменениям. Поэтому, если уделять должное внимание этим факторам, появится возможность разработать действенные мероприятия, направленные на повышение уровня конкурентоспособности.

Литература

1. Райзберг Б. А. Современный экономический словарь / Б. А. Райзберг, Л. Ш. Лозовский, Е. Б. Стародубцева. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 512 с.

2. Факторы конкурентоспособности товаров и услуг [Электронный ресурс]: учебные материалы для студентов. – Режим доступа: http://studme.org/159410248353/marketing/factory_konkurentosposobnosti_tovarov_uslug. – Дата доступа: 02.03.2020.

3. Сергеев И.В. Экономика предприятия: учеб. пособие / И.В. Сергеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 412 с.

УДК 631.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А.Н. Брезина, Д.В. Ломако, М.М. Хованская
УО «Барановичский государственный университет»,
г. Барановичи, Республика Беларусь

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с каждым годом увеличивается и набирает популярность среди их использования фермерами. Их применение позволяет собрать мельчайшую информацию об изучаемом объекте, создать фото-и-видеосъёмку, контролировать все процессы в сельском хозяйстве. На такой вид технологии активно растёт спрос, так как постоянно создаётся новое программное обеспечение и усовершенствуется старое. На рисунке 1 представлен беспилотник для сельского хозяйства «Геоскан 201» российской компании Геоскан, занимающейся разработкой и производством БПЛА.



Рис. 1. БПЛА «Геоскан 201» [1]

Применяют следующие виды беспилотников:

- 1 – самолётного типа или «Летающее крыло»;
- 2 – коптерные беспилотники или дроны [2].

Для самолётного типа подъёмная сила создаётся аэродинамическим способом за счёт напора воздуха, набегающего на неподвижное крыло. Аппараты подобного вида обладают следующими характеристиками:

- максимальная высота полёта;
- высокая скорость;

– большая длительность полёта.

У коптерных беспилотников или дронов подъёмная сила создаётся аэродинамическим способом за счёт вращающихся лопастей [3].

Использование дронов позволяет следить за показателями состояния посевов в режиме реального времени, что позволяет эффективно и своевременно принимать решения по улучшению качественных характеристик почвы. В растениеводстве беспилотники так же могут использоваться для внесения минеральных удобрений (пестицидов), оценки уровня засухи почв, болезней растений.

Вклад развития БПЛА не обошёл стороной и садоводство. Здесь беспилотники могут рассматриваться как объект для распознавания деревьев, что позволит в свою очередь специалистам более досконально изучить их характеристики. Наличие использования беспилотников в животноводстве сложно переоценить, так как они могут контролировать количество стада, что позволяет существенно сэкономить время фермеров.

На ряду с положительными моментами, так же можно выделить недостатки применения БПЛА[4]:

- Зависимость от погодных условий.
- Зависимость от скорости Интернета.
- Столкновение с птицами.
- Опасность травм и солнечных ожогов.
- Дорогое программное обеспечение и аппаратная часть.
- Длительность сбора необходимой информации.

В заключение стоит отметить то, что в любой технологии будут иметься недостатки, но это будет совершенствоваться, чтобы в будущем была возможность расширения функций беспилотных летательных аппаратов для эффективного выполнения задач в сельскохозяйственном производстве.

Литература

1. Сельское хозяйство [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rusdrone.ru/otrasli/selskoe-khozyaystvo/> – Дата доступа: 23.10.2020
2. Беспилотники в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.geomir.ru/publikatsii/bespilotniki-v-selskom-khozyaystve/> – Дата доступа: 15.10.2020.
3. Применение беспилотных летательных аппаратов в аграрном производстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov-v-agrarnom-proizvodstve/viewer/> – Дата доступа: 22.10.2020.
4. Преимущества и недостатки применения дронов в сельскохозяйственном производстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/media/glavpahar/preimuscestva-i-nedostatki-primeneniia-dronov-v-selskohoziastvennom-proizvodstve-5ee73c835991a234c2b35d10> – Дата доступа: 22.10.2020.

УДК 631.5

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АГРОДРОНОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А.Н. Брезина, Д.В. Ломако, М.М. Хованская
УО «Барановичский государственный университет»,
г. Барановичи, Республика Беларусь

Развитие информационных технологий повлекло за собой внедрение во многие сферы жизнедеятельности, включая сельское хозяйство. Активно используется одно из направлений Start farming. Smart farming – это концепция ведения фермерского хозяйства с применением новейших информационных и коммуникационных технологий [1].

К Smart farming относятся: использование дронов; программные комплексы для управления предприятиями; точное земледелие; теплицы с досветкой и встроенными системами управления; переход предприятий на частично или полностью автоматизированный рабочий цикл; маркетинговые комплексы для фермеров. [1].

Одной из наиболее перспективных технологий в сельском хозяйстве, а именно, в земледелии, является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), иначе говоря – «дронов». Применение таких технологий в сельском хозяйстве имеет большой потенциал и растёт с каждым годом. Для Республики Беларусь беспилотные летательные аппараты – это инновация и в первую очередь для земледелия. Они могут использоваться для следующих целей: высадка семян, внесение трихограммы, опрыскивание урожая, полив насаждений на ограниченных участках; доставка и распыление удобрений; генерация тумана [2].

Использование БПЛА позволяет сократить затраты на производство в сельском хозяйстве, более эффективно выполнять работу, так как автоматизированная система позволяет точно определить состояние урожая, сэкономить удобрения или воду на полях. Все проводимые операции экономят время и деньги. Также стоит отметить, что БПЛА защищают растения от вредителей и болезней. Так жидкие пестициды уже применяются с их помощью в Японии.

Данный вид аппаратов наиболее активно используется в Японии, Китае, Бразилии, США. Набирает популярность использование БПЛА и в странах-соседях: России, Украине. Официально подсчитано, что в Украине эффективное использование экономических ресурсов наблюдается в том случае, если площадь поля находится в пределах от 500 до 1000 га.

В нашей стране использование агродронов находится на начальном уровне, но уже имеет большой спрос из-за минимизации использования ручного труда, временных затрат. В августе 2020 года было успешно про-

тестировано испытание БПЛА «Агрос». Среди его положительных качеств выделили следующие:

- простота и доступность использования;
- возможность эффективного применения в опрыскивании поля пестицидами от сорняков без повреждения насаждений, что не отмечается при использовании трактора.

Наличие современного и скромного распространения БПЛА в сельском хозяйстве обусловлено следующими факторами: недорогие «беспилотники» найти сложно, так как их технология относительно молода для появления на рынке; переход сельскохозяйственных организаций на такую технику требует больших денежных средств; использование дронов в сельском хозяйстве имеет свои требования к их характеристикам (высокая грузоподъёмность, дальность полёта от одного заряда аккумулятора).

На наш взгляд, развитие применения агродронов в Республике Беларусь, согласно программе агробизнеса на 2016-2020 годы, удовлетворило бы инновационное развитие материально-технической базы организаций, осуществляющих деятельность по производству и переработке продукции растениеводства. Таким образом, использование агродронов значительно увеличит производительность труда и снизит издержки производства сельскохозяйственных организаций.

Литература

1. Smart farming: как интернет вещей, цифровизация и беспилотники повышают урожайность в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://produkt.by/news/smart-farming-kak-internet-veshchey-cifrovizaciya-i-bespilotniki-povyshayut-urozhaynost-v> – Дата доступа: 18.10.2020.
2. Агродроны [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.geomir.ru/publikatsii/agrodrony/> – Дата доступа: 18.10.2020.
3. Государственная программа развития агробизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/programms/a868489390de4373.html> / – Дата доступа: 18.10.2020.

УДК 33

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ РИСКАМИ В ЭНЕГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЯХ

Д.М. Акбашева, М.Р. Катчиева
ФГБОУ ВО «Северо-Кавказская государственная академия»,
г. Черкесск, КЧР, Россия

Электроэнергетика – одна из основных отраслей энергетики, специализирующаяся на производстве и доставке энергии потребителям по сетям электропередач. Она обеспечивает бесперебойно непрекращающуюся работу промышленности, транспорта, сельского хозяйства, коммунальных хозяйств. Непосредственно электроэнергетика является основой развития производства в любой стране. Быстрое развитие экономики государства нереально без одновременного развития энергетики. В электроэнергетике России происходят большие перемены.

Наиболее важным следствием реструктуризации отрасли стала выработка нового механизма ценообразования на электрическую энергию, при котором цены отражают баланс интересов производителей и потребителей электроэнергии. Внешние и внутренние факторы, влияющие на деятельность российских энергокомпаний, в большинстве случаев имеют свои особенности, которые связаны с географическими и экономическими условиями и региональными возможностями. К примеру, при создании стратегических программ и воплощении проектов российским энергокомпаниям следует предусматривать следующие особенности: прогрессирующий износ основных производственных фондов; нарастание объема оборудования, выработавшего свой ресурс; изменение инвестиционной политики и механизмов, в том числе в области технического перевооружения и реконструкции, когда многие проекты ТП устраниваются из инвестиционных программ при отказе от мероприятий по предотвращению (минимизации) рисков; уменьшение степени административного регулирования при низком развитии или даже недостатке рыночных механизмов поддержания и обновления основных производственных фондов.

Функционирование энергетической компании в конкурентных рыночных условиях характеризуется принятием решений в условиях относительной неопределенности. Неопределенность подразумевает отклонение от ожидаемого результата. Естественное желание оценить потери компании из-за отклонений от желаемых результатов приводит к использованию понятия «риска» (категории рисков, меры риска). Необходима разработка гибких методов оценки финансовых рисков энергокомпаний с различными профилями рисков. В этой связи мы считаем, что при разработке адекватной стратегии и тактики поведения на рынке электроэнергии и мощности

компаниям необходим систематический анализ рисков, что подразумевает интегрирование управления рисками в процесс принятия решений на всех уровнях управления финансами. Финансовые риски оказывают самое большое влияние на деятельность любого предприятия. Управление ими в энергетике в момент создания и приспособления организаций к новейшим условиям хозяйствования является довольно важной проблемой, ведь в процессе реформирования государство снижает уровень своего участия в возмещении рисков, а предприятия, которые действуют на конкурентном рынке, подвергаются влиянию высокому количеству рисков, чем в монополизированной среде.

Следующую особенность финансовых рисков в энергокомпаниях можно связать с недоработкой нормативно-правовой базы, которая регулирует реформирование электроэнергетики, формирование тарифов, создание инвестиционных программ организаций. Третьей особенностью можно выделить тарифное регулирование электроэнергетики (здесь же перекрестное субсидирование). В первую очередь оно определяет финансирование бизнеса. Во время построения системы управления рисками следует учесть эту особенность [3].

Интегрирование управления рисками в процессы стратегического планирования – цель достаточно трудоемкая, ее решение совершается собственными силами с привлечением внешних консультантов для корректировки осуществленных работ. Высшему менеджменту следует определить, как быстро необходимо ввести бизнес процессы управления рисками, какого качества они должны быть и какие средства компания может в это вложить.

Важным фактором коммерческого успеха предприятия представляется формирование общей сверхэффективной системы управления рисками. Больше всего имеет значение это для российского рынка электроэнергии, реструктуризация которого доводит к сильнейшим переменам и созданию новых рисков для его участников.

Литература

1. Манцорова Татьяна Феликсовна, Тымуль Евгения Игоревна Финансовые риски в энергетике: генезис, особенности учета, управление // Труды БГТУ. Серия 7: Экономика и управление. 2014. № 7. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/finansovyeriskivenergetike-genezisosobennosti-ucheta-upravlenie> (дата обращения: 21.03.2017).
2. Рубенчик А. Словарь терминов риск-менеджмента // Депозитрум. – 1999.
3. Ермаков А. С. Банковское право. Конспект лекция: учебное пособие. – М.: Проспект, 2018.

УДК 338.436.33:621 (470+571)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ АПК РОССИИ

Т.Г. Павленко

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет
имени Н.В. Парахина», г. Орёл, Россия

В современном мире отличительной чертой как отечественного, так и всего мирового машиностроения является опережающее развитие. Такие темпы, прежде всего, объясняются тем, что машиностроение является основой обновлений материально-технической базы отраслей производства, а так же обеспечивает конкурентоспособность экономики страны.

Одной из самых важных отраслей машиностроительного комплекса является машиностроение для АПК. Системы оборудования и инновационные технологии этой отрасли формируют материально-техническую базу для всех предприятий комплекса, а так же помогают решить следующие задачи:

- удовлетворение потребности населения в продуктах питания по нескольким критериям: экономическая и физическая доступность, безопасность для здоровья и качество продуктов питания;
- формирование сырьевых ресурсов для всех отраслей экономики: легкой промышленности, медицины и др.;
- высокий уровень ресурсосбережения, нацеленный на безотходное производство;
- соблюдение техники безопасности и экологическая безопасность.

Так же нельзя оставить без внимания, что в ряде регионов предприятия АПК являются градообразующими, а значит, напрямую влияют на уровень занятости и жизни в данных регионах.

Основой инновационного развития технологий машиностроения в АПК является активная и целенаправленная государственная политика. В сравнении с мировыми темпами производства и экспорта с/х машин, российская отрасль на данном этапе уступает и только начинает движение из застойного кризиса после вступления нашей страны в ВТО.

Первоочередной задачей является развитие отечественного рынка сельхозмашин и соответственно увеличение производства в данной отрасли. Так же в условиях высокой степени износа с/х техники следует совершенствовать рынок имеющихся тракторов и комбайнов. Многим с/х предприятиям не по силам закупить новую технику. Для выхода из кризиса отрасли целесообразно производить модернизацию и восстановление техники, которая уже используется на предприятиях комплекса. Этого можно достичь путем совершенствования ремонтно-эксплуатационной базы агро-

промышленного комплекса. Это позволит увеличить производительность, предотвратить срывы принятых агросроков и снизить потери сельхозпродукции.

В 2017 году была утверждена программа развития отрасли сельхозмашиностроения в стране. Положения программы охватывают среднесрочную и долгосрочные перспективы на период до 2030 года. Отсутствие некоторых позиций конкурентной техники российского производства вынуждает многие российские компании покупать зарубежную технику, надежную и эффективную, несмотря на ее дороговизну. Положениями программы предусмотрено стратегическое недопущение зависимости АПК от импортной техники и массового проникновения на внутренний рынок зарубежных фирм. Россия это мировая сельскохозяйственная держава и она не может обойтись без собственного сельхозмашиностроения, в целях продовольственной безопасности страны.

Однако нецелесообразно отказываться полностью от импорта сельскохозяйственной техники, так как она обладает своими преимуществами.

Чтобы совершенствовать технический уровень выпускаемой продукции сельскохозяйственного машиностроения и повысить ее привлекательность для конечного потребителя нужно создать условия для непосредственного взаимодействия машиностроительных предприятий с научными организациями, генерирующими разработки абсолютно новых технических решений и технологий. Так же следует увеличить отраслевые расходы на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

В заключение стоит обозначить ключевые тенденции в машиностроении АПК – создание новых конструкций машин, которые позволят применять высокоинтенсивные и эффективные технологии, увеличить производительность труда и обеспечить его безопасность и экологичность, сократить потери при посеве, сборке урожая, повысить урожайность культур и продуктивность скота.

СЕКЦИЯ № 2

«ТРАКТОРЫ, МОБИЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА, ПРИЦЕПНЫЕ И НАВЕСНЫЕ АГРЕГАТЫ»

УДК 669.15 : 62-192

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА ПРИЧИН ВНЕЗАПНЫХ ОТКАЗОВ ДЕТАЛЕЙ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

И.Ф. Цыглер¹, И.Н. Степанкин², Е.П. Поздняков²

¹Независимый эксперт автотехнической экспертизы,
г. Гомель, Республика Беларусь;

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

Традиционные подходы к оценке качества термической обработки ответственных деталей обусловлены высоким доверием инженерно-технических работников к дюрометрическим методам испытаний. Удобные и производительные методы Бринелля и Роквелла используются практически на всех предприятиях машиностроительного профиля. Их применение, как правило, является основным способом финишного контроля деталей, подвергаемых термической обработке. При реализации такого подхода, в условиях строгого соблюдения требований технологического процесса, достижение заявленной твердости не требует дополнительных проверок качественных показателей. Однако, появление новых участников тендерных операций, обеспечивающих поставку отдельных комплектующих для мобильной техники от малоизвестных изготовителей, повышает вероятность приобретения ответственных деталей, структурные показатели которых нарушены из-за некачественной термической обработки. При этом входной контроль по оценке твердости изделия не выявляет противоречий с техническими требованиями, указанными в чертеже. Таким образом, современные условия маркетинга, становятся причиной появления некачественных деталей, отказы которых приводят к аварийным остановам различных агрегатов мобильной техники.

В данном сообщении приведены примеры внезапных отказов некоторых агрегатов мобильной техники и проанализированы причины их возникновения.

Один из практических примеров отказа привода газораспределительного механизма (ГРМ) современного бензинового двигателя, связан с использованием болтов с классом прочности 8.8 для закрепления натяжного

ролика зубчатого ремня. Разрушение стержня болта (рис. 1а), произошло по истечении 362 км пробега автомобиля, после замены всего комплекта ГРМ.

Анализ твердости материала болта и его прочностных характеристик при статических испытаниях показал, что указанные параметры соответствуют нормативной документации. При этом в изломе стержня болта присутствуют признаки развития малоциклового усталости (рис. 1б). Исследование структуры металла в области канавок резьбы показали наличие угловатых крупных зерен металла, которые, как правило, формируются перегревом при закалке высокопрочного крепежа (рис. 1в). Последующий отпуск, как известно, не устраняет крупнозернистую структуру, но при этом, снижает твердость до заданного интервала, а также обеспечивает получение необходимой прочности в условиях действия статических нагрузок.

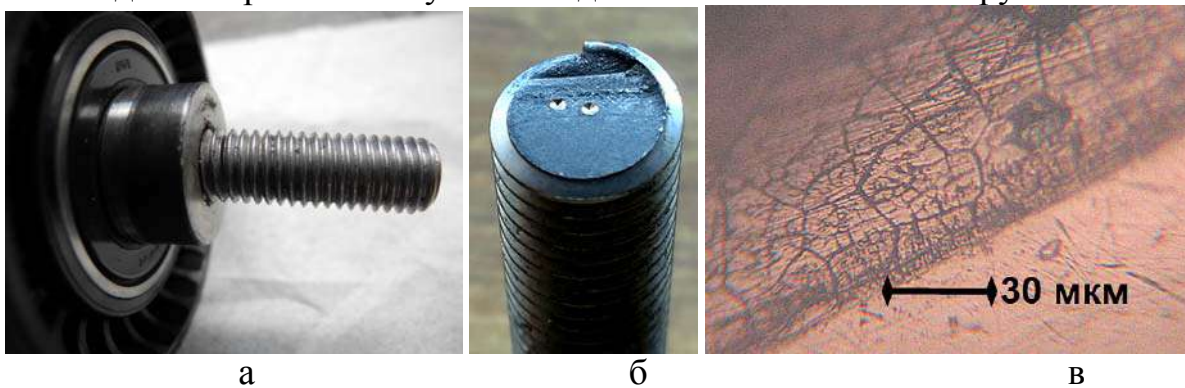


Рис.1. Внешний вид разрушения болта крепления ролика ГРМ (а), излом его стержня (б) и структура металла (в)

Второй пример некачественной термической обработки, посвящен анализу причин разрушения зубчатого конического редуктора трактора «Белорус – 82.1». Как видно из рисунка 2 а, один из зубьев шестерни был разрушен по усталостному механизму. Последовавшие за этим процессом разрушения привели к отказу практических всех деталей редуктора, включая корпус.

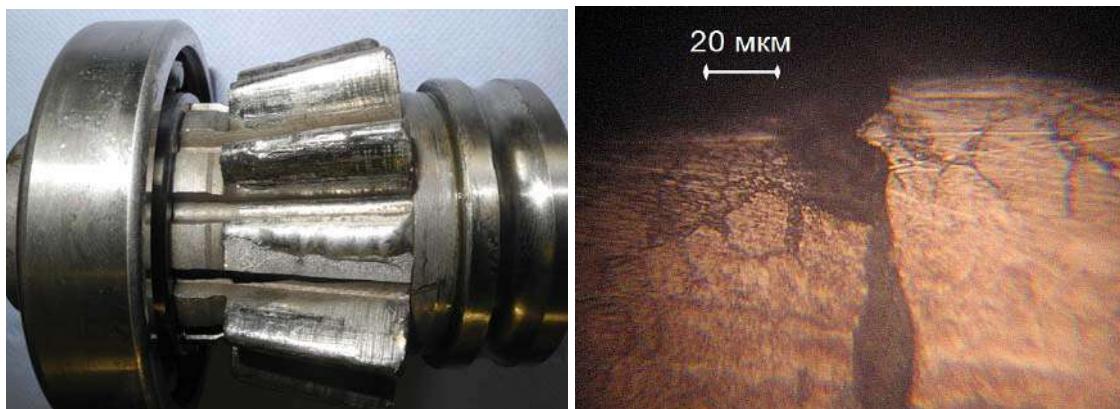


Рис.2. Характер разрушения зубьев шестерни (а) и структурные повреждения металла, выявленные микроанализом (б).

Особенностью происшествия является то, что разрушение произошло по истечении всего пяти часов работы конического редуктора после замены зубчатой пары. Подобная наработка свидетельствует о том, что процесс зарождения усталостной трещины происходил в результате некачественной термической обработки. Эта гипотеза была подтверждена при анализе микроструктуры металла шестерни (рис. 2б). Выявленные особенности структуры в сочетании с обнаружением многочисленных термических трещин, свидетельствуют о существенном перегреве заготовок из стали 40Х при их нагреве под закалку.

Приведенные примеры являются проявлениями производственного брака при осуществлении термической обработки, результативность которой зачастую оценивается лишь по одному показателю – твердости металла. Как показано в сообщении, при верификации надежности ответственных деталей возникает потребность в проведении дополнительных исследований по оценке структуры металла.

УДК 614.8:621.9

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

И.И. Суторьма

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

В работе [1] была предложена методика исследования гидродинамических процессов путем постановки численных экспериментов на основе математического моделирования с использованием средств вычислительной техники. Объектом исследования является модель одноступенчатого центробежного насоса ПН-40 УВ.

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 COSMOS-FloWorks. В результате анализа расчетных данных были выявлены погрешности результатов расчета, причинами которых явилось:

- искажение картины течения в расчетной области, соответствующей выходному патрубку насоса, вследствие того, что система координат расчетной области колеса должна быть вращающейся и учитывающей центробежные и кориолисовы силы инерции, а в выходном патрубке эти силы не воздействуют на движущийся поток жидкости;

- возникновение вихрей, которые пересекают области с граничными условиями на входных и выходных отверстиях, и вносят погрешность при расчете входного и выходного расхода соответственно [0];

- крупный шаг дискретизации расчетной области, возникающий вследствие стремления сократить время расчета, которое составляет несколько часов даже на достаточно производительном компьютере.

Чтобы исключить влияние кориолисовых и центробежных сил инерции в выходном патрубке насоса, решение задачи было разделено на две части. На первом шаге проводился расчет течения в рабочем колесе, с использованием вращающейся системы координат, а на втором шаге – расчет течения в полостях корпуса, используя неподвижную систему координат.

С целью снижения погрешности вследствие возникновения вихрей в выходном сечении, где задано граничное условие, выходной патрубок модели насоса был удлинен. Также была определена необходимая величина удлинения, которая составила 0,5 м.

Для определения необходимого размера ячейки расчетной сетки был проведен ряд численных экспериментов на расчетных сетках с различным количеством ячеек.

На рисунках 1 и 2 приведены зависимости основных параметров насоса от количества ячеек расчетной сетки.

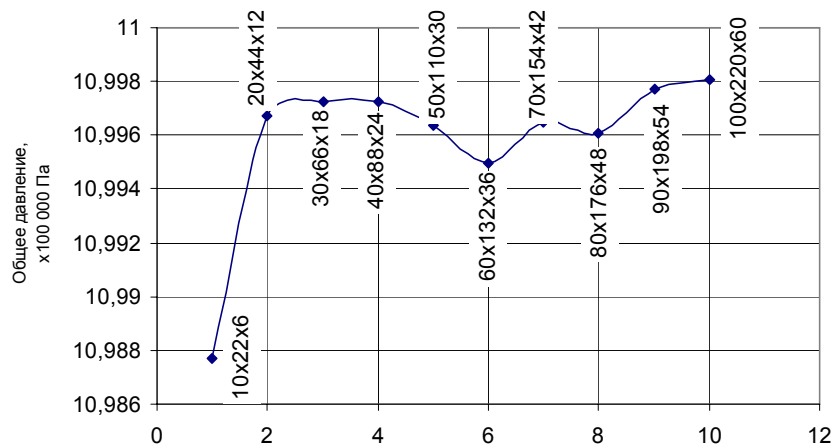


Рис. 1. График зависимости общего давления на выходе насоса от количества ячеек расчетной сетки

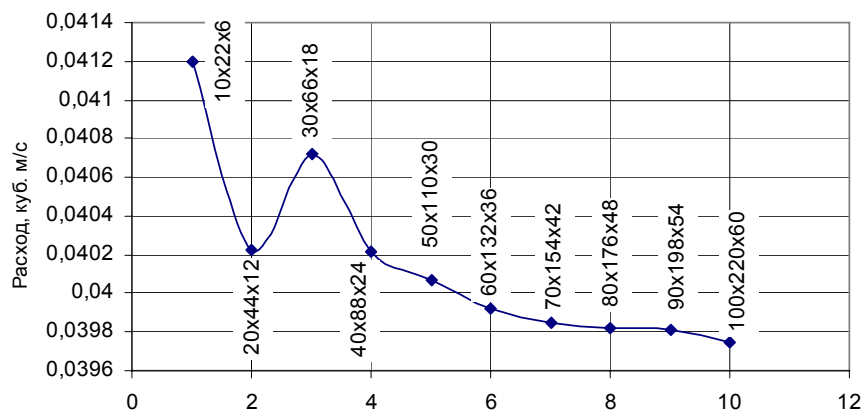


Рис. 2. График зависимости расхода на выходе насоса от количества ячеек расчетной сетки

Анализ результатов расчета и отклонений параметров насоса на выходе показывает, что при увеличенной на 0,5 м длине выходного патрубка модели насоса и расчетной сетке 60x132x36 ячеек результаты расчета перестают значимо зависеть от частоты сетки.

Таким образом, в результате проведения серии численных экспериментов был определен необходимый размер ячейки расчетной сетки и длина выходного патрубка для получения адекватных результатов.

Литература

1. Суторьма И. И., Лифанов А. В., Скидан Д. М. Численный эксперимент при исследовании центробежных пожарных насосов // Чрезвычайные ситуации: образование и наука. Т. 2. – 2007. – № 2, 28 – 33.
2. Алямовский А. А. и др. COSMOSFloWorks. Моделирование в инженерной практике. – Санкт-Петербург, 2005.

УДК 620.178.16

**ФРЕТТИНГ-УСТАЛОСТЬ: ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ
ПРИ РАЗЛИЧНОМ СОЧЕТАНИИ МАТЕРИАЛОВ**

С.А. Тюрин, П.С. Дробышевский
ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь

Фреттинг-усталость – это одновременное сочетание фреттинга, приводящего к фреттинг-коррозии и фреттинг-изнашиванию, и механической усталости, приводящей к образованию и развитию в детали магистральной трещины. Повреждения поверхностей вследствие износа и коррозии при фреттинге служат концентраторами напряжений и снижают предел выносливости. В случае удаления продуктов износа из зоны трения происходит ослабление посадок с натягом, возрастание вибраций. Если выполнить анализ по всем механизмам движения комплекса К-Г-6 «Полесье», то можно установить, что в них содержится 125 типоразмеров силовых систем, из них 85 систем (более 60 %) работают в условиях фреттинг-усталости. На фреттинг-усталость работают, как правило, соединения типа вал-втулка.

К настоящему времени проблема фреттинга изучена ещё недостаточно. Необходимы дополнительные исследования причин возникновения этого вида (и подвидов) износа, изучение характера протекания процессов во фреттинг-контакте и повреждения поверхностей взаимодействия тел.

Ранее [1] авторами были опубликованы результаты исследований по изучению влияния фреттинга на сопротивление усталости конструкционной стали 45. Была поставлена задача провести более широкий спектр исследований фреттинг-усталости конструкционных сталей. С этой целью было необходимо провести испытания на фреттинг-усталость и определить влияние контробразцов-мостиков фреттинга из различных материалов на предел выносливости (в условиях прямого эффекта).

Серия образцов из нормализованной стали 45 испытана на механическую усталость и фреттинг-усталость. Испытания проводили на машине UBM фирмы Walter+Bai AG при частоте 50 Гц. Методика предусматривала построение кривой усталости согласно требованиям ГОСТ 25.502-79. 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 при определении предела выносливости σ_{-1} была $3 \cdot 10^6$ циклов.

В качестве контробразцов использовали мостики фреттинга, изготовленные из следующих материалов: сталь 25ХГТ, чугун ВЧГТ, бронза, алюминий. Полученные по результатам испытаний кривые усталости и фреттинг-усталости приведены на совмещенном графике (рис. 1).

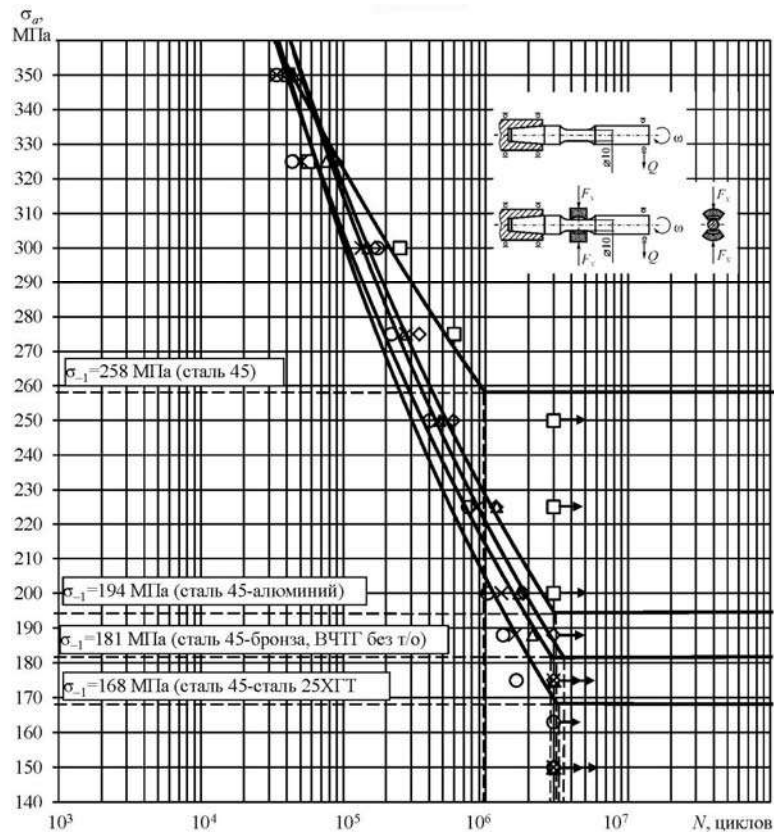


Рис. 1. Кривые механической усталости и фреттинг-усталость стали 45

Анализ результатов испытаний показал существенное снижение как предела выносливости, так и показателя наклона кривой усталости для всех пар трения. В условиях эксперимента наибольшее снижение предела выносливости произошло для сочетания материалов сталь 45-сталь 25 ХГТ (90 МПа – на 35 %), наименьшее – сталь 45-алюминий (64 МПа – на 25 %). Полученные результаты хорошо коррелируют с литературными данными. В частности, по данным работы [2], фреттинг-повреждение обуславливает значительное снижение предела выносливости: до 50 % и более на базе 10^7 циклов. При этом величина снижения различна для пар трения из разных материалов. Авторы в дальнейшем планируют провести испытания на фреттинг-усталость применяющегося на ОАО «Гомсельмаш» высокопрочного чугуна с шаровидным графитом собственной разработки марки ВЧГГ.

Литература

1. Исследование влияния фреттинга на сопротивление усталости конструкционных сталей / А. А. Новиков [и др.] // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра : тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, НТЦК ОАО «Гомсельмаш», 03–04 окт. 2019 г. – Гомель : НТЦК ОАО «Гомсельмаш», 2019. – С. 156–157.
2. Филимонов, Г. Н. Фреттинг в соединениях судовых деталей / Г. Н. Филимонов, Л. Т. Балацкий. – Л. : Судостроение, 1973. – 296 с.

УДК 669.13.018

ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН ВЧТГ: ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ

П.С. Дробышевский¹, С.А. Тюрин¹, Д.С. Чумак¹, А.И. Комаров²,
В.И. Комарова²

¹ОАО «Гомсельмаш», г. Гомель, Республика Беларусь;

²ОИМ НАНБ, г. Минск, Республика Беларусь

К настоящему времени разработаны высокопрочные чугуны с шаровидным и вермикулярным графитом, прочность которых превышает 1000 МПа, что делает их по прочностным свойствам сопоставимыми с легированными сталями. Между тем, по целому ряду параметров (меньшая стоимость, повышенные, по сравнению со сталью, литейные и технологические свойства; хорошие антифрикционные свойства; способность быстро гасить вибрации и резонансные колебания; меньший, чем у стали, удельный вес и др.) чугун обнаруживает более высокие свойства, чем сталь. В связи с этим высокопрочные чугуны (ВЧ) в настоящее время имеют тенденцию к расширению объемов производства.

В ОАО «Гомсельмаш» при производстве современных высокопроизводительных самоходных комбайнов для сельского хозяйства уже несколько лет успешно применяется такой материал – новый высокопрочный чугун с шаровидным графитом и высокими сопротивлением усталости собственной разработки (марки ВЧТГ). На разработанный чугун получен патент РБ № 15617, а также разработан и введен в действие государственный стандарт РБ СТБ 2544-2019.

ВЧ с шаровидным графитом обладает одновременно высокими прочностью, вязкостью и износостойкостью при наличии бейнитной структуры в металлической матрице. Такое строение ВЧ достигается изотермической закалкой. На степень превращения аустенита в бейнит влияет температура изотермического распада и наличие легирующих элементов. Таким образом, есть возможность управлять механическими свойствами ВЧ за счет использования рациональных режимов термообработки (ТО) путем изменения тонкой структуры матрицы ВЧ. К параметрам тонкой структуры, чувствительным к изменению состояния материала, относятся величина микроискажений кристаллической решетки и размер субзерна.

В работе проведено исследование субструктуры высокопрочного чугуна ВЧТГ методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) с дополнительным использованием сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) и рентгенофазового анализа (РФА). Объектом исследования являлись образцы чугуна ВЧТГ, в исходном состоянии и прошедшие изотермическую закалку от 880...900 °С до температур изотермической выдержки в течение

часа для всех образцов в диапазоне от 250 до 360 °С. Исследования проводили на 6 образцах: без ТО и с ТО после температур изотермической выдержки 250, 270, 300, 330 и 360 °С. Методами РФА, СЭМ с микрорентгеноспектральным анализом (МРСА) и АСМ исследовали микроструктуру ВЧТГ в исходном состоянии и после изотермической выдержки.

В исходном образце ВЧТГ (без ТО) установлена упорядоченная слоистая многоуровневая структура феррита. Феррит кристаллизован в виде ступеней шириной 400...600 нм и высотой около 100 нм. В свою очередь, поверхность ступеней состоит из полос шириной 30 нм и высотой между полосами 3...10 нм. Такое наноразмерное упорядоченное строение феррита исходного ВЧТГ определяет эффективность последующей термической обработки с аустенитно-бейнитным превращением.

Исследованием образцов ВЧТГ после ТО методом АСМ выявлен размер субзерна бейнита, который составил 100...300 нм. Установлена прямая связь морфологии тонкой субзеренной структуры ВЧТГ после каждой температуры изотермической выдержки в диапазоне от 250 до 360 °С с величиной микроискажений кристаллической решетки. Важным параметром тонкой структуры ВЧТГ является наноразмерная глубина границ между субзернами. От соотношения этой глубины и диаметра субзерна зависит способность образца деформироваться при нагрузке путем сдвига между субзернами без образования микротрещин, что может служить мерой оценки возможности сдвиговых деформаций в материале без его разрушения. Наилучшими показателями обладает образец ВЧТГ после $T_{\text{из.выд.}}=300$ °С (рис. 1): при размере субзерен 200 нм глубина границ между ними всего 5...10 нм. Уровень микроискажений кристаллической решетки, установленный РФА для образца после $T_{\text{из.выд.}}=300$ °С, составляет $1,1 \cdot 10^{-4}$ и является наименьшим для примененных температур изотермической выдержки (ниже остальных в 3...10 раз).

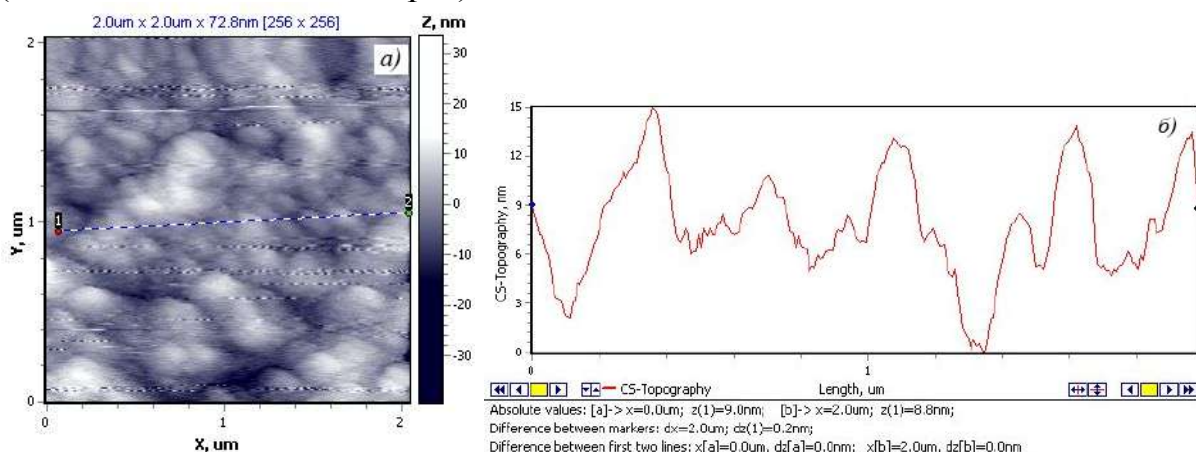


Рис. 1. Особенность АСМ-субструктуры бейнита ВЧТГ после $T_{\text{из.выд.}}=300$ °С, поле 2х2 мкм, отношение глубины границы к размеру субзерна 2,5...5 % (а); профиль поперечного сечения поверхности (б)

УДК 621.882.6:669.1

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ БОЛТОВ КЛАССА ПРОЧНОСТИ 10.9

Н.Ф. Соловей, Т.В. Кравчук, Н.Н. Белая, Л.А. Мороз
Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш»,
г. Гомель, Республика Беларусь

В машиностроении метизы эксплуатируются в жестких условиях и испытывают значительные нагрузки. К числу ответственных и широко распространенных деталей относится крепеж, изготавливаемый из углеродистых сталей. Традиционно для изготовления высокопрочного крепежа широко используются стали 40Х, 35Х, 38ХА. Применение борсодержащих сталей марок 20Г2Р и 30Г1Р, 30MnB4 для изготовления болтов – современная общемировая тенденция. Ведущие мировые производители болтов классов прочности 8.8-12.9 используют именно борсодержащую сталь.

Задача данной работы - поиск новых технологических решений, направленных на повышение надежности и долговечности узлов и агрегатов кормо- и зерноуборочной техники, в том числе за счет применения перспективных сталей.

В лаборатории материаловедения и триботехники были проведены исследования болтов крепления режущих элементов кормоуборочного комбайна из стали 30MnB4 на различных этапах изготовления. Известно, что горячекатаный прокат из стали 30MnB4 для изготовления крепежа поставляется ОАО «БМЗ - управляющая компания холдинга «БМК»» согласно стандартной спецификации №2222-0/СС-2019 и соответствует DIN EN10263.

Исследования проводились с использованием оборудования для металлографических исследований: оптический металлографический комплекс МИ-1 с пакетом автоматизированного программного обеспечения, микротвердомер ПМТ-3. Измерения проводились согласно стандартных методик с их корректировкой под поставленную задачу.

Объектом исследований являлись болты КВС-2-0115629А-02 класса прочности 10.9. В работе [1] было установлено, что при изготовлении болтов КВС-2-0115631Р из стали 40Х по серийному техпроцессу ОАО «ГЗЛиН» в готовых болтах проявляются такие дефекты, как заусенцы, неглубокие надрезы во впадинах резьбы и остроконечные надрывы.

По результатам исследования болтов с целью повышения их надежности и долговечности серийный техпроцесс был скорректирован.

Этапы изготовления болтов КВС-2-0115629А-02 из стали 30MnB4 представлены на рисунке 1. Основные стадии – травление, волочение, холодная штамповка.

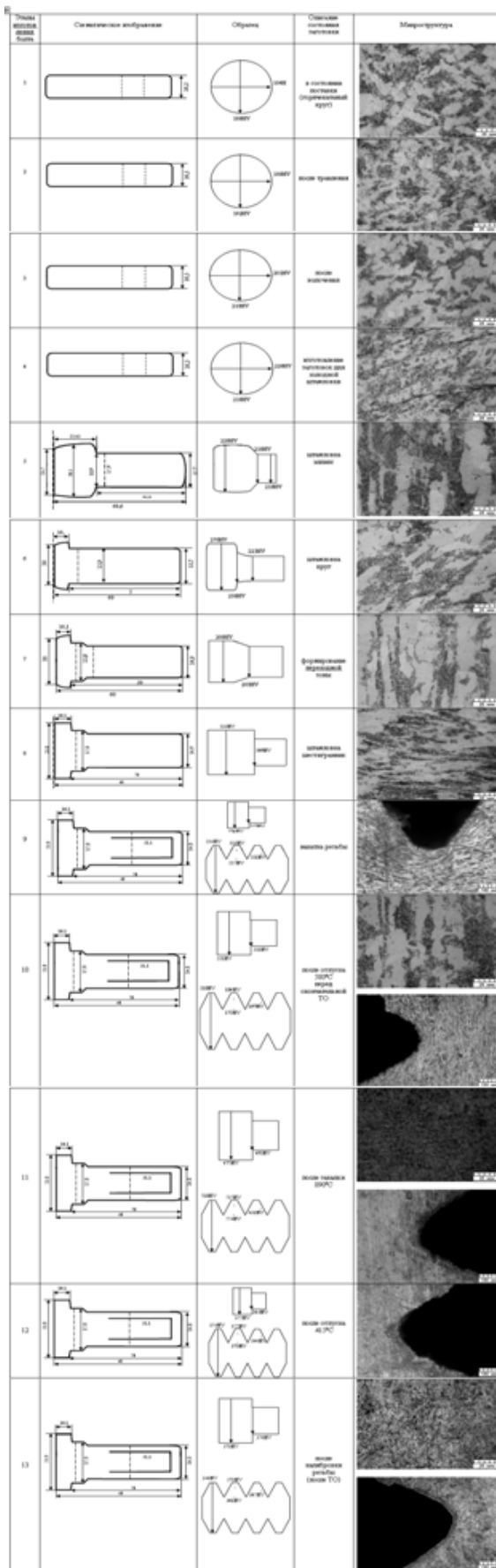


Рис. 1. Этапы изготовления болта KBC-2-0115629A-02 из стали 30MnB4

Поступающий горячекатаный круг ($\varnothing 16,5\text{мм}$, микротвердость $184\text{--}190\text{HV}_{0,3}$, микроструктура - зернистый перлит 80%) см. рис.1, этап 1. подвергается травлению. Операция травления предполагает погружение металла в раствор серной кислоты ($180\text{--}250\text{ г/л}$ ГОСТ 2184-77, время травления $180\text{--}300\text{мин}$). Затем бухты промываются водой (сначала теплой, а затем холодной). Это позволяет удалить с поверхности металла остатки кислоты и травильного шлама. Перед операцией волочения бухты исходного металла последовательно погружаются в ванны для активации, фосфатирования, омыливания.

Следующая операция - волочение через фильеры с сухим мылом до заданного диаметра ($\varnothing 15,6\text{мм}$, микротвердость $218\text{--}230\text{HV}_{0,3}$, структура в сердцевине – зернистый перлит, у поверхности заметны деформированные зерна) с последующим фосфатированием и омыливанием в травильных ваннах.

После чего холодная штамповка заготовок без предварительного нагрева исходного металла. Такая технология дает возможность снизить относительные показатели (сужение и удлинение), увеличить пределы их текучести и прочности, а также твердость металла. Кроме того при холодной штамповке дополнительно происходит наклеп поверхности будущих болтов (качественное механическое упрочнение).

Производство болтов в холодно-высадочных производственных агрегатах, работающих в автоматическом режиме, происходит в несколько этапов. Сначала происходит создание промежуточной формы головки изделия. Затем - окончательное оформление головки

болта и, параллельно, формирование металлического стержня с заданными параметрами (их устанавливают по чертежам). После холодного формирования головки болта (микротвердость $209-276\text{HV}_{0,3}$) колонии зернистого перлита в металле разворачиваются перпендикулярно направлению прокатки.

При производстве болтов крепления режущих элементов кормоуборочного комбайна изготовление резьбы осуществляется методом накатки с последующей калибровкой. При накатке резьбы (микротвердость $226\text{HV}_{0,3}$) за счет высокой пластичности стали 30MnB4 микроструктура поверхностных слоев представляет собой вдавленные колонии карбидов, при этом сохраняется высокая прочность.

Технологический режим процесса термической обработки болтов заключается в предварительном высоком отпуске при температуре 580°C (структура сорбит отпуска, микротвердость $218-221\text{HV}_{0,3}$), нагреве под закалку 890°C (выше точки A_{c3} сердцевины, структура мартенситная, микротвердость $492-518\text{HV}_{0,3}$) и отпуске 415°C (структура троостит отпуска, твердость $346-356\text{HV}_{0,3}$). Готовые болты по такой методике имеют класс прочности 10,9.

Содержание в сталях 0,0005% бора оказывает существенное влияние на свойства стали. Небольшие добавки бора вызывают значительное измельчение зерен, повышение жаропрочности в результате упрочнения границ зерен боридами, возрастают твердость и износостойкость. Одним из основных качеств бора является его способность резко повышать прокаливаемость стали по сравнению с хромистыми сталями. Такое влияние бора на прокаливаемость стали основано на его способности эффективно тормозить превращение аустенита в феррит, способствуя образованию более твердых фаз – бейнита и мартенсита. Растворенный в матрице бор концентрируется в тонких приграничных слоях зерен аустенита, делая структуру границ зерен более совершенной. Микролегирование бором с концентрацией 0,001-0,003%, позволяет экономить такие остродефицитные легирующие элементы как никель, хром, молибден и марганец, сохраняя при этом необходимый уровень прокаливаемости и механических свойств. Борсодержащие стали обладают более высокими эксплуатационными свойствами, чем хромистые стали и выигрывают в цене.

Наличие бора в стали 30MnB4 не оказывает влияние на образование трещин при закалке. По химическому составу сталь 30MnB4 содержит меньше углерода и легирующих элементов, чем сталь 40X, но по характеристикам имеет более высокую технологическую пластичность и лучше подвергается холодной штамповке. После закалки и отпуска борсодержащая сталь приобретает высокую прочность и твердость, которые позволяют обеспечить повышенную эксплуатационную стойкость готовых изделий.

Исследования болтов КВС-2-0115629А-02 с помощью оптических средств контроля состояния поверхности не выявили следы деформационного воздействия и коррозионных повреждений.

Использование стали 30MnB4, производства ОАО «БМЗ - управляющая компания холдинга «БМК»» - с исходной структурой 80% и более зернистого перлита позволило исключить из существующего серийного технологического процесса сфероидирующий отжиг и длительное травление после него, уменьшить трудовые и производственные затраты на изготовление болтов КВС-2-0115629А-02, а также повысить качество изделий при холодной пластической деформации.

Литература

1. Соловей Н.Ф., Горецкий Г.П., Мороз Л.А., Кравчук Т.В. «О влиянии технологических факторов на физико-механические свойства крепежных изделий» // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе-сегодня и завтра: Научно-технический центр комбайностроения ОАО «Гомсельмаш», 2019. – С.136.

УДК 629.3.014

ОПТИМАЛЬНАЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОСТЬ ТРАКТОРА С УЧЕТОМ ГОРНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Р.М. Махароблидзе, З.К. Махароблидзе
Аграрный университет Грузии, г. Тбилиси, Грузия

РЕЗЮМЕ

В работе производительность агрегата связывается с крюковой мощностью трактора, с углом наклона и показателями бокового перемещения агрегата при работе поперек склона. С помощью критериев максимальной производительности агрегата определена энергонасыщенность как оптимальное значение взаимоотношения мощности двигателя с массой трактора в данном интервале рабочей скорости.

Введение

Энергонасыщенность является важным параметром, который характеризует уровень технического усовершенствования сельскохозяйственных машин. С повышением энергонасыщенности повышается производительность агрегата при незначительном увеличении массы трактора.

Последние годы замечается тенденция повышения энергонасыщенности. Реализация мощности двигателей высокоэнергонасыщенных тракторов, работающих в тяговом режиме, осуществляется за счет повышения рабочей скорости. Но практика показывает, что в условиях горной местности и при малоконтурности площадей затрудняется применение скоростных и широкозахватных агрегатов. В связи с этим разработка методики расчета оптимальной энергонасыщенности тракторов, работающих в условиях горной местности с учетом факторов горного земледелия является актуальной.

Основная часть

Энергонасыщенность трактора это отношение номинальной мощности двигателя N_n и конструкционной массы трактора m .

$$\Theta = N_n / m, \text{ кВт/т} \quad (1)$$

Проф. Кацигин [1] считает, что энергонасыщенность сельскохозяйственных тракторов надо оценивать не абсолютными а относительными величинами. В виде абсолютного эталона он предлагает соотношение мас-

сы тела и его мощности, развиваемой в гравитационном поле при скорости 1 м/с:

$$\Theta = N / m = mgv / m = gv, \quad (2)$$

Если энергонасыщенность эталонной системы обозначим X_0 , (когда $V=1$ м/с), получим:

$$X_0 = 9,81 \text{ кВт/т}, \quad (3)$$

Под коэффициентом энергонасыщенности подразумевается соотношение энергонасыщенности системы к эталонной энергонасыщенности:

$$\varepsilon = X_c / X_0, \quad (4)$$

Тракторы, у которых коэффициент энергонасыщенности меньше единицы считаются малоэнергонасыщенными, от 1-го до 2 – энергонасыщенными, больше 2 – высокоэнергонасыщенным. Для равнинных тракторов критерием оптимальной энергонасыщенности принято максимальное значение производительности агрегата.

Для расчета сменной производительности агрегата при работе на склоне получена формула

$$W_{CM} = CN_{KF} \left(1 - \frac{mg \sin \alpha h}{P_{KP}} \right) \frac{T_{CM}}{1 + h/L} \frac{1}{h/L + 1/\tau K_a}, \quad (5)$$

где N_{KF} – крюковая мощность трактора, кВт; P_{KP} – тяговое усилие на крюке, Н; M – масса агрегата, кг; g – ускорение силы тяжести, м/с²; α – угол наклона склона, град.; τ – коэффициент использования времени; K_a – удельное сопротивление, н/мм²; L – длина гона, м; T_{CM} – время смены, ч; h – величина сползания трактора на склоне, м; h/L – интенсивность сползания; ζ – коэффициент измерения скорости, при км/ч $\zeta = 0,1$; при м/с $\zeta = 0,36$.

Из формулы (4) видно, что производительность агрегата достигает своего максимума при максимальной тяговой мощности, $\eta_{ТЯГ} = \max$. Во время работы трактора поперек склона:

$$\eta_{ТЯГ} = \eta_{ТР} \cdot \eta_{fa} \cdot \eta_{\delta} = \eta_{ТР} \left(1 - P_{fa} / P_K \right) \cdot (1 - \delta_a), \quad (6)$$

где P_{fa} – тяговое сопротивление трактора, Н; P_K – тяговое усилие ведущих колес трактора, Н; δ_a – коэффициент буксования.

Тяговое сопротивление трактора P_{fa} с учетом угла наклона склона определяется выражением

$$P_{fa} = f_a mg = (f + \sin \alpha \operatorname{tg} \delta) mg = (f + \sin \alpha \frac{h}{L}) mg, \quad (7)$$

где f – коэффициент сопротивления качению колеса; δ – угол увода пневматического колеса;

Коэффициент буксования определяется формулой [2]

$$\delta = \alpha \frac{P_{KF}}{\varphi_{KPa} mg} + b \left(\frac{P_{KF}}{\varphi_{KPa} mg} \right)^c, \quad (8)$$

где α, b, c – эмпирические коэффициенты; $\varphi_{KPa} = (\varphi_{сц} - f)$ – коэффициент использования сцепного веса трактора.

При работе трактора на склоне коэффициент буксования

$$\delta_\alpha = \alpha \frac{P_{KPa}}{\varphi_{KPa} mg} \quad (9)$$

Определим крюковое усилие P_{KPa} на склоне

$$P_{KPa} = P_K - P_{fa} = \frac{Ne \eta_{TF}}{V_T} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) mg, \quad (10)$$

И коэффициент использования сцепного веса трактора на склоне

$$\varphi_{KPa} = \varphi_{сц} - f_\alpha = \varphi_{сц} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right). \quad (11)$$

Учитывая (10) и (11) в формуле (9) получим расчетную формулу буксования трактора при работе на склоне

$$\delta_\alpha = \alpha \frac{\frac{Ne \eta_{TF}}{V_T} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) mg}{\left(\varphi_{сц} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) \right) mg} = \alpha \frac{\eta_{TFB}}{\left(\varphi_{сц} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) \right) g V_T} - \alpha \frac{f + \sin \alpha \frac{h}{L}}{\left(\varphi_{сц} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) \right)}, \quad (12)$$

где $\exists$ энергонасыщенность трактора.

Коэффициент потери мощности трактора при работе поперек склона

$$\eta_{fa} = P_{KPa} / P_K = (P_K - P_{fa}) / P_K = 1 - P_{fa} / P_K = 1 - \frac{\left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) mg V_T}{Ne \eta_{TF}} = 1 - \frac{\left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) g V_T}{\exists \eta_{TF}}. \quad (13)$$

Уравнение (12) и (13) вставим в (5) получим

$$\eta_{ТЯГ} = \eta_{TP} \left(1 - \frac{\left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) g V_T}{\exists \eta_{TF}} \right) \left(1 - \frac{\exists \eta_{TF}}{\left(\varphi_{сц} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) \right) g V_T} + \alpha \frac{f + \sin \alpha \frac{h}{L}}{\left(\varphi_{сц} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) \right)} \right). \quad (14)$$

Максимальное значение $\eta_{ТЯГ}$ будет, когда $\frac{\partial \eta_{ТЯГ}}{\partial r} = 0$,

$$\frac{\partial \eta_{\text{ТЛК}}}{\partial \vartheta} = \frac{-a\eta_{\text{ТР}}^2 \vartheta^2 + g^2 V_T^2 \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) \left(\varphi_{\text{кр}} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) + a \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) \right)}{g V_T \vartheta^2 \left(\varphi_{\text{кр}} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) \right)} = 0$$

получим

$$\vartheta_{\text{опт}} = \left(\frac{N_g}{m} \right) = g \frac{V_T}{\eta_{\text{TF}}} \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right) \sqrt{1 + \frac{\varphi_{\text{кр}} - \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right)}{a \left(f + \sin \alpha \frac{h}{L} \right)}} \quad (15)$$

Для применения данной формулы надо заранее определить интенсивность сползания трактора h/L . Когда перемещение происходит по причине бокового увода колеса автором [3] было получено формула

$$h/L = \frac{K g}{R} \sin \alpha, \quad (16)$$

где K – коэффициент сопротивления бокового увода, Н/рад. В работе [4] данный коэффициент дан в упрощенном виде $K = 0,095 C B^2 P_{\text{ш}}$.

Для определения интенсивности бокового перемещения на специальном стенде проводились эксперименты. На основе экспериментальных данных было получено регрессивное уравнение следующего вида [5].

$$\frac{h}{L} = 0,01 + 0,11 \sin \alpha + 0,1 \frac{P_{\text{кр}} b_{\text{к}}}{C_A B_T} + 2,74 \frac{v^3 \rho_{\text{п}}^4}{C_A B_T^4} + 0,023 \frac{P_{\text{ш}} b_{\text{ш}}^2}{C_A} + 0,17 \frac{M_1}{B_T C_A} + 0,14 \frac{M_2}{C_A r_{\text{к}}}, \quad (19)$$

где α – угол наклона склона, град; G_A – вес агрегата, Н; v – скорость агрегата, м/с; $P_{\text{кр}}$ – тяговое усилие на крюке, Н; $r_{\text{к}}$ – радиус качения колеса, м; $P_{\text{ш}}$ – давление в шинах, Н/м²; B_T – колея трактора, м; ρ – плотность почвы, кг/м³; M_1 и M_2 – моменты сползания рабочей машиной в продольной и поперечной плоскости агрегата, Нм.

К примеру, определим оптимальную энергонасыщенность трактора для следующего условия.

Колесный трактор 4x4; $f=0,007$; $\varphi_{\text{кр}}=0,68$; $a=0,2$; $\alpha=14^\circ$ ($\sin \alpha = 0,2419$; $h/L=0,0656$ ($h=3,28\theta$; $L=50\theta$); $\eta_{\text{ТР}}=0,92$ [2].

С использованием формулы (15) получим $\vartheta_{\text{опт}} = 5,83 V_T$, где V_T – м/с

Для равнинных условий авторы [2] было принято $\vartheta_{\text{опт}} = 5,3 V_T$

Для колесных тракторов основные рабочие скорости меняются в пределах 8...12 км/ч.

Соответственно рекомендуемый показатель энергонасыщенности тракторов работающих в горных условиях должен быть:

$$\vartheta_{\text{опт}} = \left(\frac{N_g}{m} \right) = 12,96 \dots 19,45 \text{ кВт/т.}$$

Литература

1. Кацигин В.В. Тягово-энергетические мобильные средство для сельскохозяйственного производства нечерноземной зоны. Минск. ЦНИИМЭСХ, 1985. -107с.

2. Яровой В.Г. Сергеев Н.В. ШипикЛ.Ю. Оптимальное соотношение мощности двигателя и массы сельскохозяйственного трактора. Орел-ГАУ. Орел, 2011. N2(11), с61-62.
3. Махароблидзе Р.М. Влияние увода на боковое смещение трактора на склоне. Научные труды ЦНИИМЭСХ. т.50. Тбилиси, 2009. С.22-31.
4. Малиновский Е.Ю. Гаицгори М.М. Динамика самоходных машин с шарнирной рамой. Москва, «Машиностроение», 1974,175с.
5. Makharoblidze R, Makharoblidze Z. Mathematikal modeling of agricultural unit operation on slope with application of similarity theory// Problems of mechanics. Tbilisi, 2016.N1(62). 36-40.

УДК 631.35.008.94

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ В WINDCHILL И CREO, В РАЗРЕЗЕ КОНТРОЛЯ АТРИБУТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ю.В. Лыгин

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

Контроль атрибутивной информации моделей деталей и сборочных единиц, на первый взгляд, не особо значимым, однако, на самом деле это исключительно важная задача, поскольку на базе атрибутов строятся все спецификации, ведомости покупных и другие отчетные документы. Ошибки в атрибутах приводят к ошибкам при формировании этих отчетных документов. При неправильном указании атрибута «Обозначение» возникают дубликаты объектов, которые замусоривают базу.

В атрибутах указывается: обозначение, наименование, раздел спецификации, первичная применяемость, признак покупного, поставщики, масса, материал, информация о детали БЧ, состояние жизненного цикла («В работе», «Выпущено», «Запрещено к применению») и прочие данные.

Определив один раз правильно атрибуты, все отчетные документы получаются автоматически. При этом исключается необходимость в ручном формировании отчетов, и исключаются ошибки, которые возможны при формировании отчетов в ручную.

При проектировании в Creo конструкторами детально прорабатывается все изделие – собирается вся конструкция из существующих на производстве и новых оригинальных деталей, стандартных и прочих изделий, контролируется их взаимное расположение, выполняется контроль пересечений, анализируется работа механизмов, анализируется собираемость изделия, разрабатываются чертежи и спецификации.

Наконец, когда все изделие детально проработано в Creo и остается только передать документацию для изготовления, неожиданно оказывается, что изделие невозможно собрать, изделие имеет неверный состав, состоит из несуществующих деталей и сборок, используемые детали, сборки, стандартные, покупные изделия или материалы запрещены к применению или отсутствуют в списке покупных, в сборке используется несколько компонентов имеющих внешне похожее обозначение, но имеющие разный состав и форму. В итоге получается, что требуется переработка конструкции и на доработку может потребоваться много времени. Но даже после повторной доработки нет никаких гарантий, что эти ошибки не повторятся и не потребуются последующая доработка изделия.

От того на сколько поздно будут замечены эти ошибки будет зависеть трудоемкость и время потраченное на исправления. Чем раньше ошибки будут выявлены, тем меньше затрат потребуется на доработку.

Основным конструкторским документом считается спецификация. Как бы идеально не была проработана конструкция, но если неверно построена спецификация – изделие изготовить не получится.

Спецификация строится на базе атрибутивной информации заполняемой для каждой детали, сборки, стандартного и прочего изделия и материала. От правильности указания атрибутов зависит правильность формирования всех отчетных документов. Спецификации, ведомости покупных строятся на базе атрибутов. Именно о контроле правильности атрибутов и пойдет речь в данном докладе.

Заниматься контролем атрибутивной информации начали при внедрении Windchill 10.1 и Creo 2.0 и продолжаем расширять проверки сейчас работая с Windchill 11.0 и Creo 4.0.

При внедрении системы оказалось, что система не в полной мере может проконтролировать атрибуты и возникла необходимость добавлять собственный программный код, который выполняет проверки отсутствующие в системе.

Например Windchill контролирует уникальность обозначения, но из-за того что обозначение может быть написано русскими и английскими символами возникает неопределенность, связанная с тем, что визуально некоторые английские и русские буквы невозможно различить.

В результате этого может быть создано несколько моделей с внешне похожими обозначениями и только одна из моделей будет иметь правильное обозначение. Обычно такие сборки имеют разный состав и другое расположение входящих в нее компонентов.

Проверка наименования в Windchill вообще не выполняется, а это очень важно для объектов с разделом спецификации «Стандартные изделия», «Прочие изделия», «Материалы». В сборке могут присутствовать несколько объектов имеющих одно наименование, но разное обозначение. Это тоже является ошибкой, поскольку у них может быть неправильно заполнен код SAP и поставщики.

В Windchill также не контролируется значение одних атрибутов в зависимости от значения других атрибутов. Эти проверки можно сделать только добавлением своего собственного программного кода.

Например, в зависимости от атрибута «Раздел спецификации» зависит состав и значения других атрибутов, для «Детали» и «Сборочные единицы» это одни атрибуты, а для «Стандартные изделия», «Прочие изделия» или «Материалы» другие атрибуты. Если это покупное изделие, должен быть правильно указан признак закупка, указаны поставщики.

Кроме этого не порядок когда модель, созданная на ее базе составная часть и чертеж имеют разные обозначения, наименования, раздел спецификации и располагаются в разных контекстах. Это приведет к путанице при формировании спецификации и затруднит работу с этими объектами.

Одна из самых последних введенных нами проверок – контроль массы. Это связано с тем, что работники завода начали брать информацию о массе деталей и сборок из базы Windchill. Но данная проверка нужна и конструкторам. Откуда конструктору брать массу модели, если она неправильная, что ставить на чертеже, как определить центр масс? При неверном указании плотности даже одной маленькой детали масса получается заоблачная! Например масса одного из комбайнов у нас получилась 350 тыс. тонн, что составляет 4375 вагонов по 80 тонн!

Все вышеперечисленные ошибки и др. должны контролироваться и в базу Windchill должны ложиться упорядоченные данные.

Без выполнения данных проверок ошибки пропускаются и в результате вместо порядка в базе получается «Упорядоченный бардак».

Контроль обозначения

Контроль обозначения является одним из важнейших!

В Windchill уникальность объектов контролируется по обозначению. Для моделей с разделом спецификации «Детали» и «Сборочные единицы» требуется, чтобы в обозначении использовались только большие буквы русского алфавита, цифры и символы точка, тире, знак подчеркивания.

Но визуально проконтролировать правильность обозначения не всегда возможно из-за того, что в английском и русском алфавите имеется множество внешне похожих символов.

В результате этого может оказаться, что в системе имеется несколько деталей или сборок с внешне одинаковыми обозначениями. При этом они могут иметь разный состав, форму и иметь разные посадочные поверхности.

Зачастую получалось, что в одной сборке использовались объекты с правильным и неправильным обозначением. Это приводило к путанице и ошибкам не только в спецификации, но и ошибкам при компоновке изделия.

Например, в обозначении КСК0100000А могут попадаться следующие английские символы - КСКА. В результате, таких вариантов обозначений может быть $2^4=16$ и только один из них правильный (где 4 – кол-во символов в обозначении, внешне похожих).

При передаче данных из Windchill в SAP система передает объекты с правильным и неправильным обозначением, в результате этого в заводской базе появляются дубликаты, имеющие неправильное обозначение и состав.

Возможна ситуация, когда модель имеет одно обозначение, а составная часть другое. В результате получается путаница - в сборке Creo получается одна структура, а при создании спецификации из Windchill другая. Также в этом случае сложнее найти связанные объекты. Поэтому потребовалось ввести дополнительную проверку, которая проверяет обозначение, наименование и раздел спецификации для модели, составной части и чертежа.

Примечание. В зависимости от раздела спецификации, в конце обозначения модели вводятся дополнительные символы для Детали - «МД», Сборочные единицы «МС» и др. Это связано с тем, что Windchill не позволяет создавать объекты с одинаковым обозначением – модель и чертеж должны иметь разные обозначения.

Контроль наименований

Если для моделей с разделом спецификации «Детали» и «Сборочные единицы» главным атрибутом является Обозначение, то для Стандартных изделий, Прочих изделий и Материалов основным атрибутом является наименование, именно наименование попадает в спецификацию.

Здесь получается ситуация аналогичная с обозначением. Если Windchill хотя бы частично контролирует уникальность обозначения, то наименование не контролируется вообще. В следствии этого любое «Стандартное изделие», «Прочее изделие» или «Материал» может быть создан в системе с разными обозначениями. Это также ведет в ряду ошибок, поскольку для него может быть неправильно назначен код SAP, поставщики и др.

В зависимости от раздела спецификации по разному выполняется контроль наименований.

Зачастую в наименовании Деталей и Сборочных единиц делаются грамматические ошибки или возникает вопрос, как правильно писать? - «Вал карданный» или «Карданный вал», «Колесо зубчатое» или «Зубчатое колесо» и др.

Чтобы исключить ошибки в наименовании Деталей и Сборочных единиц, в организации используется унифицированный список - база наименований. На данный момент база содержит более 10 000 наименований.

Для Стандартных изделий, Прочих изделий и Материалов выполняется проверка наименования при сдаче на хранение и выполнении команды Сохранить как. Дополнительно к этому можно создать отчет, в котором выполняется поиск объектов с одинаковыми наименованиями.

Контроль атрибутивной информации

Контроль атрибутивной информации осуществляется на нескольких этапах и осуществляется разными средствами.

При наличии критических ошибок (в наименовании, обозначении и др.) в измененных объектах, система блокирует сдачу на хранение. Если ошибки не критичные (не заполнен материал) или ошибки в объектах, которые исполнитель не изменял – выводится предупреждение.

Этапы контроля следующие:

1. Контроль атрибутов при выполнении команды сдать на хранение, из рабочей области. На этом этапе отлавливается большая часть ошибок.

2. Контроль атрибутов при выполнении команды «Сохранить как» в общей области Windchill. При создании копии покупного изделия автоматически обнуляется атрибут – код SAP.

3. Контроль при получении полного состава указанной сборки (включая все уровни подборок). При этом выполняется контроль соответствия обозначения, наименования и других атрибутов, всех входящих в сборку компонентов с данными из заводской базы SAP. При наличии ошибок или отличии значений атрибутов в Windchill и SAP выводится сообщение об ошибке.

4. Выполняется поиск ошибок по моделям Creo, по которым завершается проектирование, формируется отчет с ошибками. Ошибки передаются для исправления исполнителям.

5. Выполняется создание отчета по ошибкам во всей базе Windchill за период - ежедневный контроль, еженедельный, ежемесячный, ежеквартальный, за год. Часть ошибок не блокируются системой, поскольку это может привести к остановке процесса проектирования, конструктора не смогут сдать объекты на хранение. Поэтому в этом случае исправление ошибок выполняется в 'мягком варианте', пользователям предоставляют список ошибок, которые они должны исправить.

6. Выполняется отчет Windchill – поиск объектов с одинаковым наименованием, имеющих раздел спецификации «Стандартные изделия», «Прочие изделия» или «Материалы».

7. Выполняется отчет Windchill – поиск объектов с одинаковым кодом SAP, имеющих раздел спецификации «Стандартные изделия», «Прочие изделия» или «Материалы».

Что контролируется

Проверка выполняется по более чем 40 критериев. Выполняется контроль ошибок и несоответствия данных, которые могут привести к ошибкам.

Все ошибки и предупреждения, контролируемые на клиентской машине, выводятся в отдельном независимом окне в формате HTML. Часть ошибок, проверяемых на стороне сервера, отображаются в списке ошибок Windchill.

Ошибки классифицируются по степени важности и отображаются разным цветом.

- критические ошибки в измененных моделях, чертежах и составных частях, отображаются красным цветом. Это серьезные ошибки, которые исполнитель изменил и которые исполнитель должен исправить перед сдачей на хранение. Не исправив эти ошибки, модель, чертеж и составная часть не будет сдана на хранение.

- критические ошибки в неизмененных моделях, отображаются оранжевым цветом. Это серьезные ошибки, в моделях, чертежах и составных частях которые исполнитель не изменял. Поскольку исполнитель не изменял эти объекты и может не иметь права для их изменения - пользователь уведомляется о серьезной ошибке, но выполняется сдача на хранение.

- не критичные ошибки в измененных и неизмененных моделях, отображаются синим цветом. Исполнитель уведомляется о том, что значения атрибутов не соответствуют и что при формировании отчетов могут быть ошибки. При наличии таких ошибок система разрешает сдать на хранение.

Контроль объектов выполняется в несколько этапов:

1) Предварительный контроль выполняется на стороне пользователя и реализован на JavaScript. Это позволяет обработать ошибки не загружая сервер, и позволяет сформировать список ошибок в более удобном виде, чем при использовании средств уведомления об ошибках в Windchill

2) Окончательный контроль выполняется на стороне сервера с помощью классов реализованных на Java. На этом этапе контролируются все новые или измененные объекты.

3) Формирование отчетов выполняется с помощью Webject и классов Java. Результаты проверки передаются отделам для их корректировки.

Выполняется следующий контроль:

1. Обозначение – проверяется в зависимости от раздела спецификации.

1.1. Проверяется, чтобы обозначение состояло только из допустимых символов - большие буквы русского алфавита, цифры, символы точка, тире и знак подчеркивания;

1.2. Проверяется наличие запрещенных последовательностей символов в обозначении;

1.3. Контролируется, для модели, наличие суффиксов МД, МС, МВ, МП и др. в зависимости от раздела спецификации;

1.4. Контролируется правильность обозначения для исполнений - 01, -02 (например, должно быть КЗК-12-1573413А-02 а не КЗК-12-1573413-02А) и др.

2. Наименование – проверяется в зависимости от раздела спецификации.

2.1. Для деталей и сборочных единиц проверяется, чтобы наименование модели, составной части и чертежа имелось в базе наименований. В

настоящий момент база наименований содержит более 10 000 наименований;

2.2. Для стандартных, прочих и материалов выполняется проверка уникальности наименования при выполнении команды сдать на хранение и Сохранить как;

3. Атрибут Раздел спецификации – контролируется, чтобы атрибут имелся в модели, составной части и чертеже и имел одно из значений – «Детали», «Сборочные единицы» и др. В зависимости от атрибута Раздел спецификации контролируются значения других атрибутов. Контролируется, чтобы у чертежа был раздел спецификации – Документация;

4. Первичная применяемость - контролируются ошибки как для обозначения составной части;

5. Контролируется, чтобы у составной части не было двойных атрибутов (раздел спецификации и др.) Это возникает в случае, если указан неверный тип связи между моделью и составной частью;

6. Контролируется название файла модели и файла чертежа;

7. Проверяются связи между объектами в зависимости от раздела спецификации. Выводит сообщение об ошибке, если модель имеет составную часть, которой не должно быть – требуется отвязать объекты;

8. Контролируется, чтобы для модели, составной части и чертежа были одинаковые обозначение, наименование, раздел спецификации;

9. Контролируется, чтобы связанные объекты (модель, составная часть и чертеж) сдавались на хранение в одну папку;

10. Контролируется допустимое расположение. Можно установить, чтобы объекты с указанным обозначением сдавались на хранение только в указанные папки;

11. Контролируется масса модели. Параметр PRO_MP_MASS должен быть обозначен, чтобы массовые характеристики передавались в Windchill. Также контролируется значение массы. Если масса превышает допустимое значение – значит неверно указано плотность. Устанавливается максимально допустимое значение массы для детали и для сборки. При превышении массы для сборки - выводится предупреждения, при превышении массы детали – запрещается сдача на хранение;

12. Запрещается сдача на хранение, если в сборке используются объекты Запрещенные к применению или имеющие Ограниченное применение;

13. Выводится предупреждение, если не задан код SAP для покупных изделий;

14. Выводится предупреждение, если Стандартные изделия, Прочие изделия и Материалы размещаются не в библиотеке;

15. Выводится предупреждение, если Стандартные изделия, Прочие изделия и Материалы имеют состояние отличное от состояния Выпущено;

16. Выводится предупреждение если безчертежная деталь не находится в библиотеке;

17. При выполнении команды сохранить как, для исключения ошибки при формировании ведомости покупных, в модели удаляется значение кода SAP

В результате добавления указанных проверок, удалось избавиться практически от всех, контролируемых ошибок. Ошибки остались только на старых моделях, но при использовании старых моделей в новом проектировании ошибки также устраняются.

Поскольку ошибки конструкторами корректируются практически сразу после их возникновения, у них не возникает больших сложностей для их исправления. При этом в базу ложатся корректные данные, на базе которых строятся спецификации, ведомости покупных и без ошибок передаются данные в SAP.

УДК 538.9:535.8

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В КАЧЕСТВЕ АНТИБЛИКОВЫХ

Н.Ф. Соловей¹, Е.А. Кулеш², Н.Н. Федосенко², А.С. Шантыко¹,
Д.Л. Горбачёв²

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

²УО «Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», г. Гомель, Республика Беларусь

В качестве исходных материалов в работе использовались как стандартные промышленно-выпускаемые мишени на основе альфа-оксида алюминия Al_2O_3 , двуокиси кремния SiO_2 , окиси циркония ZrO_2 , диоксида титана TiO_2 , так и мишени диоксида титана TiO_2 сформированные золь-гель методом из металлоорганического соединения титана гидролизованного водой в присутствии изопропилового спирта.

Ранее нами показано, что рассматриваемый тип покрытий обладает высокой степенью однородности структуры, стабильностью оптических свойств в видимом диапазоне длин волн, минимальным коэффициентом объёмного износа. Наиболее выраженный эффект антибликового покрытия получается при значениях показателя преломления в пределах 1,95 – 2,21 и коэффициента поглощения в пределах 0,01-0,054 (для видимой области спектров).

В работе исследовалось влияние атмосферы азота на оптические и физико-механические свойства покрытий на основе альфа-оксида алюминия Al_2O_3 , двуокиси кремния SiO_2 , окиси циркония ZrO_2 , диоксида титана TiO_2 , а также мишени диоксида титана TiO_2 сформированные золь-гель методом.

Для покрытия, сформированного из мишени TiO_2 синтезированной по золь-гель технологии, наблюдаются более сглаженные спектры отражения без наличия выраженных пиков в видимой области спектра, причём покрытие TiO_2 из золь-гель мишени характеризуется наиболее низкими значениями коэффициента отражения в исследуемом диапазоне по сравнению с другими образцами покрытий.

Экспериментально получены спектральные зависимости степени поляризации азот содержащих покрытий для разных углов падения к поверхности отражённого излучения и прошедшего через покрытие излучения.

Показано, что при поляризации отражённого излучения, пик максимума поляризации со значением около 60% приходится на длины волн

от 500 до 700 нм при угле падения излучения 60° . Наиболее равномерным спектральным распределением степени поляризации отражённого излучения обладает однослойное покрытие ZrO_2+N_2 .

Определение оптических постоянных (коэффициент преломления, физическая толщина покрытий) проводилась на двух приборах – спектрофотометре PhotonRT и эллипсометре ЛЭФ-757. Наряду с полученными данными (табл. 1), представлены также и расчётные значения, вычисленные на основании табличных значений показателя преломления и регистрируемой в процессе нанесения покрытия оптической толщины слоёв.

Покрытия, для нанесения которых использовались мишень SiO_2 и мишень TiO_2 , изготовленная золь-гель методом, имеют значения показателя преломления наиболее близкие к расчётным (табл. 1). Отклонения от табличных значений для других покрытий, вероятнее всего, вызвано как некоторым отличием оптических свойств тонких покрытий от значения таковых для объёмных материалов, так и изменению оптических свойств благодаря наличию пор и влиянию на результаты измерения шероховатости поверхности, а также особенностей формирования структуры покрытия и присутствию в объёме покрытия остаточных атмосферных газов.

Таблица 1 – Значения оптических постоянных покрытий

Тип мишени	Расчетные		Спектрофотометрический метод		Эллипсометрический метод	
	N	d, nm	n	d, nm	n	d, nm
ZrO_2	2,04	261	1,75	335	1,86	230
Al_2O_3	1,98	269	1,53	244,8	1,57	242
SiO_2	1,46	364	1,46	403	1,46	219
TiO_2	2,55	208,6	2,01	203	1,87	204,5
TiO_2 золь-гель	2,55	208,6	2,59	234	2,57	298,6

Получены спектральные значения показателей преломления азотсодержащих покрытий (рис. 1).

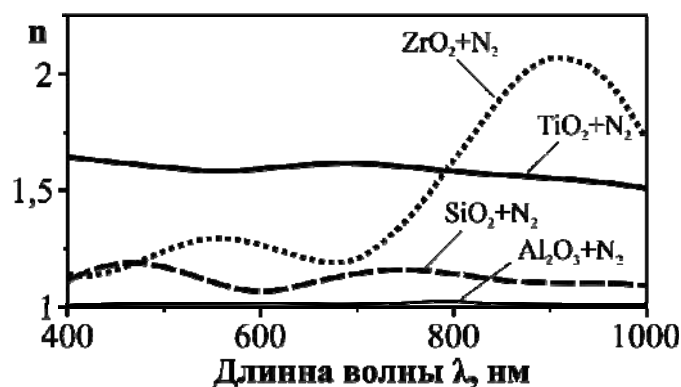


Рис. 1. Зависимость показателя преломления азотсодержащих покрытий от длины волны излучения

Как видно из графиков спектральной зависимости показателей преломления (рис. 1), максимальным значением показателя преломления обладает покрытие ZrO_2+N_2 со значением 2,1 на длине волны около 900 нм. Максимально стабильным значением показателя преломления в исследуемом спектральном диапазоне обладает покрытие TiO_2+N_2 , со средним значением $n=1,65$.

В ходе проведённых исследований, показано, что покрытия, сформированные из мишени SiO_2 и мишени TiO_2 изготовленной золь-гель методом, обладают морфологией поверхности и оптическими свойствами, наиболее подходящими для формирования на их основе многослойных интерференционных систем с заданными свойствами. Низкая шероховатость поверхности, однородность структуры, а также стабильность оптических свойств в видимом диапазоне длин волн позволяют свести к минимуму потери, возникающие при переходе излучения из одной среды в другую, а большая разница между показателями преломления для данных покрытий позволяет проектировать интерференционные системы с минимально возможным количеством слоёв.

Сочетание простоты подготовки исходных материалов по золь-гель технологии и вакуумного электронно-лучевого нанесения покрытий, позволяет создавать слои и многослойные системы на их основе, обладающие повышенными эксплуатационными характеристиками, что открывает новые возможности при создании высокоэффективных антибликовых покрытий на экране бортового компьютера сельскохозяйственной техники.

УДК 631.33

НОВИНКИ И РАЗВИТИЕ АКЦИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ МАШИН BOSCH REXROTH

А.А. Тумель

ООО «Линтера ТехСервис», г. Минск, Республика Беларусь

В современном мире, механизация и автоматизация производственных процессов в области мобильного транспорта заключается в первую очередь в механизации и автоматизации самой транспортной машины. Задача эта решается с помощью различных типов приводов. На сегодняшний день, трудно переоценить важность гидрообъемных передач среди таких приводов. Не для кого ни секрет, что компания Bosch Rexroth является лидером в производстве объемных насосов и гидромоторов и имеет обширную номенклатуру этих машин. Благодаря этой номенклатуре, аксиально-поршневые машины Bosch Rexroth незаменимы в различных областях применения: дорожно-строительная техника, сельскохозяйственная техника, грузоподъемные машины и т.д.

Специалисты Bosch Rexroth постоянно работают над улучшением и модернизацией своих аксиально-поршневых машин и вот на последних улучшениях мы хотели бы заострить внимание.

1) Нерегулируемый гидромотор A2F (3 группы по давлению)

Прекращение
производства Серии
61



Ном./макс. давление	Размеры (см)															
	5	10	12	16	23	28	32	45	56	63	80	90	107	125	160	200
400 / 450 бар																

Поэтапный
ввод Серии 70



Ном./макс. давление	Размеры (см)															
	10	12	16	23	28	32	37	45	56	63	80	90	107	125	160	180
450 / 500 бар H								Группа 2 готова			Группа 1 готова		Группа 4 готова			
400 / 450 бар M						Группа 7 TBD PAR пока отсутствует	Группа 3b SOP готова	Группа 3a SOP готова								Группа 6 SOP 3й квартал 2020
300 / 350 бар N																

2) Регулируемый гидромотор A6V серии 65/71:

2.1) Увеличение максимального давления до 530 бар (для определенных условий эксплуатации)

Преимущества:

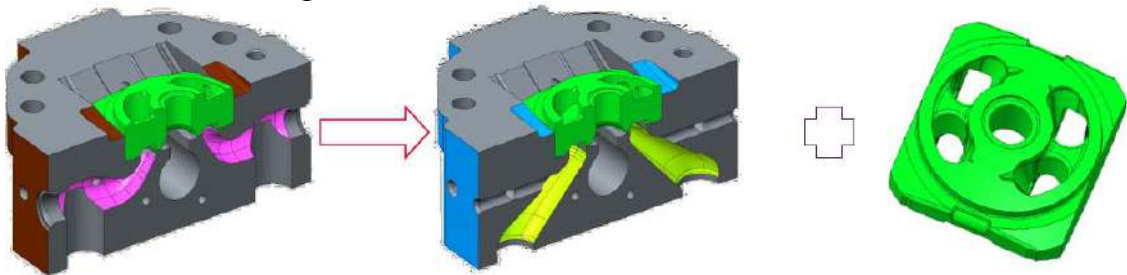
- более высокий тяговый момент для приводного механизма, при одном и том же передаточном отношении механизма.

- при изменении передаточного отношения приводного механизма, появляется возможность увеличить скорость передвижения без изменения максимального тягового усилия.

- Снижение энергопотребления за счет переключения рабочей точки в оптимальное положение

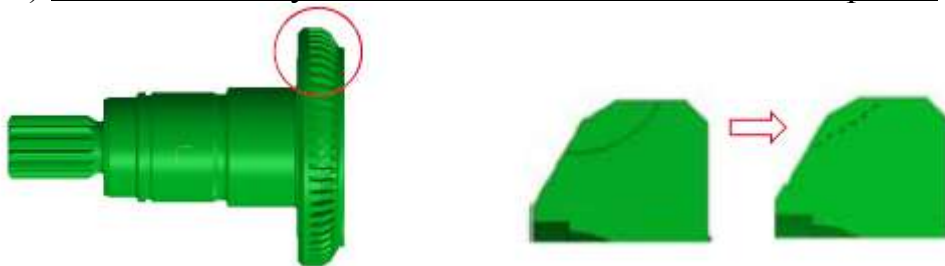
2.2) Увеличение эффективности:

- Модификация пластины с портами А и В, а также распределительного диска для моторов от 80сс до 215сс.



Входное и выходное отверстие расширены и оптимизированы с помощью фасок и скруглений. При большом потоке, эффективность увеличивается от 2% до 4%.

2.3) Оптимизация зубчатого колеса датчика числа оборотов:



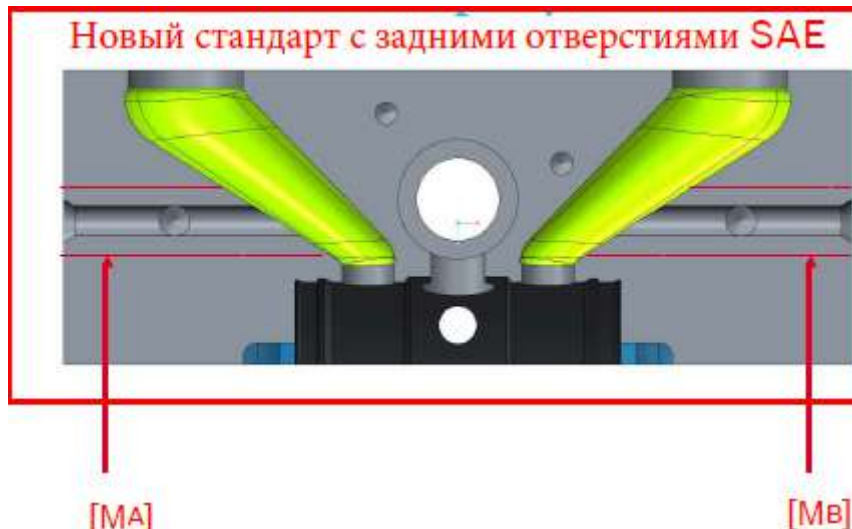
- значительно снижение потерь от разбрызгивания масла.

2.4) Дополнительные боковые отверстия (по запросу) для точек замера давления – для типоразмеров 80сс – 215сс:

Входная пластина нового стандарта: задние рабочие порты с заглушенными малыми поперечными отверстиями для замера давления.

Опция:

- увеличенные поперечные отверстия для боковых отверстий МА, МВ



2.5) Преимущества для заказчика:

- Остались без изменений: монтажные размеры, основные габаритные и присоединительные размеры (как и в серии 63)
- Точная настройка диапазона давления, за счет дополнительных типоразмеров серии 71
- Увеличенные сливные порты «Т».
- Все резьбовые порты с уплотнительным кольцом по ISO 6149.
- Снижение потерь потока и потерь от разбрызгивания.
- Более высокий промывочный поток начиная от типоразмера 107.
- Серия 71 (9-ти поршневой узел вращения):
 - Улучшенная производительность при низкой скорости вращения и более высокий входной поток.
 - Высокий КПД пускового момента.

3) **Насос A4VG серии 35 (текущее состояние):**



Технические данные:

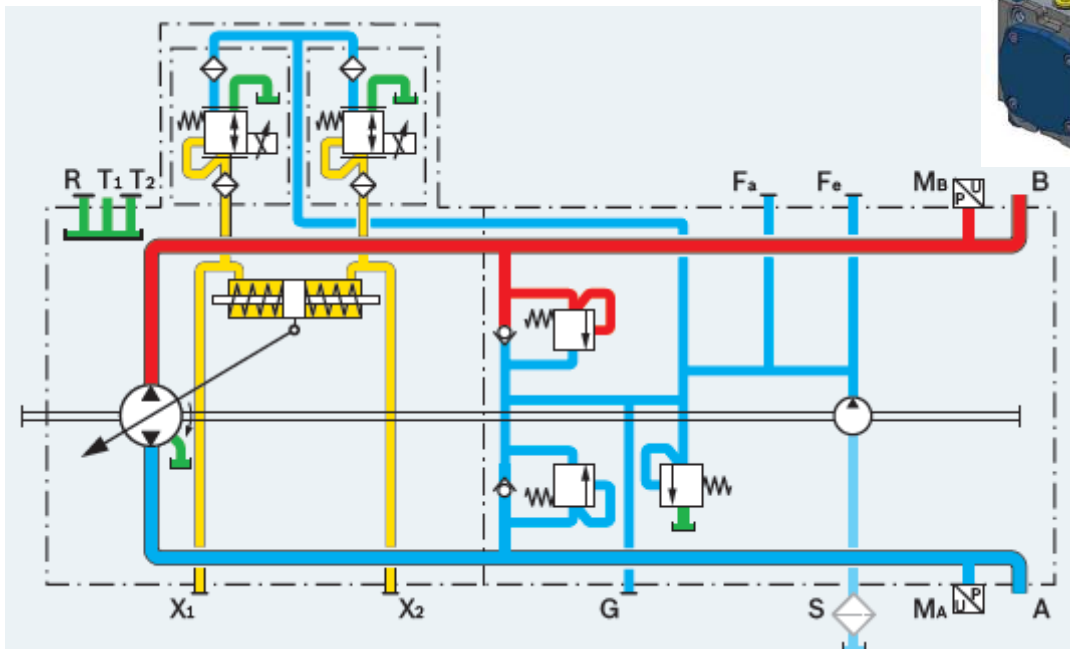
- типоразмеры: 56, 71 и 90cc
- устройство управления: ET – электронное управление
- номинальное давление: 400 бар
- максимальное давление: 500 бар
- каталог техн. данных: 92035
- инструкция по применению: 92035-01-B

- Компактная конструкция и высокая энергоемкость,
- Оптимизированы габариты для установки и вес,
- Усовершенствованная роторная группа A4VG серии 32,

- Минимальное количество уплотнительных соединений
- Оптимизировано модульное исполнение сквозного привода
- Предназначен для электроприводов с высокой динамикой и чувствительностью к нагрузке.

3.1) Отличительные особенности:

- Два встроенных электрических клапана DRE с независимым управлением;
- предохранительные клапаны высокого давления (с прямым управлением);
- Отсечка давления реализуется через функцию программного обеспечения;
- Фильтрация: в линии всасывания или в линии давления подпиточного насоса;
- героторный подпиточный насос;
- Конфигурации:
 - 2 х- болтовой монтажный фланец SAE-C (типоразмер 56)
 - 2х и 4- болтовой монтажный фланец SAE-C (типоразмеры 71, 90)
 - порты A и B на одной стороне
 - сквозной привод размером до SAE-C



3.2) Преимущества для заказчика:

- Конструкция основана на отлично зарекомендовавшей себя роторной группе насосов 32 серии и оптимизирована с учетом возможных нагрузок в приводах хода, чтобы удовлетворить потребность в более высоких

уровнях давления до 530 бар и обеспечить наилучший гидравлический КПД.

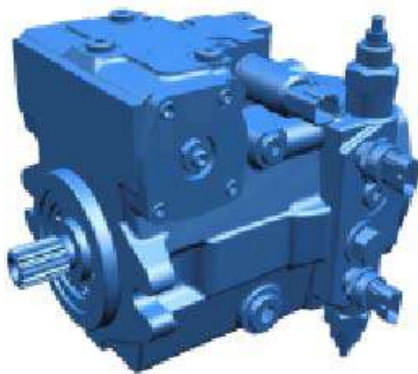
→ Снижение расхода топлива приводит к улучшению ТСО (Совокупная стоимость владения).

→ Серия 35 является необходимой продукцией для достижения TIER5 и будущих ограничений эмиссии.

→ Функциональная диагностика и регистрация измеренных данных в электронных приводах обеспечивается с помощью датчиков.

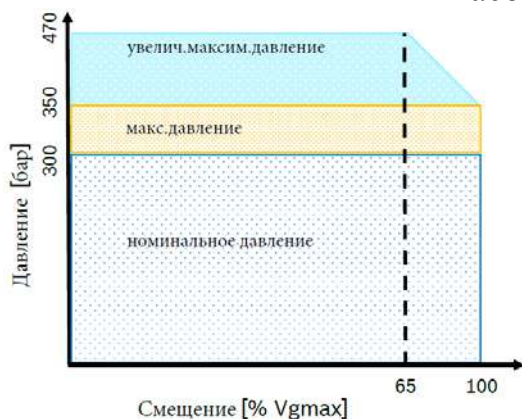
→ Поставка от одного поставщика полного пакета: насос A4VG с гидромоторами A6VM и программным обеспечением BODAS-drive DRC/eDA. Эти компоненты могут оптимально регулироваться по отношению друг к другу и, следовательно, работать с максимально возможной эффективностью для того, чтобы наилучшим образом использовать установленную мощность двигателя.

4) Насос A10VG серии 10:

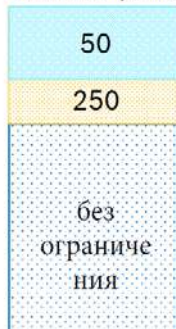


Увеличение максимального давления 470 бар для типоразмеров 28cc и 45cc с управлением ET

- нет увеличения максимального входного крутящего момента насоса, при увеличении давления насоса от 350 бар до 470 бар.
- при увеличении давления насоса от 350 бар до 470 бар, максимальная производительность насоса должна быть снижена до 65%.



Общий допустимый период эксплуатации [ч]



Единичный период эксплуатации при макс. давлении не может превышать 10 с. Сумма единичных периодов эксплуатации не должна превышать общего допустимого периода эксплуатации равного 300 часам.



5) Блок управления ET 3/4 для насоса A10VG 28, 45 серии 10 и насоса A4VG 28, 40 серии 32

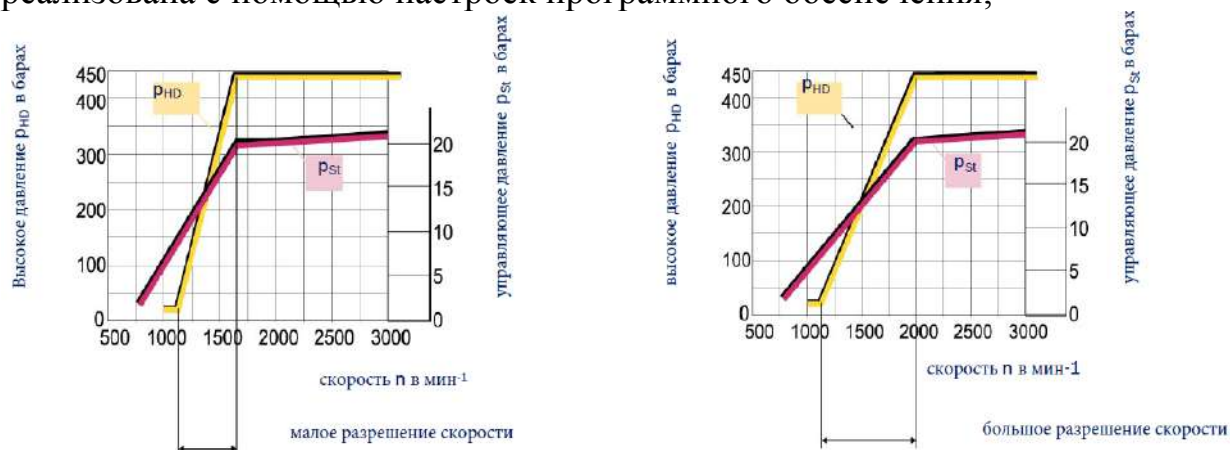
Характеристики и электронные компоненты:

- При использовании датчиков давления PR4 и программного обеспечения BODAS, нет необходимости в клапане отсечки давления;

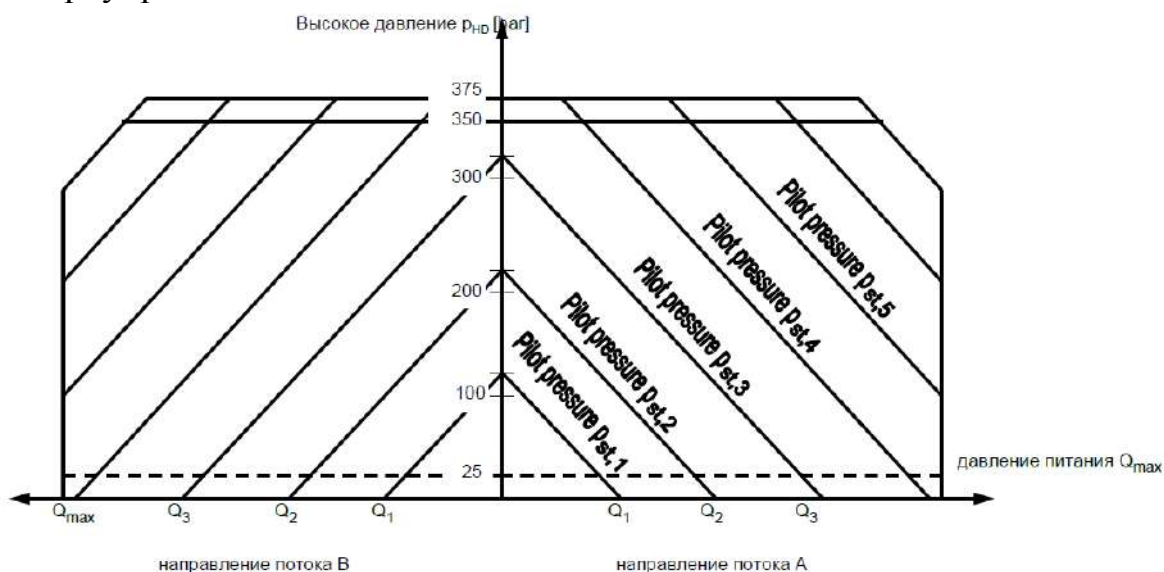
- Для eDA необходимы датчики скорости и давления, а также контроллер RC и программное обеспечение BODAS;



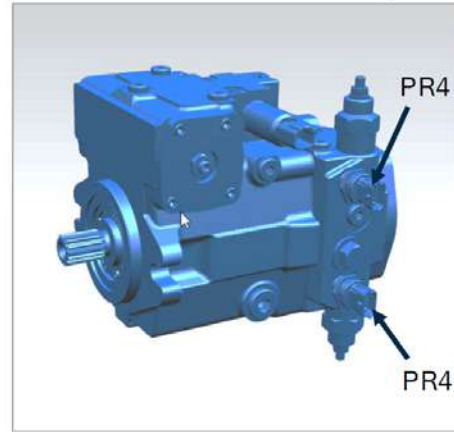
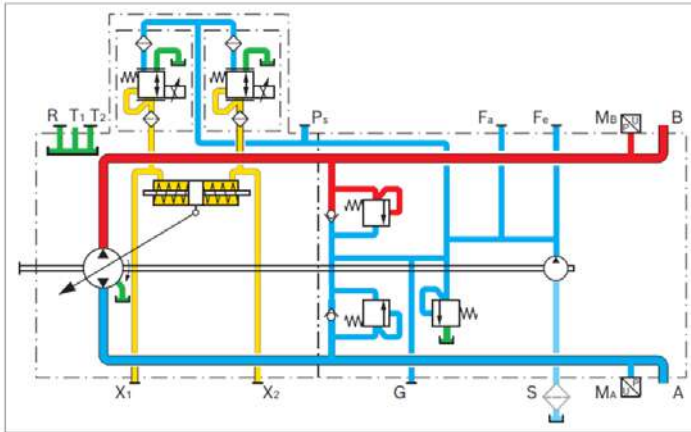
- Динамика привода хода (резкая, плавная, и т.д.) может быть легко реализована с помощью настроек программного обеспечения;



- режим работы насоса при движении вперед/назад, зависит от давления управления с пропорционального редукционного клапана FTDRE2 с электроуправлением.



Функциональная схема:

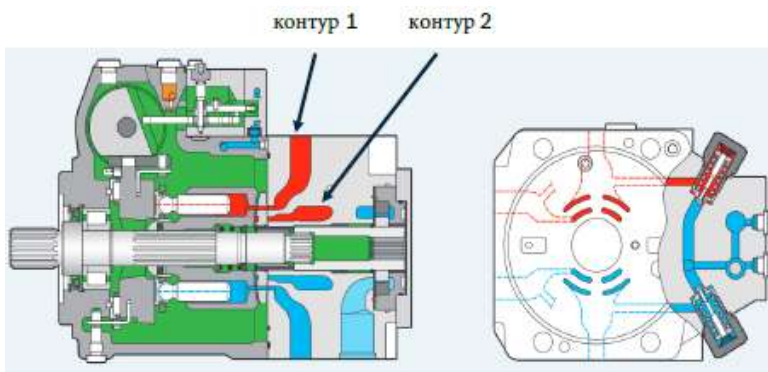


Преимущества для заказчика:

- Возможность электрификации аксиально-поршневых машин замкнутого контура;
- Любой режим гидравлического управления может быть осуществлен с помощью программного обеспечения и датчиков;
- Ручная регулировка с помощью пакета пружин более не требуется;
- Простое переключение на различные режимы привода, осуществляется оператором;
- Возможность более интеллектуальной и эффективной работы.

6) Насос A30VG 28 серии 10:

Возрождение насоса с разделным потоком:



Технические

данные:

- номинальное давление: 300 бар
- пиковое давление: 350 бар
- типоразмер: 2 x 28cc
- каталог техн. данных: RD/RE 93430

Характеристики:

- Короткий и компактный насос для питания 2-х замкнутых контуров с двумя разными потоками;
- Управление одним насосом для обоих контуров;
- Для достижения блокировки дифференциала, встроены следующие функции:
 - сквозной привод,
 - датчик угла поворота.

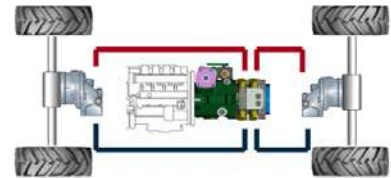
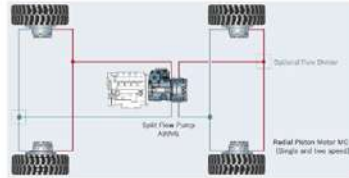
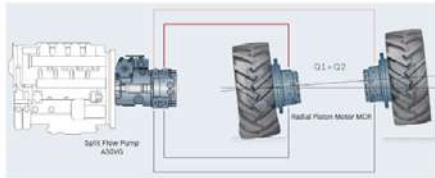
Контроллеры:

- **NW** – пропорциональное механическое управление;
 - **EP** - пропорциональное электрическое управление.
- Примеры применения (антипробуксовочная система):

привод 2-х колес

AWD w. MCR (блокировка дифференциала)

синхронизация осей



Преимущества для заказчика:

- В насос встроены все функции для блокировки дифференциала;
- Нет необходимости в делителе потока;
- Повышенная эффективность;
- экономия энергии на охлаждении;
- уменьшенный расход топлива, соответственно уровень выбросов;
- сокращение затрат на укладку гидравлических линий;
- уменьшение ТСО;
- меньше гидравлических аппаратов, соответственно меньше вероятности утечек гидравлической жидкости.

УДК 330

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТОВАРОВ ТРАКТОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

О.И. Михайлова

ГУО «Новодворская базовая школа»,
Аг. Новый Двор, Пинский район, Республика Беларусь

В условиях современной экономики и существующих в ней проблем наиболее актуальным является вопрос повышения конкурентоспособности отечественных сельскохозяйственных предприятий, что обусловлено серьезной угрозой продовольственной безопасности страны и острой необходимости импортозамещения.

Изучение факторов конкурентоспособности на мировом рынке тракторов является актуальной темой для Республики Беларусь, так как тракторостроение является одной из важных отраслей экономики страны. Тракторостроение в Беларуси представлено «Минским тракторным заводом». Несмотря на глобальный характер мирового рынка тракторов, в нем можно выделить отдельные региональные рынки со своими особенностями. Наиболее крупными и технологически развитыми уже продолжительное время остаются рынки стран ЕС и США.

Конкурентоспособность является экономической категорией (характеристикой), определяющей рыночный механизм воздействия на производителей товаров и услуг, заставляя их повышать производительность и эффективность производственно-сбытовой деятельности под угрозой вытеснения с конкретного целевого рынка

Под конкурентоспособностью понимают «характеристику продукции, которая отражает её отличие от товара-конкурента как по степени соответствия конкретной общественной потребности, так и по затратам на её удовлетворение». Высокая конкурентоспособность подразумевает обычно большую вероятность коммерческого успеха продукта на данном рынке.

На предварительном этапе оценки конкурентоспособности товара необходимо определение: всех его характеристик, включая и те, которые можно выявить только в процессе его потребления (эксплуатации); целей оценки конкурентоспособности, которые зависят от стадии жизненного цикла товара, от стратегии и планов развития предприятия; целевого сегмента рынка; если таковых окажется несколько, то оценку конкурентоспособности товара необходимо проводить для каждого сегмента отдельно.

По мнению экспертов (аналитика Oliver Wyman/ Strategy Partner), для продукции тракторного машиностроения оценка потребительских качеств сельскохозяйственной техники в порядке важности для клиентов: -

качество продукции; - сервис и запчасти; - уровень цен; - продуктовый ряд; - технологический уровень; - сеть дистрибуции.

В процессе оценки конкурентоспособности продукции необходимо руководствоваться следующими принципами: противоположности целей и средств субъектов рынка; учета особенностей различных сегментов рынка; квазистабильности рыночной конъюнктуры в период проведения исследований; преимущественно рационального поведения субъектов рынка.

Изучив ряд литературных источников можно сформулировать ряд мероприятий, проведение, которых позволит увеличить конкурентоспособность продукции. Самым распространенной версией по увеличению конкурентности продукции тракторной промышленности является версия по совершенствованию применяемых материалов, технологии, организации производства и управления. Однако стоит учитывать, что данный метод должен применяться лишь в совокупности с экономическими расчетами, так как не всегда новое может отвечать ценовой политике покупателей.

Так же можно предложить разработчикам и инженерам создать принципиально новые по конструкции машины, которые будут единственными на рынке. Сюда относят такое направление разработок, как создание нового поколения сельскохозяйственных машин, которые рассчитаны на работу в едином комплексе с трактором.

Необходимость индивидуализации продукции, которая ведет к преимуществу в конкуренции и защищает организацию от соперников в связи с тем, что покупатели отдают предпочтение конкретным производителям. Ясно, что при отсутствии диверсификации продукта трудно предотвратить метание покупателей между конкурентами

Реализация указанных направлений и мер позволяет улучшить потребительские свойства продукции (т. е. повысить ее потребительскую стоимость) и снизить цену ее потребления (т. е. стоимость), что, в конечном итоге, повышает уровень конкурентоспособности данной продукции.

Литература

1. Завьялов П. С. Маркетинг в схемах, рисунках, таблицах. М.: ИНФРА-М, 2007. С. 226
2. Захаров А.Н., Зокин А.А. Конкурентоспособность предприятия: сущность, методы оценки и механизмы увеличения // Бизнес и банки. – 2004. – №1-2.
3. Лифиц И.М. Конкурентоспособность товаров и услуг. 2-е изд., перераб и доп. - М.: Высшее образование, 2009. – 460 с.
4. Философова Т. Г., Быков В. А. Указ. соч. С. 58–59.

УДК 621.01

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ КУЛАЧКА С ПЛОСКИМ ТОЛКАТЕЛЕМ

Н.В. Иноземцева, А.Т. Бельский

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

Одним из недостатков кулачкового механизма является износ, как профиля кулачка, так и толкателя. Износ профилей зависит, как известно, от целого ряда факторов. Некоторые из них остаются без изменений для любых профилей кулачка. В то же время удельная скорость скольжения и удельное давление зависит от вида профиля.

Данная работа посвящена определению удельных скоростей скольжения, как для коромысла, так и для кулачка.

Удельная скорость скольжения V_{yc} представляет собой отношение скорости скольжения $V_{ск}$ к скорости V_k перемещения точки контакта по соответствующему профилю.

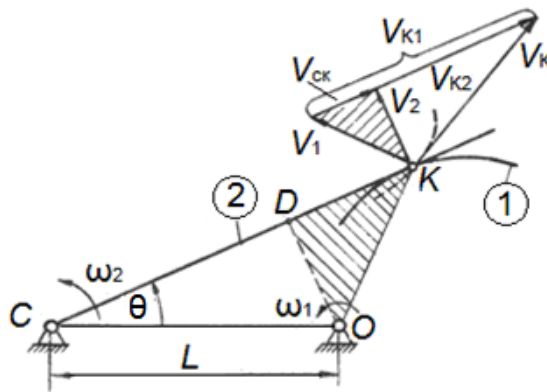


Рис. 1. Схема механизма для вывода формулы скорости скольжения

Найдем зависимость для определения скорости скольжения. Скорость точки K (рис. 1) коромысла направлена перпендикулярно к прямой CK и равна $V_2 = \omega_2 \cdot CK$.

Разложим скорость V_2 на две составляющие: одна из них, направленная перпендикулярно OK , представит скорость V_1 точки K кулачка; другая же, параллельная CK , будет искомой скоростью скольжения $V_{ск}$.

Скорость V_1 можно определить по выражению $V_1 = \omega_1 \cdot OK$.

Для определения скорости скольжения проведем перпендикуляр из точки O на отрезок CK и получим точку D .

Рассмотрим подобие заштрихованных треугольников (рис. 1).

$$\frac{V_{ск}}{V_1} = \frac{OD}{OK}, \text{ откуда } V_{ск} = V_1 \frac{OD}{OK} = \omega_1 \cdot OK \frac{OD}{OK} = \omega_1 \cdot OD.$$

Из чертежа имеем $OD = L \sin \theta$, следовательно $V_{ск} = \omega_1 \cdot L \sin \psi$.

Если отсчитывать перемещение точки контакта по коромыслу от неподвижного центра C , обозначая расстояние CK через l , то получим

$$V_{к2} = \frac{dl}{dt} = \frac{d}{dt} \left(L \frac{\cos \theta}{1 - \frac{d\psi}{d\varphi}} \right) = L \omega_1 \frac{-\sin \theta \frac{d\theta}{d\varphi} \left(1 - \frac{d\psi}{d\varphi} \right) + \frac{d^2\psi}{d\varphi^2} \cos \theta}{\left(1 - \frac{d\psi}{d\varphi} \right)^2}.$$

Удельная скорость скольжения для коромысла равна

$$V_{yc2} = \frac{V_{ск}}{V_{к2}} = \frac{\left(1 - \frac{d\psi}{d\varphi} \right)^2}{\frac{d^2\psi}{d\varphi^2} \operatorname{ctg} \theta - \left(1 - \frac{d\psi}{d\varphi} \right) \frac{d\psi}{d\varphi}}.$$

Учитывая, что $V_{к1} = V_{ск} + V_{к2}$ (рис. 1), нетрудно получить выражение для определения удельной скорости для кулачка

$$V_{yc1} = \frac{\left(1 - \frac{d\psi}{d\varphi} \right)^2}{\frac{d^2\psi}{d\varphi^2} \operatorname{ctg} \theta - \left(1 - \frac{d\psi}{d\varphi} \right) \left(1 - 2 \frac{d\psi}{d\varphi} \right)}.$$

Таким образом, получены зависимости для расчета удельных скоростей скольжения для коромысла и кулачка в зависимости от закона движения толкателя, которые необходимы для определения ожидаемого износа контактируемых поверхностей.

Литература

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин / И.И. Артоболевский. – М. : Альянс, 2008. – 640 с.

УДК 658.512.011.56

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

С.В. Рогов

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

В условиях эксплуатации машин и механизмов между контактирующими поверхностями деталей возникает износ, это приводит к их выходу из строя, чтобы продлить долговечность, необходимо увеличить твердость, тем самым износостойкость. Одним из перспективных упрочняющие-восстанавливающих способов повышения износостойкости поверхностей является магнитно-электрический метод упрочнения или восстановления деталей машин. Суть метода состоит в том, что при комбинированном воздействии электрических и магнитных полей микрочастицы ферромагнитного порошка ориентируются, распределяются и переносятся, при расплаве на упрочняемую поверхность.

Формообразование упрочненного слоя детали происходит дискретно, в результате одновременного протекания двух процессов: наплавки и контактной приварки микроэлектродов к упрочняемой поверхности и ее электрической эрозии под воздействием микродуговых разрядов. Упрочненная поверхность представляет собой множественное сочетание наплавленных на металл куполообразных выступов высотой 0,1...0,15 мм (максимально до 0,3 мм), состоящих из материала микроэлектродов (ферробора).

Между выступов могут располагаться относительно небольшие незаплавленные участки, а также электроэрозионные микрократеры глубиной до 0,05...0,1 мм. Под слоем наплавленных выступов имеется переходной слой толщиной 0,03...0,07 мм. Ещё ниже находится зона термического влияния со средней толщиной 0,15...0,2 мм.

По мере увеличения сплошности слоя, процесс переноса материала микроэлектродов на материал подложки затухает, слой на слой не ложится.

В результате проведения экспериментов с использованием различных экспериментальных установок, были исследованы ряд параметров: твердость, шероховатость, микрорельеф и микроструктура, сформировавшейся поверхности с помощью магнитно-электрического упрочнения. Установлены закономерности изменения содержания дисперсных включений боридов и карбиборидных соединений типа B_4C , $B_{56}C$ по глубине упрочненной зоны в зависимости от химического состава ферромагнитных порошков и основы металла. Проведены исследования основных параметров микротопографии поверхности (R_a , R_{max} , R_z , r , S) и твердости поверхности (сталь 45, сталь 40X) после магнитно-

электрического упрочнения ферропорошками ФБ-17 и ФХБ-1. Исследуя микропрофиль путем построения графика установлено, что сплошность нанесенного слоя на исходном, номинальном уровне не превышает 85...95% даже после электроконтактного сглаживания упрочненной поверхности.

При абразивном изнашивании обработанной поверхности определяющим фактором является градиент физико-механических свойств металлической поверхности, обусловленный формированием развитой фрагментированной структуры. Предложена конструкция технологической установки для упрочнения и восстановления быстроизнашивающихся поверхностей.

Этот метод позволяет создать твердый поверхностный слой тем самым увеличить износостойкость и долговечность контактирующих поверхностей.

Однако степень шероховатости после упрочнения достаточно высока, что приводит к достаточно трудоёмкой механической обработки. По своим технологическим возможностям магнитно-электрическое упрочнение занимает промежуточное положение между “грубым” электроискровым легированием (МЭУ более производительнее, легче поддается автоматизации, больше толщина упрочненного слоя) и вибродуговой наплавкой (меньше нагрев упрочняемых деталей: при МЭУ - не более 150...200 °С, существенно проще достигается точечно-импульсный характер процесса).

Одним из перспективных и ранее не исследовавшихся направлений является использование способа МЭУ при восстановлении изношенных посадочных мест под подшипники качения. Эта задача весьма актуальна, например, при восстановлении посадок с натягом при ремонте роторов электродвигателей. Износ посадочных мест здесь относительно мал (0,05...0,15 мм на диаметр), а обычно применяемая наплавка с последующей проточкой не обеспечивает, как правило, необходимой твердости слоя, да и вызывает большие температурные деформации роторов с необходимостью их правки. Здесь преимущества МЭУ (высокая износостойкость упрочненного слоя, малый нагрев упрочняемой детали) могут обеспечить его высокую эффективность. Но, с другой стороны, известно, что прочность прессовых соединений, которая характеризуется усилием распрессовки и его стабильностью, зависит от сплошности сопрягаемых поверхностей. Поскольку при МЭУ сплошность слоя не достигает 100%, были проведены исследования прочности посадок с натягом, восстановленных данным методом. Сплошность упрочненной поверхности в пределах 75...80% не сказывается отрицательно на прочности посадок.

УДК 669.056.017

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРОЧНЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

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

Современным предприятиям в условиях все возрастающей конкуренции и требований к качеству выпускаемой продукции необходимо комплексное решение проблем повышения надежности и срока службы машин и механизмов. Ведущие фирмы-производители сельскохозяйственных машин выпускают, например, сменные детали (ножи измельчающего аппарата кормоуборочных машин, подрезающие ножи ботвы свеклоуборочных комбайнов, ножи косилок и кукурузных жаток, диски борон, оборотные лапы культиваторов, стрелчатые лапы и др.) нового поколения [1]. Они характеризуются высокими физико-механическими свойствами и показателями работоспособности. Конкурентоспособность изделий обеспечивается наукоемкими технологиями и соответствующим стальным прокатом. Как правило, используемые технологии являются интеллектуальной собственностью разработчиков. В этих целях зачастую целесообразно использование технологий лазерной поверхностной обработки [2]. В настоящее время лазерные технологии прочно заняли свои позиции в промышленности ведущих стран мира.

Следует отметить, что в этом плане в Физико-техническом институте НАН Беларуси накоплен определенный опыт по применению технологий лазерного модифицирования применительно к рабочим поверхностям некоторых типов быстроизнашивающихся деталей рабочих органов сельхозмашин [1-4]. Плодотворное сотрудничество осуществлялось со специалистами ПО «Гомсельмаш» [3,4], ОАО «Бобруйскагромаш», ОАО «Минский РАС», БГАТУ [1] и др. Лазерная технология упрочнения была апробирована для различного рода ножей и дисков. Для модифицирования такого типа деталей использовался метод предварительного нанесения и последующего лазерного оплавления износостойкого покрытия. По результатам исследований предложены марки сталей (35ХГСА, 40ГР, 50ХФА, 60ПП, 9ХФ...) и покрытий для изготовления деталей ножей типа: измельчителей кормоуборочных машин, кукурузных жаток, дообрезки ботвы, РСК, ИРК, косилок, дисков сеялок и борон, работающих при отличающихся условиях с целью достижения необходимого уровня эксплуатационных характеристик.

На основе проведенных мероприятий отработаны опытные технологические процессы лазерного поверхностного упрочнения указанных де-

талей. Оптимизация данных процессов проводилась по следующим направлениям: подготовка поверхности деталей, скоростные режимы и схемы лазерного модифицирования, режимы охлаждения деталей в процессе лазерной обработки, режимы термической закалки и отпуска деталей. Для ряда деталей осуществлены предварительные испытания, а для ножей кормоуборочного комбайна «JAGUAR 840», «JOHN DEERE», ротационных косилок КРН-2.1, дообрезки ботвы свеклоуборочного комбайна КСН-6, сегментных ножей кукурузных жаток «CHAMPION 360» и ПКК-02 выполнены приемочные полевые испытания. В конечном итоге установлено, что ресурс работы изготовленных по разработанной технологии ножей комбайна «JAGUAR 840», «JOHN DEERE», кукурузной жатки «CHAMPION 360» и ротационных косилок на наших полях может не уступать зарубежным аналогам, например, немецких фирм «Lund», «Kemper», «Krone» и др. При этом ресурс работы подвергнутых лазерному модифицированию ножей косилок в 2-3 раза выше, чем у серийно выпускаемых предприятиями нашей республики. Сделан вывод, что организация выпуска упрочненных деталей позволит получить значительный экономический эффект по линии импортозамещения.

Сегодня лазерная технология упрочнения успешно используется в производстве ПО «Гомсельмаш» при выпуске измельчающих ножей из оригинального высокопрочного чугуна для кормоуборочного комбайна типа КВК-800. В ФТИ НАН Беларуси для организаций, занимающихся поставкой запчастей к сельхозтехнике, периодически ведутся работы по упрочнению некоторых типов ножей из стального проката. В институте продолжаются также исследования по дальнейшему развитию лазерных технологий модифицирования, намечены перспективные пути по совместной лазерной и ТВЧ обработке рабочих поверхностей быстроизнашивающихся деталей.

Литература

1. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило, Г.Ф. Бетенья, Л.А. Маринич, В.С. Голубев и др. – Минск: БГАТУ, 2010. – 320 с.
2. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке / С.А. Астапчик, В.С. Голубев, А.Г. Маклаков. — Минск: Белорусская наука, 2008. — 252 с.
3. Ивашко В.В. Нож для кормоуборочных машин / В.В. Ивашко, В.С. Голубев, А.А. Дюжев, Н.Ф. Соловей // Патент РБ. – № 2696 от 01.02.2006 г.
4. Голубев В.С. Повышение износостойкости бейнитного высокопрочного чугуна при лазерной обработке / В.С. Голубев, Н.В. Псырков, Д.С. Чумак, Ю.А. Колупаев // В сб. межд. н.-т. конф. «Современные методы и технологии создания и обработки материалов» — Минск: ФТИ НАН Беларуси, 2014. – Т.2, 123 – 129.

УДК 621.365.53

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ЗАГОТОВОК

И.И. Вегера, Э.В. Гайлевич, В.Е. Ходюш, А.В. Денисов
ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время перед промышленностью остро стоит проблема выпуска качественной и конкурентоспособной продукции. Требования качества в полной мере относятся и к процессам нагрева металлов под последующую деформацию, которые играют важную роль в обеспечении необходимых требований к получаемым поковкам.

На сегодняшний день в кузнечных производствах для нагрева заготовок используется различное оборудование, это прежде всего проходные газовые или электропечи. Основными недостатками их являются: большое потребление природного газа или электроэнергии; низкое качество заготовок за счет длительной выдержки; низкая степень механизации; низкий к.п.д.; большие финансовые затраты на ремонт и обслуживание. Современное развитие кузнечных производств последние годы ориентируется на замену печного оборудования на более энергоэффективные и производительные технологические процессы, к которым в полной мере относятся скоростные методы нагрева такие, как индукционный, высокочастотный, лазерный нагрев и др. [1-4].

Применение индукционного нагрева для заготовок взамен газового имеет ряд преимуществ: высокий к.п.д. (0,95...0,97); оперативность выхода на рабочий режим работы (время нагрева заготовки до 1150...1250°C в индукторе составляет десятки секунд), компактность индукционных установок. Данное оборудование позволяет встраивать его в линию кузнечно-прессового оборудования; обеспечивает высокую производительность операций нагрева; уменьшение на поверхности заготовок окалины, исключение обезуглероженного слоя.

Несмотря на то, что основным преимуществом индукционного нагрева является энергоэффективность и высокий КПД, проблема его использования в кузнечных цехах сохраняется. Основные проблемные вопросы связаны с разработкой и проектированием индукторов для нагрева каждого типоразмера заготовок. В связи с этим снижается производительность из-за частых переналадок, необходимо нести затраты на изготовление и содержание большого парка индукторов. Так же существует проблема наладки большой номенклатуры индукторов с преобразователями час-

тоты. Не менее остро стоит задача разработки технологии нагрева и управление ее параметрами.

Для решения вышеперечисленных проблем будет разработана энергоэффективная технология и многофункциональный комплекс оборудования для индукционного нагрева заготовок в кузнечном производстве «ГОМСЕЛЬМАШ», которое обладает широчайшей номенклатурой около 1000 видов поковок, при низкой годовой серийности от нескольких десятков и сотен до нескольких тысяч поковок. Комплекс, который планируется укомплектовать специальными индукторами, позволяющими нагревать заготовки, объединенные в типовые группы, и таким образом, будет в несколько раз сокращена номенклатура индукторов.

Для нагрева такой широкой номенклатуры индукторы будут типовые и смогут работать на любой линии. Для запитывания индукторов будет разработана серия преобразователей частоты, позволяющая работать с широкой номенклатурой индукторов в режиме автоподстройки. Данные источники питания имеют возможность хранения в памяти большого количества настроек и не требуют постоянной переналадки. В разрабатываемом комплексе будет впервые применена система промышленного интернета, которая заключается в том, что все источники и их нагрузки объединены в локальную сеть с возможностью выхода в сеть интернет.

В соответствии с техническим заданием спроектированы следующие типы кузнечных нагревателей (КИН): КИН 250 кВт для КГШП 1600, КИН 550 кВт для КГШП 2500, КИН 1000 кВт для КГШП 4000. Для каждого индуктора и группы заготовок проведен комплекс расчетов с моделированием распределения электромагнитных полей по поверхности и построены оптимальные распределения температурных полей по глубине детали, позволяющие получить градиент по температуре не более 100 °С. Произведя сравнение энергетических показателей комплекса из преобразователя частоты и индуктора при работе на разных частотах были выбраны варианты с максимальной мощностью 250 кВт, 500 кВт, 1000 кВт с диапазоном рабочих частот 2.4-20 кГц. В таблице 1 приведены результаты расчета заготовок.

Таблица 1 - Расчет габаритных заготовок

Частота	Гц	2400	2400	2400
Длина индуктора	мм	2000	2000	3000
Диаметр индуктора	мм	150	190	180
Диаметр заготовки	мм	90	120	120
Длина заготовки	мм	125	180	180
Количество заготовок в индукторе	шт	15	11	16
Мощность	кВт	450	600	680
Темп нагрева	сек	17	32	25
Температура	С	1270	1270	1250
Неравномерность температуры	С	170	260	220
Неравномерность температуры через 20 сек	С	70	70	60

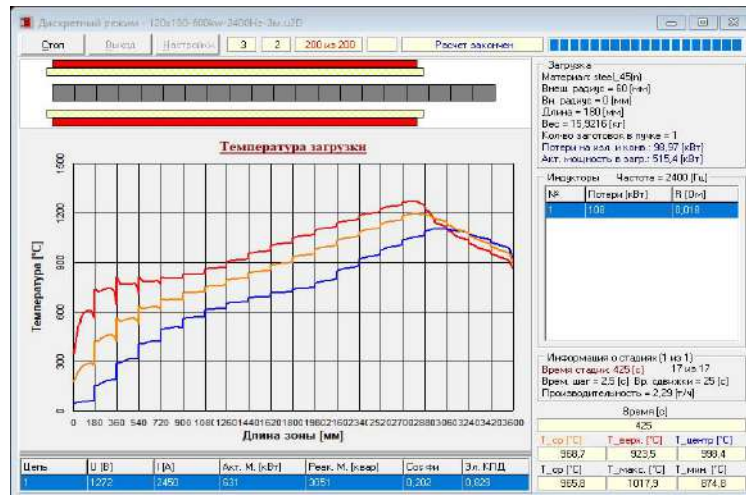
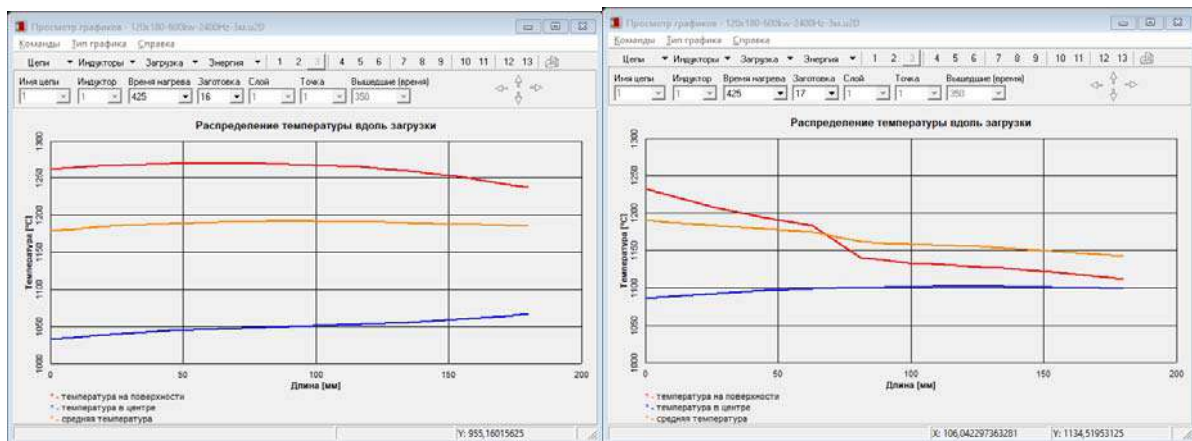


Рис. 1. Нагрев заготовок диаметром 120 мм



а)

б)

Рис. 2. Распределение температуры в заготовке: а) на выходе из индуктора; б) в заготовке через 20 сек после выхода из индуктора

Таким образом установлено, что для получения максимальной производительности при заданной неравномерности нагрева в диапазоне 50 °С, для установок мощностью 250 и 500 кВт выбран индуктор длиной 2000 мм, а для установки мощностью 1000 кВт – индуктор длиной 3000 мм. Данные режимы нагрева обеспечивают нагрев заготовок максимально диаметра для каждого типа КИН от 90 до 150 мм с высоким темпом выдачи. Кроме того, установлено, что возможен нагрев заготовок большого сечения на установках с индуктором длиной 2000 мм при увеличении времени нагрева одной заготовки.

При внедрении технологии и оборудования будет получен экономический эффект за счет экономии электроэнергии, а также за счет отказа от газопотребляющего оборудования. Замена машинных генераторов (с к.п.д. не более 70% и потреблением на холостом ходу до 30%

электроэнергии впустую), используемых в настоящий момент на предприятии, на современный полупроводниковый источник питания с к.п.д. не менее 95%, при двухсменной работе оборудования при коэффициенте загрузки 0,8 повлечет экономию энергоресурсов не менее, чем на 50%.

Литература

1. Головин Г.Ф., Зимин Н.В. Технология термической обработки металлов с применением индукционного нагрева. Л. Машиностроение. 1979.
2. Андрушкевич В.В. Энергоэффективные технологии с применением индукционного нагрева в трубной промышленности: дис. ... канд. техн. наук : 05.09.10 / В.В. Андрушкевич. – С.–Петербург, 2016. – 141 л.
3. Обработка изделий машиностроения с применением индукционного нагрева // Гордиенко А.И., Гурченко П.С., Михлюк А.И., Вегера И.И. – Минск: Белар. Навука. – 2009. – 287 с.
4. Актуальные проблемы прочности / Под редакцией В.В. Клубовича – Витебск: Из-во УО «ВГТУ», 2010. – 435 с. Глава 1 «Перспективы развития оборудования и технологий индукционного нагрева в Республике Беларусь». – С. 5 – 42.

УДК 621.762

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВОГО КОМПОЗИТА С РЕГУЛИРУЕМОЙ ПОРИСТОСТЬЮ БРОНЗОВОЙ МАТРИЦЫ

С.В. Шишков

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

В УО «ГГТУ им. П.О. Сухого» разработан способ изготовления антифрикционного биметаллического металлофторопластового композиционного материала [1]. Материал представляет собой стальную полосу (подложку) с напечёнными на неё сферическими частицами бронзы. Поры бронзового слоя заполнены фторопластом с присадками, который играет роль смазывающего наполнителя. Отличительной особенностью разработанной технологии является то, что она позволяет получать на стальной подложке бронзовый слой различной пористости, что в свою очередь дает возможность введение различного количества антифрикционного наполнителя (от 30 до 50 % от общего объема рабочего слоя). Все это сказывается на эксплуатационных характеристиках материала. Для их определения была исследована его микроструктура, а также проведены сравнительные испытания на трение и износ. Для испытаний был отобран материал с общей пористостью бронзовой матрицы 35% и 50%. В качестве аналога для сравнения использовалась металлофторопластовая лента Климовского машиностроительного завода (далее МФЛ). Из этих материалов были изготовлены подшипники скольжения типа свёртных втулок с внутренним диаметром $d = 6$ мм и шириной $b = 9$ мм. Подшипники работали по схеме «вал-втулка» с контртелом из закаленной стали (твердость 42..46 HRCэ) в двух режимах: «тяжелом» (давление на подшипник составляло 2 МПа при скорости 0,25 м/с) и «легком» (давление на подшипник составляло 1,1 МПа при скорости 0,45 м/с). В процессе работы подшипников контролировалась их масса. Результаты испытаний приведены в виде графиков (рис. 1), отображающих массовый износ в зависимости от пути трения.

Анализируя представленные зависимости (рис. 1,а), можно сделать вывод, что полученный материал с пористостью 35% характеризуется интенсивностью износа близкой к аналогу (МФЛ). Срок службы подшипников при данном (тяжелом) режиме нагружения составил порядка 130 часов. Материал с пористостью 48% имеет меньший срок службы (90 часов), чем у аналога. Это объясняется более низкой прочностью рабочего слоя данного материала.

Из графика (рис. 1,б) видно, что материал с пористостью бронзовой матрицы 48% имеет срок службы, значительно превышающий срок служ-

бы аналога, а также материала с пористостью 35%. Это объясняется тем, что данный материал обладает более низким значением коэффициента трения ввиду присутствия большего количества смазывающего наполнителя в зоне трения. Применение материала с увеличенной пористостью бронзового слоя наиболее эффективно в условиях «легкого» нагружения подшипников.

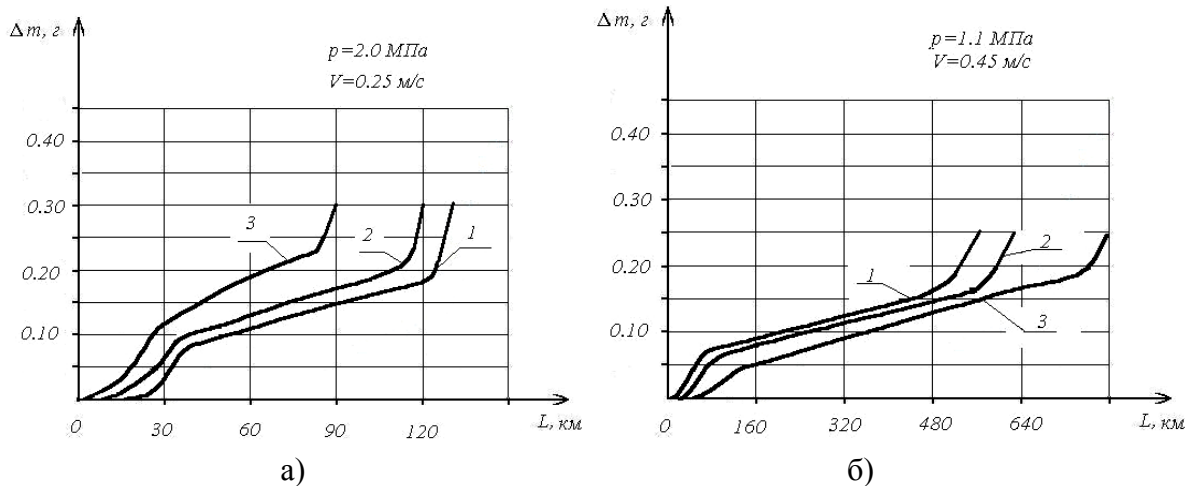


Рис. 1. График интенсивности износа подшипников в условиях «тяжелого» (а) и «легкого» (б) нагружения: 1 – металлофторопластовая лента МФЛ; 2, 3 – испытуемый материал с пористостью 35% и 48% соответственно

Таким образом, разработанная технология расширяет диапазон применения металлофторопластового композиционного материала, т.к. позволяет изготавливать материал с разной пористостью бронзовой матрицы (а, следовательно, и с разными эксплуатационными характеристиками) для конкретных режимов работы подшипников.

Литература

1. Бобарикин Ю.Л, Шишков С.В. Способ изготовления полосового антифрикционного металлофторопластового материала. – Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2011, №3, 3 – 9.

УДК 501.22:621.763

ИЗНОСОСТОЙКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕН- НОМ КОМПЛЕКСЕ: ПРИМЕНЕНИЕ И СВОЙСТВА

В.А. Калиниченко

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

При эксплуатации машин и оборудования важную роль играет снижение расходов на техническое обслуживание, плановые и текущие ремонты [1]. Одним из методов их уменьшения является повышение надежности узлов и агрегатов. В узлах трения данный аспект может быть решен с помощью выхода эксплуатационных свойств материала в режим «безизносного трения», для реализации такого эффекта наиболее предпочтительно – идеальное выполнения принципа Шарпи [2]. Литые композиционные материалы (КМ) с матрицами на основе медных сплавов и армирующими чугунными гранулами максимально приближены к заявленному принципу [2]. За счет введения в металлическую матрицу высокопрочных и высоко-модульных гранул удастся резко повысить прочность, жаропрочность, трещиностойкость, вязкость, жесткость материалов. Сочетание матрицы и гранул, обладающих специальными физическими свойствами, открывает широкие возможности для создания новых уникальных композиционных материалов, что дает возможность эксплуатировать сельскохозяйственные и энергетические машины в тяжелых условиях, включая режимы сухого трения.

Армированные литые КМ относятся к числу наиболее перспективных конструкционных материалов. В настоящее время хорошо развиты теоретические основы механики армированных композиционных материалов, существенные успехи достигнуты в материаловедении. Однако имеется еще много проблем, связанных с выбором оптимальной технологии, обеспечивающей достижение на практике предсказываемых теорией свойств композитов, управления межфазным взаимодействием для повышения стабильности структуры и свойств КМ, разработкой новых видов армирующих элементов, позволяющих поднять уровень эксплуатационных характеристик композита [2].

Композиционные материалы на основе меди разрабатывают, главным образом, триботехнического назначения, так как они обладают повышенными механическими свойствами. Для макрорегетерогенных композиционных материалов, применяемых в узлах трения, важную роль имеет состав матрицы и армирующего элемента. Если в качестве армирующего элемента, в основном, используется литые гранулы стали ШХ15 или ли-

тейная чугунная дробь марки ДЛЧ диаметром порядка 1 мм, то в отношении состава матрицы имеется широкий спектр подходящих материалов, которые удовлетворяют поставленной задаче (повышенная прочность на сжатие, низкий коэффициент трения и высокая износостойкость). По результатам ранее проведенных испытаний наиболее эффективно использование безоловянистых бронз.

Из разработанных материалов могут изготавливаться изделия практически любой геометрической формы и размера, включая биметаллические заготовки, например, направляющие различного назначения, червячные колеса, втулки, подшипники скольжения. На рис. 1 приведены полученные изделия из КМ на основе бронз БрКЗМц1, БрБ2.



Рис.1. Образцы применения композиционных материалов: а) – шестерня, б) – биметаллическая втулка, в) – композиционная втулка для веелок компании REG AG (Германия).

Благодаря особенностям и высоким механическим свойствам композиции (общий износ пары трения – не более 0,1 мм/ км пути; коэффициент трения со смазкой – 0,04-0,06; удельное давление – до 100 кг/см²; электрохимическая стойкость при работе с ответной парой трения) данный тип материалов может эксплуатироваться в ряде агрессивных сред с высокой запылённостью, повышенной температурой или влажностью и др., где использование аналогичных материалов не представляется возможным. Температура эксплуатации изделий составляет до 500 °С.

Литература

1. Витязь П.А., Калиниченко А.С., Жорник В.И., Кукареко В.А. Применение макрогетерогенных композитов и модификация смазочных материалов для модернизации тяжело-нагруженных узлов трения // Ремонт, восстановление, модернизация. - 2010. № 11. С. 2-9.
2. Тучинский Л.И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки. - М.: Металлургия, 1986. - 208 с.

УДК 621.79

СОЗДАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВАХ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКОЙ

В.А. Калиниченко, С.А. Мацинов
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

Композиционные материалы (КМ) нашли применение в различных отраслях промышленного производства [1–3]. Однако имеется ряд проблем, связанных с выбором оптимальной технологии их синтеза, решение которых позволяет обеспечить на практике предсказываемые теорией свойства КМ, управление межфазным взаимодействием для повышения стабильности структуры и их свойств, повышение антифрикционных характеристик.

Индукционная наплавка - это наплавка, при которой расплавление основного и присадочного металлов производят за счет теплового действия индуцируемого тока. Основные преимущества индукционной наплавки - возможность получения минимального проплавления и высокая производительность процесса.

Существующие варианты наплавки с использованием индукционного нагрева токами высокой частоты можно классифицировать по состоянию основного металла и виду присадочного (наплавляемого) материала. Различают следующие способы наплавки: порошкообразной шихтой, монолитным или брикетированным присадочным материалом, в огнеупорной среде, центробежную и жидким сплавом [4]. Для синтеза КМ была использована наплавка порошкообразной шихтой. Приготовленную шихту наносили равномерным слоем на поверхность наплавляемого изделия. Затем изделие с нанесенным слоем шихты вводят в индуктор ТВЧ, форма и размеры которого определяются конфигурацией упрочняемой поверхности.

В качестве объекта исследований был выбран макроготерогенный композиционный материал на основе бронзы БрО8НСП, армированный чугунными сферическими гранулами диаметром 0,5–1,0 мм. Аналогом являлся литой композиционный материал, того же состава с шагом расположения гранул 1,5–3,0 мм, полученный литьем в кокиль.

В качестве подложки были использованы шлифованные пластины из стали 40, на которые производилась наплавка композиционного материала на основе самофлюсующейся бронзы БрО8НСП.

Образцы изготавливались методом проплавления смеси самофлюсующейся бронзы и чугунной дроби ДЧЛ фракцией 0,5–1,0 мм. Из рис. 1а,

б видно, что в образцах наблюдается практически полное растворение чугуновых гранул и относительно ровное распределение их по объёму матрицы с образованием композиционной структуры. Однако по краям образцов расплавления гранул не наблюдалось (рис. 1в) и они входили во взаимодействие с матрицей в цельном виде.

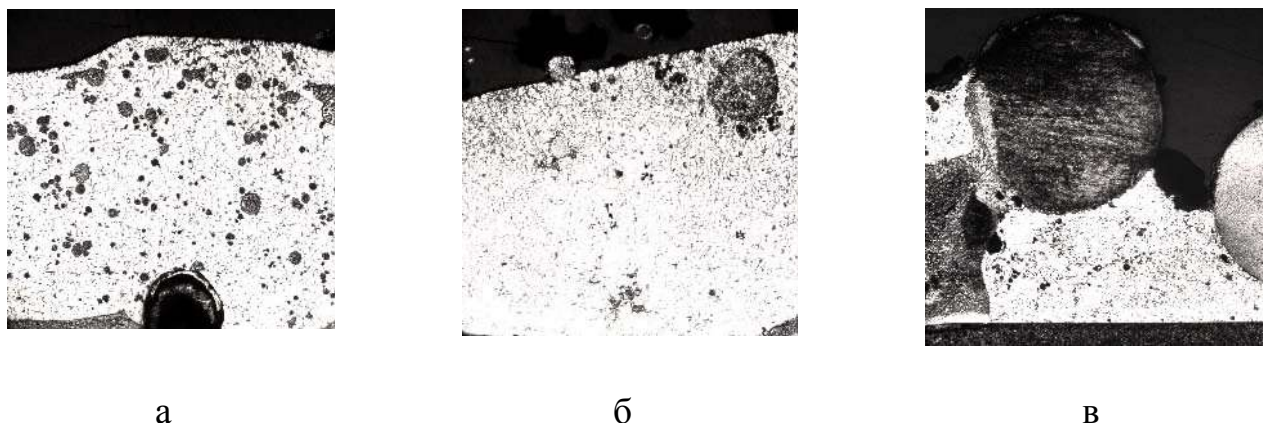


Рис. 1. Композиционный материал на стальной подложке (увеличение x100)

Энергозатраты получения КМ на основе меди при использовании индукционного плавления в сравнении с литейной технологией сократились в 1,5–2,0 раза при незначительном снижении трудозатрат. При этом структура и триботехнические свойства соответствуют материалам, получаемых литейной технологией.

Литература

1. Особенности получения медночугунных композитов с использованием литейных технологий / А. С. Калиниченко [и др.] // *Металлургия: респуб. межвед. сборник научных трудов*. – Минск: БНТУ, 2017. – Вып. 38, 101 – 105.
2. Бабкин В. Г. Литые металломатричные композиционные материалы электротехнического назначения / В. Г. Бабкин, Н. А. Терентьев, А. И. Перфильева // *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*. – 2014. – Vol. 4, № 7, 416 – 423.
3. Макрогетерогенные композиты, армированные гранулами. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metal-archive.ru/litye-materialy/103-makrogeterogennye-kompozity-armirovannye-granulami.html>. – Дата доступа: 16.01.2018.
4. https://studref.com/486755/tehnika/induktsionnaya_naplavka [Электронный ресурс]. – Дата доступа: 05.10.2020.

УДК 621.792; 621.74; 621.88

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ПЕРЕД СКЛЕИВАНИЕМ

Л.П. Долгий, М.Л. Калиниченко, Н.В. Пацовский
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время производство и ремонт некоторых узлов и агрегатов сельскохозяйственной техники рекомендуется производить с помощью технологии склеивания, что приводит к значительной экономии материальных ресурсов, к минимальным временным затратам при удовлетворительном качестве конечного результата. Для их монтажа и ремонта существует широкий диапазон клеевых и ремонтных паст, заявленных как производителем, так и универсальных, имеющих в свободном обороте, а также приводятся рекомендации по подготовке поверхности склеиваемых поверхностей. Как и при любом способе создания неразъемного соединения, фактор подготовки поверхности является одним из решающих на влияние процента выбраковки [1].

Перед началом подготовки поверхности необходимо обезжиривать сильно загрязненные детали. Далее поверхность основы материала готовят различными способами, которые подразделяют на три группы [2]: *физические* (механические способы зачистки поверхностей и все способы обезжиривания (последний процесс необходимо выделить в отдельный пункт)); *физико-химические* (электрохимические методы и способы, связанные с облучением поверхности); *химические* (травление) [2]. В настоящее время широкое распространение получила *физическая обработка*, начинающаяся с механической на базе шлифования (наждаком, металлической щеткой или дробе-пескоструйными приборами, а также при помощи токарной, фрезерной или схожих видов обработки). Так же к физическим методам относятся более редко используемые: ультразвуковая и газопламенные обработки или воздействие высокочастотными разрядами. Для мелкосерийных изделий, требующих особую подготовку поверхности, возможно применение гамма-излучения; лазерного облучения с использованием, в основном, лазера типа Nd:YVO₄ [1,2]; применение обработки плазмой низкого давления и ряд других. Общей технологической особенностью данных методов, является сглаживание поверхности и устранение микро- и макро неровностей, как путем их механического истирания, так и заполнения материалом в процессе проплавления.

Не меньшее распространение получили *химические методы*, основанные как на растворение поверхностного слоя (тампоном, в протоке, свободно или в комбинации с ультразвуком), так и на создании промежу-

точного слоя, таких как фосфотирование или азотирование. В качестве физико-химических материалов применяются комбинации первых двух групп: например, с помощью режущего электрифицированного инструментов в соляной ванне. При обработке изделий из титана получил распространение способ подачи струи песка в растворе химического травителя [2,3].

Пример

Были проведены прочностных испытаний на разрыв адгезивных соединений Ст45/Ст45; ШХ15/Ст45; ШХ15/ШХ15 с различной рабочей поверхностью сплошной подложки: с гладкой поверхностью (распил); с рельефной поверхностью (после дробеструйной обработки). Соединение производилось при помощи клея марки DP 8805NS (3M). Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Прочностные характеристики адгезивных соединений Ст45/Ст45; ШХ15/Ст45; ШХ15/ШХ15

Маркировка образца	Номер группы образцов	Обработка Поверхности	Среднее значение предела прочности, (МПа)
Ст45 - Ст45	1	Распил	15,09
	2	После дроб. Обработки	17,96
ШХ15 - Ст45	3	Распил	22,00
	4	После дроб. Обработки	19,82
ШХ15-ШХ15	5	Распил	24,55
	6	После дроб. Обработки	13,91

Как результат, было доказано, что: для адгезива DP 8805NS неподготовленная поверхность (распил) является предпочтительнее, чем после дробеструйной обработки, что, как результат, уменьшает объем затрат на изготовление реальных изделий за счет исключения технологической операции подготовки поверхности. Было принято решение детально изучить соединение Ст45/Ст45, для уточнения нюансов крепления данных сталей рассматриваемым адгезивом.

Литература

1. Вильнав, Ж. Ж. Клеевые соединения / Ж.Ж. Вильнав; под. ред. Г.В. Малышевой – М.: Техносфера, 2007. – 385 с.
2. Склеивание в машиностроении: справочник: в 2 т. / сост. Д. А. Аронович [и др.]; под общ. ред. Г. В. Малышевой. – М.: Наука и технологии, 2005. Т. 1. – 544 с.
3. Калиниченко, М. Л. Технологические аспекты склеивания металлических элементов / М.Л. Калиниченко, В.М. Александров // Машиностроение: сб. науч. тр.: вып. 30 / Министерство образования Республики Беларусь, БНТУ; редкол.: В. К. Шелег (гл. ред.) [и др.] – Минск, 2017.– С. 118–125

УДК 629.3.014

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО СКОЛЬЖЕНИЯ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА ИСХОДЯ ИЗ ОГРАНИЧЕНИЯ ПЕРЕДАВАЕМОЙ ЕМУ МОЩНОСТИ

Ч.И. Жданович¹, Н.В. Калинин²¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь;²ГНУ «Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

Мощность P_{ice} , которую может получить тяговый асинхронный двигатель (ТАД) трактора с учётом потерь в приводе, ограничена возможностями ДВС при отсутствии дополнительных накопителей энергии [1]. Для трактора Беларус 3023 применяется асинхронный генератор [2, с.84], который, согласно [3], может вырабатывать только активную мощность, поэтому мощность P_{ice} , передаваемую ТАД, можно представить как активную, измеряемую в кВт, либо как измеряемую в кВ·А полную с $\cos\varphi=1$.

Случай 1. Вся потребляемая ТАД реактивная мощность компенсируется дополнительным источником реактивной мощности. Представим P_{ice} как активную мощность, активная потребляемая ТАД мощность P_1 будет ограничена P_{ice} : $P_1 \leq P_{ice}$.

При поддержании требуемого напряжения U_1 и при $P_1 = P_{ice}$ будет ограничен активный ток, формулу определения предельно возможного значения $I_{1a,lim}$ которого выведем из [4, с. 191, (14.43)] с учётом $U_1 = U_{1,n} \cdot k_U$ ($U_{1,n}$ — номинальное напряжение; коэффициенты k_U и k_f и параметры схемы замещения $x_1, x'_2, r_1, r'_2, c_1$ см. в [5], ток холостого хода I_0 — в [6]):

$$I_{1a,lim} = P_{ice} / (3U_{1,n}k_U). \quad (1)$$

По графику зависимости активного I_{1a} и полного I_{1ar} тока от скольжения ТАД s (рисунок 1) для устойчивого режима работы ТАД (когда скольжение s не превышает критическое $s_{кр(f)}$ [5]) при номинальных напряжении $U_{1,n}$ и его частоте $f_{1,n}$ видно, что токи растут с увеличением s ; то же будет и при отклонении частоты f_1 от $f_{1,n}$ с той разницей, что будут другими значения токов и значение $s_{кр(f)}$ — оно зависит от f_1 согласно [5]. Если ток $I_{1a,lim}$, рассчитанный по (1), окажется не меньше тока $I_{1a}(s_{кр(f)})$, рассчитанного по [6, (8)] при $s = s_{кр(f)}$, то скольжение ТАД в устойчивом режиме работы ТАД не ограничено по $I_{1a,lim}$. Если же $I_{1a,lim} < I_{1a}(s_{кр(f)})$, то необходимо определить допустимое скольжение ТАД $s_{lim(I)}$ при $I_{1a,lim}$. Для этого из [6, (8)] выведем формулы для определения значения скольжения при известном значении тока. Избавимся от знаменателя в [6, (8)]:

$$I_{1a}(r_1 + c_1 r'_2 / s)^2 + I_{1a} k_f^2 \cdot (x_1 + c_1 x'_2)^2 = U_{1,n} k_U \cdot ((r_1 + c_1 r'_2 / s_{lim(I)})), \quad (2)$$

Введём замену $r_1 + c_1 r_2' / s = t$, откуда

$$s_{\lim(I)} = \frac{c_1 r_2'}{t - r_1}, \quad (3)$$

Перенеся в (2) всё в левую сторону и с использованием замены t :

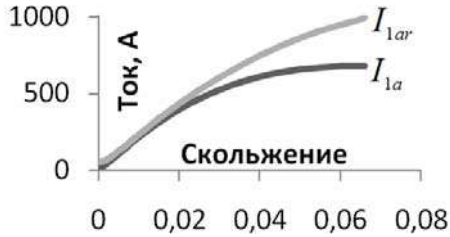


Рис. 1. Токи I_{1a} и I_{1ar} при расчёте по зависимостям [6] для работы ТАД в устойчивом режиме ($s \leq s_{\text{кр}(f)}$) при $U_{1н}$ и $f_{1н}$

$$I_{1a} t^2 - U_{1н} k_U t + I_{1a} k_f^2 \cdot (x_1 + c_1 x_2')^2 = 0, \quad (4)$$

Решим квадратное уравнение (4):

$$t = \frac{U_{1н} k_U \pm \sqrt{U_{1н}^2 k_U^2 - 4 I_{1a}^2 k_f^2 \cdot (x_1 + c_1 x_2')^2}}{2 I_{1a}}$$

Для устойчивого движения по расчётам «+»:

$$t = \frac{U_{1н} k_U + \sqrt{U_{1н}^2 k_U^2 - 4 I_{1a}^2 k_f^2 \cdot (x_1 + c_1 x_2')^2}}{2 I_{1a}}, \quad (5)$$

Формула (5) работает только для устойчивого режима при $s \leq s_{\text{кр}(f)}$ и, соответственно, при $I_{1a, \lim} \leq I_{1a}(s_{\text{кр}(f)})$; если при подстановке $I_{1a, \lim}$ в (5) окажется $I_{1a, \lim} > I_{1a}(s_{\text{кр}(f)})$, то формула (5) будет работать неверно, поэтому вначале надо определить $I_{1a}(s_{\text{кр}(f)})$ по [6, (8)] и только в случае $I_{1a}(s_{\text{кр}(f)}) > I_{1a, \lim}$ проводить расчёт t по (5) и затем $s_{\lim(I)}$ по (3).

Случай 2. Потребляемая ТАД реактивная мощность ничем не компенсируется. Тогда P_{ice} представим как полную мощность с $\cos \varphi = 1$ (часть мощности P_{ice} пойдёт на реактивную мощность ТАД), а полная мощность S_1 , потребляемая ТАД, не может превысить P_{ice} : $S_1 \leq P_{ice}$. Полный ток, допустимый по P_{ice} из [7, с. 13] с учётом $U_1 = U_{1н} k_U$:

$$I_{1ar, \lim} = P_{ice} / (3 U_{1н} k_U), \quad (6)$$

Подставим в формулу полного тока [6, (10)] активный [6, (8)] и реактивный [6, (9)] ток и возведём всё в квадрат:

$$I_{1ar, \lim}^2 = \frac{U_{1н}^2 k_U^2 \cdot (r_1 + c_1 r_2' / s)^2}{\left((r_1 + c_1 r_2' / s)^2 + k_f^2 \cdot (x_1 + c_1 x_2')^2 \right)^2} + \left(I_0 + \frac{U_{1н} k_U k_f \cdot (x_1 + c_1 x_2')}{(r_1 + c_1 r_2' / s)^2 + k_f^2 \cdot (x_1 + c_1 x_2')^2} \right)^2$$

Введём замены b и v и с учётом b и v перепишем выражение для

$I_{1ar, \lim}$:

$$(r_1 + c_1 \cdot r_2' / s)^2 = b, \quad (7)$$

$$k_f^2 \cdot (x_1 + c_1 \cdot x_2')^2 = v, \quad (8)$$

$$I_{1ar, \lim}^2 = \frac{U_{1н}^2 \cdot k_U^2 \cdot t}{(b + v)^2} + I_0^2 + 2 I_0 \frac{U_{1н} \cdot k_U \cdot \sqrt{v}}{b + v} + \frac{U_{1н}^2 \cdot k_U^2 \cdot v}{(b + v)^2}$$

Введём замену $a = b + v$, тогда $b = a - v$; перенесём в левую сторону

$I_{1ar, \lim}$:

$$\frac{U_{1H}^2 \cdot k_U^2}{a} - \frac{U_{1H}^2 \cdot k_U^2 \cdot v}{a^2} + I_0^2 + 2I_0 \frac{U_{1H} \cdot k_U \cdot \sqrt{v}}{a} + \frac{U_{1H}^2 \cdot k_U^2 \cdot v}{a^2} - I_{1ar, \lim}^2 = 0$$

Умножим всё на a^2 , преобразуем и выразим a :

$$a = (2I_0 \cdot U_{1H} \cdot k_U \cdot \sqrt{v} + U_{1H}^2 \cdot k_U^2) / (I_{1ar, \lim}^2 - I_0^2)$$

Выразим b исходя из того, что $a=b+v$, затем вместо v подставим (8):

$$\begin{aligned} & (2I_0 \cdot U_{1H} \cdot k_U \cdot \sqrt{v} + U_{1H}^2 \cdot k_U^2) / (I_{1ar, \lim}^2 - I_0^2) - v = b, \\ & b = \frac{2I_0 \cdot U_{1H} \cdot k_U \cdot k_f \cdot (x_1 + c_1 \cdot x_2') + U_{1H}^2 \cdot k_U^2}{I_{1ar, \lim}^2 - I_0^2} - k_f^2 \cdot (x_1 + c_1 \cdot x_2')^2, \end{aligned} \quad (9)$$

Преобразуем выражение (7) в уравнение с переменной s :

$$r_1^2 + 2r_1 \cdot c_1 \cdot r_2' / s + c_1^2 \cdot (r_2')^2 / s^2 = b, \quad (r_1^2 - b) \cdot s^2 + 2r_1 \cdot c_1 \cdot r_2' \cdot s + c_1^2 \cdot (r_2')^2 = 0.$$

И решим его относительно s :

$$s = (r_1 \cdot c_1 \cdot r_2' \pm \sqrt{(r_1 \cdot c_1 \cdot r_2')^2 - (r_1^2 - b) \cdot c_1^2 \cdot (r_2')^2}) / (b - r_1^2), \quad (10)$$

Для устойчивого режима работы ТАД по расчётам для $s_{\lim(I)}$ в (10)

знак «+»:

$$s_{\lim(I)} = \frac{r_1 \cdot c_1 \cdot r_2' + \sqrt{(r_1 \cdot c_1 \cdot r_2')^2 - (r_1^2 - b) \cdot c_1^2 \cdot (r_2')^2}}{b - r_1^2}, \quad (11)$$

Таким образом, для определения предельно допустимого скольжения ТАД $s_{\lim(I)}$ при отсутствии компенсатора реактивной мощности необходимо выполнить расчёт $I_{1ar, \lim}$ по (6), затем рассчитать I_{1ar} согласно [6] при $s_{кр(f)}$; если $I_{1ar} \leq I_{1ar, \lim}$, то устойчивый режим работы ТАД обеспечен полностью, а если $I_{1ar} > I_{1ar, \lim}$, то определяется b по (9) и затем $s_{\lim(I)}$ по (11).

Литература

1. Жданович Ч.И., Калинин Н.В. Анализ эффективности использования накопителей энергии на тракторе с электромеханической трансмиссией / Ч.И. Жданович, Н.В. Калинин // Наука и техника. – 2017. – № 1, 73 – 82.
2. Тракторы XXI века: состояние и перспективы / С.Н. Поддубко [и др.]. – Минск, Беларуская навука, 2019. – 207с.
3. Торопцев Н.Д. Асинхронные генераторы для автономных электроэнергетических установок / Н.Д. Торопцев – Москва, НТФ «Энергопрогресс», 2004. – 88с.
4. Кацман М.М. Электрические машины: учеб. для студентов средн. проф. учебных заведений – 3 изд., испр. – М.М. Кацман. – Москва, Высшая школа, 2000. – 463с.
5. Жданович Ч.И., Калинин Н.В. Выбор способа регулирования тягового асинхронного электродвигателя трактора и построение механиче-

ской характеристики / Ч.И. Жданович, Н.В. Калинин // Наука и техника. 2015, № 3, 60 – 64.

6. Жданович Ч.И., Калинин Н.В. Определение тока статора тягового асинхронного электродвигателя трактора / Ч.И. Жданович, Н.В. Калинин // Автотракторостроение и автомобильный транспорт: сб. науч. ст. / АТФ БНТУ; редкол.: Д. В. Капский (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2020. – Т. 1, 204 – 209.

7. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей / И.А. Сыромятников; под ред. Л.Г. Мамиконянца – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 240с.

УДК 629.3; 662.758;544.47;665.612.3;661.96

УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

М.В. Кузнецов

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (федеральный центр науки и высоких технологий) МЧС России», г. Москва, Россия

В Российской Федерации на федеральном и региональном уровнях интенсивно прорабатывается вопрос о переводе транспортных средств (прежде всего, тяжелого транспорта) и двигателей автономных энергетических установок (ЭУ) на использование природного газа в качестве моторного топлива за счет использования генераторов водородсодержащих добавок (ГВД), в том числе и в области двигателей транспортных средств сельскохозяйственного назначения. ГВД преобразует природный газ в синтез-газ с помощью нано- структурированного катализатора. Они используются в качестве иницирующей добавки, повышающей экономические и экологические характеристики ДВС, а также газотурбинных и дизельных двигателей – $\text{CH}_4 + 0.5(\text{O}_2 + 3.76\text{N}_2) \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{CO} + 1.88 \text{N}_2$. Этому уже был посвящен уже целый ряд решений правительства. В качестве базового двигателя для проведения экспериментальных исследований был выбран поршневой двигатель не с искровым зажиганием, а газо-дизель, работающий на природном газе с запальной дозой дизтоплива. Этот тип двигателя в большей степени позволил реализовать преимущества инновационной технологии и получить масштабный эффект, т.к. дизельный двигатель является самым массовым в стране. По итогам исследований в реальных условиях эксплуатации были достигнуты следующие положительные результаты использования ГВД в двигателях различных типов, а именно: имеет место снижение величины запальной дозы дизельного топлива с 20 до 5-8%, что приводит к уменьшению дизельной составляющей в эквивалентном топливе (природный газ плюс дизтопливо) от 50% до 10-20%, т.е. обеспечивается значительное уменьшение стоимости генерируемой электроэнергии (до 40%); обеспечивается значительное улучшение экологических характеристик энергоустановки за счет уменьшения выбросов сажи, а также содержания CO, CH и NO_x в выхлопных газах двигателя.

Важно отметить, что данная разработка представляет интерес не только для двигателей транспортных средств общего назначения, но и для объектов специального назначения, работающих в экстремальных эксплуатационных условиях. Благодаря «двухтопливности» и экономичности появляется возможность экономии дорогого дизтоплива в штатном режиме с мгновенным переходом в режим дизеля при необходимости. На данном

этапе развития работ из широкого круга разнообразных двигателей были выбраны двигатели, эксплуатируемые в транспортных средствах и в стационарных системах автономной энергетики, в том числе и применительно к задачам сельскохозяйственного машиностроения, а также к эксплуатации транспортных средств сельского хозяйства. Такой выбор был сделан, исходя из следующих соображений:

1. В настоящее время сформирован широкий рынок двигателей и систем автономной энергетики такого назначения.

2. Имеется возможность максимально быстрого движения к практическому освоению каталитических генераторов водородной компоненты в топливном тракте, за счет простоты введения в тракт, а также эксплуатации каталитического звена при работе системы в стационарном режиме.

3. В настоящее время имеет место востребованность в усовершенствовании ДВС и энергетических установок (ЭУ), как по экологическим параметрам, так и по показателям энергосбережения.

4. Указанные подходы могут быть применены к весьма широкому спектру двигателей для транспортных средств и энергоустановок с точки зрения их мощностей, что позволит модернизировать топливные тракты, двигаясь последовательно от маломощных и малогабаритных двигателей к мощным и объёмным двигательным системам.

К настоящему времени были достигнуты следующие практические результаты:

1) Был создан универсальный компактный генератор водородсодержащих иницирующих добавок (ГВД) небольшого объема (5 л.) с малым временем запуска (до 15 с.) и с возможностью его встраивания в реальные топливные тракты без изменения инфраструктуры снабжения двигателей топливом.

2) В условиях реальной эксплуатации были усовершенствованы и опробованы ДВС (на примере автомобиля «Соболь» с ДВС ЗМЗ-40522.10 в ходе проведения международного автопробега «Голубой коридор»), а также энергетические установки (ЭУ) на их базе, работающие с использованием ГВД.

3) Был повышен КПД транспортных ДВС, а также стационарной энергоустановки (ЭУ) на 15÷20% при одновременном снижении токсичных выбросов до Европейских норм за счет работы на обедненных топливных смесях.

4) Была обеспечена безопасность работы двигателей, т.к. водород вырабатывается и используется только во время работы ГВД, при рациональном сочетании достоинств углеводородной и водородной энергетики.

Следует также отметить, что разработка эффективных, высокопроизводительных, малогабаритных генераторов синтез-газа на основе каталитической конверсии природного газа позволит выйти с этими изделиями на рынки далеко за рамки автомобильной промышленности различного назначения и потребностей автономной энергетики.

УДК 631.33.022.1

К ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА ТИПА СИСТЕМЫ ВЫСЕВА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ

Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин
РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

Одной из важнейших технологических операций в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур является посев, от качества и своевременности выполнения которого в значительной степени зависит судьба урожая.

Анализ отечественного и зарубежного опыта показывает, что одним из основных направлений повышения качества и производительности посева является применение широкозахватных сеялок и почвообрабатывающе-посевных агрегатов в конструкциях, которых применен принцип централизованного дозирования с пневматическим транспортированием семян к сошникам. При использовании в таких агрегатах одного централизованного бункера, большой емкости, существенно сокращается время на заправку и обслуживание, а, следовательно, создаются предпосылки к повышению производительности труда на посеве.

В настоящее время на ряде предприятий республики освоено производство сеялок и посевных агрегатов шириной захвата до 9 метров и емкостью бункера 6000 л. В тоже время широко известными зарубежными фирмами-производителями посевных машин (Lemken, Horsch, Amazone и др.) налажен выпуск сеялок шириной захвата 12 и более метров и емкостью бункера 8000 л и более. Практика использования этих сеялок, например, сеялки Citan 12000 фирмы «Amazone» в Республике Беларусь показала их высокую производительность и высокое качество при посеве зерновых культур. С учетом этого для более существенного повышения производительности на посеве возникла необходимость разработке отечественной сеялки шириной захвата 12 метров. Поскольку пневматические высевальные системы, применяемые на зарубежных сеялках имеют различные схемы выполнения технологического процесса, то вопрос обоснования их выбора для перспективной отечественной сеялки является актуальным.

Пневматические высевальные системы состоят из централизованного бункера с дозирующим устройством, пневматически транспортирующей сети с вентилятором, распределительного устройства, механизмов привода вентилятора и дозаторов. При этом привод вентилятора на широкозахватных сеялках как правило, осуществляется от гидромотора.

В мировой практике наибольшее распространение получили высевальные системы, содержащие централизованный бункер из которого дозирование семян осуществляется несколькими дозирующими устройствами, число которых может достигать 16 штук (системы высева с групповым дозированием) и системы высева, где дозирование осуществляется одним или двумя дозирующими устройствами (системы высева с централизованным дозированием).

К преимуществам последней относится то, что они более универсальны для высева различного посевного материала, т.к. дозирование происходит при большой производительности. Принцип работы этих систем заключается в следующем: дозирующие устройства производят подачу семян с заданной нормой высева в поток воздуха, создаваемой вентилятором, с помощью которого они перемещаются по пневмотранспортирующей сети к распределительному устройству. В распределительном устройстве семена равномерно распределяются по выходящим из распределительного устройства патрубкам и далее поступают в сошники. При этом известные технологические схемы высевальных систем в основном отличаются устройством для ввода семян в воздушный поток.

В настоящее время ввод семян в воздушный поток в основном осуществляется за счет создания эжекции в зоне ввода семян или за счет выравнивания давления в бункере и пневмотранспортной сети. В первом случае используются эжекторные устройства которые состоят из конфузора и диффузора, расположенных на расстоянии друг от друга, образуя тем самым зону в которой создается эффект разряжения, что и обеспечивает беспрепятственный ввод семян. В этом случае бункер изготавливается негерметичным (открытым) и системы называются открытыми или без надува (рис. 1).

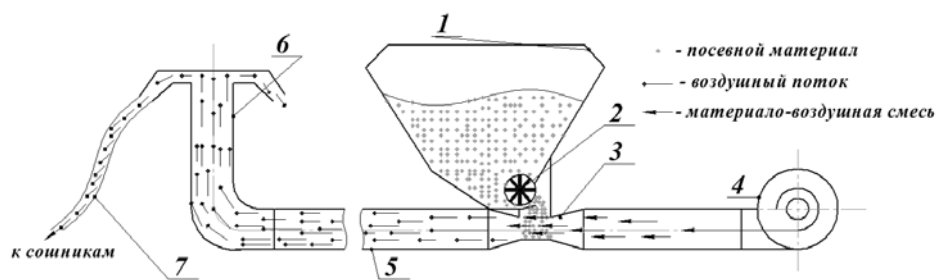


Рис. 1. Схема пневматической высевальной системы открытого типа: 1 – бункер; 2 – дозирующее устройство; 3 – питатель; 4 – вентилятор; 5 – пневмоматериалопровод; 6 – распределительное устройство; 7 – семяпровод

Во втором случае бункер изготавливается герметичным, а воздушный поток воздуха, создаваемый вентилятором, направляется не только в пневмотранспортную сеть, но и в бункер. Здесь за счет герметизации давление в бункере и пневмотранспортной сети выравниваются, и поток се-

мян от дозирующего устройства также беспрепятственно поступает в пневмотранспортную сеть (рис. 2).

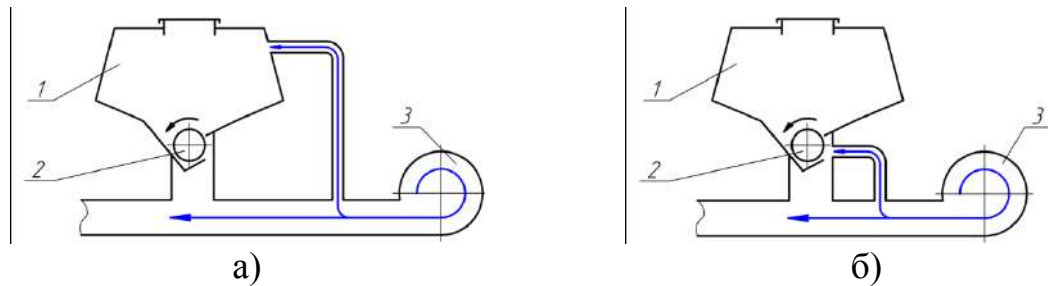


Рис. 2 – Схема пневматической высевающей системы закрытого типа: а) с подачей непосредственно в бункер; б) с подачей в бункер через дозирующее устройство: 1 – бункер; 2 – дозирующее устройство; 3 – вентилятор

В этой схеме различают два способа подачи воздуха в бункер: непосредственно от вентилятора (рис. 2 а) или через дозирующее устройство (рис. 2 б). Считается, что второй способ обеспечивает большую стабильность, т.к. быстрее реагирует на изменение давления в пневмосети, а поэтому более приемлем. Такая система называется закрытой (с надувом).

Анализ этих схем систем показывает, что, несмотря на свою надежность, меньшие требования к эксплуатации открытая система высева не пригодна для широкозахватных сеялок шириной более 9 метров, т.к. в этих случаях давления создаваемого вентилятором может быть недостаточно для транспортирования посевного материала к сошникам. Поэтому закрытые системы, хотя и более сложны и требуют качественного изготовления её узлов для недопущения потерь воздуха, но обеспечивают транспортирование семян при меньшем расходе воздуха и давлении. Причем энергозатраты на подачу семян у сеялок закрытыми системами высева, как показывают исследования [1] на 18 – 20 % ниже, чем у сеялок с открытыми системами. Наряду с уменьшением расхода воздуха уменьшается и расход масла для гидропривода вентилятора, что в определенных условиях, позволяет исключить необходимость установки специальной гидростанции.

Перспективная широкозахватная сеялка должна содержать герметичный централизованный бункер с двумя дозирующими устройствами, а система высева должна быть закрытого типа и ввод семян, поступающих от дозирующих устройств в пневмотранспортную сеть осуществляться за счет выравнивания давления в бункере и пневмотранспортной сети путем подачи части воздуха от вентилятора в бункер через дозирующее устройство.

Литература

1. И.Е. Внуков. Направление совершенствования высевающих систем зерновых пневматических сеялок / И.Е. Внуков, Н.И. Любушко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1988, № 1. – с. 23 – 27.

УДК 631.33.022.1

ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-ПОСЕВНОЙ АГРЕГАТ АПП – 9 С МОДУЛЬНОЙ КОМПАНОВКОЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

Бурное развитие научно-технического процесса в последние годы выдвигают новые требования к разработке и производству сельскохозяйственной техники, в том числе и машин для обработки почвы и посева. Помимо традиционных требований надежности и эффективности создаваемой техники на первый план выступают требования конкурентоспособности, комбинированности, универсальности и адаптированности к разным природно-производственным условиям.

С учетом этого обстоятельства в последние годы в республике освоено производство ряда комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов: ОАО «БЭМЗ» – АПП-3, АПП-3А, АПП-4А, АПП-6АБ, АППМ-4, АППМ-6; ОАО «Лидоагропромаш» – АПП-6, АПП-6А, АПП-6Г, АПП-6Д; на ОАО «ВМРЗ» – АКПД-6. Однако конструктивно эти агрегаты изготавливаются с неизменным набором определенных рабочих органов, как для обработки почвы, так и для посева, что обеспечивает качественную подготовку почвы и посев только на определенных фонах и почвах, и только определенных культур.

В связи с этим задача создания комбинированного агрегата, конструкция которого обеспечивала бы мобильное переоборудование его сменными почвообрабатывающими и посевными рабочими органами является актуальной.

Как показывает мировой опыт, задачу создания комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата, наиболее полно адаптированного к различным типам почв, фонам и высеваемой культуре можно только тогда, когда в его конструкции будет применен модульный принцип построения позволяющий мобильно переоборудовать агрегат сменными рабочими органами (модулями).

Учитывая это обстоятельство в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» предложена конструктивная схема перспективного почвообрабатывающе-посевного агрегата позволяющая на модульной основе, путем объединения почвообрабатывающих и рабочих органов в секции и изготовление первых в виде сменных навесных машин, а вторых в виде сменного навесного бруса или сеялки, например, сеялки точного высева [1], обеспечить его высокую многофункциональность и адаптированность к различным природно-производственным условиям.

Почвообрабатывающе-посевной агрегат АПП-9 (рис. 1) включает основную раму 1 с присоединительным устройством 2, опорные колеса 3, 4, рыхлительные рабочие органы 5, катки 6, сошники 7, систему подачи семян и удобрений, содержащие бункер, дозирующие и транспортирующие устройства.

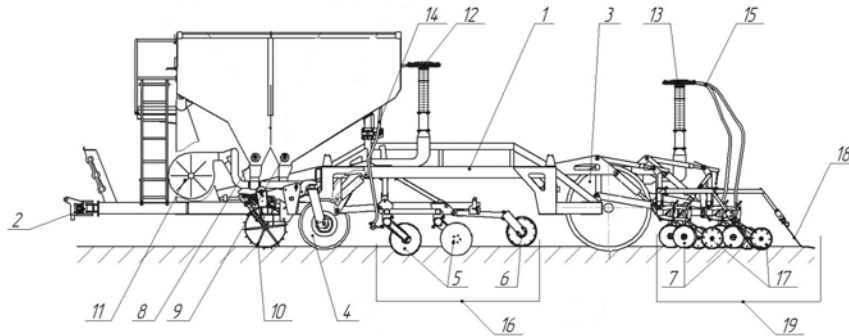


Рис. 1. Конструктивная схема почвообрабатывающе-посевного агрегата АПП – 9

При этом дозирующие устройства включают в себя дозаторы 8, 9, и привод дозаторов 10, а транспортирующие устройства включают вентилятор 11, делительные головки 12, 13 и материалопроводы 14, 15. Рыхлительные рабочие органы 5 в комплекте с катками 6 собраны в почвообрабатывающие секции 16, а сошники 7 и установленные после них каточки 17 и загортачи 18, собранными в посевные секции 19.

Такое конструктивное решение позволяет изготавливать почвообрабатывающие секции в виде навесных почвообрабатывающих машин укомплектованных лаповыми, дисковыми, ножевидными и др. рыхлительными рабочими органами, при этом прикатывающий каток, используемый в этих машинах, также может иметь различный тип исполнения (планчатый, трубчатый, шпоровый и др.). Посевные секции, при необходимости, могут комплектоваться дисковыми, лаповыми, килевидными и др. типами сошников, а каточки и загортачи иметь различное исполнение. Для осуществления точного высева вместо указанных секций устанавливается навесная сеялка точного высева.

С использованной описанной схемой РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработало, а ОАО «БЭМЗ» изготовило опытный образец почвообрабатывающе-посевного агрегата АПП-9. Испытания агрегата с установленными в почвообрабатывающих секциях сферических вырезных дисков диаметром 520 мм и спирально-трубчатого катка диаметром 520 мм, а в посевной секции двудисковых сошников с диаметром дисков 320 мм, обремененных прикатывающих каточков диаметром 280 мм, показали, что на обработке среднесуглинистых почв по осеннему фону – гладкая вспашка с приспособлением для дополнительной обработки пласта и весеннему фону – культивация зяби агрегат обеспечи-

вает требуемые агротехникой показатели качества подготовки почвы и заделки семян зерновых культур. Так, высота гребней почвы после почвообрабатывающих секций 4,0 см (по ТЗ – 4,0 см, не более), глубина заделки семян при оптимальном заглублении сошников составила 44,0 мм, отклонение заделки от заданной – 0,4 мм (по ТЗ – $\pm 10,0$ мм) [2].

Предложенная конструктивная схема почвообрабатывающе-посевного агрегата в котором почвообрабатывающие и посевные рабочие органы собраны в сменные секции (модули) позволяют мобильно комплектовать агрегат рабочими органами наиболее полно адаптированными к различным природно-производственным условиям.

Испытаниями агрегата АПП-9, в конструкции которого использован модульный принцип комплектации рабочими органами, установлено, что в комплектации почвообрабатывающие диски + трубчатые катки + двухдисковые сошники + прикатывающие каточки + загортачи, агрегат АПП – 9 на посеве зерновых культур в системе отвальной обработки почвы на среднесуглинистых почвах обеспечивает требуемые агротехнические показатели по подготовке почвы и заделке семян.

Литература

1. Почвообрабатывающе-посевной агрегат: пат. 11936 ВУ, МПК 7 А01В49/06, А01В79/02 / Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин, Д.В. Заяц; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № и 20180090; заявл. 02.04.18; опубл. 28.09.19.
2. Протокол № 119 Б 1/3 – 2018 НЦ от 12 декабря 2018 приёмочных испытаний агрегата почвообрабатывающе-посевного АПП – 9 / ГУ «Белорусская МИС» – 2018. – 120 с.

УДК 631.312.69

**ЛДР-9 –ЭФФЕКТИВНАЯ МАШИНА ДЛЯ ЛУЩЕНИЯ СТЕРНИ
И ДРУГИХ МЕЛКИХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ**

Н.Д. Лепешкин, П.П. Бегун

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

Лушение стерни является обязательным агротехническим приемом как в отвальной, так и безотвальной системах обработки почвы. Оно выполняется в целях сохранения в почве влаги, быстрого прорастания семян падалицы и сорняков, ускорения разложения пожнивных остатков, подавления возбудителей болезней, улучшения качества послеуборочной обработки почвы. При этом качественно проведенное лушение стерни на глубину 3-6 см сразу или не позднее 5-7 дней после уборки обеспечивает прибавку урожая зерновых на 2-3 ц/га [1]. Вместе с тем, несмотря на важность данной операции, специальная машина для лушения стерни в республике не производится, а для этих целей, как правило, используются машины предназначенные для минимальной обработки почвы, причем ширина захвата их не превышает 6-7,5 метра, что растягивает сроки проведения лушения. Кроме того, эти машины не обеспечивают минимальную глубину обработки. В результате в посевах основной культуры всходят семена предшественника. По данным РУП «Институт защиты растений» примерно на 50-60% полей засорены опасным засорителем - озимым рапсом, для уничтожения которого приходится существенно увеличивать затраты на проведение химической прополки. Кроме рапса в хозяйствах, возделывающих просо, также стоит проблема с семенами падалицы. Поскольку в республике и странах СНГ машины, способные решить указанные проблемы не производятся, то для повышения качества и увеличения производительности проведения лушения стерни на сегодняшний день актуальной задачей является разработка специального широкозахватного лущильника.

На основе проведенных исследований и зарубежного опыта РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ОАО «Щучинский ремонтный завод» разработан лущильник дисковый с двухрядным расположением рабочих органов, выполненным по ромбовидной схеме ЛДР-9.

Лущильник (рис. 1) состоит из снлицы, центральной и шарнирно соединенной с ней задней и двух боковых рам, на которых в виде ромба установлены под углом друг к другу две передние и две задние дисковые батареи. При этом батареи состоят из шарнирно собранных между собой дисков. Кроме этого лущильник имеет опорные и опорно-транспортные колеса, оборудован электро и гидросистемой.

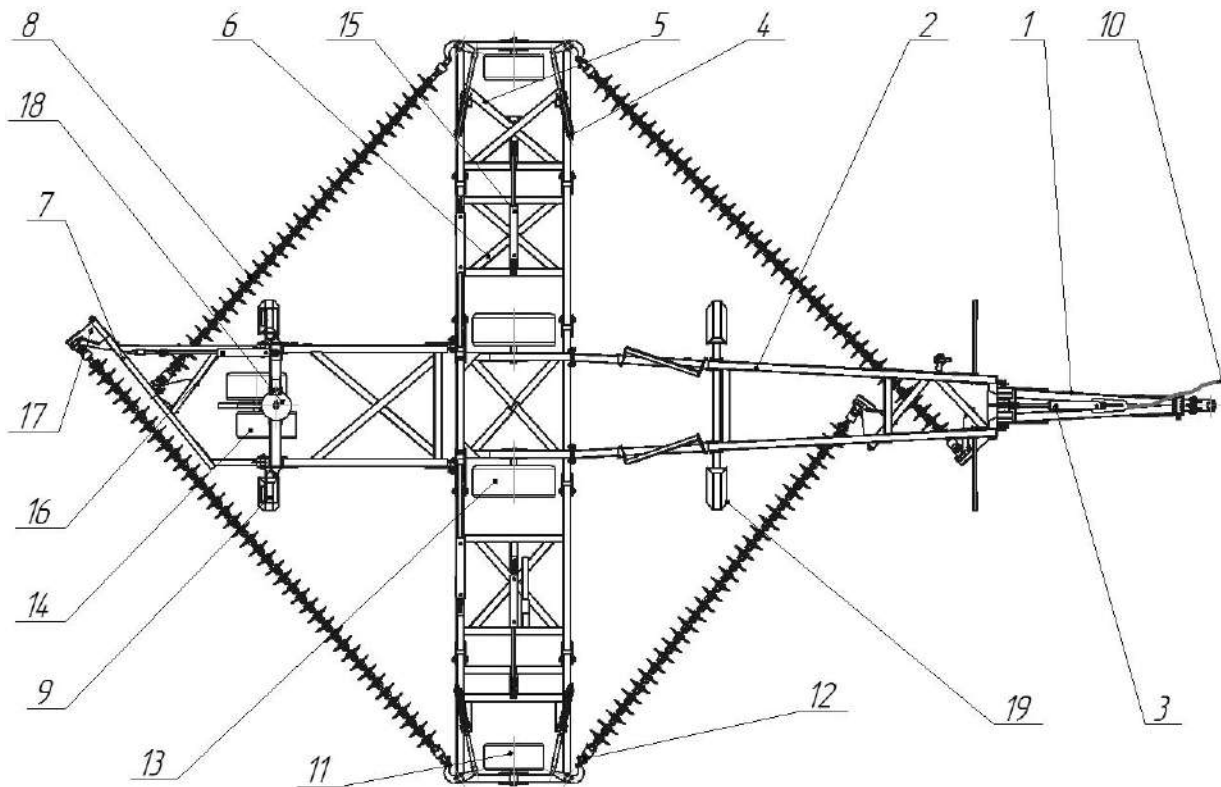


Рис.1. Луцильник дисковый ромбовидный ЛДР-9: 1 – сница; 2 – центральная рама; 3 – гидроцилиндр; 4 – амортизатор; 5 – боковая рама; 6 – промежуточная секция; 7 – задняя рама; 8 – диск; 9 – электрооборудование; 10 – гидросистема; 11 – опорные колеса; 12 – вертлюг; 13,14 – опорно-транспортные колеса; 15,16 – гидроцилиндр; 17 – регулятор

Луцильник работает следующим образом. После присоединения сницы к трактору передние и задние дисковые батареи с помощью гидросистемы переводятся в рабочее положение. Далее при движении луцильника по полю установленные под углом друг к другу две передние и две задние дисковые батареи из шарнирно собранных между собой дисков под собственным весом погружаются в почву, разрезают растительные остатки и крошат обрабатываемый слой почвы. При этом шарнирное соединение дисков в дисковых батареях обеспечивает копирование рельефа почвы по ширине захвата луцильника, а, следовательно, и подрезание растительных остатков, даже при минимальной глубине обработки.

Приемочные испытания опытного образца луцильника (рис. 2 - 3) проводились ГУ «Белорусская МИС» [2] на полях ОАО «АгроГЖС» и ОАО «Василишки» Щучинского района Гродненской области. Луцильник агрегатировался с трактором «БЕЛАРУС 3022». Испытания проводились на луцении стерни зерновых, весенней и осенней обработках зяби. В ходе испытаний определялись функциональные, эксплуатационно-технологические показатели, а также показатели энергопотребления и технической надежности.



Рис.2. Лушитель ЛДР-9 в транспортном положении



Рис.3. Лушитель ЛДР-9 в работе

При определении указанных показателей получены следующие результаты: рабочая ширина захвата – 9, рабочая скорость движения – 10,1-14,9 км/ч, глубина обработки – 3,1-6,3 см, подрезание растительных остатков (за один проход) – 91,4-95,1%, гребнистость поверхности почвы – 2-4 см, крошение почвы (содержание комков размером до 25 мм) – 81,9-89,7%, производительность за 1 час основного времени – 9,81-13,41 га, удельный расход топлива за сменное время – 5,0-6,7 кг/га, коэффициент надежности технологического процесса – 90,98-0,99.

За время испытаний наработка лушителя составила 1600 га, при этом средняя наработка на сложный отказ составила 169 ч (по ТЗ-не менее 100 ч).

Проведенный по результатам эксплуатационно-технологической оценке расчет экономических показателей использования луцильника ЛДР-9 показал, что при использовании луцильника ЛДР-9 по сравнению с импортным аналогом Kelly MPH-9000 (Австралия) затраты снижаются на 47,1%.

Приведенные данные подтверждают высокую эффективность выполнения новым луцильником технологического процесса лущения стерни и других мелких обработок почвы. По результатам испытаний луцильничек рекомендован к постановке на производство.

Для лущения стерни, а также выполнения других мелких весенних и осенних обработок почвы разработан луцильничек дисковый ромбовидный ЛДР-9 в котором дисковые батареи собранные из соединенных между собой с помощью шарниров дисков позволяют обеспечить качественное выполнение указанных операций.

Приемочными испытаниями установлено, что опытный образец луцильничка ЛДР-9 соответствует ТЗ по функциональным, эксплуатационно-технологическим показателям, удельному расходу топлива показателям надежности и безопасности.

Литература

1 Гвоздов, А.П. Послеуборочное лущение стерни /А.П. Гвоздов, Л.А. Булавин, Д.Г. Симчиков, Н.Д. Лепешкин // Земледелие и защита растений. (Приложение к журналу №5(120) сентябрь-октябрь 2018г) – 2018, №5. – с. 30-33.

2 Протокол №118 Б1/2-2018ИЦ приемочных испытаний луцильничка дискового ромбовидного ЛДР-9[Текст] ГУ «Белорусская МИС». - Привольный, 2018.. – 81с.

УДК 621.43

ВЫБОР ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОПРОШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ MMZ-262CNG

Р.И. Чура¹, А.В. Предко¹, М.П. Ивандиков²

¹ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ
ЗАВОД», г. Минск, Республика Беларусь;

²Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь

В связи с увеличением интереса к природному газу как альтернативы дизельному топливу для двигателей автомобилей и тракторов на ММЗ проводятся работы по конвертации дизельных двигателей на газомоторное топливо. При переводе дизеля на газовое топливо претерпели конструктивные изменения впускной тракт, камера сгорания, головка блока цилиндров, предусмотрены места для установки газового оборудования и системы зажигания [1, 2].

С целью обеспечения высокой степени внутренней рециркуляции отработавших газов необходимой для выполнения экологических требований и достижения экономических показателей двигателя были проведены работы по изменению фаз газораспределения. Продолжительность фазы впуска уменьшена на 16 градусов поворота коленчатого вала (град. ПКВ). Момент открытия впускного клапана остался без изменения, закрытие впускного клапана смещено. Фаза выпуска по продолжительности осталась прежней, угол начала открытия клапана изменен с 52 до 44 град. ПКВ до нижней мертвой точки (см. рис. 1).



Рис. 1. Диаграммы фаз газораспределения: а - дизельного двигателя; б – газового двигателя

Одним из ключевых условий при переводе дизеля на газовое топливо являлось использование деталей и заготовок серийного производства. Было принято решение об использовании стандартной заготовки распределительного вала. По этой причине с целью использования заготовки серийного распределительного вала пришлось уменьшить максимальный ход толкателя с 8 до 7 мм. Графики изменения хода толкателей от угла поворота кулачкового вала представлены на рисунке 2.

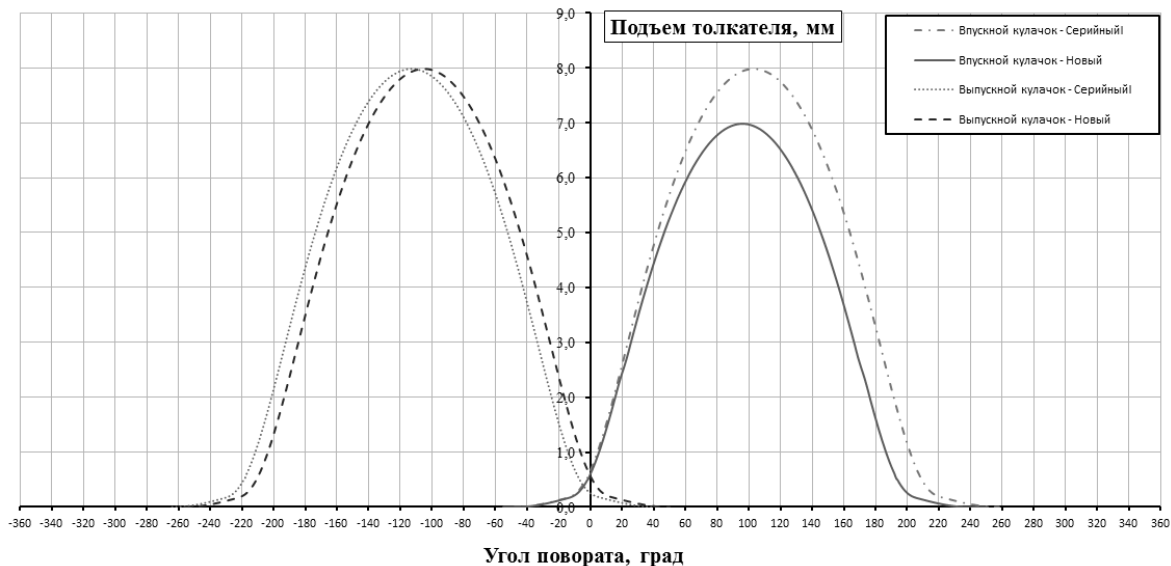


Рис. 2. Зависимость хода толкателя выпускного и впускного клапанов от угла поворота распределительного вала

Результаты моделирования процесса газообмена показали, что при увеличении перекрытия клапанов (изменении фаз газораспределения) степень внутренней рециркуляции отработавших газов для различных режимов работы двигателя составляет 5 – 12,5 %. Проведенное моделирование рабочего процесса с данными степенями рециркуляции показывает снижение максимальной температуры цикла на 60 – 90 °С, что должно приводить к уменьшению тепловой напряженности деталей цилиндропоршневой группы, включая головку цилиндров и клапаны [3].

Литература

1. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 2. Динамика и конструирование: Учебник для вузов/В. Н. Луканин, И. В. Алексеев, М. Г. Шatrov и др.; Под ред. В. Н. Луканина и М. Г. Шatroва. – 3-е изд. перераб. – М.: Высш. шк., 2007. – 400 с.
2. Design and Development of Heavy Duty Diesel Engines/ P.A. Lakshminarayanan, Avinash Kumar Agarwal – Springer, 2019. – 930 p.
3. Теория поршневых двигателей. Специальные главы: Учебник для вузов/ Р.З. Кавтарадзе. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 720с.

УДК 621.43

ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА СИЛ ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ Д-245

А.Н. Петрученко, А.А. Никишев

ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ
ЗАВОД», г. Минск, Республика Беларусь

Двигатель внутреннего сгорания является периодически действующей тепловой машиной. Периодически изменяющиеся нагрузки вызывают в упругой системе, которой является коленчатый вал совместно с жестко соединенными с ним массами, сложные по своей структуре колебания. Для упрощения изучения эти колебания рассматриваются как парциальные (происходящие в разных направлениях – крутильные, изгибные и продольные действуют независимо друг от друга) и как связанные, т.е. зависящие друг от друга.

Наибольшую опасность представляют крутильные колебания коленчатых валов. В случае совпадения частот собственных колебаний крутильной системы и возмущающих силовых факторов касательные напряжения в сечении коленчатого вала могут достигнуть критических значений. Кроме этого крутильные колебания являются фактором снижающим эффективный КПД и увеличивающим расход масла на угар.

Одним из этапов оценки влияния крутильных колебаний на прочность коленчатого вала является гармонический анализ крутящего момента. Для упрощения гармонического анализа крутящие моменты от сил давления газов и сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс рассматриваются отдельно. В общем случае периодически изменяющийся крутящий момент представляется в виде суммы:

$$M_{кр} = M_{cp} + \sum_{k=1}^N M_k \cdot \cos(k\omega_g t + \theta_k) \quad (1)$$

где M_{cp} и M_k – соответственно средний крутящий момент и амплитуда k -ой гармоники крутящего момента;

ω_g – частота возмущающего момента;

θ_k – начальная фаза k -ой гармоники.

Амплитуда k -ой гармоники рассчитывается с помощью выражения:

$$M_{кр} = \sqrt{A_k^2 + B_k^2} \quad (2)$$

где A_k и B_k – амплитудные значения значения косинусной и синусной составляющих k -ой гармоники крутящего момента.

Величины M_{cp} , A_k и B_k определяются с помощью известных выражений Фурье.

Для расчета начальной фазы k -ой гармоники используется зависимость:

$$\theta_k = \arctg \frac{B_k}{A_k} \quad (3)$$

Выражение (3) дает относительные значения начальной фазы k -ой гармоники, без учета знаков величин A_k и B_k . Для нахождения действительных значений начальной фазы θ_{k_0} применяется правило квадрантов при:

$A_k > 0$ и $B_k > 0$	$\theta_{k_0} = \theta_k$
$A_k < 0$ и $B_k > 0$	$\theta_{k_0} = \pi - \theta_k$
$A_k < 0$ и $B_k < 0$	$\theta_{k_0} = \pi + \theta_k$
$A_k > 0$ и $B_k < 0$	$\theta_{k_0} = 2 \cdot \pi + \theta_k$

Представленные выше зависимости реализованы в программном блоке, что позволило получить частоты, амплитуды и значения начальных фаз гармоник крутящего момента сил давления газов. Первые три гармоники крутящего момента сил давления газов представлены на рис. 1.



Рис. 1. Изменение первых трех гармоник крутящего момента

Полученные значения частот и амплитуд гармоник крутящего момента будут использованы для определения резонансных режимов работы двигателя, оценки напряженного состояния сечений коленчатого вала при резонансе, а также для выбора параметров демпфера крутильных колебаний.

УДК 621.43

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОРШНЯ ДИЗЕЛЯ Д-262S3А

А. В. Предко, М. Г. Чесновский

ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ
ЗАВОД» г. Минск, Республика Беларусь

Дизель Д262S3А является самым мощным из линейки шестицилиндровых двигателей производства Минского моторного завода. Достижение высоких удельных мощностных показателей ведет к повышению температуры рабочего тела в цилиндре двигателя и как следствие к росту температуры поршня. Превышение предельных значений температуры в определенных зонах поршня приводит к нарушению его работоспособности, прогоранию днища, оплавлению кромок камеры сгорания, залеганию поршневых колец, повышенной тепловой деформации и короблению элементов поршня, вплоть до прихватов с гильзой цилиндра.

При повышении уровня среднего эффективного давления свыше 1,3...1,5 МПа в дизелях для снижения температуры головки поршня, предусматривают инерционное масляное охлаждение поршней [1]. Такой способ охлаждения достигается подачей охлаждающего масла через специальную форсунку, неподвижно установленную в картере двигателя, в масляную галерею, выполненную в головке поршня. Вследствие движения поршня поток масла в галерее носит неравномерный характер с высокой степенью турбулентности, что улучшает теплообмен. После прохождения галереи масло поступает на внутреннюю поверхность поршня, охлаждая последнюю.

Проведено моделирование теплового состояния поршней с охлаждением днища орошением маслом и с галерейным инерционным охлаждением.

В литературных источниках [1, 2] указывается, что на установившихся режимах работы двигателей температурное поле поршня в течение рабочего цикла изменяется незначительно и может считаться стационарным. В случае независимости коэффициента теплопроводности λ от температуры, для того чтобы определить стационарное температурное поле поршня, следует решить дифференциальное уравнение теплопроводности неподвижного твердого тела

$$\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{d^2T}{dy^2} + \frac{d^2T}{dz^2} + \frac{Q}{\lambda} = 0,$$

при заданных условиях теплообмена на внешних поверхностях, а также поверхностях внутренних полостей.

В качестве граничных условий для различных участков поверхно-

стей поршня задавались коэффициентами теплоотдачи α_i и температурами T_{is} , определяемыми по результатам моделирования рабочего процесса в цилиндре дизеля, эмпирическим зависимостям или согласно рекомендациям, основанным на экспериментальных данных, приведенным в литературе. Результаты моделирования показаны на рис. 1.

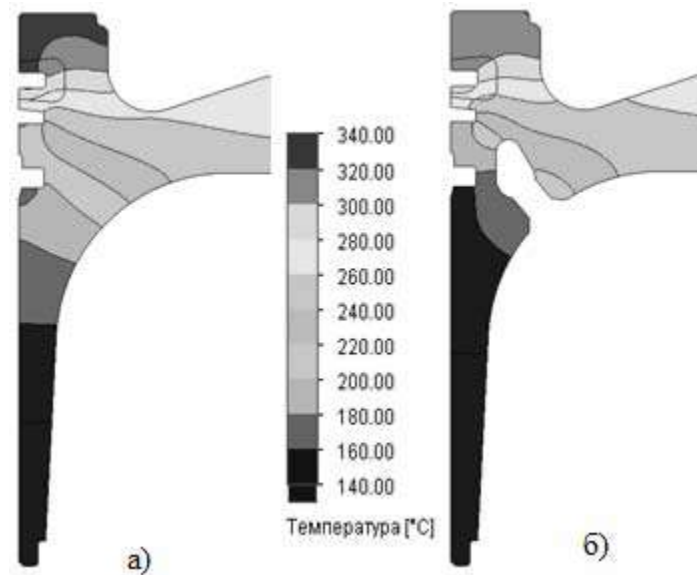


Рис. 1. Распределение температур в теле поршня: а) поршень с орошением днища; б) поршень с масляной галереей

Сравнительное моделирование теплового состояния поршня показало, что применение галерейного охлаждения снижает температуру отдельных частей поршня на $5 - 15^\circ\text{C}$, так:

- температура кромок верхней части камеры сгорания снизилась с $320 - 328^\circ\text{C}$ до $310 - 316^\circ\text{C}$;
- температура выступа камеры сгорания снизилась с $275 - 277^\circ\text{C}$ до 270°C ;
- максимальные температуры нирезистовой вставки под верхнее компрессионное кольцо с $324 - 328^\circ\text{C}$ до $310 - 317^\circ\text{C}$;
- температура канавки под второе компрессионное кольцо с $278 - 198^\circ\text{C}$ до $268 - 184^\circ\text{C}$;
- температура канавки под маслосъемное кольцо с $217 - 171^\circ\text{C}$ до $193 - 151^\circ\text{C}$.

Литература

1. Конструирование и расчет поршневых двигателей: учебник для вузов/ Н. Д. Чайнов, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков; под ред. Н. Д. Чайнова. - Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. - 536 с.
2. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания: Справочное пособие/ А.К. Костин, В.В. Ларионов, Л.И. Михайлов. - Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1979. - 222 с.

УДК 621.43

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОБСТВЕННЫХ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ Д-245

А.А. Никишев, А.Н. Петрученко

ООО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД», г. Минск, Республика Беларусь

Вследствие действия на коленчатый вал двигателя внутреннего сгорания непрерывно меняющихся по времени периодических тангенциальных и нормальных сил в нем возникают переменные деформации кручения и изгиба, что приводит к возникновению в упругой системе крутильных колебаний.

Собственные колебания крутильной системы происходят тогда, когда система, выведенная из состояния покоя, совершает движение под действием только моментов сил упругости вала и сил инерции связанных с ним масс, т. е. без воздействия на систему внешних сил и моментов. Характер собственных крутильных колебаний определяется моментами инерции масс, приведенными к оси коленчатого вала и крутильной жесткостью коленчатого вала [1].

Для определения собственных частот колебаний произведена замена реальной системы коленчатого вала эквивалентной, определены длины и жесткости участков приведенного вала, моменты инерции сосредоточенных на них масс. Размещение эквивалентных масс по длине эквивалентного вала произведено таким образом, чтобы получилась равноценная в динамическом отношении колеблющаяся система (рис. 1).

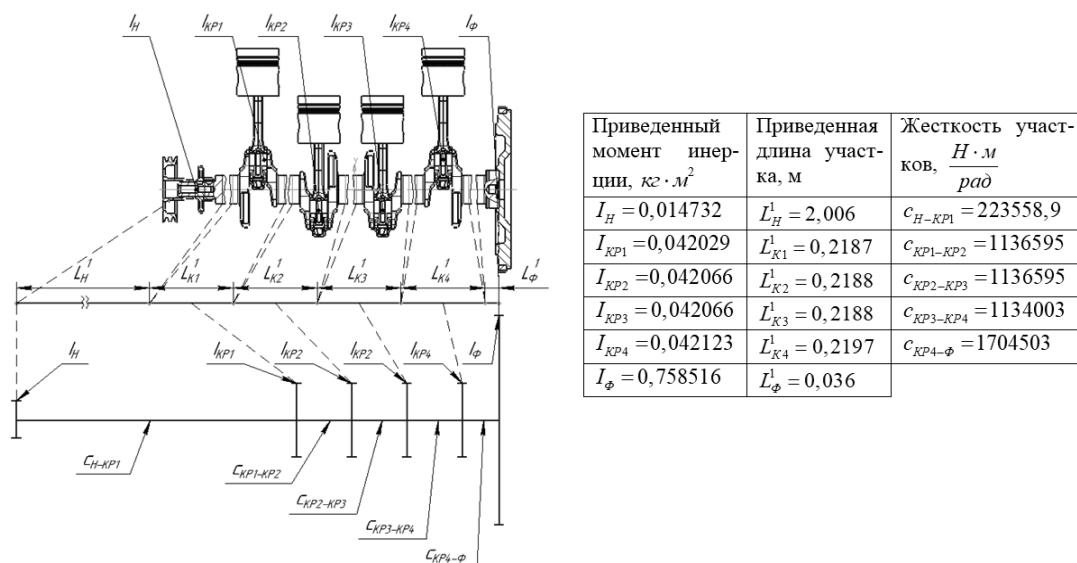


Рис. 1. Схема эквивалентной крутильной системы коленчатого вала и ее параметры

Существует достаточно большое количество методов определения частот собственных колебаний многомассовой системы. Наиболее простой алгоритм реализации имеет метод остатка, основанный на том, что сумма моментов сил упругости и сил инерции колеблющихся масс упругой системы при свободных колебаниях должна равняться нулю. С помощью этого метода определены относительные амплитуды, собственные частоты и формы колебаний крутильной системы рассматриваемого коленчатого вала (рис. 2).

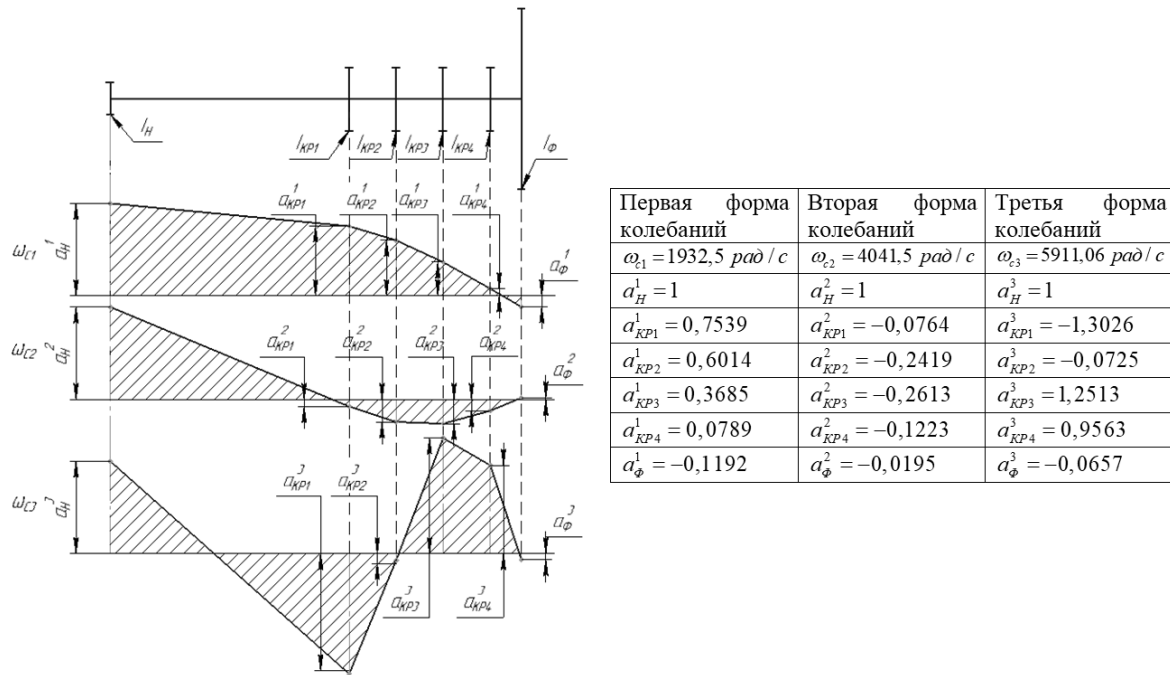


Рис. 2. Формы, частоты и относительные амплитуды собственных колебаний крутильной системы коленчатого вала

Реальная колебательная система подвергается действию внутренних (гистерезис, изменение структуры материала) и внешних (трение относительно внешней среды) сопротивлений, поэтому собственные колебания с течением времени прекращаются (затухают).

В результате проведенного исследования построена многомассовая крутильная система, эквивалентная крутильной системе двигателя Д-245, определены частоты и формы собственных колебаний. Полученные данные в дальнейшем будут использованы для определения напряжений, возникающих в коленчатом валу с учетом крутильных колебаний.

Литература

1 А. Н. Гоц. Крутильные колебания коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие /; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 200 с.

УДК 621.43

УРАВНОВЕШИВАНИЕ ДВУХЦИЛИНДРОВОГО ДИЗЕЛЯ MMZ-2LDГ.М. Кухаренок¹, А.В. Лысов²¹Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь;²ОАО «Управляющая компания холдинга «МИНСКИЙ МОТОРНЫЙ
ЗАВОД», г. Минск, Республика Беларусь

В последнее время Минским моторным заводом взято направление по созданию и развитию малоразмерных дизелей с размерностью цилиндра 87х90 мм и мощностью от 7 до 53 кВт. В данное семейство входят 2-х, 3-х и 4-х цилиндровые дизельные двигатели.

Конструктивной особенностью разработанного 2-х цилиндрового рядного двигателя является применение коленчатого вала с кривошипами, расположенными под углом 180°. Схема сил инерции действующих в данном двигателе представлена на рисунке 1.

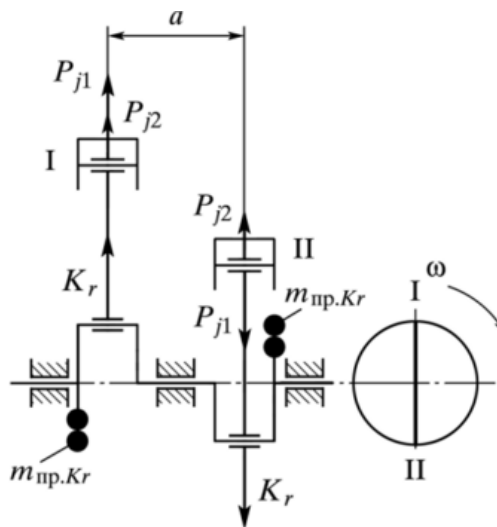


Рис.1. Схема сил инерции в двухцилиндровом однорядном двигателе с кривошипами под углом 180°С

Анализ уравновешенности показал, что в двигателе такой компоновочной схемы не уравновешенными являются силы инерции второго порядка P_{j2} от возвратно – поступательно движущихся масс и моменты, создаваемые силами инерции первого порядка M_{j1} и силами инерции от вращающихся масс M_{Kr} , действующий во вращающейся плоскости коленчатого вала.

Проведя анализ сил и моментов было принято решение об уравнивании моментов M_{j1} и M_{Kr} . Силы инерции P_{j2} признаны незначительными и их уравнивание нецелесообразным.

Момент M_{Kr} полностью уравновешен с помощью противовесов, расположенных на продолжении щек коленчатого вала.

Для уравнивания момента от сил инерции первого порядка M_{j1} применен механизм с дополнительным балансирным валом. В данной схеме механизма два дополнительных груза располагаются на маховике и шкиве коленчатого вала и два груза на шестерне привода и балансирном валу. На рисунке 2 показана модель балансирного вала с наведенными дисбалансами.

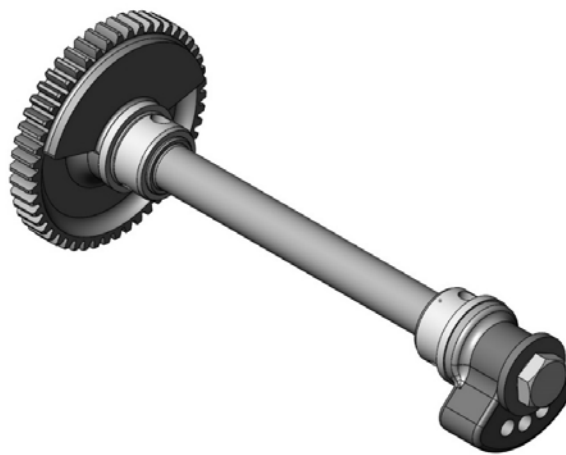


Рис.2. Балансирный вал уравнивающего механизма

Учитывая схему компоновки уравнивающего механизма определены необходимые дисбалансы на шкиве - 730 г·см, маховике - 810 г·см, шестерне уравнивающего вала - 1230 г·см и противовесе уравнивающего вала - 1205 г·см.

Сравнительные испытания двигателя с уравнивающим механизмом и без показали, что применение уравнивающего механизма позволяет снизить виброскорость на различных режимах работы двигателя: в вертикальном направлении на 3,7-6,7 дБ, в горизонтальном направлении на 1,7-7,8 дБ.

Литература

1. Конструирование и расчет поршневых двигателей: учебник для вузов/ Н.Д.Чайнов, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков; под ред. Н.Д. Чайнова. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 536 с.
2. Чистяков В.К. Динамика поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания: Учеб. Пособие для машиностроительных вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». – М.: Машиностроение, 1989. – 256 с.

УДК 629.366

СТРУКТУРА ПАРКА ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ ТРАКТОРОВ АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Н.П. Амельченко¹, В.И. Володкевич², Д.А. Дубовик³¹УО «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь;²РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь;³ГНУ «Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время машиностроительный комплекс Республики Беларусь производит энергонасыщенные тракторы тяговых классов 3, 4, 5 и 6 с двигателем мощностью от 150 до 450 л.с. (110-330 кВт) [1, 2].

В планах производства сельскохозяйственных тракторов на 2019 год предусматривалось поставить в страны СНГ, включая Республику Беларусь, 19 257 тракторов, в числе которых энергонасыщенные тракторы составили 1 317 ед. или 6,7 %. В общем количестве энергонасыщенных тракторов тракторы тягового класса 3 (серии 1500 и 2000) составили 839 ед. или 63,7 %, тракторы тяговых классов 5 и 6 (серии 3000, 3500 и 4000) – 478 ед. или 36,295 %. При этом, тракторов тягового класса 2 (серия 1200) планировалось произвести 2 759 ед. или 14,327 %, тракторов тягового класса 1,4 (серии 800, 900 и 1000) – 14 223 ед. или 73,859 %, тракторов тяговых классов 0,6-0,9 (серии 200, 300, 400 и 600) – 958 ед. или 4,868 %) [3].

Такая структура производства тракторов в "МТЗ-Холдинг" отражается на структуре тракторного парка АПК Беларуси.

В структуре тракторного парка АПК энергонасыщенные тракторы тяговых классов 5-6 с мощностью двигателя 250 л.с. и более составляют 18,2 % (7,2 тыс. ед.), тракторы тяговых классов 3-4 с мощностью двигателя 150-180 л.с. - 3,3 % (1,3 тыс. ед.), тракторы тягового класса 2 с мощностью двигателя 120-130 л.с. - 21,9% (8,7 тыс. ед.). Основной состав тракторного парка АПК составляют тракторы тяговых классов 0,6-1,4 с мощностью двигателя 30-100 л.с. - 56,6 % (22,4 тыс. ед.).

Основным поставщиком тракторов для белорусского АПК является "МТЗ-Холдинг", на долю которого приходится 94,8 % (37,4 тыс. ед.) всего тракторного парка сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь (рис. 1). Остальная часть тракторов (5,2%, 2,1 тыс. ед.) поставлена в республику из России (С-ПТЗ, 2,7 %, 1,1 тыс. ед.), стран дальнего зарубежья ("Джон Дир", "Фенд", "Нью-Холланд", 2,5 %, 1 тыс. ед.). Все поставленные белорусским сельскохозяйственным организациям зарубежные тракторы имеют тяговый класс 5 или 6 (рис. 2).

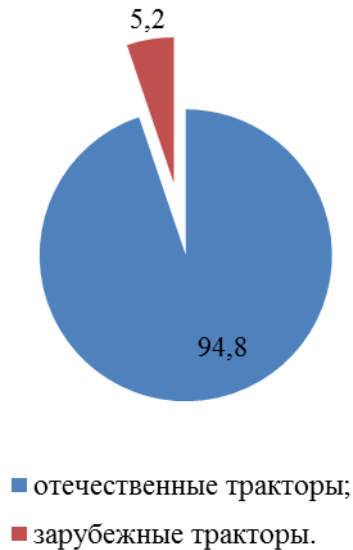


Рис. 1. Доля тракторов отечественного производства в тракторном парке АПК Республики Беларусь

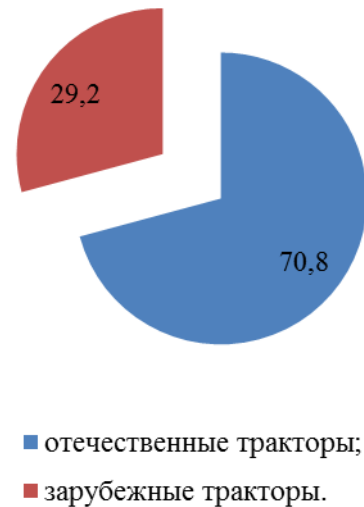


Рис. 2. Доля отечественных тракторов тяговых классов 5-6 в Республике Беларусь

За последние 5 лет (в период с 2014 года по 2019 год) выбытие тракторов в сельскохозяйственных организациях АПК республики превышает их поступление на 767 ед. (38,7 %). Поступление энергонасыщенных тракторов увеличилось на 223 ед. При этом обеспеченность тракторами тяговых классов 5-6 находится на уровне 65,6 % от их нынешней технологической потребности в количестве 10,9 тыс. ед. Причём, 74 % состава тракторного парка имеет срок эксплуатации выше нормативного. Среди энергонасыщенных тракторов тяговых классов 5-6 нормативный срок службы выработали 5,4 тыс. ед. или 75 %.

Из приведенного анализа видно, что основными недостатками существующего тракторного парка энергонасыщенных тракторов АПК являются несоответствие его структуры реальным технологическим потребностям и его запредельная изношенность 74-75 %.

Литература

1. Современные тенденции сельхозтракторостроения / П. А. Амельченко [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2018. – Т. 63, № 1. – С. 76-92.
2. Дубовик, Д. А. Тенденции развития уборочной сельхозтехники / Д. А. Дубовик, Л. Ю. Бакалова, А. С. Шантыко // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы междунаро. науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев, Белорус.-Рос. ун-т – 2018. – с. 39.
3. Основные тенденции развития современного сельскохозяйственного тракторостроения / П. А. Амельченко [и др.] // Наука, образование и производство в XXI веке : Современные тенденции развития : материалы юбилейн. междунар. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2016. – С. 157-158.

УДК 631.33.024

ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ БЕЗ ПОДВИЖНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ПОСЕВА ГОРОХА

А.А. Полуэктов, А.А. Титученко, В.В. Цыбулевский
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар, Россия

Актуальность идеи объясняется повышением урожайности, снижением потерь урожая за счет исключения механических повреждений семян и их ионизации, возможностью высевать семена индивидуально, устраняя тем самым неравномерность распределения

Предлагаемый нами пневматический аппарат без подвижных частей для посева гороха обеспечивает большое преимущество по сравнению с обычными (механическими) аппаратами для посева гороха: существенно упрощается расчет нормы высева семян; за счет возможности поштучного высева; повышается урожайность следующего года на 5%, за счет исключения механических повреждений семян.

Пневматическая сеялка содержит бункер для семян 1 (рис.1), воздухораспределительную систему 2, включающую источник сжатого воздуха 3, который через синхронизатор потока семян 4, кинематически связанный с приводным колесом сеялки 5, а пневматически через коммуникационные каналы 6, 7 и 8 и сопла 9, 10 и 11 с дозаторами в виде вихревых камер 12 и дополнительными дозаторами 13, внутренняя полость которых имеет форму конуса, а сами дополнительные дозаторы 13 выполнены из высевных патрубков 14 на участках на выходе из дозаторов 12.

Синхронизатор потока семян 4 состоит из пневмокамеры 15 и диска 16, жестко закрепленного на валу 17 приводного колеса 5 сеялки. С другой стороны диск 16 соприкасается с тремя пневмокамерами 18, 19 и 20, соединенными соответственно с коммуникационными каналами 6, 7 и 8. причем диск 16 имеет три сквозных отверстия 21, 22 и 23 одинаковой конфигурации формы с формой соответствующих им пневмокамер 18, 19 и 20 в плоскости соприкосновения последних с диском 16. Пневмокамеры 18, 19 и 20 расположены с возможностью совмещения с соответствующими им сквозными отверстиями 21, 22 и 23 диска 16.

Дозатор в виде вихревой камеры 12 и дополнительный дозатор 13 с внутренней полостью в форме конуса выполнены в корпусе 24 с передней стенкой 25 и задней стенкой 26.

Сопла 9, 10 и 11 соединены с коммуникационными каналами 6, 7 и 8 через стабилизатор давления в виде трех пневмополостей 27, 28 и 29.

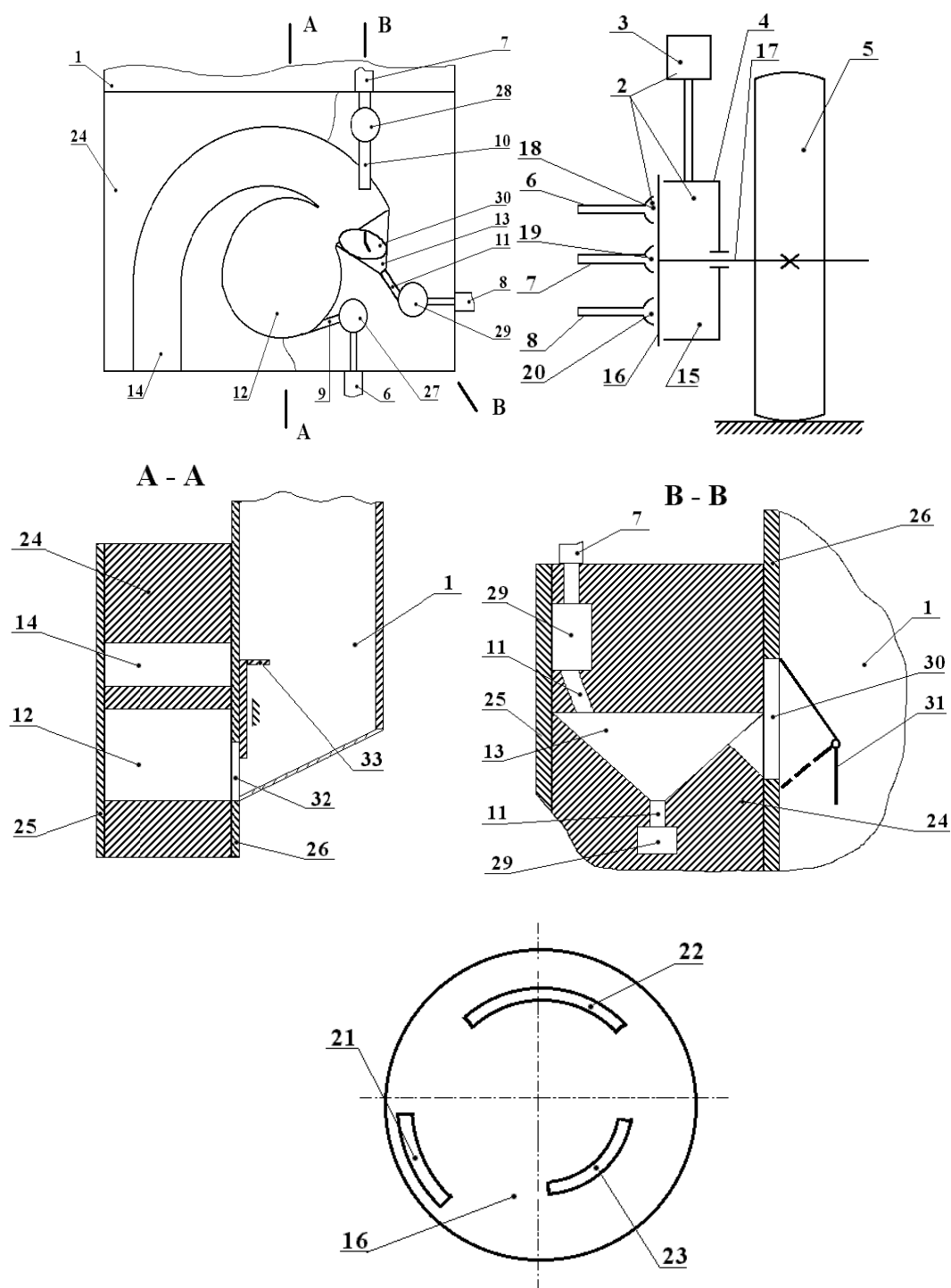


Рис.1. Пневматическая сеялка: 1 – бункер для семян; 2 - воздухораспределительная система; 3 – источник сжатого воздуха; 4 – синхронизатор потока семян; 5 – приводное колесо; 6-8 – коммуникационные каналы; 9-11 - сопла; 12 – дозатор в виде вихревой камеры; 13 - дополнительный дозатор; 14 – высевной патрубок; 15, 18, 19, 20 – пневмокамеры; 16 – диск; 17 – вал; 21–23, 32 – отверстия; 24 – корпус; 25 – передняя стенка; 26 – задняя стенка; 27-29 - пневмополости; 30 – выходное отверстие; 31 – клапан; 33 – подвижная заслонка

Дополнительные дозаторы 13 (рисунок 1) со стороны бункера для семян 1 имеют выходные отверстия 30, против которых расположены сопла 9. Со стороны бункера для семян 1 выходные отверстия 30 имеют клапана 31.

Дозаторы 12 сообщаются с бункером для семян 1 через отверстие 32 с подвижной заслонкой 33.

Пневматическая сеялка работает следующим образом.

Семена из бункера для семян 1 самотеком поступают в дозаторы в виде вихревых камер 12 через отверстия 32, площадь которых предварительно регулируется положением заслонки 33 в зависимости от размера семян высеваемой культуры и необходимого уровня заполнения вихревой камеры дозатора 12 семенами.

В процессе движения сеялки по засеваемому полю от приводного колеса сеялки 5 вращение через вал 17 передается на диск 16 синхронизатора потока семян 4. Источник сжатого воздуха 3 создает избыточное давление воздуха в пневмокамере 15 синхронизатора потока семян 4. При вращении диска 16 его сквозное отверстие 21 совмещается с полостью пневмокамеры 18 и пневмопоток из пневмокамеры 15, через сквозное отверстие 21, пневмокамеру 18, коммуникационный канал 6, пневмополость 27 стабилизатора давления и сопло 9 поступает в вихревую камеру дозаторов 12. Взаимодействие аэродинамического вихревого потока с семенами приводит последние в движение, в результате которого часть семян подается из дозатора 12 в высевные парубки 14. В это время в результате вращении диска 16 его сквозное отверстие 21 выходит из контакта с пневмокамерой 18 и подача пневмопотока к соплу 9 прекращается. Порция семян поступившие в высевные патрубки 14 оседают в полостях в форме конуса дополнительных дозаторов 13.

В результате вращении диска 16 синхронизатора потока семян 4 происходит совмещение его сквозного отверстия 22 с пневмокамерой 19. Пневмопоток из пневмокамеры 15 через сквозное отверстие 22, пневмокамеру 19, коммуникационный канал 7, пневмополость 28 стабилизатора давления и сопло 10 подается во внутреннюю полость в форме конуса дополнительных дозаторов 13. В результате взаимодействия аэродинамического потока с порциями семян, осевших во внутренних полостях дополнительных дозаторов 13, семена, кроме одного, расположенного в вершине конуса внутренних полостей каждого дополнительного дозатора 13, перекрывающего сопло 11, подаются через выходные отверстия 30 в бункер для семян 1. Клапан 31 предотвращает попадание семян самотеком из бункера для семян 1 через выходное отверстие 30 в дополнительные дозаторы 13.

В результате вращении диска 16 синхронизатора потока семян 4 происходит совмещение его сквозного отверстия 23 с пневмокамерой 20. Пневмопоток из пневмокамеры 15 через сквозное отверстие 23, пневмока-

меру 20, коммуникационный канал 8, пневмополость 29 стабилизатора давления и сопло 11 подается во внутреннюю полость в форме конуса дополнительных дозаторов 13. Аэродинамический поток, истекающий из сопла 11, захватывает семя, оставшееся в дополнительном дозаторе 13 и подает его по высевному патрубку 14 в борозду, формируемую сошником сеялки.

После этого цикличность функционирования воздухораспределительной системы 2 пневматической сеялки повторяется в вышеуказанной последовательности.

Для изменения шага расстановки семян в борозде диск 16 синхронизатора потока семян 4 меняется на другой, с соответствующими геометрическими параметрами сквозных отверстий 21, 22 и 23 и их количеством.

Использование предлагаемой пневматической сеялки в сравнении с известными пневматическими сеялками позволит обеспечить поштучную подачу семян в борозду различных сельскохозяйственных культур с заданным расстоянием между семенами.

Это обеспечит необходимую густоту стояния растений и, как следствие, увеличить урожайность сельскохозяйственных культур.

Кроме этого будет устранен перерасход семян при посеве. Это особенно существенно при высеве малыми нормами (1...2 кг/га) мелкосеменных культур, например амаранта, тимopheевки луговой, петунии и др.

Изготовление пневматического аппарата без подвижных частей для посева гороха (январь-февраль 2021 г) 50 000 руб; 2. Изготовление электронного синхронизатора потока семян (март-май 2021 г) 50 000 руб.; 3. Испытание пневматического аппарата без подвижных частей для посева гороха вместе с электронным синхронизатором потока семян (июнь-июль 2021 г.) 100 000 руб.; 4. Совершенствование аппарата по результатам испытаний (сентябрь-декабрь 2021 г.) 50 000; 5. Подготовка к испытаниям и технико-экономическое обоснование (январь-май 2022 г) 50 000 руб; 6. Повторное испытание усовершенствованного образца и заключительный отчет (июнь-декабрь 2022 г.) 100 000 руб. ИТОГО: 2 года, 400 000 руб.

Литература

1. Цыбулевский, В.В. Параметры процесса обработки приствольной зоны плодовых деревьев гербицидами: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. - Краснодар, 2007. – 209 с.

2. Патент на полезную модель 163299 Российская Федерация МПК А01С 7/04. Пневматическая сеялка / Маслов Г.Г., Цыбулевский В.В., Щеголов И.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет - №2015151239/13; заявл. 30.11.2015; опубл. 10.07.2016; Бюл. №19 – 8 с.

3. Патент 2317671 Российская Федерация, МПК А01С 7/04. Пневматическая сеялка / Цыбулевский В.В., Куцеев В.В., Куцеев В.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кубанский государственный аграрный университет.-№2006126439/12; заявл. 20.07.2006; опубл. 27,02,2008, Бюл. №6 – 8 с.

УДК 62-83-52

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРО- ПРИВОДА В МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

В.Б. Попов, С.Н. Кухаренко

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

При проектировании мобильной техники возникает важная задача выбора типа привода, осуществляющего поступательное или вращательное движение объектов, например, рабочих органов уборочной машины.

Существуют четыре распространенных типа привода: механический, гидравлический, пневматический и электрический. Первые три типа хорошо освоены в производстве и успешно используются в мобильной с/х и дорожно-строительной технике. Что касается электропривода, то его сегодняшнее участие в мобильной технике чаще всего ограничивается генератором переменного тока, реализующим относительно небольшую часть энергии ДВС.

Электропривод - электромеханическая система, состоящая из электродвигательного, преобразовательного и управляющего устройств, предназначенная для приведения в движение рабочих органов мобильной машины и управления этим движением.

Преимущественные отличия электропривода заключаются в том, что среди остальных приводов он обладает:

- наиболее высоким КПД;
- относительно высокой экологичностью, а именно несущественным вредным воздействием на окружающую среду;
- относительной простотой конструкции и высокой точностью отработки сигналов управления;
- низкой стоимостью потребляемой энергии по сравнению с энергией нефтепродуктов.

Использование асинхронных электродвигателей в стационарных условиях, например, в качестве электропривода испытательных стендов давно положительно зарекомендовало себя. Но при этом не стоит забывать, что питаются они от промышленной сети и отличаются относительно невысокой удельной мощностью.

Причин, ограничивающих широкое применение электропривода в мобильной технике, по крайней мере, две:

- отсутствие на мобильном энергетическом средстве источника электроэнергии достаточной мощности;
- отсутствие компактных и мощных электродвигателей.

В ряде промышленно развитых стран ведутся работы по созданию и освоению в производстве гибридных двигателей, которые могут послужить источником электрической энергии для новейших электро-приводов. Кроме того в настоящее время начато производство (например, Российская Федерация, г. Калуга, предприятие “Робот”) новых типов электродвигателей. Они позволяют создавать компактную электромеханическую трансмиссию, мощности которой достаточно для большинства рабочих органов уборочных машин. Уже существуют технические решения с применением индукторных и синхронных электрических машин с магнитной редукцией.

Таким образом, проблема более широкого применения электропривода в мобильной технике может быть разрешена в настоящее время.

Литература

1. А.Г. Гушинский, Л.М. Малайчук Электропривод в сельском хозяйстве, Лань, 2010.

УДК 621.793

ЗАЩИТА ОТ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬХОЗМАШИН ГАЗОПЛАМЕННЫМ НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ

М.А. Андреев, Е.Д. Манойло

Институт порошковой металлургии имени академика О.В. Романа,
ОХП «Институт сварки и защитных покрытий»,
г. Минск, Республика Беларусь

В процессе работы органы сельскохозяйственных машин подвергаются абразивно-коррозионному износу и ударным нагрузкам, поэтому их срок службы часто не достигает сезона. Газопламенные методы нанесения покрытий уже многие годы широко используются для защиты от износа быстроизнашивающихся деталей, как в республике Беларусь, так и за рубежом.

Фирма MWS (Германия), разрабатывает и изготавливает инструменты и новое оборудование для производства ножей для соломорезок, косилок, измельчителей, кормораздатчиков, и др. [1].

В зависимости от требований, предъявляемых к изделиям, используются процессы упрочнения и защиты от коррозии, включая закалку, нитроцементация, газотермическое напыление, воронение, фосфатирование и пескоструйная обработка. Благодаря высокой прочности и твердости обеспечиваются увеличение срока службы, эффект самозатачивания, а также высокое качество резки и снижение расхода топлива.

Для нанесения упрочняющих покрытий используются методы газопламенного напыления, включающие проволочное, порошковое и шнуровое напыление, а также плазменная и лазерная порошковая наплавка. На рис. 1 изображен нож z81123 с напыленным покрытием, шириной 15 мм и толщиной - 0,2-0,3 мм.



Рис. 1. Нож z81123 с напыленным покрытием

Исходя из информации фирмы и рис. 1, можно предположить, что упрочняющее покрытие нанесено методом газопламенного напыления материалом, содержащим около 50% карбида вольфрама.

В 2003 г. впервые в Белоруссии технология упрочнения рабочей поверхности лап сеялок газопламенным напылением покрытий порошком самофлюсующегося никелевого сплава с последующим индукционным оплавлением, была разработана для РУП «Лида-агропромаш» (РБ) [2].

Она включает следующие основные операции:

- пакетирование деталей по 10 шт. со смещением друг относительно друга на ширину слоя покрытия в специальном приспособлении;
- струйно-абразивную обработку пакетов в установке УСАО-1300;
- подогрев отдробеструенных поверхностей до температуры около 100 °С и напыление покрытия аппаратом газопламенного порошкового напыления ТЕНА – П;
- оплавление деталей по одной в специальном индукторе.

Химический состав порошка и твердость покрытия приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Состав порошка и твердость покрытия

Марка	Содержание компонентов, % (по массе)						Твердость, HRC
	Cr	B	Si	Fe	C	Ni	
ПГ-10Н-01	14-20	2,8-3,4	4,0-4,5	3-4	0,6-1	остальное	55...62

Основные технологические режимы процесса газопламенного напыления покрытия аппарата ТЕНА-П приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Режимы напыления покрытий

Материал покрытия	Расход порошка, кг/час	Подача аппарата, см/мин	Давление и расход газов				
			Давление, МПа			Расход, л/ч	
			кислород	пропан	воздух	кислород	пропан
ПГ-10Н-01	7-8	80	4,2	0,8	4,0	3200	800

На рис. 2 представлены лапы сеялки на различных стадиях обработки.

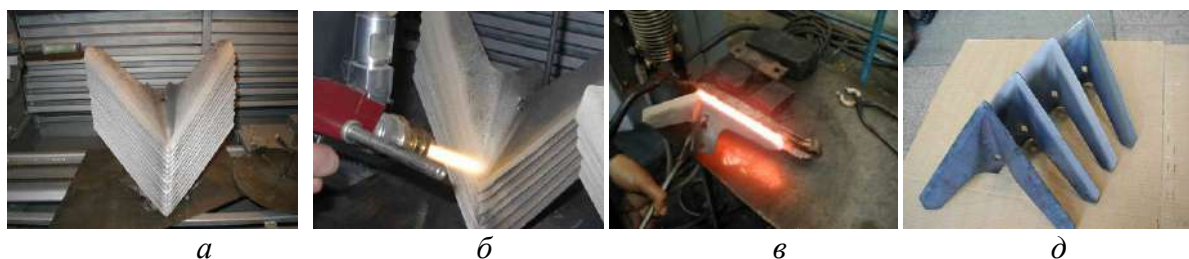


Рис. 2. Лапы сеялки: а - после струйно-абразивной обработки, б - процесс напыления покрытия, в - процесс индукционного оплавления покрытия, д - исходная, очищенная струйно-абразивной обработкой, напыленная и оплавленная детали.

В результате разработанный технологический процесс обеспечил такт выпуска детали с покрытием, равный 25-30с, при толщине покрытия – 0,8-1,2 мм.

Результаты испытания в Беларуси, Казахстане, Алтайском крае показали увеличение срока службы сеялок с упрочненными лапами в четыре и более раз.

С 2008 г. и по настоящее время в ОАО «Гомсельмаш» используется технология упрочнения деталей кормоуборочной техники методом газопламенного напыления покрытия твердостью HRC 62-64 порошком самофлюсующегося никелевого сплава, содержащим более 40% WC (Т-Термо №655) с последующим индукционным оплавлением [3].

На заводе создан специальный участок упрочнения деталей комбайна, который включает: установку струйноабразивной обработки ТЕНА-УСАО-1300, аппарат газопламенного порошкового напыления покрытий ТЕНА - П с пультом управления газами, стол для расположения деталей при напылении и станок индукционной наплавки. На рис. 3 изображен процесс напыления покрытия и ножи. Время струйно-абразивной обработки, нанесения покрытия и оплавления (толщина слоя 0,2-0,3 мм) одной детали составляет, соответственно, около 20 с.

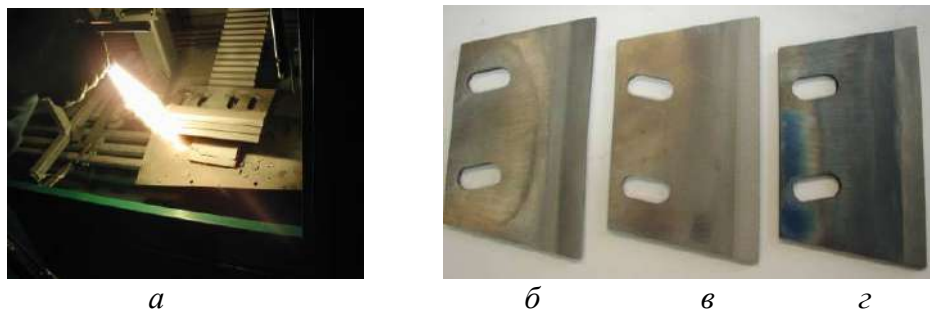


Рис. 3. Напыление покрытий: *а* - процесс напыления покрытия и ножи комбайна: *б* – отдробеструенный; *в* – напыленный; *г* – оплавленный

В качестве примера в табл. 3 приведен перечень деталей, на которые в 2014 г. было нанесено покрытие.

Таблица 3 – Перечень деталей с покрытием

Наименование детали	Кол-во, шт.	Материал	Размеры слоя покрытия, мм		
			толщина	ширина	длина
Нож КГС 0150270	467	Сталь 51 CrV4	0,13-0,2	15± 5	329
Нож КГС 0150270-01	2105	Сталь 51 CrV4	0,13-0,2	15± 5	329
Нож КГС 0150270-02	118	Сталь 51 CrV4	0,13-0,2	15± 5	329
Нож КГС 0150270-03	522	Сталь 51 CrV4	0,13-0,2	15± 5	329
Нож КПС-4-0513401	11631	Сталь 65 Г	0,13-0,2	16± 5	125
Лопасть КВС-1-0142840	3677	Сталь 51 CrV4	0,3± 0,1	25± 3	324
Лопасть боковая КВК 0142260	1248	Сталь 51 CrV4	0,3± 0,1	25± 3	246
Лопасть средняя КВК 0142270	311	Сталь 51 CrV4	0,3± 0,1	25± 3	224

Из таблицы 3 видно, что упрочняемые детали отличаются материалом, формой, габаритными размерами, а также толщиной и размерами наносимого слоя покрытия, что усложняет возможность автоматизации, поэтому до настоящего времени процесс нанесения покрытий производится оператором вручную.

По данным ОАО «Гомсельмаш», результаты эксплуатации комбайнов в различных странах с упрочненными таким образом деталями подтвердили повышение срока их службы практически на порядок.

В настоящее время на зерноуборочных самоходных комбайнах «РСМ-181» и его модификациях, производства ООО "Комбайновый завод "Ростсельмаш" (Россия), для повышения износостойкости конуса заходного (обозначение изделия **181.31.08.010**) используется процесс шнурового газопламенного напыления покрытия. Программа выпуска деталей в 2019-2020 г. - 450 машин в год. Пиковая производительность в месяц - 84 машины, в сутки - 4 машины.

Конус заходный с нанесенным покрытием используется в составе молотильно-сепарирующего устройства для приема и транспортировки массы в зону обмолота. Покрытие работает в среде постоянно перемещающейся зерностебельчатой массы (пшеницы, риса, льна, кукурузы, гороха, рапса и др.).

Срок службы конуса - 12 лет или 3600 моточасов. Гарантийный срок службы - 2 года или 600 моточасов. Масса 138,77 кг.

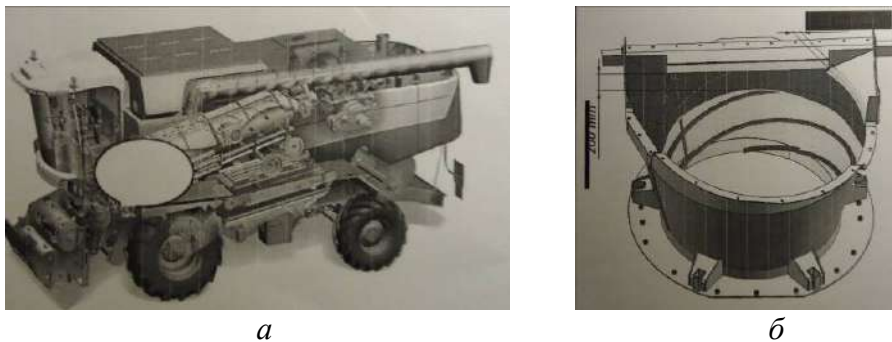


Рис. 4. Самоходный зерноуборочный комбайн РСМ-181 «ТОРУМ» (а) и конус заходный 181.31.08.010 (б)

При работе внутренняя поверхность конуса подвергается износу потоком массы продукта, зерновых, зернобобовых культур, подсолнечника, кукурузы, риса, многолетних трав, а также абразива. Габаритные размеры конуса, мм: длина – 1133, ширина – 1420 и высота – 704.

В настоящее время внутреннюю поверхность конуса и рабочую поверхность витков (площадь $S=1,8 \text{ м}^2$) упрочняют газопламенным напылением шнуровыми материалами «Ниалид» и «Сфекорд Экзо 50» ТУ 1970-002-05815273-2007, производства «Техникорд» (Россия) аппаратом шнурового типа Топ-Жет/2.

Основные операции процесса упрочнения:

- струйно-образивная обработка (САО), до получения равномерно чистой матовой шероховатой поверхности, серого цвета без блестящих участков, пятен и загрязнений.

Время обработки - 30 мин.

- обдув поверхности детали высокотемпературной струей аппарата Топ-Жет/2 для удаления возможного конденсата и остатков абразива, а также предварительного подогрева ее. Расстояние от поверхности до сопла аппарата - 150 мм.

- напыление подслоя сцепления на внутреннюю поверхность конуса и на рабочую поверхность витков шнуром "Ниалид" параллельными проходами вдоль участка напыления (не хаотично) возвратно-поступательными движениями с перекрытием подслоя (расстояние между проходами 0,5-1 см). Расстояния от поверхности детали до сопла аппарата - 80...120 мм. Толщина подслоя - 90 мкм. Масса материала - 1,212 кг. Общее время подогрева и напыления подслоя - 60 мин.

- напыление основного защитного слоя покрытия на внутреннюю поверхность конуса и на рабочую поверхность витков материалом "Сфекорд Экзо 50" параллельными проходами, сначала вдоль участка напыления, а затем поперек, возвратно-поступательными движениями с перекрытием (два слоя). Расстояния от поверхности детали до сопла аппарата - 150-200 мм, угол наклона струи относительно поверхности - не менее 60° (2 слоя). Толщина основного слоя покрытия - 300 мкм. Масса материала - 5,651 кг. Время напыления – 140 мин (2,421 кг/час).

- контроль качества напыленного покрытия: отсутствие прожогов, пор, трещин и других дефектов - визуально (с поворотом детали на 180°).

Общее время подготовки поверхности и нанесения покрытия (площадь $S=1,8 \text{ м}^2$) - более четырех с половиной часов.

Сложность получения требуемых параметров качества покрытия при напылении шнуровыми материалами, претензии потребителей, невысокая производительность процесса шнурового напыления аппаратом Топ-Жет/2 (около 2,5 кг/час) и значительное время на нанесение покрытия (260 мин) привело к необходимости поиска новой технологии напыления для замены существующей.

Для нанесения защитного слоя покрытия на внутреннюю поверхность конуса и на рабочую поверхность витков вместо шнурового может быть использован процесс высокоскоростного напыления аппаратом ТЕ-НА-Ппм порошка аморфного сплава БХМ (19...21Cr; 3,5...4В; 23...28Mo; 0,15C; 0,1Si; 1Fe и Ni – остальное) с подслоем из порошка ВКНА (Ni-основа, 23-25 Al, до 1 Co, до 1 W). Фракционный состав: +20 – 50 мкм.

Схема аппарата ТЕНА-Ппм с камерой сгорания 60 мм приведена на рис. 5.

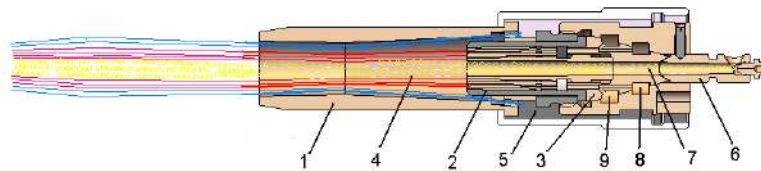
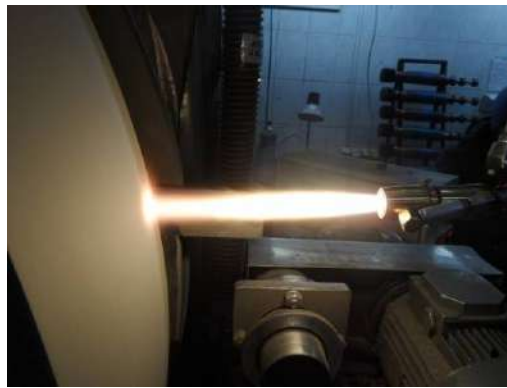


Рис. 5. Схема сопловой части аппарата ТЕНА-Ппм: 1 – сопло воздушное; 2 – мундштук; 3 – смеситель газов; 4 – камера сгорания; 5 – канал подачи сжатого воздуха; 6 – эжектор с жиклером для подачи транспортирующего газа; 7 – канал подачи порошка; 8 – полость подвода кислорода; 9 – полость подвода горючего газа.

Данный процесс был использован для ремонта барабана машины флексографической печати СП ЗАО «БИГАН» г. Гродно (РБ). Барабан флексографической машин являются крупногабаритным изделием (диаметр 1600 мм, ширина 300 мм) большой массы. На рисунке 6 изображены аппарат ТЕНА-Ппм с камерой сгорания 60 мм и процесс напыления покрытия.



а



б

Рис. 6. Аппарат ТЕНА-Ппм с камерой сгорания 60 мм (а) и процесс напыления покрытия (б)

Режимы работы аппарата ТЕНА-Ппм с камерой сгорания 60 мм при напылении покрытий приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Режимы работы аппарата ТЕНА-Ппм с камерой сгорания 60 мм.

Материал	Размер частиц, мкм	Расход порошка (кг/час)	Давление газов, МПа			Расход газов, м ³ /ч			Мощность, кВт
			воздух	МАФ	O ₂	воздух	МАФ	O ₂	
ВКНА	40-100	4,5	0,4	0,2	0,45	22,8	3,3	8,4	80,0
БХМ	20-71	7,6	0,4	0,2	0,45	22,8	3,3	8,4	80,0

Общее время нанесения двух слоев покрытия площадью 1,5 м² составило 90 мин, при их толщине подслоя 0,05мм и основного слоя - 0,55 мм.

Машины флексографической печати относятся к оборудованию, которое осуществляет нанесение многоцветного рекламно-информационного

рисунка на оболочки из полимерного материала, использующиеся при производстве колбасных изделий. Нанесение рисунка производится специальными красками, полимеризующимися при воздействии ультрафиолетового излучения. В процессе окраски, некоторое количество красителя попадает на рабочую поверхность вращающегося барабана, по которому движется оболочка, и счищается специальным ножом-скребком, твердостью около 50 HRC, плотно прижатым к этой поверхности. Оборудование работает непрерывно при трехсменном режиме, поэтому для увеличения срока службы поверхность барабана снабжается высокотвердым износостойким покрытием. В результате постоянного взаимодействия с ножом-скребком, оно изнашивается, что приводит к ухудшению качества рисунка.

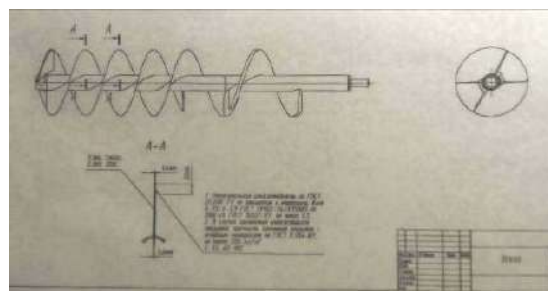
Испытания показали, что срок службы барабана с покрытием из аморфного сплава БХМ, выше в 1,5 раза барабана с оксиднокерамическим покрытием [4].

Нами напылены образцы покрытий из аморфного сплава БХМ, которые в настоящее время проходят испытания на ООО "Комбайновый завод "Ростсельмаш" (Россия), по их методикам, на соответствие требованиям, установленным предприятием: максимальная толщина покрытия - не более 450 мкм; прочность сцепления покрытия с основным металлом по ГОСТ 9.304-87 - не менее, 200 кг/см²; относительная износостойкость покрытия, определенная в соответствии с ГОСТ 23.208-79, по отношению к стали Лист Б-ПУ-0-3,9 ГОСТ 19903-74/К350В5-III-20пс-св ГОСТ 16523-97 - не менее 3,2.

В комбайне «ТОРУМ» 760 используется 18 наименований шнеков, рабочие поверхности которых также требуют защиты от износа. На рисунке 7 представлен комбайн «ТОРУМ» 760 и чертеж типового шнека.



А



Б

Рис. 7. Комбайн «ТОРУМ» 760 (а) и типовой шнек (б)

В таблице 5 приведен перечень шнеков, требующих упрочнения.

Таблица 5 – Номер чертежа, наименование детали и количество деталей

№ п/п	Номер чертежа	Наименование детали	Производительность, шт. в смену
	1	2	3
1	101.47.01.020А	Шнек	11
2	S300.47.03.20	Шнек	2
3	142.47.02.020А	Шнек	12
4	152.47.02.070А	Шнек	25
5	161.47.02.040	Шнек	3
6	181.47.05.120	Шнек	1
7	181.46.06.010	Шнек	3
8	181.46.06.010-01	Шнек	1
9	181.46.07.050	Шнек	3
10	181.49.15.120	Шнек	1
11	142.48.02.010А	Шнек вертикальный	29
12	181.48.02.010А	Шнек вертикальный	4
13	101.01.05.290	Шнек зерновой	1
14	101.01.05.300	Шнек колосовой	1
15	102.01.05.090	Шнек зерновой	1
16	102.01.05.100	Шнек колосовой	1
17	102.50.02.420	Шнек	1
18	181.21.25.300	Шнек зерновой	1
ИТОГО изделий, шт.:			101

Из таблицы 5 видно, что шнеки отличаются назначением и количеством каждого наименования, при этом в смену необходимо упрочнить более ста изделий.

Процесс восстановления изношенной поверхности «витков» шнека подающего устройства, может быть осуществлен методом непрерывного газопламенного нанесения покрытий (НГНП) аппаратом ТЕНА-ГНпм, мощностью около 100 кВт порошками самофлюсующихся никелевых сплавов следующими способами: «напыление с одновременным проплавлением», «напыление с последующим оплавлением», а также - при совмещении трех операций: подогрева подложки, напыления покрытия и его оплавления - в одной [5]. Он также может использоваться для нанесения покрытий толщиной до 10 мм на детали различных габаритных размеров и массы, например, такие как противорежущий брус.

На рисунке 8 представлен аппарат ТЕНА-ГНпм и процесс нанесения покрытия на шнек подающего устройства.



Рис. 8. Аппарат ТЕНА-ГНпм (а), процесс нанесения покрытия на шнек подающего устройства (б, в)

Размеры шнека: длина 1350 мм, диаметр восстанавливаемой поверхности – 120 мм, ширина витка – 10 мм, общая длина восстанавливаемой поверхности витков – 3600 мм, количество витков – 10. Масса – около 100 кг. Время нанесения покрытия – 55 мин. Порошок Т-Термо №55, твердость покрытия 58 HRC.

Представленный на рисунке 8 шнек по размерам подобен шнекам, используемым на комбайне «ТОРУМ» 760. Для упрочнения рабочей поверхности шнеков приведенных в таблице 5, может использоваться технология непрерывного нанесения покрытия аппаратом повышенной мощности ТЕНА-ГНпм, при этом процесс следует механизировать.

Литература

1. Мендритцки холдинг <https://www.mendritzki.de/Mendritzki Holding GmbH & Co. KG, Herscheider Str. 102 58840 Plettenberg / Germany. +49 2391 812-1 info@mendritzki.de. MVS Schneidwerkzeuge GmbH & Co KG>.
2. Ильющенко А. Ф., Круглый В. В., Манойло Е. Д. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин газопламенным напылением покрытий // Порошковая металлургия. – Вып. 27.– 2004, 111 –1 15.
3. Манойло Е. Д, Онащенко Ф.Е., Солоневич А.Н., Солоневич Н.Н. Упрочнение ножей кормоуборочных комбайнов высокоскоростным газопламенным напылением покрытий из самофлюсующихся никелевых сплавов с карбидом вольфрама // Сварка и родственные технологии. Республ. межведомств. сборник научных трудов. – Минск, 2008, №10, 104 – 111.
4. Манойло Е. Д., Головач В.А., Онащенко Ф.Е. Ремонт изношенной рабочей поверхности барабана флексографической печати газопламенными методами напыления аморфного покрытия. Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка: материалы 14-й Междунар. науч.-техн. конф., посвященной 60-летию порошковой металлургии Беларуси (Минск, 9-12 сентября 2020 г.) / Нац. Акад. Беларуси [и др.]; редкол.; А.Ф. Ильющенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2020, 498 – 503.
5. Ilushchenko A.F., Manoylo E.D., Andreev M.A. & Onashchenko F.E. Flame spraying of coatings of self-fluxing alloys. Welding International, 2017. Vol. 31, №11, 887 – 891.

УДК 6.621.22.011

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ

В. В. Артемьев

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

Рабочие температуры масел изменяется в широком диапазоне в зависимости условия эксплуатации распределителя. т.е. при запуске отрицательная температура, а в летний период могут достигать 70 град. При высоких температур вязкость уменьшается, в следствии чего растут утечки, не верно выбранный зазор может привести к заклиниванию.

Т.о. анализ влияния вязкости рабочей жидкости на характеристики гидрораспределителя является важной и актуальной задачей.[1]

Целью работы является изучение влияния температуры рабочей жидкости на утечку и усилие перемещение золотника.

Исследование проводилось для масла И-30А, вязкость которого изменяется от температуры $T=(0...60)^\circ\text{C}$ [3]

Сила вязкого трения[3]:

$$R = v \cdot \rho \cdot \frac{x}{\delta} \cdot h_z$$

где v - скорость перемещения золотника, м/с;

ρ - плотность жидкости, кг/м³;

x - кинематическая вязкость, сСт;

h_z - ход золотника, м.

Утечки в гидрораспределителе определяются [2]:

$$\Delta Q = \frac{\pi \cdot P \cdot \delta^3 \cdot d_z}{12 \cdot x \cdot \rho \cdot l}$$

где l - длина зазора, м.

Основное влияние на усилие перемещение золотника и утечку рабочей жидкости, кроме ее вязкости, оказывает зазор между корпусом и золотником.[3]

Под действием давления и температуры рабочей жидкости происходит изменение зазора δ , который [3]:

$$\delta = \delta_0 + \frac{d_z}{20} \cdot \Delta \alpha \cdot \Delta T + \frac{P \cdot d_z}{200E} \cdot \left(\frac{d_k^2 + d_z^2}{d_k^2 - d_z^2} + \mu \right)$$

где δ_0 - диаметральный зазор, мкм;

d_k, d_z - диаметры золотника и корпуса (гильзы), м;

$\Delta\alpha = \alpha_1 - \alpha_2$ – разность коэффициентов линейного расширения материалов сопряженных деталей корпуса и золотника, 1/град;

ΔT – разность между температурой материала сопряженных деталей и исходной температурой, град;

P – давление в гидрораспределителе, МПа;

E – модуль объемной упругости корпуса распределителя, Н/м² ;

μ – коэффициент Пуассона.

Для исследования задавались следующие параметры: температура жидкости. Для обеспечения низких температур (0 – 10°C) рабочей жидкости гидростанция вынесена из помещения.

Установлено что с ростом температуры в системе сила необходимая на перемещение золотника падает. Изменение силы можно определить по зависимости следующего вида $R = 158 \cdot e^{-0,032T}$. Из графика зависимости утечек от температуры видно, что с увеличением утечек падает температура, величина которых линейно увеличивается и может быть определена по зависимости $Q = 17,6 \cdot T + 13$.

В результате проведённых экспериментальных исследований установлены функциональные зависимости сил вязкого трения на золотнике и утечек от температуры рабочей жидкости (рис. 1).

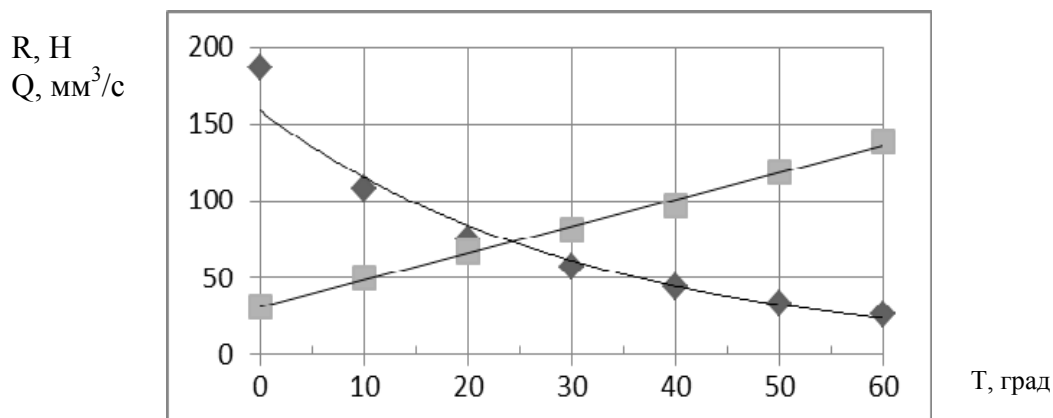


Рис. 1. Графики зависимости: а) силы вязкого трения от температуры жидкости б) утечек от температуры жидкости

В результате испытаний распределителя на зависимость силы трения и утечки от температуры получено что для оптимальной работы испытуемого распределителя оптимальный диапазон температур составляет 20 – 30°C, т.к. при этих условиях обеспечивается минимальная сила вязкого трения с 57 – 75 Н, а утечки наоборот увеличиваются с 67 – 80 мм³/с. перемещения золотника при минимальной утечки жидкости.

Установили математические зависимости изменения сил и утечки от температуры распределителя.

Литература

1. Аппаратура объемных гидроприводов: Рабочие процессы и характеристики/ Ю. Л. Кирилловский, Ю. Г. Колпаков. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.:ил.
2. Исследование и расчет гидравлических систем. Под ред. Л. П. Стрелецкая – изд. «Машиностроение». Москва 1964 г. – 388 с.: ил.
3. Справочник по гидравлическим расчетам. Под редакцией П. Г. Киселева. Изд. 4-е, переработ. и доп. М., «Энергия», 1972.

УДК 339.944

ДВИГАТЕЛИ CATERPILLAR® ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН, ПРОИЗВОДИМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Е.А. Матвеев, В.Л. Стесин
ИООО «Цеппелин Вайсрусланд»,
Минский район, Республика Беларусь

В условиях динамически развивающегося рынка и постоянно растущей конкуренции залогом успеха любого продукта сельскохозяйственного машиностроения является его исключительная надежность и высокая конкурентоспособность. Требования, предъявляемые к сельскохозяйственным машинам (готовность к работе, сервисный и межремонтный интервал, ремонтпригодность, эффективность) растут с каждым годом, и их соблюдение строго регулируется на уровне законодательных и отраслевых нормативно-правовых актов.

ИООО «Цеппелин Вайсрусланд», являясь частью международного концерна Zeppelin (Германия), официального дилера техники и энергетического оборудования ведущего мирового производителя Caterpillar® (США), разрабатывает и предлагает решения по установке дизельных двигателей Caterpillar® в сельскохозяйственные машины, производимые, в том числе, в Республике Беларусь.

Наиболее значимым и масштабным стало сотрудничество компании Zeppelin с ОАО «Минский тракторный завод», в ходе которого были разработаны прототипы и налажено серийное производство сельскохозяйственных тракторов с двигателями CAT®. На сегодняшний день самой мощной моделью стал прототип трактора BELARUS серии 5022 с двигателем **CAT C18 Stage IIIA 525 л. с.** (рис. 1), а самой массовой – трактор BELARUS серии 3522 с двигателем **CAT C9 Stage IIIA 359 л. с.** (серийный выпуск более 800 единиц).



Рис. 1. Трактор BELARUS 5022 с двигателем CAT C18 Stage IIIA

Дизельный двигатель **CAT C9 Stage IIIA 359 л.с.** зарекомендовал себя как высоконадежный агрегат, способный в полном объеме обеспечить главные в работе трактора показатели: высокую мощность и крутящий момент. Конструкция двигателя и применяемые материалы, разработанные и доведенные до совершенства заводом-изготовителем Caterpillar®, высокий уровень технической поддержки, обеспечиваемый сервисными службами ИООО «Цеппелин Вайсрусланд», отлаженная система диагностики, основанная на уникальной методике S.O.S. анализа моторного масла и системе удаленного мониторинга состояния двигателя Product Link®, позволили максимально сократить простои техники, связанные с ремонтом и обслуживанием и добиться показателя готовности к работе, соответствующего действующим требованиям Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь.

Следующими шагами в повышении эффективности сельскохозяйственных тракторов стали увеличение мощности и крутящего момента двигателя, а также снижение удельного расхода топлива, благодаря применению новой системы впрыска топлива Common Rail, и повышение сервисного интервала в 2 раза за счет увеличения масляного поддона и усовершенствования системы фильтрации масла. Все эти преимущества доступны в новой модели двигателя **CAT C9.3B Stage IIIA/ Tier3A**, представленного в Беларуси на международной специализированной выставке БЕЛАГРО-2020. Сравнение основных характеристик двигателей CAT C9 Stage IIIA и CAT C9.3B EU Stage IIIA приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение основных характеристик двигателей CAT C9 Stage IIIA и CAT C9.3B EU Stage IIIA

Параметры	C9	C9.3B
Стандарты выбросов	EPA TIER-3 EU STAGE – IIIA	EC R96 Stage IIIA / EU Stage V / U.S. EPA Tier 4 Final Бразилия MAR-1 / Китай Nonroad Stage III
Количество цилиндров Рабочий объем	6 8,8 л	6 9,3 л
Мощность Номинальные обороты	205-280 кВт / 280-381 л.с при 2200 об/мин	230-340 кВт/313-462 л.с при 2200 об/мин (+ 21%)
Удельный расход топлива при 2100 об/мин	232,8 г/кВтч	207,8 г/кВтч (- 11%)
Максимальный крутящий момент	1694 Нм при 1400 об/мин	2088 Нм при 1400 об/мин (+ 23%)
Холодный пуск	Электрический подогрев впускного воздуха	-10 °C без вспомогательных средств
Стандартные интервалы технического обслуживания	250 моточасов	500 моточасов (+ 100%)

Для удовлетворения потребностей международного рынка в технике с высокими показателями экологичности ОАО «Минский тракторный завод» разработал трактор BELARUS серии 923 с двигателем **CAT C3.6 Stage V**, предоставленным компанией Zeppelin. Двигатель может быть использован для аграрной техники в диапазоне мощности от 75 до 100 кВт, при этом максимальная мощность двигателя составляет 100кВт, максимальный крутящий момент – 550Нм. Самый современный экологический класс данного двигателя позволяет реализовывать тракторы и другую сельскохозяйственную технику в странах с повышенными экологическими требованиями (ЕС, США, Канада, Япония и др.). Стоит отметить, что упомянутый ранее двигатель CAT C9.3B Stage IIIA является платформой для двигателя более высокого экологического класса Stage V, что позволяет унифицировать модельный ряд техники, базирующейся на данном двигателе.

Важным преимуществом двигателей CAT® является то, что в любой точке мира на двигатели этой марки распространяется гарантия завода-изготовителя Caterpillar®, а также осуществляется профессиональное сервисное обслуживание через глобальную дилерскую сеть CAT®.

Специалисты ИООО «Цеппелин Вайсрусланд» видят большие перспективы для применения двигателей Caterpillar® в сельскохозяйственных машинах, производимых в Республике Беларусь и готовы к сотрудничеству для реализации успешных проектов. Так, например, высококачественные зерноуборочные и кормоуборочные комбайны производства ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» могут повысить свою надежность, эффективность, и соответственно конкурентоспособность на внутреннем и внешнем рынках, благодаря использованию двигателей CAT®, подтвердивших свои высокие показатели, не только в первоклассных сельскохозяйственных агрегатах ведущих производителей, работающих по всему миру, но и в современной технике отечественного производства, разработанной для местных условий.

УДК 631.171:631.3(476)

ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПАРКА МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАСТЕНИЕВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Д.А. Дубовик¹, Н.П. Амельченко², В.И. Володкевич³, А.В. Шах³

¹ГНУ «Объединённый институт машиностроения НАН Беларуси»,
г. Минск, Республика Беларусь;

²УО «Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники», г. Минск, Республика Беларусь;

³РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации
сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

Формирование структуры парка сельскохозяйственных машин в Республике Беларусь осуществляется на фоне неблагоприятных тенденций, характеризующихся превышением доли списания их над обновлением. Кроме того, около 50 % основных видов техники выработало свой срок службы и требует значительных затрат на поддержание ее в работоспособном состоянии. Вследствие этого, а также из-за нарушений технологий возделывания сельскохозяйственных культур увеличиваются затраты на производство продукции, а следовательно, снижается ее конкурентоспособность. Так, удельные затраты труда, энергоресурсов и условного топлива на производство зерна в 2019 году составили соответственно 4,5-8,3 чел.-ч/т, 10,6 кВт·ч/т и 14,0 кг усл. т/т; картофеля: 8,9, 6,8 и 9,6; сахарной свеклы: 0,89, 0,12 и 2,0; сена: 2,8-5,4, 0,21 и 1,3; сенажа – 0,63, 0,20 и 1,3; силоса – 0,5, 0,16 и 1,9, льносемян – 28,3, льносоломки – 3,88, льнотресты – 5,62 и овощей – 4,5-8,3 чел.-ч/т, 11,3 кВт·ч/т и 10,3 кг усл. т/т, что в 1,5-2,0 раза превышает аналогичные показатели передовых стран Западной Европы.

В сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь к настоящему времени задействовано около 56 тыс.ед. мобильных энергетических средств (МЭС). При этом парк тракторов различного назначения составляет около 41,0 тыс. ед. (73,1 %), зерноуборочных комбайнов – 8,7 тыс. ед. (около 16,0 %), кормоуборочных комбайнов – 3,9 тыс. ед. (6,9 %) и остальной группы МЭС – 3,6 тыс. ед. (4,0 %).

В структуре парка тракторов общего назначения тракторы тягового класса 5-6 мощностью 250 л.с. и более составляет 18,2 % (около 7,2 тыс. ед.), тракторы тягового класса 3-4 мощностью от 150 л.с. до 180 л.с. – 3,3 % (1,3 тыс. ед.), тракторы тягового класса 2 мощностью 120-130 л.с. – 21,9 % (около 8,7 тыс. ед.) и тракторы тягового класса 0,6-1,4 мощностью от 30 до 100 л.с. – 56,6 % (22,4 тыс. ед.). При этом, тракторы отечественно-

го производства, в основном, ОАО «Минский тракторный завод», составляют около 94,8 % (37,4 тыс. ед.), стран ближнего зарубежья (АО «Санкт-Петербургский тракторный завод», Российская Федерация) – 2,7 % (1,1 тыс. ед.) и дальнего зарубежья – («Джон Дир», «Фендт» и «Нью Холанд») только 2,5 % (около 1,0 тыс. ед.). За последние пять лет (в период с 2014 года по 2019 год) поступление тракторов в сельскохозяйственные организации по сравнению с их выбытием уменьшилось на 767 ед. (38,7 %), поступление энергонасыщенных сельскохозяйственных тракторов увеличилось на 223 ед. (56,7 %). Вместе с тем, около 74 % парка сельскохозяйственных тракторов (29,3 тыс. ед.) эксплуатируется свыше нормативного срока (8-10 лет и более), в том числе тракторов тягового класса 5-6 – 75 % (5,4 тыс. ед.). При этом, обеспеченность энергонасыщенными тракторами составляет только 64,8 % от технологической их потребности. В перспективной структуре парка тракторов предусматривается иметь их не менее 25 % (10,9 тыс. ед.).

Для ежегодной заготовки измельченных травянистых кормов (сенажа и силоса) в объеме не менее 31,2 млн. тонн в хозяйствах республики было использовано около 3,9 тыс. ед. кормоуборочных комбайнов. В их структуре 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.). Парк кормоуборочных комбайнов отечественного производства (ОАО «Гомсельмаш») составляет около 79,6 % (3,1 тыс. ед.), зарубежного производства («Ягуар», «Джон Дир», «Кроне», «Нью Холанд» и другие) – 20,4 % (0,8 тыс. ед.). За 2014-2019 годы поступление в хозяйства новых кормоуборочных комбайнов сократилось на 56 ед. или в 2,2 раза, а выбытие увеличилось на 112 ед. или в 1,8 раза. В тоже время, поступление комбайнов с мощностью двигателя 350 л.с. и более за указанный период увеличилось в 3,3 раза (145 ед.). Около 63 % кормоуборочных комбайнов (2,4 тыс. ед.) эксплуатируются свыше нормативного срока. Обеспеченность хозяйств высокопроизводительными кормоуборочными комбайнами (мощностью 350 л.с. и более) составляет только 55,0 % от их технологической потребности.

На уборке зерновых и зернобобовых культур на площади около 2,6 млн. га в Республике Беларусь было задействовано около 8,9 тыс. ед. зерноуборочных комбайнов, из которых комбайны с пропускной способностью 12 кг/с и более составляют 70,5 % (6,3 тыс. ед.) и до 12 кг/с – 29,5 % (2,6 тыс. ед.). В структуре парка 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 2014-2019 годы выбытие комбайнов по сравнению с их поступлением составило 209 ед. (12,6 %), а с пропускной способностью 10 кг/с и более – поступление сократилось на 64 ед. (19,8 %). Около 74 % парка зерноуборочных комбайнов (6,9 тыс. ед.) эксплуатируется свыше нормативного срока. Вме-

сте с тем обеспеченность хозяйств зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью 12 кг/с более составляет только 69,1 % от технологической потребности в них (2,1 тыс. ед.).

Технологическая обеспеченность мобильными энергетическими средствами для реализации технологий в растениеводстве будет способствовать снижению удельных затрат труда, потребления топливно-энергетических ресурсов, металла и сокращению численности применяемого в хозяйствах республики устаревшего парка машин и оборудования.

СОДЕРЖАНИЕ

Секционные доклады

Секция № 1 «Уборочная техника и научно-техническое сотрудничество»

СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ОАО «ГОМСЕЛЬМАШ» И ЕЕ СОВЕШЕНСТВОВАНИЕ

А.А. Новиков, С.В. Михолап..... 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В БАЛКЕ УПРАВЛЯЕМОГО МОСТА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

П.Е. Родзевич, С.И. Евтушков..... 7

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ УСТАНОВКИ ШИРОКОПРОФИЛЬНЫХ ШИН НА УПРАВЛЯЕМЫЙ МОСТ КОМБАЙНА

П.Е. Родзевич, Ю.В. Лелявская..... 9

ДИНАМИКА ДЕЙСТВИЯ ВОЗДУХА В ОЧИСТКЕ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

А.В. Ключков, Р.В. Богатырев..... 11

ПОКАЗАТЕЛИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

А.В. Ключков, В.В. Гусаров..... 14

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ НА УБОРОЧНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКЕ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

К.А. Грабок..... 17

КАЛИБРОВКА ПАРАМЕТРОВ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА – ЭТАП СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ЗЕРНОУБОРОЧНОМ КОМБАЙНЕ

Д.Н. Иванов, Д.В. Джасов, А.Н. Вырский..... 20

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ СИЛЫ ГАЗОВОЙ ПРУЖИНЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ МЕХАНИЗМА УРАВНОВЕШИВАНИЯ КАПОТА

А.Д. Конявский, Д.В. Джасов, Ю.В. Чупрынин..... 24

АНАЛИЗ МЕХАНИЗМА ПОВОРОТА ВЫГРУЗНОГО ШНЕКА ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ПОСТАНОВКЕ ЗАДАЧИ

Д.В. Джасов, А.Д. Конявский, Ю.В. Чупрынин, В.В. Карчевская..... 27

РАСЧЕТ МОЩНОСТИ, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ БАРАБАНОМ ПРИ ИЗЪЯТИИ СВОБОДНОГО ЗЕРНА ИЗ ОЧЕСАННОГО ВОРОХА В.Н. Ожерельев, В.В. Никитин.....	30
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА Н.Ф.Соловей, Л.А.Мороз, Н.Н.Белая.....	32
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТРАКТА КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ. Н.Ф. Соловей, Д.В. Рехлицкая, В.С. Черношей.....	35
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ – ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ КОМПЛЕКСОВ ПОЛЕСЬЕ-800 А.В. Лашкевич, Д.Н. Костунова.....	39
ВЛИЯНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ОПТИМИЗАЦИИ СБОРА ЯГОД ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ТРУДА В.В. Сомин.....	43
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ САЙ-ЛЕНТБЛОКОВ НА НАГРУЖЕННОСТЬ ПРИВОДА ОЧИСТКИ А.С. Шантыко, А.Н. Вырский, Д.А. Дубовик, Н.П. Першукевич, О.А. Баран.....	45
СНИЖЕНИЕ ВИБРОАКТИВНОСТИ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЖАТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА Д.А. Дубовик, О.А. Баран, В.И. Прибыльский, А.Н. Вырский, Ю.В. Чупрынин.....	47
ЗАДАЧА АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЯ САМОХОДНОГО КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА В.Б. Попов	50
ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ А.М. Крот, А.Н. Вырский, И.А. Баран, В.М. Демко.....	53

СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО ВОЖДЕНИЯ, СОЗДАННЫЕ НА БАЗЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	
О.В. Рехлицкий, В.Н. Шкирский, В.Б. Попов.....	55
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ	
Д. О. Веремеев.....	59
МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ	
К. Г. Васильчиков.....	61
ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТНЫХ И СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИВОДА РЕЖУЩЕГО АППАРАТА ЖАТКИ С ПЛАНЕТАРНЫМ МЕХАНИЗМОМ	
С.И. Кирилук, А.В. Голопятин.....	63
БЮДЖЕТИРОВАНИЕ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ МАШИНОСТРОЕНИЯ В АПК	
О.А. Рыжковец	66
ОБОСНОВАНИЕ МОЩНОСТИ ГИДРОНАСОСА ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕЖИМЕ ПОДЪЕМА НАВЕСНОЙ МАШИНЫ	
В.Б. Попов, О.В. Рехлицкий, В.Н. Шкирский	68
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОНОРОТОРНОГО ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА КЗС- 1119Р (GR700) С ЗАРУБЕЖНЫМИ АНАЛОГАМИ	
П.П. Садов, Ю.М. Поздняков, О.В. Прядко, Н.В. Прядко.....	72
КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С РОТОРНОЙ СХЕМОЙ ОБМОЛОТА И СЕПАРАЦИИ КЗС-1119Р (GR700)	
П.П. Садов, Ю.М. Поздняков, О.В. Прядко, Н.В. Прядко.....	76
РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НОВОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЕ	
А.Г. Гривачевский, В.А. Карабанович, М.Я. Ковалев.....	78
3D-МОДЕЛЬ, КАК ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК ДАННЫХ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ПРОИЗВОДСТВА, ИЗГОТОВЛЕНИИ, ЭКСПЛУАТАЦИИ	
И.А. Кольцова, В.И. Козлов, Н.В. Грудина, Е.П. Поздняков.....	81

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ УЗЛОВ ТРЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ Ю.Ю. Наливайко.....	91
ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИ СЛОЖНЫХ ТОВАРОВ АПК В.К. Липская.....	94
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ А.Н. Брезина, Д.В. Ломако, М.М. Хованская	98
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АГРОДРОНОВ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ А.Н. Брезина, Д.В. Ломако, М.М. Хованская	100
ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ РИСКАМИ В ЭНЕГЕТИЧЕСКИХ КОМПАНИЯХ Д.М. Акбашева, М.Р. Катчиева	102
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ АПК РОССИИ Т.Г. Павленко.....	104
СЕКЦИЯ № 2 «Тракторы, мобильные энергетические средства, прицепные и навесные агрегаты»	
К ВОПРОСУ АНАЛИЗА ПРИЧИН ВНЕЗАПНЫХ ОТКАЗОВ ДЕТАЛЕЙ МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И.Ф. Цыглер, И.Н. Степанкин, Е.П. Поздняков.....	106
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ И.И. Суторьма.....	109
ФРЕТТИНГ-УСТАЛОСТЬ: ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНОМ СОЧЕТАНИИ МАТЕРИАЛОВ С.А. Тюрин, П.С. Дробышевский.....	112
ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН ВЧТГ: ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОМ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ П.С. Дробышевский, С.А. Тюрин, Д.С. Чумак, А.И. Комаров, В.И. Комарова.....	114

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ БОЛТОВ КЛАССА ПРОЧНОСТИ 10.9	
Н.Ф. Соловей, Т.В. Кравчук, Н.Н. Белая, Л.А. Мороз.....	116
ОПТИМАЛЬНАЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОСТЬ ТРАКТОРА С УЧЕТОМ ГОРНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	
Р.М. Махароблидзе, З.К. Махароблидзе.....	120
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ В WINDCHILL И CREO, В РАЗРЕЗЕ КОНТРОЛЯ АТТРИБУТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ	
Ю.В. Лыгин.....	125
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ В КАЧЕСТВЕ АНТИБЛИКОВЫХ	
Н.Ф. Соловей, Е.А. Кулеш, Н.Н. Федосенко, А.С. Шантыко, Д.Л. Горбачёв	133
НОВИНКИ И РАЗВИТИЕ АКСИАЛЬНО-ПОРШНЕВЫХ МАШИН BOSCH REXROTH	
А.А. Тумель.....	136
ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТОВАРОВ ТРАКТОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	
О.И. Михайлова.....	144
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ СКОЛЬЖЕНИЯ КУЛАЧКА С ПЛОСКИМ ТОЛКАТЕЛЕМ	
Н.В. Иноземцева, А.Т. Бельский.....	146
ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ	
С.В. Рогов.....	148
ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРОЧНЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ	
В.С. Голубев, И.И. Вегера, В.Е. Ходюш	150
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И КОМПЛЕКС ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА ЗАГОТОВОК	
И.И. Вегера, Э.В. Гайлевич, В.Е. Ходюш, А.В. Денисов.....	152
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОФТОРОПЛАСТОВОГО КОМПОЗИТА С РЕГУЛИРУЕМОЙ ПОРИСТОСТЬЮ БРОНЗОВОЙ МАТРИЦЫ	
С.В. Шишков.....	156

ИЗНОСОСТОЙКИЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ: ПРИМЕНЕНИЕ И СВОЙСТВА В.А. Калиниченко.....	158
СОЗДАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВАХ ИНДУКЦИОННОЙ НАПЛАВКОЙ В.А. Калиниченко, С.А. Мацинов.....	160
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ ПЕРЕД СКЛЕИВАНИЕМ Л.П. Долгий, М.Л. Калиниченко, Н.В. Пацовский.....	162
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО СКОЛЬЖЕНИЯ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ТРАКТОРА ИСХОДЯ ИЗ ОГРАНИЧЕНИЯ ПЕРЕДАВАЕМОЙ ЕМУ МОЩНОСТИ Ч.И. Жданович, Н.В. Калинин.....	164
УЛУЧШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАНСПОРНЫХ СРЕДСТВ И МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ М.В. Кузнецов.....	168
К ОБОСНОВАНИЮ ВЫБОРА ТИПА СИСТЕМЫ ВЫСЕВА ПЕРСПЕКТИВНОЙ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин.....	170
ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕ-ПОСЕВНОЙ АГРЕГАТ АПП – 9 С МОДУЛЬНОЙ КОМАНОВКОЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ Н.Д. Лепешкин, В.В. Мижурин.....	173
ЛДР-9 –ЭФФЕКТИВНАЯ МАШИНА ДЛЯ ЛУЩЕНИЯ СТЕРНИ И ДРУГИХ МЕЛКИХ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ Н.Д. Лепешкин, П.П. Бегун.....	176
ВЫБОР ФАЗ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОПРОШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ MMZ-262CNG Р.И. Чура, А.В. Предко, М.П. Ивандиков.....	180
ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА СИЛ ДАВЛЕНИЯ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ Д-245 А.Н. Петрученко, А.А. Никишев	182

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ПОРШНЯ ДИЗЕЛЯ Д-262S3A	
А.В. Предко, М.Г. Чесновский.....	184
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СОБСТВЕННЫХ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ДВИГАТЕЛЯ Д-245	
А.А. Никишев, А.Н. Петрученко.....	186
УРАВНОВЕШИВАНИЕ ДВУХЦИЛИНДРОВОГО ДИЗЕЛЯ MMZ-2LD	
Г.М. Кухаренок, А.В. Лысов.....	188
СТРУКТУРА ПАРКА ЭНЕРГОНАСЫЩЕННЫХ ТРАКТОРОВ АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	
Н.П. Амельченко, В.И. Володкевич, Д.А. Дубовик	190
ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ БЕЗ ПОДВИЖНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ПОСЕВА ГОРОХА	
А.А. Полуэктов, А.А. Титученко, В.В. Цыбулевский.....	192
К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА В МОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ	
В.Б. Попов, С.Н. Кухаренко.....	197
ЗАЩИТА ОТ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬХОЗМАШИН ГАЗОПЛАМЕННЫМ НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ	
М.А. Андреев, Е.Д. Манойло.....	199
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ	
В. В. Артемьев.....	208
ДВИГАТЕЛИ CATERPILLAR® ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН, ПРОИЗВОДИМЫХ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	
Е.А. Матвеев, В.Л. Стесин	211
ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПАРКА МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ РАСТЕНИЕВОДСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	
Д.А. Дубовик, Н.П. Амельченко, В.И. Володкевич, А.В. Шах.....	214- 216

Для заметок

Научное издание

4-ая международная научно-практическая конференция
**«Инновационные технологии в агропромышленном
комплексе - сегодня и завтра»**

Сборник тезисов докладов

Тезисы докладов изданы в авторской редакции

Оригинал-макет: Романьков С.А.

Обложка: Шландыкова Н.И.

Ответственный за выпуск: Ковалева И.Н.

Подписано в печать 2.11.20. Формат издания 60x84¹/₈.
Бумага офсетная. Гарнитура Newton. Отпечатано на ризографе.
Усл. печ. л. 25,8. Тираж 100 экз. Заказ №. 11-20

Государственное научное учреждение
«Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси»
Регистрация № 1/244 от 25.03.14
246050 г. Гомель, Беларусь, Кирова, 32а

