

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «БЕЛАГРОСЕРВИС»

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Современные проблемы освоения
новой техники, технологий, организации
технического сервиса в АПК**

*Доклады Международной
научно-практической конференции
на 22-й Международной специализированной
выставке «Белагро-2012», г. Минск, 8 июня 2012 г.*

**МИНСК
2013**

УДК [631.1+631.173](476)(082)

ББК 40.72(4Бел)я43

С56

Редакционная коллегия:

генеральный директор РО «Белгроссервис» Н.А. Лабушев;
генеральный директор РУП «Научно-практический центр НАН
Беларуси по механизации сельского хозяйства» В.Г. Самосюк;
зам. директора по научной работе Государственного предприятия
«Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси»
А.С. Сайганов; декан факультета «Технический сервис в АПК»
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет» В.П. Миклуш

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. В.Н. Дашков,

д-р техн. наук В.В. Азаренко

Современные проблемы освоения новой техники, технологий, орга-
С56 низации технического сервиса в АПК: доклады Междунар. науч.-практ.
конф. на 22-й Междунар. специализир. выст. «Белагро-2012», Минск,
8 июня 2012 г. / М-во сел. хоз. и продовольствия Респ. Беларусь, РО «Бел-
агросервис», УО «Белорус. гос. аграр. техн. ун-т»; редкол.: Н.А. Лабушев
[и др.]. – Минск: БГАТУ, 2013. – 248 с. – ISBN 978-985-519-581-9.

Сборник содержит материалы докладов сотрудников РО «Бел-
агросервис», УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по меха-
низации сельского хозяйства», Государственного предприятия «Институт
системных исследований в АПК НАН Беларуси» и других организаций, в
которых рассмотрены проблемы освоения новой техники, технологий, ор-
ганизации технического сервиса в агропромышленном комплексе.

Сборник предназначен для инженерно-технических и научных со-
трудников, аспирантов, студентов и слушателей системы повышения
квалификации и переподготовки управленческих кадров.

Авторская редакция сохранена.

УДК [631.1+631.173](476)(082)

ББК 40.72(4Бел)я43

ISBN 978-985-519-581-9

© Оформление. БГАТУ, 2013

Уважаемые коллеги!

Решением Совета РО «Белагросервис» от 7 июня 2011 года ежегодно проводимая в рамках выставки «Белагро» конференция «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК» приобрела статус международной.

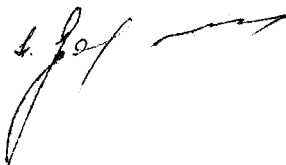
Вашему вниманию предлагается очередной (восьмой) выпуск сборника трудов, подготовленного по материалам докладов сотрудников РО «Белагросервис», УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Государственного предприятия «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси», других организаций, ученых России, Украины, Казахстана, Польши на Международной научно-практической конференции, состоявшейся 8 июня 2012 года.

В конференции приняли участие члены расширенного Совета РО «Белагросервис», руководители агросервисных организаций, директора ремонтных заводов, дилерских технических центров, сотрудники научно-практических центров НАН Беларуси и учреждений образования, представители министерства промышленности, средств массовой информации, зарубежные гости.

Рассматривались проблемы, связанные с производством новой техники, импортозамещением, освоением инновационных технологий в сельскохозяйственном производстве, повышением эффективности использования машин и оборудования, совершенствованием системы технического сервиса в АПК.

Представленные материалы докладов, на наш взгляд, интересны и полезны, могут быть использованы как в практической деятельности работников агросервисных организаций, так и при обучении студентов и слушателей факультетов повышения квалификации в учреждениях образования, способствовать дальнейшей интеграции образования, науки и производства.

Генеральный директор
РО «Белагросервис»



Н.А. Лабушев

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ, ОБОРУДОВАНИЯ И ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ – ОДНО ИЗ НАИБОЛЕЕ ВАЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ РО «БЕЛАГРОСЕРВИС»

*Лабушев Н.А., генеральный директор
РО «Белагросервис», г. Минск*

В соответствии с проводимой в республике политикой по организации импортозамещающих производств на предприятиях агросервиса активно ведется работа по изготовлению машин, оборудования, запасных частей.

Республиканским объединением «Белагросервис» совместно с облагросервисами разработана программа производства импортозамещающей сельскохозяйственной техники, оборудования и запасных частей.

В соответствии с программой определены организации агросервиса, ремонтные заводы, а также номенклатура изготавливаемой сельскохозяйственной техники, оборудования и запасных частей.

Так, на ДП «Минойтовский РЗ» в сотрудничестве с РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» было освоено производство семейства оборотных плугов. На ОАО «Витебский МРЗ» и ДП «Щучинский РЗ» производятся плющилки влажного зерна ПВЗ-10 (аналог Murska 350, Финляндия). В стадии разработки находится плющилка-упаковщик ПРЗ-30 (аналог Murska 750, Финляндия). ОАО «Несвижский райагросервис» приступил к изготовлению охладителей молока УМ-3, УМ-5. Освоено производство охладителей молока на 8 т.

Совместно с иностранными фирмами в организациях агросервиса и ремонтных заводах производится 30 ед. различных машин и оборудования.

Так, например, в кооперации с иностранными фирмами освоено производство:

– ОАО «Ляховичский райагросервис» – косилки дисковые навесные КНД-3,7Е/З015, КНД-3,9Е/Т (совместно с фирмой «Самаш», Польша); валкообразователь-грабли ВГР-7,0 и ворошилка ВРП-8,3 (совместно с фирмой «Квернеланд» Дания);

– ОАО «Дрогичинский ТРЗ» – плуг навесной оборотный ПНО-3+1-42 (совместно с фирмой «Уния», Польша) и 6-тонный тракторный прицеп ПТ-6/2 (совместно с фирмой «Цинкомет», Польша);

– ОАО «Витебский МРЗ» – почвообрабатывающий посевной агрегат с активными рабочими органами «Сапфир-7/300DS+Циркон-7/300S+ВМРЗ» и пассивными рабочими органами «Сапфир-7/300DS + Кварц-7/300S + ВМРЗ в т.ч. с модификацией для посева льна;

– ОАО «Казимировский ОЭЗ» – зерноочистительно-сушильный комплекс КЗСК-30 и оборудование для выпойки телят «КВТ-2»;

– ОАО «Верхнедвинский райагросервис» – роторный измельчитель соломы.

В стадии освоения (разработка ТУ, изготовление опытных образцов, проведение испытаний) находится 5 ед. сельскохозяйственной техники и оборудования.

– ОАО «Верхнедвинский райагросервис» – плуг навесной оборотный ПНО-4-45;

– ОАО «Тираспольский агротехсервис» – измельчитель рулонов соломы ИРС-180, косилка КДН-3;

– ОАО «Мозырьтехсервис» – культиватор-растениепитатель;

– ОАО «Минский агросервис» – камнеуборочная машина «Морена-4200».

В 2013 г. планируется начать производство порядка 10 наименований машин и оборудования в том числе:

– расширение модельного ряда прицепов производства ДП «Вороновская сельхозтехника»;

– производство кормоуборочной техники на ДП «Минойтовский РЗ»;

– кормозаготовительной техники на ОАО «Колядичиагромаш»;

– танки-охладители молока закрытого типа емкостью от 2 до 12 т на ОАО «Гомельагрокомплект».

В последние годы сельскохозяйственные организации республики закупили большой объем современной сельскохозяйственной техники и оборудования импортного производства.

В сельскохозяйственных организациях имеется в наличии техника импортного производства в количестве:

– тракторов – 877 ед.;

– зерноуборочных комбайнов – 1520 ед.;

– кормоуборочных комбайнов – 720 ед.;

– свеклоуборочных комбайнов – 229 ед.;

– тракторных косилок – 1429 ед.;

– оборотных плугов – 1194 ед.;

– комбинированных
почвообрабатывающих посевных
агрегатов – 1447 ед.

В гарантийный период эксплуатации за вышеуказанной техникой налажено сервисное обслуживание фирмами-поставщиками. В послегарантийный период вся ответственность за ремонт импортной сельскохозяйственной техники ложится на сельскохозяйственные организации и агросервисы. Стоимость запасных частей значительно возрастает в связи с тем, что фирмы-поставщики закладывают в стоимость товара затраты по дос-

тавке запасных частей, оформлению таможенных документов, планируемую курсовую разницу и др. Например, ремонт пятикорпусного оборотного плуга составляет как минимум порядка 6–7 тыс. долл.

Своевременное обеспечение запасными частями сельскохозяйственных организаций, ремонтных предприятий является важным звеном в организации ремонта тракторов, сельскохозяйственной техники и оборудования.

В связи с насыщением парка машин сельскохозяйственных организаций импортной техникой особенно остро встал вопрос обеспечения ее ремонта запасными частями и изготовления запасных частей к импортной технике на ремонтных предприятиях агросервиса с целью снижения зависимости ремонтных предприятий от импортеров, снижения дефицита запасных частей.

В настоящее время на предприятиях агросервиса освоено производство запасных частей 1200 наименований на сумму 52 млрд. руб., в том числе 568 наименований импортозамещающих запасных частей к импортной сельскохозяйственной технике на сумму 19,5 млрд. руб.: зерноуборочным комбайнам – 18 наименований, кормоуборочной технике – 27 наименований.

В таблице 1 представлена информация о предприятиях агросервиса, изготавливающих запасные части к импортной сельскохозяйственной технике.

Только в 2012 г. такими предприятиями, как ОАО «Дрогичинский трактороремонтный завод», ОАО «Витебский МРЗ», ОАО «Лида-агротехсервис», ОАО «Минский агросервис», ОАО «Казимировский ОЭЗ» было изготовлено запасных частей по программе импортозамещения на сумму соответственно 1085 млн. руб., 791, 228, 1706, 534 млн. руб.

Только на предприятиях ОКУПП «Брестоблагросервис» освоено производство более 300 наименований запасных частей к импортной сельскохозяйственной технике, в том числе довольно сложные в изготовлении, такие как:

- сошник дисковый – аналог сошника фирмы «Ведерштад» (Швеция), адаптированный к сеялкам СПУ-6;
- радиатор масляный к зерноуборочному комбайну «Кейс-525/527»;
- вентилятор к зерноуборочному комбайну «Бизон-110»;
- звездочки и шестерни зубчатые ко всем зерноуборочным комбайнам;
- запасные части к почвообрабатывающим посевным агрегатам «Квернеланд».

Таблица 1 – Информация о предприятиях агросервиса, изготавливающих запасные части к импортной сельскохозяйственной технике

Область	Занимаются изготовлением запасных частей к:				Освоено	
	почвообрабатывающей посевной технике, плугам	зерноуборочной технике	кормоуборочной технике	производство запасных частей в 2012 г. к:	зерноуборочной технике	кормоуборочной технике
Брестская	Березовский МРЗ, Дрогичинский ТРЗ Агромаштехсервис г. Пинск	Ивацевичи АТС Березовский МРЗ Кобринатромаш Березовский ТРЗ Дрогичинский ТРЗ Ляховичи РАС Агромаштехсервис, г. Пинск	Березовский МРЗ Береза РАС Дрогичинский ТРЗ Ляховичи РАС Агромаштехсервис, г. Пинск	Береза РАС	Брестский РАС	
Витебская	Витебский МРЗ		Глубокский РАС Турасполь АТС	Оршанский РАС Верхнедвинский РАС	Глубокский РАС Сенненский РАС	Браславский РАС Шумилино РАС
Гомельская	Гомельский МРЗ Мозырьтехсервис	Речица РАС		Гомельский РАС	Светлогорский РАС	Мозырьтехсервис
Гродненская	Миньотовский РЗ	Берестовицкая СХТ	Щучинский РЗ Лида РАС	Слонимский МРЗ Миньотовский РЗ	Гроднопромтехника Дятловская СХТ	Берестовицкая СХТ
Минская	Слуцкий РАС Минский РАС Любанский РАС	Слуцкий РАС Держинский РАС Минский РАС	Минский РАС	Мядель РАС Пуховичи РАС	Минский Воложатовский РАС	Любанский РАС Копыльский РАС
Могилевская	Казимировский ОЭЗ Могилевский РАПТ		Горки РАС Глусский РАС	Кировский РАПТС Бельниччи РАПТ	Круглянский РАПТС Кировский РАПТС	Вызов РАПТС Кировский РАПТС

Изготовлением запасных частей к импортной сельскохозяйственной технике для реализации обслуживающим и сельскохозяйственным организациям в 2012 г. занимались 15 предприятий, в том числе:

– КУПП «Березарайагросервис» изготавливает запасные части к зерно- и кормоуборочной технике («Ягуар», «Бизон»);

– ОАО «Березовский МРЗ» – запасные части к косилкам «Диско», валкообразователям «Лайнер», зерноуборочным комбайнам «Бизон», «Кейс», «Мега»;

– ОАО «Дрогичинский ТРЗ» – запасные части к плугам «Ибис», зерноуборочным комбайнам «Бизон»;

– ОАО «Пинский райагросервис» – запасные части к зерноуборочным комбайнам «Бизон»;

– ОАО «Минский агросервис» – запасные части к сеялкам «Terra Drill» и «Turbo Drill», посевным агрегатам «Gaspardo»;

– ОАО «Слуцкий райагросервис» – запасные части к почвообрабатывающему посевному агрегату «Алеанте-4м» и «Terra Drill-600»;

– ОАО «Речицаагротехсервис» – запасные части к зерноуборочным комбайнам ДОН-1500.

Как правило, стоимость запасных частей, производимых организациями агросервиса, ниже тех, которые предлагают различные коммерческие структуры.

На основании вышеизложенного, для удовлетворения потребности отечественных сельскохозяйственных производителей в современной высокопроизводительной сельскохозяйственной технике, а также в запасных частях для обеспечения ее бесперебойной работы необходимо продолжить их изготовление в организациях РО «Белагросервис».

По производству новой сельскохозяйственной техники нам необходимо свою работу строить таким образом, чтобы производимая организациями агросервиса техника поступала не только на внутренний рынок, но и за пределы Беларуси – на экспорт.

СОСТОЯНИЕ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА В ХОЗЯЙСТВАХ РЕСПУБЛИКИ

¹Маринич Л.А.; ²Самосюк В.Г.; ²Клыбик В.К.; ²Володкевич В.И.

¹Министерство сельского хозяйства и продовольствия

Республики Беларусь, г. Минск

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск

Несмотря на значительное сокращение численности машинно-тракторного парка хозяйств республики (по сравнению с 2001 г. по некоторым позициям в 1,7–2,1 раза) достигнут значительный прирост производства сельскохозяйственной продукции. В 259 хозяйствах (16,9%) получен урожай зерновых и зернобобовых культур свыше 40 ц/га, в 174 – (20%) – картофеля свыше 300 ц/га, в 222 – (55,4%) – льноволокна свыше 8 ц/га и в 144 хозяйствах (26,6%) – урожай овощей свыше 250 ц/га. Этому во многом способствовала реализация принятой Главой государства Программы оснащения сельскохозяйственного производства современной техникой. В рамках данной Программы за 2005–2010 годы в хозяйства поставлено значительное количество сложной сельскохозяйственной техники 10108 зерно- и 2650 кормоуборочных комбайнов, 17214 тракторов, 740 картофелеуборочных комбайнов, 1981 комбинированных почвообрабатывающих и 3840 почвообрабатывающе-посевных агрегатов, 8373 машины для внесения удобрений, 4574 пресс-подборщика, 3756 машин для химической защиты растений и ряд другой сельскохозяйственной техники. Дальнейшая реализация Программы оснащения позволила в 2011 г. поставить 1211 ед. тракторов, 1424 – зерноуборочных комбайнов, 396 – кормоуборочных комбайнов, 464 – комбинированных почвообрабатывающих и 285 – почвообрабатывающе-посевных агрегатов, 1616 – машин для внесения удобрений и 436 ед. для химической защиты растений. По сравнению с 2010 г. на 15% увеличилась поставка тракторов с мощностью двигателя 250 и более л.с., на 27% – почвообрабатывающе-посевных агрегатов шириной захвата 6 и более метров, на 17% – зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью 10 и более кг/с и на 10,8% погрузчиков типа «Амкодор», что изменило сложившуюся ранее структуру МТП в хозяйствах республики. Однако эти объемы ниже реальной потребности хозяйств для выполнения работ в оптимальные агросроки вследствие недостаточной обеспеченности их техникой. Так, например, обеспеченность хозяйств зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью 10 и более кг/с

составляет не более 80%, кормоуборочными комбайнами с мощностью двигателя 300 и более л.с. – не более 42, свеклоуборочными комбайнами – не более 56, тракторами с мощностью двигателя 250 и более л.с. – 65, широкозахватными почвообрабатывающе-посевными агрегатами – не более 56, машинами для химической защиты растений и семян – не более 57 и сеялками зерновыми с внесением припосевной дозы удобрений – не более 54%. Несмотря на достигнутые результаты в производстве сельскохозяйственной продукции уровень затрат на ее получение в 1,5–2,0 раза выше, чем в передовых странах Европы вследствие низкой эффективности использования МТП в хозяйствах республики. Влияние этого и других факторов на результаты хозяйственной деятельности будут определяющими, поскольку потери продукции при ее производстве вследствие нарушения агросроков, недостаточной обеспеченностью техникой и снижением ее ресурса из-за увеличенного срока эксплуатации приведут к значительному снижению эффективности получаемой продукции. Поэтому совершенствование путей повышения эффективности использования машинно-тракторного парка в сельскохозяйственных организациях республики приобретает в настоящее время первостепенное значение.

Анализ эффективности использования энергонасыщенных тракторов на подъеме зяби в 2011 г. показывает, что из 2751 ед. задействованных тракторов с мощностью двигателя 250 и более л.с. при общей их численности 4635 ед. (59,4% к наличию) работало в две смены только 859 ед. (31%). Дневная выработка на один пахотный агрегат составила 23 га, что ниже фактической возможности на 30–35%, что увеличило продолжительность периода вспашки до 41 дня, а это превышает агротехнические допустимые сроки на 40–45%. Анализ эффективности использования энергонасыщенных тракторов на весеннем севе в 2010 г. показывает, что из имеющихся в парке хозяйств 4205 ед. тракторов на этих работах было задействовано лишь 3075 ед. (73%). Кроме того, в две смены использовалось только 1353 ед. (44%). При этом дневная выработка на комбинированный агрегат шириной 6 м составила 28,6 га, что ниже возможной на 30–35%. В целом фактическая среднесуточная выработка пахотного агрегата в составе 7–9 корпусного плуга и трактора класса 5 мощностью 250 л.с. составила 23 га против 27 га от возможной (85,2%), почвообрабатывающе-посевного агрегата – 26 га против 30 га от возможной (86%), зерновой сеялки – 20 га против 38 га от реально возможной (52,6%). Оценка эффективности использования парка зерноуборочных комбайнов в 2011 г. показала, что нагрузка уборочной площади на 1 комбайн в целом по республике составила 187 га, намолот зерна – составил 639 т. Из участвовавших в уборке 11397 комбайнов при их общей численности 12165 ед. (98% задействованных на уборке) в среднем каждым комбайном

отработано 25 комбайно-дней, а среднедневная выработка на 1 комбайн составила соответственно 7,4 га и 25 т.

В то же время анализ использования зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью до 8 кг/с показал, что наилучшие показатели достигнуты у зерноуборочных комбайнов моделей «Мега» и «МДВ (Кейс)». Так, за период уборки убрано одним комбайном типа «Мега» 228 га, намолочено 944 т, а среднедневная выработка составила 9,4 га и 39 т против соответственно 5,6 га и 18 т. Наибольшая эффективность на уборке зерна в 2011 г. комбайнами с пропускной способностью 8–10 кг/с достигнута у комбайнов типа «Дон-1500», в которых среднедневная выработка на 1 комбайн составила 7,1 га, а среднедневной намолот – 23 т.

Анализ использования зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью свыше 10 кг/с показывает, что наилучшие показатели за период уборки достигнуты у комбайнов типа «Лексион», которых в парке комбайнов 3,2% (379 ед.), нагрузка уборочных площадей составила 312 га, среднедневная выработка составила 312 га, среднедневная выработка составила 12,9 га, а намолот за 1 день – 61 т. В этом классе комбайнов высокая эффективность отмечена у комбайнов «КЗС-1218». Анализ эффективности использования в 2011 г. зерноочистительно-сушильных комплексов показывает, что наилучшие показатели достигнуты у зерноочистительно-сушильных комплексов ЗСК-30ШГ производства ООО «Амкодор-Можа», работающих на газу, достигнувших производительность на сушке зерна в циклическом режиме 34,6 пл. т/ч, обеспечивших при этом удельный расход условного топлива 4,55 кг/ пл. т, электроэнергии – 4,42 кВт.-ч/т, а себестоимость сушки 1 т зерна составил 24,81 тыс. руб./т. Анализ использования в 2011 г. в хозяйствах республики различных зерносушилок в зависимости от вида применяемого топлива показывает, что из общего количества задействованных зерносушилок (6014 ед.) работали на местных видах топлива 2534 ед. (42%), на газу – 850 ед. (14%) и на жидком топливе – 2630 ед. (44%). В целом по республике в 2011 г. доля высушенного зерна на местных видах топлива составила 18,9%. Анализ использования горючесмазочных материалов для производства сельскохозяйственной продукции показывает, что в 2011 г. по сравнению с 2008 г. уровень его потребления увеличился и составил 110% (739,9 тыс. т), а на 1 млрд. произведенной продукции израсходовано 33,7 т ГСМ, что превышает на 25–30% уровень потребления ГСМ в развитых странах Европы. Для обеспечения ежедневного учета за работой машинно-тракторных агрегатов РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с другими заинтересованными разработана и проходит апробирование в базовых хозяйствах республики система дистанционного мониторинга МТА. Она позволяет в автоматическом режиме определить координаты местоположения, направление и скорость движения МТА в режиме реального времени и передать информа-

цию на автоматизированное рабочее место диспетчера. Это является частью системы точного земледелия, которая начала реализовываться в республике. В итоге это позволит повысить эффективность использования МТА в сельскохозяйственных организациях республики.

УДК 339.13:631.3

ВТОРИЧНЫЙ РЫНОК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ КАК ВАЖНЫЙ РЕЗЕРВ ОБНОВЛЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

*Сайганов А.С., зам. директора по научной и инновационной работе,
д.э.н., профессор*

*Государственное предприятие «Институт системных
исследований в АПК НАН Беларуси», г. Минск*

Проблема повышения эффективности сельскохозяйственного производства на основе оснащения организаций агропромышленного комплекса современной техникой и оборудованием является одной из приоритетных [1]. В значительной степени от ее решения будет зависеть восстановление и рост технического потенциала всех субъектов хозяйствования, снижение затрат и повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, дальнейшее устойчивое социально-экономическое развитие и возрождение села.

В то же время, как показывает анализ, обеспеченность сельскохозяйственных товаропроизводителей современными машинами и оборудованием, позволяющими внедрять научно обоснованные технологии производства сельскохозяйственной продукции, не соответствует предъявляемым требованиям. Так, по данным Минсельхозпрода, тракторами сельскохозяйственные организации обеспечены на 96 %, зерноуборочными комбайнами – на 85, машинами для обработки почвы, посева, внесения минеральных и органических удобрений, ухода за посевами соответственно – 78–86 %. При этом остро ощущается недостаток машин для заготовки кормов. Уровень обеспеченности современными кормоуборочными комбайнами, которые позволяют заготавливать качественный сенаж и кукурузный силос, составляет всего 33 %, косилками, граблями, пресс-подборщиками, специальными прицепами – 52–84 %. Недостает современных машин для заготовки кормов по прогрессивным технологиям (в полиэтиленовый рукав и пленку).

Кроме того, за пределами амортизационного срока службы эксплуатируются ныне 56% тракторов, 64 – грузовых автомобилей, 30 – картофелеубо-

рочных комбайнов, 32 – кормоуборочных комбайнов, 58–60 – машин для внесения твердых минеральных и органических удобрений, 46 – опрыскивателей и 51% косилок. Что касается износа оборудования зерно-сушильных комплексов, то он превышает 65 %. Аналогичное положение наблюдается по многим другим видам сельскохозяйственной техники и оборудования.

Расчеты показывают, что для замены устаревших и амортизированных машин и оборудования и недопущения старения машинно-тракторного парка ежегодно необходимо обновлять от 6,5 до 12,5% машин в зависимости от их марки, в том числе тракторов – 6,7% (3,5 тыс. ед.), зерноуборочных комбайнов – 9 (1,2), кормоуборочных комбайнов – 10 (не менее 0,4), картофелеуборочных комбайнов 10 (0,2), комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов – 10 (0,6), машин для внесения твердых минеральных удобрений – 12,5 (1,3), машин для внесения твердых органических удобрений – 11,1 (1,3), грузовых автомобилей – 9% (3,1 тыс. ед.) и другой техники.

В этой связи в соответствии с проектом Указа Президента Республики Беларусь «Об объемах и источниках финансирования в 2013 году Республиканской программы оснащения современной техникой и оборудованием организаций агропромышленного комплекса, строительства, ремонта, модернизации производственных объектов этих организаций на 2011–2015 годы», по данным Минсельхозпрода, предусматривается направлять для закупки в 2013 г. этой техники и оборудования на сумму 4000 млрд. руб. Но несмотря на это планируемый объем поставки средств механизации в 2013 г. в связи с недостатком финансирования для их закупки не покрывает выбытие машин, что не позволяет снизить старение машинно-тракторного парка.

Поэтому в настоящее время одним из важных резервов улучшения технического обеспечения товаропроизводителей всех форм собственности, а также загрузки ремонтных и других агросервисных предприятий является широкое развитие вторичного рынка машин и оборудования для АПК, который позволит ускорить процесс обновления и улучшить количественный состав машинно-тракторного парка, а также сэкономить значительные объемы денежных средств за счет более низкой стоимости подержанной техники [2].

Зарубежный опыт свидетельствует, что во многих странах мира с развитым сельским хозяйством фермерами выполняется более 50% механизированных работ подержанными машинами. Например, в США и Германии на один новый трактор приходится три–четыре ранее бывших в употреблении. По данным Национальной ассоциации дилеров тракторных заводов, в США насчитывается более 500 предприятий и пунктов по восстановлению подержанной техники [2].

Следует подчеркнуть, что большое развитие получила система продажи подержанной сельскохозяйственной техники на вторичном рынке таких

экономически развитых стран, как США, Германия и других, на рынке которых продается, например, подержанных тракторов в среднем в 3 раза больше, чем новых. При этом срок их службы в большинстве своем составляет, как правило, четыре-пять лет, а зерноуборочных комбайнов – три-четыре года. Реализация восстановленной техники осуществляется через дилерскую систему после качественного ремонта и обслуживания по цене 30% от ее первоначальной стоимости. Побудительным мотивом для всех участников вторичного рынка здесь является получение прибыли, поскольку капитальный ремонт машин обходится в 2–3 раза дешевле, чем покупка новых [2].

Значительный опыт по формированию вторичного рынка накоплен в ряде регионов Российской Федерации, а именно: Брянской, Владимирской, Ивановской, Московской, Пензенской, Ростовской, Тульской областях, республиках Башкортостан, Татарстан, Чувашия и др. [3].

В то же время вторичный рынок сельскохозяйственной техники еще не получил в Беларуси широкого распространения, а процесс его формирования носит стихийный характер. При этом ремонт подержанной сельскохозяйственной техники отечественного и зарубежного производства с последующей ее реализацией занимаются лишь отдельные предприятия. В этой связи в стране необходимо принять постановления Совета Министров Республики Беларусь «Об организации и развитии вторичного рынка сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь», включающие комплекс научно обоснованных административно-правовых и экономических мер по активизации работ в данном направлении не только сельскохозяйственных и ремонтно-обслуживающих предприятий, но и заводоизготовителей техники, лизинговых компаний и других организаций для повышения эффективности функционирования агропромышленного производства.

Необходимо подчеркнуть, что конкретные действия по улучшению сложившегося положения в этой сфере уже предпринимаются. Так, в настоящее время Минсельхозпродом по реализации поручений Президента Республики Беларусь по итогам совещания 20 октября 2012 г. по совершенствованию механизма хозяйствования в АПК разработан совместно с Национальной академией наук Беларуси и областными исполнительными комитетами комплекс мер, направленных на повышение эффективности функционирования сельскохозяйственных организаций в 2012–2015 гг., который утвержден постановлением коллегии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 29 ноября 2012 г. № 71 (с изменениями и дополнениями, внесенными постановлением коллегии Минсельхозпрода от 8 января 2013 г. № 1).

В данном комплексе мер, в частности, предусматривается, что в 2013–2015 гг. Республиканское объединение «Белагросервис» и комитеты

по сельскому хозяйству и продовольствию облисполкомов должны разработать и реализовать на практике мероприятия по созданию вторичного рынка тракторов, грузовых автомобилей, сельскохозяйственной техники, выработавших свой ресурс и прошедших восстановительный ремонт на агросервисных предприятиях.

В этой связи следует отметить, что Центром аграрной экономики Института экономики НАН Беларуси (ныне Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси) еще в 2008 г. проводились соответствующие исследования и разработан действенный организационно-экономический механизм создания и функционирования вторичного рынка сельскохозяйственной техники в системе АПК, который был представлен в виде изданных рекомендаций (2008 г.), направленных для практического применения на агросервисных предприятиях РО «Белагросервис» всех уровней [2].

В данных рекомендациях изложены научные основы формирования и функционирования вторичного рынка сельскохозяйственной техники, анализ современного уровня организации рынка подержанной техники в АПК Беларуси, а также в странах Западной Европы и США; методика определения целесообразности приобретения новой или подержанной сельскохозяйственной техники в зависимости от финансово-экономического состояния потребителей; представлены обоснованная организационно-экономическая модель развития вторичного рынка сельскохозяйственной техники в АПК Беларуси и комплекс разработанных предложений по его эффективному регулированию.

Поэтому при обеспечении выполнения комплекса мер, включающего разработку и реализацию на практике мероприятий по созданию вторичного рынка тракторов, грузовых автомобилей, сельскохозяйственной техники, выработавших свой ресурс, целесообразно принять за основу имеющиеся базовые рекомендации в данном направлении Института системных исследований в АПК НАН Беларуси, о которых речь шла выше, скорректировав их применительно к современным условиям.

Что касается определения эффективности функционирования вторичного рынка сельскохозяйственной техники, то для этих целей нами был выполнен сравнительный анализ эксплуатационных затрат восстановленного на Мостовском ремонтном заводе трактора «Беларус-82.1» и нового аналогичной модели, эксплуатируемых в ОАО «Хорошее» Логойского района Минской области в 2010–2011 гг. (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ эксплуатационных затрат восстановленного трактора «Беларус-82.1» и нового аналогичной марки на примере ОАО «Хорошее» Логойского района Минской области за 2010–2011 гг.

Показатели	Единицы измерения	2010 г.				2011 г.			
		новый	восстановленный	Отклонение		новый	восстановленный	отклонение	
				+, -	%			+, -	%
Год поступления		2008 г.	2010 г.			2008 г.	2010 г.		
Стоимость	млн руб.	33,9	27,7			33,9	27,7		
Выработка за год	усл. эт. га	1506	1543	+7	100,5	1147	1259	+142	109,8
Отработано за год:	машинно-дней	163	185	+22	113,5	196	232	+36	118,4
	машинно-смен	262	278	+16	106,1	286	352	+66	123,0
Затраты на эксплуатацию, всего	тыс. руб. на усл. эт. га	34,66	30,35	-4,31	87,6	48,53	50,95	+2,42	105,0
	в том числе:								
оплата с начислениями	- // -	17,14	16,46	-0,68	96,0	25,04	28,74	+3,70	114,8
ГСМ	- // -	12,81	10,25	-2,26	80,0	16,92	16,24	-0,68	96,0
Амортизация	- // -	3,78	2,75	-1,03	72,8	3,32	2,66	-0,66	80,1
текущий ремонт	- // -	0,93	0,89	-0,04	95,7	3,25	3,31	+0,66	101,8
Коэффициент сменности		1,60	1,50			1,46	1,51		
Выработка за смену	га	5,7	5,4			4,0	3,6		

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что в целом за 2010–2011 гг. показатели выработки восстановленного (до 95% ресурса от нового) трактора «Беларус-82.1» по сравнению с новым аналогичной марки значительно выше, а затраты на эксплуатацию ниже. Так, если в 2010 г. выработка за год в условных эталонных гектарах была выше всего на 100,5 %, то в 2011 г. соответственно – на 109,8 %. Данная тенденция характерна и для таких показателей, как отработано машино-дней и машино-смен. Как и в первом случае, в 2010 г. восстановленным трактором было отработано на 22 машино-дня и на 16 машино-смен больше по сравнению с новым трактором за аналогичный период, что составляет 113,5 и 106,1 %. В 2011 г. эти показатели выше на 118,4 и на 123 %.

Анализ таких основных эксплуатационных затрат, как расход ГСМ, амортизация, текущий ремонт показывает, что они также значительно ниже по сравнению с новым трактором. Выявленная тенденция прослеживается не только в 2010 г., но имеет устойчивое проявление в 2011 г. Так, расход ГСМ в 2010 г. при выполнении различных видов механизированных работ у восстановленного трактора был ниже по сравнению с новым на 20 %, а в 2011 г. – на 4 %. Амортизационные отчисления за 2010–2011 гг. в целом были ниже на 18–20% по сравнению с аналогом.

Кроме того, необходимо отметить такие важные преимущества восстановленного трактора, как его низкая стоимость и примерно одинаковая производительность при эксплуатации различных машинно-тракторных агрегатов по сравнению с новым трактором такой же марки.

Следует подчеркнуть, что выполненный сравнительный анализ позволяет обосновать и экономическую эффективность функционирования в целом вторичного рынка тракторов, емкость которых в 2015 г. оценивается в количестве 8,2 тыс. ед. В этой связи (используя данные 2011 г. и принимая фактические эксплуатационные показатели восстановленного трактора «Беларус-82.1» в качестве нормативного критерия для всего парка) были произведены расчеты эффективности функционирования вторичного рынка тракторов (табл. 2).

Таблица 2 – Экономическая эффективность функционирования вторичного рынка тракторов всех видов в Республике Беларусь

Показатели	Единицы измерения	Рынок тракторов	
		первичный (новых)	вторичный (восстановленных)
Емкость рынка восстановленных тракторов	тыс. ед.	8,2	8,2
Эксплуатационные затраты	млрд. руб.	456,41	526,03
Общая стоимость парка	млрд. руб.	277,98	227,96
Срок окупаемости эксплуатационных затрат	лет	1,6	2,3

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что окупаемость эксплуатационных затрат восстановленных тракторов в объеме расчетной емкости данного рынка по сравнению с новыми аналогичной марки примерно одинакова и составляет 2,3 против 1,6 года. В то же время экономия за счет разницы в цене восстановленных тракторов будет равна в размере 50,02 млрд. руб., или 5,9 млн. долл. США. Наряду с этим эффективное функционирование вторичного рынка тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов всех марок позволит более рациональнее использовать созданную материально-техническую базу ремонтного производства, сохранить постоянные рабочие места и тем самым обеспечить загрузку имеющихся производственных мощностей как агро-сервисных, так и ремонтных предприятий всех уровней.

Список использованных источников

1. Государственная программа устойчивого развития села на 2011–2015 годы, утвержденная Указом Президента Республики Беларусь № 342 от 01.08.2011 г., Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь от 3 августа 2011 г. № 1/12739.
2. Организационно-экономический механизм создания и функционирования вторичного рынка сельскохозяйственной техники / Сайганов А.С. [и др.]. – Минск, Ин-т экономики НАН Беларуси, 2008. – 112 с.
3. Создание вторичного рынка сельскохозяйственной техники: научное издание. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. – 80 с.

УДК 631.173

**ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ФИРМЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУСЬ»
НА ВНУТРЕННЕМ И ВНЕШНИХ РЫНКАХ**

¹*Миклуш В.П., к.т.н., профессор; ²Сайганов А.С., д.э.н., профессор;*

³*Барташевич Л.В., к.т.н., доцент; ³Барташевич А.Л.*

¹*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

²*Государственное предприятие «Институт системных исследований
в АПК НАН Беларуси», г. Минск*

³*РУП «Минский тракторный завод», г. Минск*

Система технического сервиса представляет собой совокупность взаимосвязанных материально-технических средств, нормативной документации и исполнителей услуг и работ по обеспечению эффективного использования по назначению и поддержанию техники в исправном состоянии в течение всего срока службы или ресурса. В основе построения системы технического сервиса лежат машины, выпускаемые промышленностью с

определенной надежностью, характеризующейся такими ее свойствами, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость. Количественные показатели надежности позволяют сравнивать отечественные машины друг с другом, а также с зарубежными аналогичного назначения.

Система технического сервиса, являясь структурой, вторичной по отношению к самим машинам, оказывает существенное влияние на процесс совершенствования их конструкций и технологии изготовления, выступая в роли регулятора. Эффективность обратной связи между сервисной сетью и заводом-изготовителем прямо зависит от совершенства экономического механизма взаимоотношений производителей машин с их потребителями.

Мировой и отечественный опыт свидетельствует, что эффективный комплекс услуг по техническому сервису техники позволяет существенно снизить себестоимость сельскохозяйственной продукции. Это обусловлено тем, что в структуре затрат на ее производство издержки, связанные с ремонтом и техническим обслуживанием сельхозмашин и оборудования, напрямую зависят от своевременности и качества выполнения указанных работ.

В настоящее время особенно возрастает роль дилерских организаций, имеющих собственные технические центры. Это существенно снижает издержки заводов-изготовителей на гарантийное обслуживание выпускаемой продукции. С другой стороны, заводы-изготовители заинтересованы в создании собственных (фирменных) технических центров, как непременное условие конкурентоспособности выпускаемой продукции.

Основными преимуществами фирменного технического сервиса являются:

- возможность повышения уровня индустриализации работ по техническому обслуживанию и ремонту на основе применения современного диагностического, ремонтно-технологического оборудования и оснастки, рекомендуемых предприятием-изготовителем;

- осуществление постоянного мониторинга за качеством изделий на всех этапах их жизненного цикла и повышение на этой основе эффективности конструкторских решений;

- предоставление потребителям комплекса услуг, связанных с консультированием по эксплуатации техники, обеспечением запасными частями, информацией о технических новинках;

- рационализация процессов утилизации оборудования, которое отработало свой срок и усиление на этой основе ориентации на источники вторичных ресурсов при изготовлении продукции.

Развитие товаропроводящей сети предприятия-изготовителя на внутренних и зарубежных рынках сбыта своей продукции осуществляется путем создания следующих структур:

- собственных торговых домов;
- региональных технических центров (фирменных и специализированных);
- районных дилерских (технических) центров (фирменных и специализированных).

Производственное объединение «Минский тракторный завод» выпускает тракторную технику 28-ми наименований и более 100 моделей. Белорусские тракторы и машины, созданные на их базе, экспортируются в 125 стран мира. Объединение имеет деловые отношения с внешнеэкономическими партнерами в более чем 90 странах мира. Наиболее крупными импортерами продукции МТЗ являются: Россия, Украина, Германия, Польша, Казахстан, Узбекистан, Пакистан, Египет, Вьетнам, Венгрия, Сербия, Литва, Латвия, Румыния, Словакия, Болгария, Венесуэла и др.

Очевидно, что поддержание и расширение такого огромного рынка продукции марки «Беларус» невозможно без создания современной товаропроводящей сети, обеспечивающей многофункциональный технический сервис проданных машин. Высокий уровень сервиса особенно необходим для продвижения техники МТЗ как на внутреннем, так и на мировых рынках сбыта.

Для своевременного обслуживания обширной гаммы тракторов и специальной техники Минским тракторным заводом создана сервисная сеть, включающая 28 дилерских (технических) центров, обеспечивающих предпродажную подготовку и техническое обслуживание тракторной техники «Беларус» в 118 районах 6-ти областей, т.е. на всей территории Республики Беларусь.

Дилерский (технический) центр осуществляет:

- техническое обслуживание и текущий ремонт тракторной техники в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации;
- техническое обслуживание и текущий ремонт импортных комплектующих (двигателей «Детройт» и Дойц», гидросистемы «Бош» и др.) с участием специалистов фирм-производителей.

При необходимости выполнения сложного по трудоемкости ремонта, производится разборка принятого у потребителя трактора, а затем неисправные агрегаты и узлы направляются на соответствующие специализированные ремонтные предприятия. По возвращении из ремонта агрегатов и узлов они устанавливаются на трактор, который после проверки и обкатки передается потребителю.

Согласно условиям договора между МТЗ и дилерским центром, за проведение предпродажной подготовки и гарантийное обслуживание завод выплачивает исполнителю 5,2% от цены обслуживаемой машины любой модели (за исключением тракторов «Беларус-2522/2822/3022»).

За указанную сумму дилерский (технический) центр обязан:

– осуществлять предпродажную подготовку тракторной техники в соответствии с регламентом работ, предусмотренным руководством по эксплуатации и сервисной книжкой;

– производить гарантийное обслуживание техники, состоящей на гарантийном учете, в том числе и техники, приобретенной потребителем у третьих лиц (не у дилерского центра и не у завода непосредственно), на основании письменного распоряжения завода-изготовителя;

– содержать за свой счет постоянный, неснижаемый резервный фонд запасных частей в объеме, необходимом для проведения гарантийного обслуживания техники «Беларус»;

– развивать производственно-техническую базу дилерских центров и оснащать ее необходимым оборудованием, оснасткой и инструментом для использования при проведении предпродажной подготовки и гарантийного обслуживания тракторов;

– при обнаружении нарушения потребителем правил эксплуатации, технического обслуживания, условий хранения, а также в случае самовольного переоборудования трактора потребителем, либо побывавшего в ДТП, делать соответствующую отметку в сервисной книжке и рассматривать такие отказы, как не гарантийные;

– направлять ежемесячно на завод-изготовитель отчет об устранении отказов гарантийной техники, произошедших по вине завода, и выявленных в процессе предпродажной подготовки и при эксплуатации у потребителей с указанием полных затрат на устранение отказов, в т.ч. и стоимости замененных деталей;

– по требованию завода-изготовителя доставлять на завод дефектные детали для проведения лабораторных исследований и определения причины отказа;

– в случае отсутствия в резервном фонде дилера деталей или узлов для замены вышедших из строя, немедленно направлять заводу-изготовителю заявку на приобретение и обеспечить оперативное получение необходимых запасных частей на основании отдельных договоров;

– оказывать консультационные услуги потребителям по вопросам эксплуатации новых видов техники, организовывать (при необходимости) на договорной основе с потребителями практические занятия по обучению эффективным приемам ее использования.

Для энергонасыщенных тракторов «Беларус-2522/2822/3022» завод-изготовитель выплачивает дилерскому техническому центру за предпродажную подготовку и гарантийное обслуживание 3,2% от цены и предоставляет на основе отдельно заключенного договора комплект запасных частей (обменный фонд) для оперативного восстановления гарантийной техники.

Сервисное сопровождение тракторов «Беларус» за рубежом регламентируется стандартом предприятия «Товаропроводящая сеть Минского тракторного завода (ТПС)», контрактами на поставку продукции, агентскими соглашениями на гарантийное и послегарантийное обслуживание. В соответствии с указанными документами сервисные службы ПО «МТЗ» осуществляют дифференцированный подход к созданию сервисной сети в конкретной стране или регионе в зависимости от экономического развития, природных условий, насыщенности тракторного рынка.

Крупнейшим рынком сбыта тракторов «Беларус» является Российская Федерация. Кроме поставки готовой продукции организованы тракторосборочные производства в различных регионах РФ (Елабуга, Саранск, Череповец, Смоленск, Бузулук, Благовещенск и др.), куда поставляются тракторокомплекты для сборки. За последние три года в Российской Федерации было реализовано более 51,6 тыс. тракторов, в том числе 26,0 тыс. тракторокомплектов.

Учитывая обширную территорию РФ, для поддержания стабильности рынка и более оперативного продвижения продукции ПО «МТЗ» в стране было принято решение о создании в России торговых домов (ТД) Минского тракторного завода. В функции ТД входит осуществление оптовой и розничной реализации продукции, организация и проведение предпродажной подготовки и гарантийного обслуживания реализованной техники за счет собственных средств.

При определении количества торговых домов исходили из минимального уровня рентабельности, при котором они могут функционировать:

$$\frac{\sum_{i=1}^n C_{DM_i} + C_{ДЗ} + C_{ДУ} - \sum_{i=1}^n (З_{П_i} + З_{Г_i})}{\sum_{i=1}^n C_{З_i} + C_{ЗЗ}} \cdot 100 \geq P_{\min}, \quad (1)$$

где C_{DM_i} – стоимость i -й модели машины, реализованной торговым домом потребителю, руб.; n – количество машин i -й модели, реализованных потребителям за определенный период, шт.; $C_{ДЗ}$ – стоимость запасных частей, реализованных ТД потребителям, руб.; $C_{ДУ}$ – стоимость услуг, реализованных торговым домом потребителям, руб.; $З_{П_i}$ – затраты на предпродажную подготовку i -й модели машины, руб.; $З_{Г_i}$ – затраты на гарантийное обслуживание i -й модели машины, руб.; $C_{З_i}$ – заводская стоимость i -й модели машины, руб.; $C_{ЗЗ}$ – заводская стоимость запасных частей, руб.; P_{\min} – минимальная рентабельность, с которой целесообразно функционирование торгового дома, %.

Затраты на предпродажную подготовку i -й модели машины определяются по формуле

$$Z_{Pi} = (Z_{PMA} + Z_{PZI} + Z_{PTI} + Z_{PNI} + Z_{PAI}) \cdot \left(1 + \frac{НДС_{Pi}}{100}\right) + Q_{PNI} + Q_{Pci}, \quad (2)$$

где Z_{PMA} – затраты на запчасти и материалы для проведения предпродажной подготовки; Z_{PZI} – затраты на заработную плату при предпродажной подготовке; Z_{PTI} – транспортные расходы на доставку тракторов в сервисный центр и выезды в хозяйства; Z_{PNI} – накладные расходы; Z_{PAI} – амортизационные отчисления и плановые накопления; $НДС_{Pi}$ – налог на добавленную стоимость при предпродажной подготовке; Q_{PNI} – налоговые отчисления в республиканский и местные фонды (фонд поддержки производителей сельскохозяйственной продукции, дорожный фонд, жилищно-инвестиционный фонд и др.); Q_{Pci} – страховые взносы.

Затраты на гарантийное обслуживание i -й модели машины определяются по формуле:

$$Z_{Gi} = (Z_{GMA} + Z_{GZI} + Z_{GTI} + Z_{GKI} + Z_{GAI} + Z_{GPI} + Z_{GNI}) \cdot \left(1 + \frac{НДС_{Gi}}{100}\right) + Q_{GNI} + Q_{Gci}, \quad (3)$$

где Z_{GMA} – затраты на запчасти и материалы при гарантийном обслуживании; Z_{GZI} – затраты на заработную плату при гарантийном обслуживании; Z_{GTI} – затраты на транспортное обслуживание (доставка техники на сервисный центр, выезды в хозяйства и др.); Z_{GKI} – затраты на командировки в хозяйства, на РУП «МТЗ» и др.; Z_{GAI} – амортизационные отчисления; Z_{GPI} – отчисления на развитие сервисного центра (приобретение сервисных автомобилей, технологического и диагностического оборудования и др.); Z_{GNI} – накладные расходы; $НДС_{Gi}$ – налог на добавленную стоимость при гарантийном обслуживании; Q_{GNI} – налоговые отчисления в республиканский и местные фонды; Q_{Gci} – страховые взносы.

Размещение торговых домов осуществлено в регионах с наиболее развитым агропромышленным комплексом, требующих значительных объемов поставок техники.

В настоящее время структура товаропроводящей сети ПО «МТЗ» в Российской Федерации включает 8 тракторосборочных производств и 6 торговых домов (рис. 1).

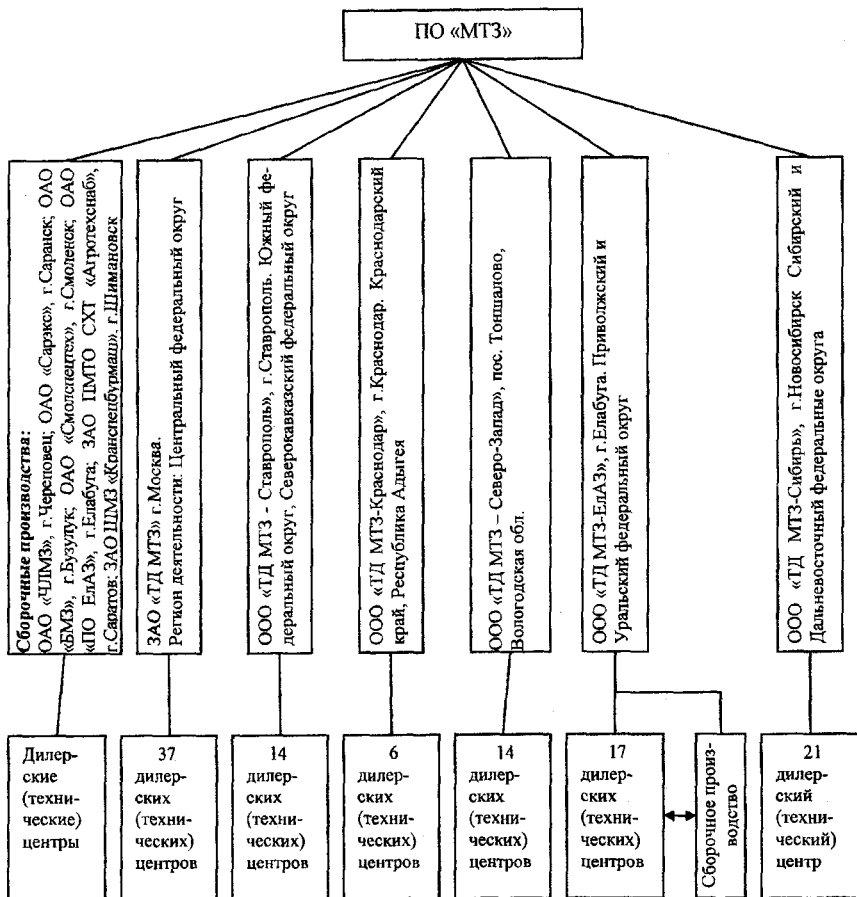


Рис. 1. Структура товаропроводящей сети ПО «МТЗ» в Российской Федерации

В функции дилеров торгового дома входит розничная реализация продукции ПО «Минский тракторный завод», организация и проведение предпродажной подготовки, гарантийного и послегарантийного обслуживания техники.

В контракте на поставку продукции, заключаемым между заводом-изготовителем и торговым домом, оговаривается, что если в процессе предпродажной подготовки поставленной продукции, проводимой ТД или его дилером до ее ввода в эксплуатацию, будут обнаружены дефекты деталей и узлов, возникшие по вине завода-изготовителя, последний обязуется безвозмездно произвести их замену. Поставка деталей и узлов взамен

дефектных производится после возврата вышедших из строя узлов и деталей на завод-изготовитель.

Гарантийное обслуживание тракторов, собранных из тракторокомплектов, осуществляют сборочные производства за счет своих средств путем организации собственных сервисных центров, ремонтных мастерских и складов запчастей.

С целью дальнейшего развития и совершенствования технического сервиса тракторов «Беларус» на рынке Российской Федерации Минский тракторный завод разработал концепцию, предусматривающую:

1) повышение качества сервиса:

– регулярное обучение специалистов торговых домов и дилерских (технических) центров конструктивным особенностям техники, выпускаемой ПО «МТЗ», вопросам гарантийного сопровождения техники, рекламационной работы и др.;

– создание через торговые дома оперативной связи с дилерскими (техническими) центрами на основе информационных технологий (компьютерных сетей, электронной почты);

– сокращение сроков устранения отказов техники;

– осуществление обратной связи с потребителями через Интернет-сайт;

2) ориентацию на увеличение числа клиентов в общей системе потребителей сельскохозяйственной техники:

– централизация продаж;

– внедрение комплекса услуг для клиентов;

– организация взаимодействия с регионами;

3) розничные и оптовые продажи техники, запасных частей:

– расширение торговой сети, увеличение количества и номенклатуры коммерческих запчастей;

4) продажу товаров по каталогам и через Интернет-сайт:

– размещение на Интернет-сайте подробной информации о продукции ПО «МТЗ» и прайс-листа;

– организация приема заказов дилерскими (техническими) центрами по каталогам.

Гарантийное и послегарантийное обслуживание тракторной техники марки «Беларус» в странах СНГ регламентируется договорами на поставку продукции и осуществляется субъектами товаропроводящей сети самостоятельно и за счет собственных средств. Схема товаропроводящей сети ПО «МТЗ» в странах СНГ приведена на рисунке 2.

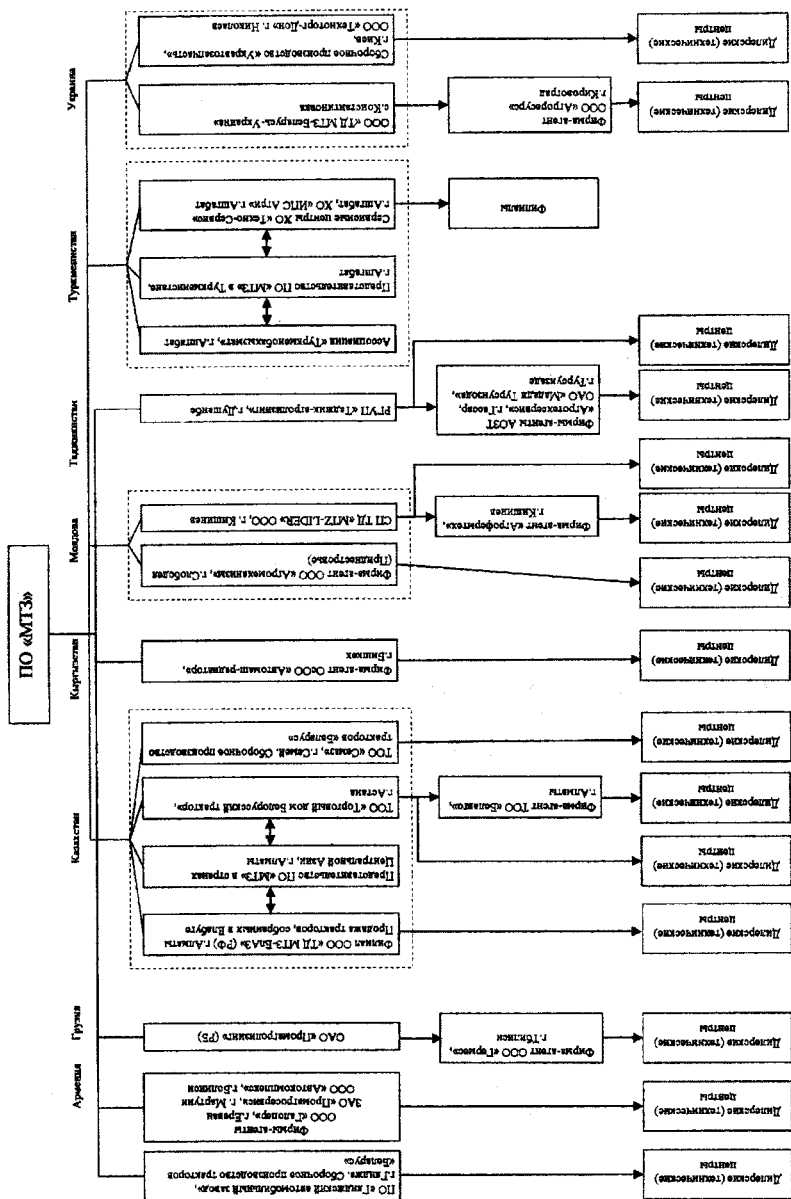


Рис. 2. Структура дистрибуционной сети в странах СНГ

При работе на рынках СНГ применяются разные формы сотрудничества: создание представительств ПО «МТЗ», торговых домов, совместных предприятий, заключение договоров с государственными и частными организациями (фирмами-агентами), создание сборочных производств. В случаях, когда субъект товаропроводящей сети не имеет собственной сервисной службы, завод-изготовитель заключает договоры на проведение предпродажной подготовки и гарантийное обслуживание своей техники со специализированными организациями. Например, в Туркменистане организация технического сервиса тракторной техники «Беларус» ведется через представительство МТЗ в этой стране. Техническое обслуживание продукции МТЗ на всей территории Туркменистана осуществляют хозяйственные общества «Техно-Сервис» и «ИПС Агри», с которыми завод заключил договор на техническое сопровождение продаваемой техники. Согласно договорам МТЗ компенсирует этим организациям затраты по гарантийному обслуживанию своей продукции в размере 2,2% от стоимости гарантийного парка.

С целью совершенствования технического сервиса тракторной техники «Беларус» в странах СНГ, обеспечения оперативной обратной связи с потребителями, оказания помощи дилерским (техническим) центрам в техническом обслуживании и ремонте поставленной техники на ПО «МТЗ» реализован ряд организационно-технических мероприятий:

- постоянно актуализируется существующая технико-сопроводительная документация с внесением в нее всех конструктивных изменений и дополнений, произведенных заводом-изготовителем;

- открыт в Интернете сайт «Техническая поддержка дилера» с размещением на нем технико-сопроводительной документации, в том числе каталогов, руководств по эксплуатации, руководств по разборке-сборке тракторов и др.;

- разработаны таблицы норм расхода запасных частей для техники марки «Беларус» (по моделям) для руководства при составлении заявок на закупку запасных частей;

- разрабатывается программа обеспечения компьютерной связи с дилерскими (техническими) центрами для оперативного обмена информацией по дефектам и отказам тракторной техники и выработке рекомендаций по устранению дефектов;

- организовано в учебном центре МТЗ и на дилерских центрах систематическое обучение механиков, дилеров и потенциальных покупателей техники «Беларус» конструктивным особенностям и правилам эксплуатации тракторов и альтернативной техники марки «Беларус»;

Весь комплекс проводимых мероприятий направлен на расширение рынка сбыта продукции ПО «МТЗ», повышение к ней интереса потенци-

альных покупателей, а также обеспечение качественного сервисного сопровождения тракторной техники.

ПО «МТЗ» реализует тракторную технику марки «Беларус» потребителям стран дальнего зарубежья через сеть акционерных обществ и инофирм, которые проводят полный технический сервис проданных тракторов. В настоящее время в ряде стран имеются совместные с ПО «МТЗ» субъекты хозяйствования, а именно: «Белимпекс» (Германия), «Беларус Эквипмент» (Ирландия), «Беларус Тракторс» (Венгрия), «Пронар-МТЗ» (Польша), «МТЗ-Сервис» (Латвия), «Беларус Норге» (Норвегия), «Беларус-Трактор» (Румыния), «Беларус Агро-Трейд» (Болгария), «Беларус Агротрактор» (Испания), «Беларус Агропанонка» (Сербия), «Беларус Тракторс» (Румыния), «Беларус Тракторс Словакия» (Словакия).

В странах, где нет совместных предприятий, тракторы «Беларус» реализуются через фирмы-агенты.

Организация технического обслуживания поставленной техники в гарантийный период эксплуатации определяется контрактами на поставку продукции. В них оговариваются условия гарантии, кто и за чей счет осуществляет гарантийное обслуживание, а также порядок компенсации рекламационных затрат. Как правило, заводы-изготовители осуществляют компенсацию расходов фирм-агентов по фактически понесенным затратам на предпродажную подготовку и восстановление гарантийной техники на основании рекламационных актов.

Однако в некоторых странах технический сервис тракторов «Беларус» осуществляется по отдельным соглашениям. Так, в Венесуэле сервис поставленной техники «Беларус» осуществляется социалистическим предприятием «Педро Камехо», с которым в 2009 г. было заключено «Генеральное соглашение». В соответствии с ним предприятие обязалось организовать технический сервис продукции «Беларус» в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации. С этой целью организовано 22 технических центра по обслуживанию техники «Беларус», которые расположены вблизи мест ее эксплуатации. В свою очередь, ПО «МТЗ» компенсирует предприятию «Педро Камехо» затраты по техническому сопровождению своей продукции в размере 3,5% от стоимости гарантийного парка.

В ряде зарубежных стран: Польше, Китае, Эфиопии, Египте, Сербии, Румынии, Венесуэле организованы сборочные производства тракторов «Беларус». Как правило, параллельно с организацией сборочных производств ведется работа по созданию дилерской сети для реализации продукции и ее сервисного сопровождения. В этой работе активно участвуют представители ПО «МТЗ». Например, в Китае работает представительство ПО «МТЗ», которое курирует все вопросы, связанные со сборочным производством и обеспечением технического обслуживания тракторов «Бела-

рус», как собранных внутри страны, так и поставленных в готовом виде из Республики Беларусь.

За последние 6 лет в Китае организовано 36 сервисных центров тракторов «Беларус», открыта сеть магазинов по продаже запасных частей к ним.

Товаропроводящая сеть ПО «МТЗ» в дальнем зарубежье постоянно развивается и совершенствуется: заключаются договоры с новыми фирмами-агентами, прекращается сотрудничество с организациями, работа которых оказалась неэффективной.

Развитие сервисной сети ведется планомерно в соответствии с разработанным комплексом мероприятий на ближайшую перспективу, предусматривающих:

- актуализацию существующей технико-сопроводительной документации и перевод ее на иностранные языки;
- размещение указанной информации на сайте ПО «МТЗ» с предоставлением права пользования ею дилерам в дальнем зарубежье;
- разработка номенклатуры запасных частей для обеспечения оперативного ремонта гарантийной и негарантийной техники «Беларус» (гарантийных комплектов) с обязательным прикладыванием их к партии тракторов, поставляемых в данную страну впервые;
- организация выездов специалистов ПО «МТЗ» в страны, куда техника «Беларус» поставляется впервые или после длительного перерыва, для приемки техники, обучения местных специалистов, организации технического сервиса и оказания помощи в устранении отказов.

Таким образом, сервисное сопровождение тракторной техники в течение всего периода эксплуатации является одним из приоритетных направлений технической политики ПО «МТЗ» как на внутреннем, так и на внешних рынках.

Список использованных источников

1. Методические рекомендации по организации и повышению эффективности функционирования дилерской системы технического сервиса в АПК / Сайганов А.С. [и др.] – Минск : Ин-т экономики НАН Беларуси, 2007. – 80 с.
2. Организация и функционирование рыночной системы технического агросервиса / В.Г. Гусаков, А.С. Сайганов, П.А. Дроздов, С.К. Карпович – Минск: Центр аграрной экономики Института экономики НАН Беларуси, 2007.– 190 с.
3. Миклуш В.П., Барташевич Л.В., Барташевич А.Л. Перспективы развития дилерских центров по сервисному сопровождению тракторов «Беларус»// Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: доклады республиканской науч.-практ. конф. на 21-й Международной специализ. выставке «Белагро-2011», Минск, 8 июня, 2011 г. – Минск: ГИВЦ Минсельхозпрода, 2012. – С. 25–32.

СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ПОВЫШЕНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА НА БАЗЕ ПЛУГА

Добышев А.С., д.т.н., профессор; Пузевич К.Л., к.т.н.

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки*

Среди многочисленных агротехнических приемов получения высоких урожаев основную роль играет механическая обработка почвы, влияющая на многие физические, химические и биологические свойства почвы, а в итоге на ее плодородие. После прохода тракторов различного класса начальные значения плотности почвы в слое 10–40 см увеличились на 12,7–21,5% и составили 1,33–1,57 г/см³. При данных значениях плотности почвы уменьшается некапиллярная скважность, ухудшается водный, воздушный и питательный режимы.

Различными исследованиями установлено, что повышение значений плотности дерново-подзолистых суглинистых почв с 1,20–1,30 г/см³ до 1,40–1,50 г/см³ снижает урожайность зерновых культур на 7,3–18,1 %, пропашных – на 12,5–17,8, луговых – на 12,2–19,5 %. При значениях плотности почвы 1,40–1,60 г/см³ затруднено проникновение в почву воздуха и воды, происходит её заплывание и образование почвенной корки, что увеличивает общие энергозатраты.

Имеющиеся в хозяйствах агрегаты, как правило, малоэффективны, не обеспечивают оптимальную загрузку двигателя энергонасыщенного трактора, особенно если это машины с пассивными рабочими органами, они имеют значительную длину и ширину захвата, маломаневренные. Агрегаты, оборудованные активными рабочими органами, даже при незначительной ширине захвата позволяют более эффективно загрузить трактор или энергетическое средство. В основном при подготовке почвы под посев применяются почвообрабатывающие фрезы с горизонтальным или вертикальным расположением оси вращения. Данные агрегаты позволяют за один проход подготовить почву под посев, а также выполнить данные операции совместно.

На основании проведенного анализа направлений совершенствования пахотных агрегатов и их рабочих органов установлено, что предъявляемым требованиям наиболее полно отвечает конструкция пахотного агрегата с приспособлением пальцево-ножевого типа, имеющего привод от ВОМ трактора (рис. 1).

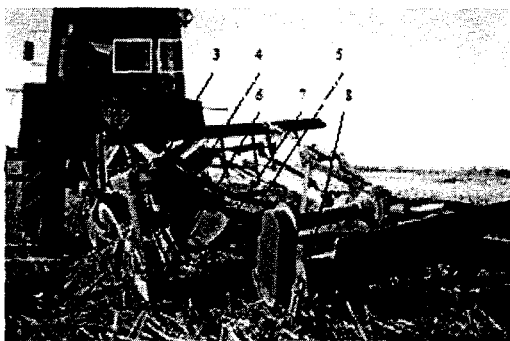


Рис. 1. Схема исследуемого агрегата:

- 1 – корпус плуга; 2 – рама плуга; 3 – карданный вал; 4 – цепная передача; 5 – конический редуктор; 6 – копирующая лыжа; 7 – механизм изменения глубины обработки; 8 – приспособление пальцево-ножевого типа

Фрезерные машины по агротехническим показателям выполнения некоторых операций имеют ряд явных и неоспоримых преимуществ перед другими почвообрабатывающими орудиями. Совмещение агрегатов с пассивными и активными рабочими органами позволяет уменьшить число проходов агрегатов по полю, а следовательно, снизив вредное воздействие движителей агрегатов на почву, повысить плодородие почвы и урожайность сельскохозяйственных культур [1–4].

Из почвообрабатывающих фрез существующих конструкций наибольшее распространение получили фрезы с горизонтальной осью вращения, обеспечивающие необходимое крошение и перемешивание почвы [5, 6].

С целью равномерного рыхления почвы и снижения удельных энергозатрат на выполнение этой работы, по нашему мнению, рабочий орган фрезы должен иметь Г-образную форму и состоять из ножей и пальцев [7]. При такой форме режущих элементов достигается лучшее крошение и перемешивание почвы, что способствует улучшению усадки обработанной почвы, уменьшению гребнистости. При этом агротехнические требования выполняются с минимальными энергозатратами и расходом топлива.

Для выбора рационального рабочего органа проведено сравнение энергетических и агротехнических показателей: удельный расход топлива и крошение почвы. Сравнивались следующие расстановки рабочих органов: одни режущие элементы; одни рыхлящие элементы и комбинированный рабочий орган, состоящий из режущей и рыхлительной рабочих частей, расположенных друг за другом.

По результатам полевых опытов, получены графические зависимости удельных энергозатрат $U_{зз}$, удельного расхода топлива U_T и крошения K_p от поступательной скорости движения агрегата и вида рабочих органов (рис. 2, 3).

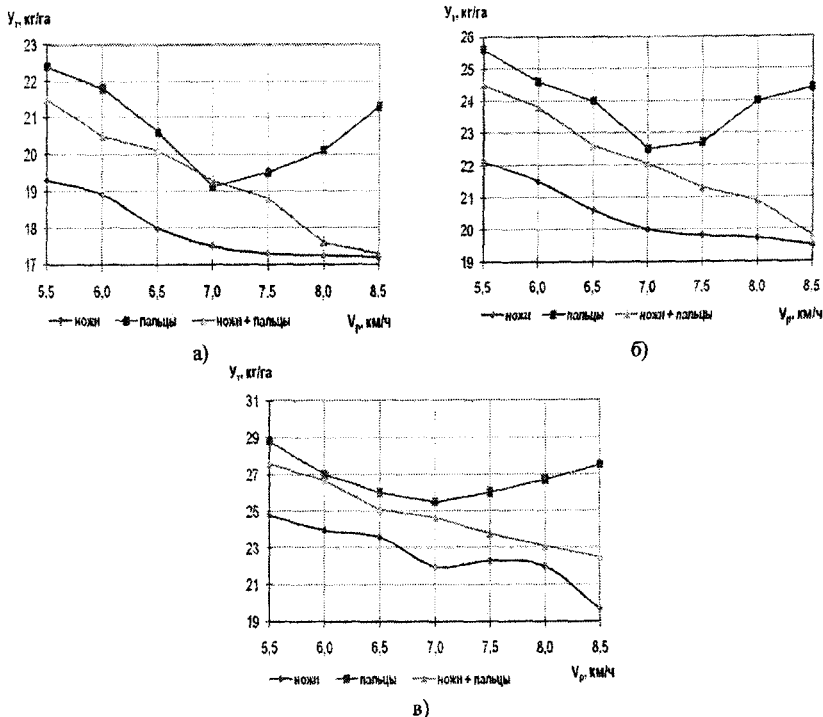


Рис. 2. Зависимость удельного расхода топлива U_m от скорости движения v_p вида рабочих органов: а – глубина 7 см; б – глубина 8 см; в – глубина 9 см (почва – суглинистая; влажность – 18,7 %; твёрдость – 3,6 МПа)

Удельный расход топлива (рис. 2а, б, в) с увеличением поступательной скорости движения агрегата уменьшается по исследуемым вариантам с режущими и комбинированными рабочими органами, работающими со средней глубиной 7, 8 и 9 см. При использовании только рыхлящих рабочих органов удельный расход топлива имеет тенденцию к снижению только до значения скорости $V_p = 7,02$ км/ч, после чего он повышается. При использовании только режущих рабочих органов снижение скорости до значения $V_p = 7,02$ км/ч идет по более крутой кривой, а при дальнейшем увеличении скорости кривая становится более полой. И лишь при использовании комбинированных рабочих органов тенденция к снижению остается постоянной на всем промежутке исследования.

С увеличением скорости движения с 5,5 до 8,5 км/ч (рис. 3а, б, в) при работе агрегата на всех исследуемых глубинах работы наблюдается снижение значений коэффициента крошения почвы. Увеличение глубины обработки почвы приводит к незначительному, в пределах 1...2,5 %, сниже-

нию значений коэффициента крошения почвы. И здесь наилучшие показатели крошения почвы наблюдаются при использовании комбинированных рабочих органов.

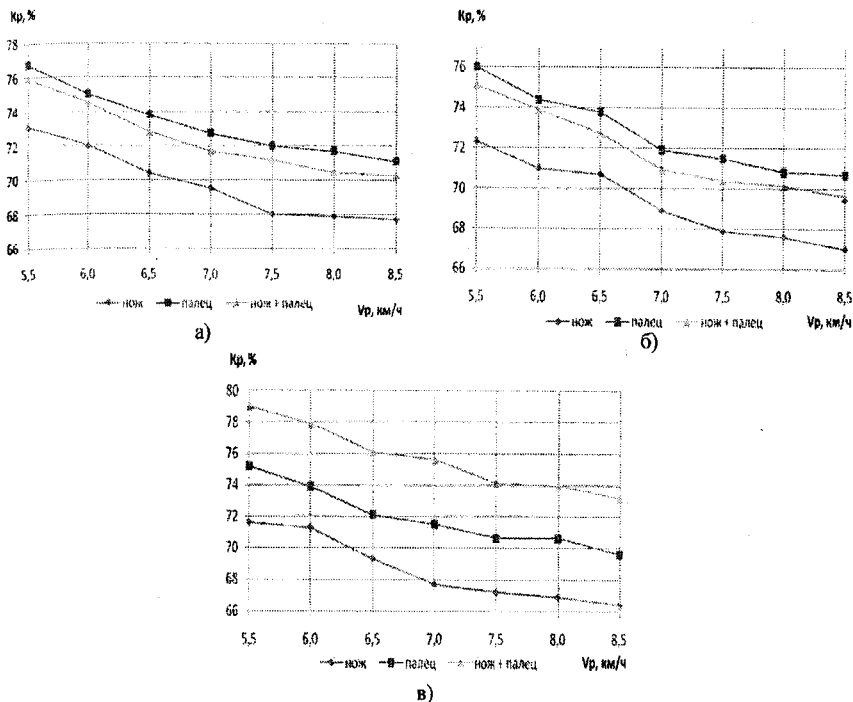


Рис. 3. Зависимость крошения K_p от скорости движения v_p и вида рабочих органов:
 а – глубина 7 см; б – глубина 8 см; в – глубина 9 см
 (почва – суглинистая; влажность – 18,7 %; твёрдость – 3,6 МПа)

Применение рабочего органа почвообрабатывающего орудия на базе плуга позволяет повысить качество предпосевной обработки почвы при работе на различных агрофонах за счёт совмещения режущих и рыхлящих рабочих органов.

Список использованных источников

1. Добышев, А.С. Комбинированный агрегат на базе плуга / А.С. Добышев, К.Л. Пузевич // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2009. – № 2. – С. 156–161.
2. Зубиков, Ф.Ф. Энергосбережение и экология при возделывании пропашных культур: материалы 7-й республ. науч. конф. студ., магист. и аспирантов посв. 165-летию академии, 19–21 апр. 2005 г., Горки, Респ. Беларусь / редкол. А.Р. Цыганов (отв. ред.) и др. – Горки: БГСХА, 2005. – 238 с.
3. Добышев, А.С. Эффективность применения комбинированных агрегатов: монография / А. С. Добышев; Бел. гос. с.-х. акад. – Горки, 2003. – 124 с.

4. Добышев, А.С. Совершенствование отвальной вспашки применением приспособления к плугу для дополнительной обработки почвы: материалы XIII Международного симпозиума, посвященного 60-летию со дня образования факультета механизации сельского хозяйства БГСХА «Экологические аспекты механизации растениеводства» / Добышев А. С., Пузевич К.Л. – Горки, 2007. – С. 66–68.

5. Добышев, А.С. Прогрессивные методы обработки почвы / А.С. Добышев, Ф.Ф. Зубиков, К.Л. Пузевич // Агропанорама. – 2010. – № 3. – С. 26–28.

6. Пузевич, К. Л. Применение активных рабочих органов для обработки почвы // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад.– 2010.– № 2.– С. 160–164.

7. Патент РБ на полезную модель № 4227 «Рабочий орган почвообрабатывающего орудия» / БГСХА / Авт.:Добышев А.С., Зубиков Ф.Ф., Пузевич К.Л., Цыганов А.Р., Шуринов В.А., Рехлицкий О.В., Дюжев А.А./ Заявка № u 20070298/ Зарегистрирована 03.12.2007 г./ Начало действия 23.04.2007 г.

УДК 631.51:001.895

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ УНИВЕРСАЛЬНЫМИ КОМБИНИРОВАННЫМИ АГРЕГАТАМИ

*Клименко В.И., д.т.н., доцент; Привалов Ф.И., д.с.-х.н., доцент;
Петровец В.Р., д.т.н., профессор*

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки*

Плодородие почвы и урожайность полевых культур во многом зависят от качества проведения основной и предпосевной обработки почвы. Так, на урожайность сельскохозяйственных культур при других равных условиях влияют: обработка почвы (25 %), качество посева (25%). Причем качество посева во многом зависит от качества подготовки семенного ложа, которое, в свою очередь, напрямую зависит от выравнивания почвы, обеспечиваемой опять же механической обработкой почвы. В результате исследований установлено, что мелкая дисковая основная обработка почвы (10–12 см) на легких и средних по гранулометрическому составу почвах приводит к достоверному снижению урожая.

В настоящее время в Республике Беларусь все большее распространение получает безотвальная обработка почвы, являющаяся мощным фактором повышения культуры земледелия. При бесплужной системе обработки в почве ускоряются процессы почвообразования, по сравнению со вспашкой возрастают коэффициенты гумификации органического вещества и годовые циклы параметров потенциального почвенного плодородия. В результате урожайность повышается на 12–16 ц/га. Основные объемы безотвальной обработки сегодня выполняются дисковыми рабочими органами. При обработке почвы известными дисковыми орудиями на глубину

18 см и более эта операция крайне энергоемка при неэффективном подавлении многолетних сорняков, особенно пырея.

Комбинированные агрегаты для современных инновационных технологий безотвальной обработки почвы, разработанные ЗАО «Славянская технология» при научном сопровождении ученых УО «БГСХА», – это чизельные и дисковые орудия. Из дисковых орудий наиболее перспективны агрегаты с расположением каждого рабочего органа на индивидуальной оси и независимым плавным регулированием углов атаки дисков в каждом режущем модуле в пределах 0–30°. Защита каждого дискового рабочего органа от ударных нагрузок обеспечивается специальными спиралями с высокой степенью автовибрации. Проведенные исследования и хозяйственно-технологические испытания показали, что такие орудия способны обеспечить за один проход почвообрабатывающего агрегата качественную сплошную основную обработку почвы на глубину до 18 см и более с одновременной подготовкой почвы под посев. Исследования и испытания показали, что при всех их преимуществах самые современные дисковые почвообрабатывающие орудия уступают чизельным в глубине обработки почвы и имеют более высокую энергоемкость процесса.

На основании проведенных исследований и испытаний предлагаются два разных инновационных элемента устройств для защиты рабочих органов дисковых и чизельных орудий ударных нагрузок, которые в силу своей упругости способствуют увеличению частоты автоколебаний (автовибраций) рабочих органов и, как следствие, улучшают качество дробления пласта на мелкие почвенные агрегаты. Авторами проведены экспериментальные исследования опытных образцов нового типа дисковых и чизельных почвообрабатывающих агрегатов. На разработанные орудия и их рабочие органы получены несколько патентов. Для оценки перспективности опытных образцов на Белорусской МИС проведены исследования показателей назначения в сравнении с почвообрабатывающими агрегатами, имеющими рабочие органы западноевропейских производителей.

В РУП «Шипяны-АСК» Смолевичского района Минской области при обработке почвы под яровые весной 2011 г. применялись чизельные агрегаты АДУ-6АКЧ производства ЗАО «Славянская технология». Их использовали для подготовки почвы под посев за один проход под зерновые и пропашные культуры при глубине обработки 18–20 см на чизелевании и 10–15 см при культивации. Агрегаты эксплуатировались с тракторами «Fendt-930» и «Беларус-2522». За два месяца с их помощью было обработано 1773 га (среднедневная наработка 40–45 га). Расход топлива составил 5,2 кг/га за час сменного времени. Затраты на подготовку почвы уменьшились более чем в два раза в сравнении с традиционной технологией.

Испытания и исследования показали, что отличительной от аналогов особенностью инновационных методов обработки почвы является наличие сплошной основной обработки почвы чизельными или дисковыми агрегатами на глубину более 18 см (классическая основная обработка), а не просто разуплотнение почвы. Это позволяет создавать на всю глубину пахотного горизонта мелкокомковатый структурный слой почвы, что, в свою очередь, позволяет корням растений беспрепятственно проникать вглубь для получения влаги и удобрений в нижележащих слоях. Выравнивание почвы широкозахватными агрегатами АДУ-6АКЧ, АДУ-6АКД и повышение качества подготовки семенного ложа, обеспечиваемое мощными спиральными противозерозионными катками, являющимися неотъемлемой составной частью техники для славянских технологий, позволяет резко уменьшить ветровую и водную эрозию почв, что экологично.

Таким образом, чередование прогрессивных инновационных способов обработки почвы с помощью дисковых и чизельных агрегатов, рабочие органы которых имеют современные системы автовибраций и спиральные противозерозионные катки, позволяет в сравнении с традиционной технологией уменьшить энергоресурсные затраты до 2-х раз, повысить плодородие почвы, урожайность сельскохозяйственных культур и производительность труда, улучшить гумусный баланс почвы, увеличить глубину и качество крошения пласта на мелкие почвенные агрегаты. При этом агрегаты АДУ с чизельным и дисковым модулями являются современными, универсальными, комбинированными почвообрабатывающими орудиями, обеспечивающими как технологию сплошной основной минимальной обработки почвы на глубину 18 см и более, так и поверхностную обработку на 5–15 см.

УДК 631.362

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБАЙНОВ ПРИ УБОРКЕ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ

¹Клочков А.В., д.т.н., профессор, ¹Гусаров В.В., инженер;

²Арешико Д.М. начальник управления

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки

²РО «Белагросервис», г. Минск

В 2012 г. урожайность зерна кукурузы в среднем по республике составила 72,4 ц/га, что существенно выше урожайности традиционных зерновых культур. В целом следует отметить, что намолоты на комбайн при уборке зерна кукурузы заметно выше, чем на уборке зерновых колосо-

вых. Это можно видеть на примере использования различных видов зерноуборочных комбайнов в хозяйствах Гродненского района (по данным В.Ф. Куца, табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительные показатели работы комбайнов на уборке зерна кукурузы и зерновых культур в 2011 году в хозяйствах Гродненского района

Марка	Уборка кукурузы		Уборка зерновых	
	Расход топлива, л/т	Намолот на комбайн, т	Расход топлива, л/т	Намолот на комбайн, т
John-Deere-9780 CTS	1,84	3612	3,97	1214
John-Deere-9660 WTS	2,28	2420	4,92	1264
John-Deere-9640 WTS	2,56	2370	4,44	1303
Lexion-480	2,40	2347	4,28	1653
Lexion-580	2,83	2162	5,38	1757
Lexion-560	3,07	1924	5,41	1350
John-Deere-2266	3,81	1410	3,96	1275
Mega-208	2,56	1351	3,83	1051
КЗС-1218	3,33	1006	5,75	935
КЗС-10К	3,24	724	6,16	727
Среднее	2,79	1933	4,81	1253

Максимальные намолоты зерна кукурузы при минимальном удельном расходе топлива отмечены при использовании комбайнов John Deere-9780CTS. В среднем намолоты зерна кукурузы выше, чем намолоты при уборке обычных зерновых культур на 54 %.

К уборке кукурузы на зерно необходимо приступать в период его восковой спелости, потому что в это время прекращается прирост урожая зерна. Надо иметь в виду, что в начале восковой спелости влажность початков составляет около 40 %. Более высокую влажность 45–50% при этом имеют стержни початков. Собранные при такой влажности початки нуждаются в досушивании на токах или в специальных сушилках. На семена кукурузу убирают в начале фазы полной спелости. Убирать кукурузу с одновременным обмолотом рекомендуется при влажности зерна не более 26–30 %. Уборку кукурузы на зерно заканчивают в течение 10-15 дней.

При уборке кукурузы в початках в ворохе должно быть не менее 95% очищенных початков, а чистота вороха початков – не менее 99 %. Поломанных початков, убранных с гибридных участков, должно быть не более 5 %. Початки отцовской и материнской форм нельзя смешивать. При уборке кукурузы с обмолотом початков потери свободного зерна за комбайном не должны превышать 0,7%, наличие зерна в массе – 0,8%, недомолот – не более 1,2, а дробление – 2,5%. Содержание кусочков стеблей в ворохе зерна допускается не более 4%, количество полеглых растений не должно превышать 10%.

Кукурузу на зерно убирают в виде початков или с одновременным обмолотом последних. Первый способ уборки включает отделение початков, измельчение стеблей, очистку початков от оберток, сушку и обмолот початков на стационаре. Для уборки в початках и очистки их от оберток используют самоходные и прицепные комбайны. ПО «Гомсельмаш» для уборки кукурузы в початках выпускает самоходный производительный комбайн КП-4. При уборке по второму способу отделяют и обмолачивают початки, измельчают стебли переоборудованными зерноуборочными комбайнами, зерно на стационаре.

При уборке кукурузы необходимо учитывать тип и параметры початков. Были исследованы наиболее распространенные виды гибридов кукурузы с определением основных размерных характеристик початков (табл. 2).

Таблица 2 – Основные параметры исследованных початков кукурузы

№ початка	Размеры початка				Диаметр стержня, мм	
	Длина общая, мм	Длина средней части, мм	Диаметр, мм		Макси- мальный	Минимал- ный
			Макси- мальный	Мини- мальный		
1	165	100	47	38	29,4	17,2
2	153	100	44	37	29,8	18,1
3	170	123	45	37	27,2	18,1
4	145	95	40	32	25,9	15
5	173	128	53	41	32,2	20,5
6	247	165	51	39	33,8	16,1
7	225	153	50	40	30,1	15,5
Среднее значение	182,6	123,4	47,1	37,71	29,77	17,2
Среднее квадратическое отклонение, мм	38,3	27,5	4,5	2,93	2,71	1,9
Коэффициент вариации, %	21	22,3	9,5	7,76	9,1	11,0

Более значительно они различаются по длине, а изменчивость остальных параметров характеризуется коэффициентами вариации в пределах 9,1–11 %.

Для уборки зерна кукурузы на комбайн навешивают специальные ручьевые жатки с активными вальцами, на поверхности которых имеются выступающие грани. Эти вальцы протаскивают стебли вместе с початками и при вращении обрывают их. В комплект оборудования КОРК-6 для уборки кукурузы для использования с комбайнами «ПАЛЕССЕ» входят:

- жатка 6-рядная с початкоотделяющими и режуще-измельчающими аппаратами;
- понижающий привод молотильного барабана;
- сменное подбарабанье;
- щитки перекрытия межбичевого пространства молотильного барабана;
- щитки перекрытия клавиш соломотрясы;

- сменный фартук соломотряса;
- сменная крышка для домолачивающего устройства;
- сменная звездочка для цепного привода зернотранспортирующих органов.

Для исследованных початков (см. табл. 2) можно определить рациональные зазоры для эффективного и полного обмолота. На входе в молотильный аппарат должно обеспечиваться беспрепятственное поступление наиболее крупных початков. На выходе необходимо предусмотреть обмолот самой тонкой верхушечной части початка. Поэтому наибольший зазор на входе – 53 мм, наименьший зазор на выходе – 15 мм (рис. 1). Средние значения зазоров: вход – 47 мм, выход – 17 мм.

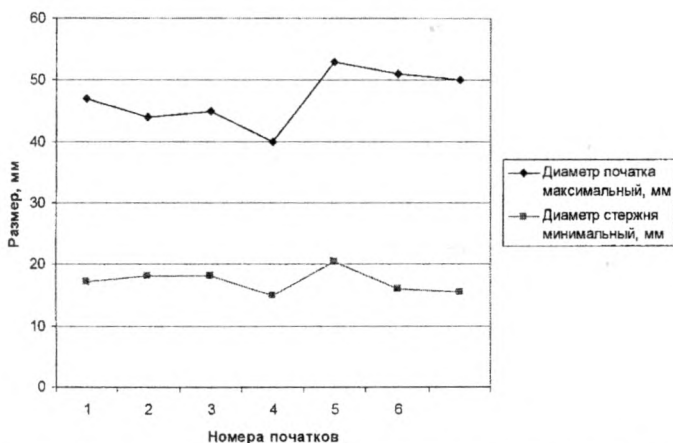


Рис. 1. Данные к определению зазоров на входе и выходе молотильного устройства с учетом диаметров початка

Очистка семян кукурузы от примесей обычно не вызывает значительных затруднений. Основная масса примесей удаляется уже системой очистки комбайна. При дальнейшей очистке и сортировке используются различные признаки семян. По литературным данным, параметры зерен кукурузы изменяются в значительных пределах:

- длина – от 5,5 до 13 мм;
- ширина – от 5 до 11,5 мм;
- толщина – от 2,5 до 8 мм.

При подготовке семян кукурузы зёрна необходимо брать со средней части початка. Обычно считают, что на вершине початка средняя толщина зёрен меньше на 0,2–0,3 мм, в комлевой части – больше на 0,5–0,6 мм, чем в средней части. Для исследованных початков отклонение от средней части составило: в верхней части – 0,95 мм, а в нижней части – 0,43 мм.

Для более точной настройки системы решетной очистки необходимо произвести замеры семян, подсчитать их статистические характеристики (табл. 3) и обоснованно подобрать размеры решет.

Таблица 3 – Основные статистические характеристики семян исследованных початков (М – среднее значение; σ – среднее квадратическое отклонение; v – коэффициент вариации)

№ початка	Нижняя часть			Средняя часть			Верхняя часть		
	М, мм	σ , мм	v , %	М, мм	σ , мм	v , %	М, мм	σ , мм	v , %
1	8,26	0,81	9,8	7,77	0,55	7,1	7,23	0,72	10,0
2	8,17	0,56	6,9	8,14	0,57	7,0	7,1	0,79	11,1
3	9,04	1,1	12,2	8,84	0,89	10,1	7,88	0,74	9,4
4	7,86	0,89	11,3	7,02	0,48	6,8	6,49	0,56	8,6
5	9,05	0,56	6,2	8,58	0,58	6,8	6,89	0,73	10,6
6	9,22	0,98	10,6	8,88	0,59	6,6	8,23	0,69	8,4
7	9,41	0,57	6,1	8,83	0,69	7,8	7,54	0,58	7,7
Среднее	8,72			8,29			7,34		

Мелкие некондиционные семена кукурузы имели средний размер по ширине 6,4 мм при среднем квадратическом отклонении 0,71 мм.

Учет изложенных особенностей уборки зерна кукурузы поможет правильно выбрать стратегию проведения работ, заранее определиться с видами необходимой техники и добиться в следующем сезоне стабильного и качественного урожая этой ценной культуры.

УДК 631.333:632.95

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР КОМБИНИРОВАННЫМ АГРЕГАТОМ С ВНЕСЕНИЕМ КАС И ПЕСТИЦИДОВ В КОРНЕОБИТАЕМУЮ ЗОНУ РАСТЕНИЙ

Добышев А.С., д.т.н., профессор; Пузевич К.Л., к.т.н.;

Горностаев Ю.О., аспирант; Скакун Н.И., аспирант

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

г. Горки

При формировании системы ведения сельского хозяйства основной задачей является снижение потребления энергоресурсов с внедрением системы энергоресурсосбережения. Конкуренентоспособность, себестоимость и цена реализации произведенной сельскохозяйственной продукции в Республике Беларусь может быть повышена за счет снижения производственных затрат.

Эффективность применения комбинированного агрегата определяется совмещением нескольких технологических операций возделывания сельскохозяйственных культур, выполняемых рабочими органами в едином технологическом процессе подготовки почвы и посева, а также внесения КАС и пестицидов. Все вышеперечисленное приводит к минимуму проходов агрегатов по полю, снижению уплотнения почвы ходовыми системами энергосредства и сельскохозяйственной машины, что уменьшает количество эрозионно-опасных частиц почвы, сохраняет почвенную влагу и в конечном итоге повышает урожайность возделываемых культур и улучшает экологическую ситуацию.

Благодаря рядковому внесению удобрений (особенно для сельскохозяйственных культур, возделываемых с шириной междурядий 45...70 см), создаются благоприятные условия питания, способствующие формированию более мощной корневой системы, быстрое развитие и лучшую переносимость засухи, уменьшение повреждения вредителями и болезнями, лучшее подавление сорной растительности.

Припосевное внесение удобрений рассчитано главным образом на обеспечение растений легкодоступными формами питательных элементов в начальный период их жизни, которые имеют большое значение и для последующего развития растений.

Предпосевная обработка почвы, внесение жидких минеральных и пестицидов удобрений и посев пропашных культур выполнялся агрегатом, состоящим из: универсального энергетического средства, вертикально-ротационной бороны, кукурузной сеялки и оборудования для подачи жидких минеральных удобрений, расположенного на передней навеске.

Приспособления для ориентированного ленточного внесения пестицидов и для внесения ЖМУ в корнеобитаемую зону позволят повысить производительность приема, снизить затраты и уменьшить загрязнение окружающей среды.

Проводились полевые испытания комбинированного агрегата, который выполнял за один проход рыхление, выравнивание, прикатывание почвы и посев кукурузы с внесением жидких минеральных удобрений (рис. 1).

В комбинированном агрегате использовалось оборудование для внесения консервантов ОВК-400-01 (далее по тексту – оборудование), предназначенное для внесения КАС при посеве в системе комбинированного агрегата.

Оборудование монтируется на энергосредства «Полесье».

Оборудование используется на предприятиях агропромышленного комплекса.

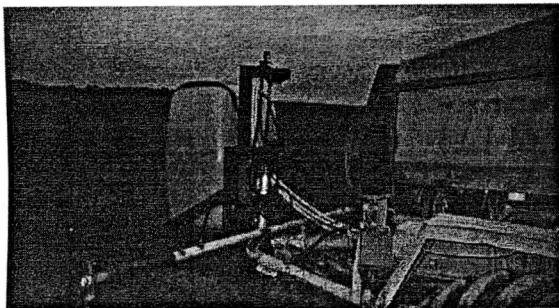


Рис. 1. Оборудование на передней навеске для подачи КАС

Технические характеристики:

- тип оборудования – монтируемый;
- оборудование не должно снижать производительность за 1 час основного времени;
- производительность насоса, л/мин – не более 10;
- доза внесения рабочей жидкости, л/т – 0,5–4;
- количество распылителей, шт. – 1;
- номинальное напряжение системы электрооборудования, В – 24;
- потребляемая мощность, Вт – не более 150;
- вместимость емкости для рабочей жидкости, дм^3 – не менее 400;
- диапазон подачи рабочей жидкости в зону консервирования, л/мин – 1–4;
- конструкционная (сухая) масса, кг – не более 130;
- габаритные размеры емкости с рамой, мм, не более:
 - длина – 1200;
 - ширина – 1500;
 - высота – 1500;
- неравномерность подачи рабочей жидкости, % – не более ± 5 ;
- неравномерность внесения консервантов, % – не более ± 30 ;
- коэффициент использования сменного времени – 0,73;
- коэффициент надежности технологического процесса – не менее 0,99;
- количество обслуживаемого персонала, человек – 1.

Устройство и работа оборудования (рис. 2 и 3). Емкость 2 заполняют водой. Жидкость из емкости 2 через фильтр всасывающий 3 засасывается диафрагменным насосом 1 и под давлением подается на дозатор 4. С дозатора 4 жидкость подается на ротаметр 5, а с ротаметра 5 – на корпус с распылителем 6. Об уровне жидкости в емкости судят по показанию уровнемера 9. Дроссель 8 предназначен для подачи излишней жидкости обратно

в емкость 2. Кран 7 предназначен для слива оставшейся жидкости после завершения работы.

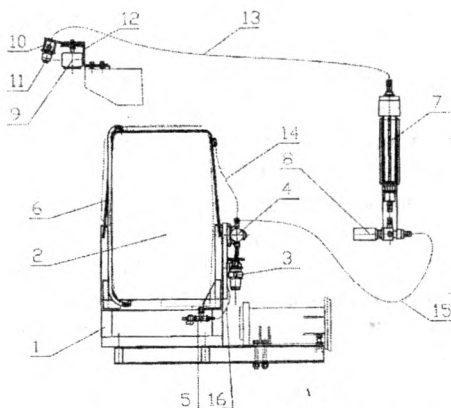


Рис. 2. Общий вид ОVK-400-01:

1 – рама; 2 – емкость; 3 – всасывающий фильтр; 4 – кран; 5 – кран сливной; 6 – уровнемер
7 – ротаметр; 8 – дозатор; 9 – датчик массы; 10 – корпус; 11 – распылитель; 12 – кронштейн;
13, 14, 15, 16 – рукав $\varnothing 14$ мм.

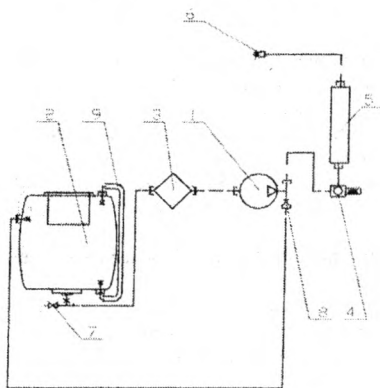


Рис. 3. Схема гидравлическая:

1 – насос; 2 – емкость; 3 – фильтр всасывающий; 4 – дозатор; 5 – ротаметр; 6 – корпус с распылителем; 7 – кран; 8 – дроссель; 9 – уровнемер.

Комплексное ориентированное использование жидкого азотного удобрения КАС при посеве зерновых культур и технических культур совместно с гербицидами, фунгицидами, регуляторами роста, микроэлементами возможно в том случае, если оптимальные сроки применения удобрений и препаратов для борьбы с возбудителями болезней, сорняками и вредителями совпадают. В литературе имеются данные, что регуляторы роста

усиливают поступление питательных элементов в растения, особенно азота, при их комплексном использовании с удобрениями и дают возможность снижать дозы удобрений.

При использовании баковых смесей средств защиты растений, удобрений и регуляторов роста появляется реальная возможность снижения норм расхода пестицидов на 10–35% за счет усиления токсичности и изменения продолжительности действия компонентов смеси.

Применение комбинированных агрегатов позволяет более полно загрузить энергонасыщенные тракторы и энергосредства, что невозможно выполнить однооперационными машинами. Такие технологии могут вывести сельское хозяйство на более конкурентоспособный уровень.

Результаты испытаний. Использование данного агрегата позволяет снизить: относительную площадь уплотнения почвы – на 53,13 %; расход топлива – на 3,2 л/га, затраты труда – в 3,64 раза и уменьшить вес широкозахватного агрегата в 2,1 раза.

Используя метод случайных выборок нами было определено, что средняя урожайность по предлагаемой составила 276 ц/га. Прибавка урожая составила 60 ц/га, или 27,8%.

Таким образом, внедрение агрегата позволяет окупить затраты за счет значительного снижения ресурсопотребления и прибавки урожая.

Список использованных источников

1. Добышев, А.С. Эффективность применения комбинированных агрегатов / А.С. Добышев. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2003. – 124 с.
2. Добышев, А.С. Актуальные проблемы механизации кормопроизводства и животноводства: издание производственного характера / А.С. Добышев. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2007. – 324 с.
3. Добышев, А.С., Карташевич, А.Н. Основные направления ресурсосбережения в сельском хозяйстве: практ. пособие / А.С. Добышев, А.Н. Карташевич. – Гомель: ЦНТУ «Развитие», 2007. – 168 с.
4. Палкин, Г. Минимизация предпосевной обработки почвы / Г. Палкин. Белорусское сельское хозяйство, 2005. – № 10.
5. Влияние совмещения операций и условий возделывания на урожай сельскохозяйственных культур: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 150-летию проф. Н.А. Стебута / редкол. А.Р. Цыганов (отв. ред.) и др. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2005. – 245 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СЕПАРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЭЛЕВАТОРА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

*Шило И.Н., д.т.н., профессор; Романюк Н.Н., к.т.н., доцент;
Клавсуть П.В.*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

Картофель – важнейшая сельскохозяйственная культура, обеспечивающая питание населения и продовольственную независимость страны. В мировом производстве он занимает четвертое место среди продуктов питания после пшеницы, кукурузы и риса. Являясь ценным источником высококачественного протеина, витаминов, минералов и углеводов, картофель в некоторых странах является одним из главных продуктов питания растительного происхождения для человека [1].

В мировом производстве картофеля задействовано около 18 млн. га посадочных площадей. Большая часть этих площадей приходится на территорию бывшего Советского Союза – около 6,6 млн. га, на территорию Европы – около 5,3 млн. га, а также Азии – около 4,3 млн. га [1].

Значимость картофеля подчёркивают объёмы его потребления. Так, в Российской Федерации выращивается более 200 кг в год на человека, в Великобритании – 90, в Нидерландах – 150, во Франции – 100 [2], в Беларуси – 790–1125 кг [3].

Урожайность по Европе составляет в среднем около 20 т/га, в Великобритании – около 35, во Франции – около 30, лидирующее место занимают Нидерланды – более 40, в США – около 37 т/га [2].

Увеличение валового сбора картофеля и повышение эффективности производства (снижение себестоимости, повреждений и потерь клубней) крайне важно для Беларуси, где имеются благоприятные почвенно-климатические условия для его произрастания и большие перспективы развития сельского хозяйства и рынка сбыта выращенной продукции. Снижение себестоимости производимой продукции (картофеля), количества повреждений и потерь клубней можно добиться не только использованием новых сортов этой культуры, но и применением различных современных технологий и средств механизированной уборки.

Особенности произрастания картофеля осложняют механизированную уборку. Единственно возможным способом его извлечения из почвы является выкапывание клубней вместе с почвенным пластом, вес которого в 100 и более раз превышает вес содержащегося в нем картофеля, поэтому наиболее трудоемким этапом возделывания является уборка – 35–70%

всех трудозатрат и 40–60% энергозатрат. Перспектива роста урожайности картофеля до 40 т/га потребует высокой производительности всех рабочих органов картофелеуборочных машин, в том числе и сепарирующих, что приведет к необходимости их усовершенствования, а также к увеличению парка комбайнов [4, 5].

Современные картофелеуборочные машины, в особенности производства Российской Федерации, не обеспечивают выполнение агротехнических требований: чистоту клубней в таре 97–100 %, их повреждения до 5% и потери до 4–6% [5]. Основной выход из подобной ситуации – это разработка и внедрение высокопроизводительных и надежных рабочих органов, обеспечивающих минимальный уровень повреждений и потерь урожая, которые унифицированы с картофелеуборочными машинами, выпускаемыми отечественной промышленностью.

Прутковый элеватор является одним из важнейших рабочих органов картофелеуборочной машины. Он предназначен для перемещения подкорманной массы с одновременной сепарацией почвы. Элеватор представляет собой бесконечное решетчатое полотно, состоящее из расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга прутков, скрепленных цепями или ремнями. Верхняя (рабочая) ветвь полотна для интенсификации сепарации почвы встряхивается установленными под ветвью специальными устройствами – встряхивателями. Это позволяет перемещать компоненты технологического вороха (почва, почвенные комки, клубни, камни, ботва) в режиме с подбрасыванием. При соударении подброшенной почвы с полотном элеватора происходит ее разрушение на частицы, способные просеяться. При этом, однако, повреждение клубней картофеля на элеваторах с серийными встряхивателями традиционной конструкции может достигать 30% [6, 7]. Поэтому за показатели эффективности работы элеватора следует принять как интенсивность сепарации почвы, так и степень сохранности клубней.

Установлено, что эти показатели зависят от скорости соударения компонентов вороха с полотном. Отклонение скорости соударения от допустимого значения в сторону уменьшения вызывает ухудшение сепарации, в сторону увеличения – сопровождается существенным ростом повреждений клубней $v_d = 2,2$ м/с [6, 7]. Рост повреждений может также вызываться встречным ударом – падением клубней на поднимающееся полотно [8]. Следовательно, за критерии работы встряхивателей могут быть приняты следующие соотношения:

1) скорость соударения v_c компонентов вороха с полотном должна быть приблизительно постоянна и соответствовать допустимому значению

$$v_c \approx v_d = \text{const}; \quad (1)$$

2) скорость полотна во время падения v_1 близка к нулю или направлена вниз (встречный удар отсутствует)

$$v_1 \approx 0, \quad (v_1 < 0). \quad (2)$$

Выясним, каким образом можно добиться выполнения этих условий. Так как рабочая ветвь полотна может рассматриваться как гибкое звено, его колебания описываются уравнением

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v_e \frac{\partial v}{\partial x} - q^2(t) \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = 0, \quad (3)$$

где $v = v(x, t)$ – нормальная скорость рабочей ветви в сечении с продольной координатой x в некоторый момент времени t ; v_e – линейная скорость полотна элеватора; $y = y(x, t)$ – нормальное перемещение полотна в сечении x в момент времени t ; $q^2(t)$ – величина, пропорциональная натяжению полотна в момент t .

Пусть встряхиватель действует в некотором сечении $x = x_r$, сообщая полотну в этом сечении нормальные колебания со скоростью $v_r(t)$. Тогда из уравнения (3) следует

$$v(x, t) \approx v_r(t) + \frac{x_r - x}{t - t'} \frac{v_r(t) - v_r(t')}{v_e - q(t)}, \quad (t' < t). \quad (4)$$

Условие подбрасывания технологического вороха имеет вид [3]

$$\frac{dv_r}{dt} < -g \cos \alpha; \quad v_r > 0, \quad (5)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; $\alpha = 22...25^\circ$ – угол наклона элеватора.

Рассмотрим подбрасывание вороха на элеваторе с серийным встряхивателем в момент времени t . Так как величина $v_r(t)$ непрерывно меняется, то в силу условия (5) имеет место $v_r(t) < v_r(t')$. Тогда из соотношения (4) следует

$$v(x, t) \neq v_r(t); \quad v(x_1, t) \neq v(x_2, t), \quad (x \neq x_r, \quad x_1 \neq x_2).$$

Следовательно, компоненты вороха, расположенные в зоне над встряхивателем и вне ее, подбрасываются с неодинаковой скоростью и находятся в полете различное время, их падение на полотно происходит не одновременно и с различными скоростями, что подтверждается и результатами исследований [9]. Так как нормальная скорость полотна v непрерывно меняется и при этом неодинакова по длине элеватора, исключить встречный удар затруднительно, а скорость соударения как функция времени представляет собой неуправляемый процесс.

Таким образом, для выполнения условия (1) необходимо, чтобы в течение некоторого промежутка времени $[t', t'']$, предшествующего подбрасыванию скорость колебаний полотна над встряхивателем была постоянна

$$v_r(t) = \text{const}, \quad t \in [t', t'']. \quad (6)$$

Тогда из формулы (4) следует

$$v(x_1, t'') = v(x_2, t'') = v_r(t'').$$

При $t > t''$ величина нормального ускорения должна совершить скачок от нуля до значения, соответствующего условию (5)

$$\begin{cases} \frac{dv_r}{dt} = 0, & t \leq t''; \\ \frac{dv_r}{dt} < -g \cos \alpha, & t > t''. \end{cases} \quad (7)$$

Аналогично для выполнения условия (2) из формулы (4) вытекает необходимость существования промежутка времени $[t_1', t_1'']$, включающего момент падения вороха на полотно, в течение которого

$$v_r(t) = 0, \quad t \in [t_1', t_1'']. \quad (8)$$

Это влечет за собой

$$v(x, t_1'') = 0.$$

Таким образом, закономерности оптимального воздействия встряхивателя на рабочую ветвь описываются формулами (6)–(8).

Указанные закономерности выполняются на элеваторе со встряхивающим устройством (рис. 1), разработанным в БГАТУ.

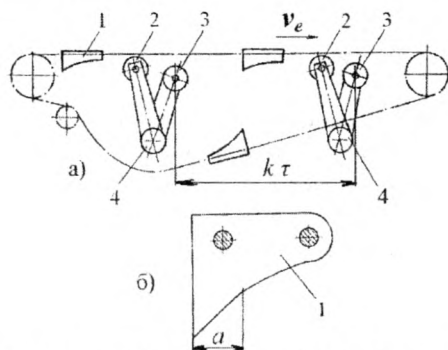


Рис. 1. Кулачковый встряхиватель: а – схема встряхивающего устройства; б – профиль кулачка: 1 – кулачки, 2 – поддерживающие ролики, 3 – встряхивающие ролики, 4 – оси

Устройство, которое в дальнейшем будем называть кулачковым встряхивателем, включает кулачки 1, закрепленные на прутках полотна, и ролики 2, 3, установленные попарно на осях 4 под рабочей ветвью. Ролики 2 смещены в сторону от линии движения кулачков и поддерживают рабочую ветвь на заданном уровне, ролики 3 расположены на линии движения кулачков. При движении полотна кулачки набегают на ролики 3, в резуль-

тате чего происходит одновременное встряхивание рабочей ветви по всей длине. Выполнение закономерности по формулам (6), (7) обеспечивается соответствующим рабочим профилем кулачка. Профиль состоит из двух участков, начальный из которых – эквидистанта параболы, а конечный – отрезок прямой. После схода кулачков с роликов 3 рабочая ветвь опускается до первоначального уровня, определяемого положением роликов 2.

В периоды движения кулачков между роликами 3 нормальная скорость близка к нулю. Для выполнения закономерности по формуле (8) расстояние между роликами 3 выбирается так, чтобы именно в эти периоды происходило падение вороха на элеватор. Интенсивность встряхивания по длине рабочей ветви регулируется поворотом оси 4, вследствие чего меняется расстояние по нормали между роликами 2 и 3 и, тем самым, изменяется амплитуда встряхивания.

Для проверки изложенных теоретических положений были проведены экспериментальные исследования на специальном стенде. Перемещения полотна в различных сечениях регистрировались посредством записи сигналов от потенциометрических датчиков на фотоленте осциллографа. За показатель синхронности нормальных перемещений полотна над роликами 3 и между роликами был принят коэффициент корреляции r между этими перемещениями. Факторами, которые влияют на величину r , являются расстояние между роликами kt , где τ – шаг расположения прутков полотна, и длина конечного участка профиля кулачка a (мм), которая соответствует интервалу $[t', t'']$ (формула (4)). В результате обработки результатов экспериментов была получена адекватная модель:

$$r = th(1.397 - 0.085k + 0.015a), \quad (k = 8...12, \quad a = 15...25). \quad (9)$$

Зависимость (9) представлена на рисунках 2, 3. Полагая в формуле (9) значение $r = 0,7 \dots 0,8$ и используя условие падения частиц на полотно во время движения кулачков между роликами 3 (промежуток времени $[t'_1, t'_2]$), можно определить расстояние между роликами по длине элеватора и размеры кулачка.

Стробоскопическая съемка движения по поверхности элеватора клубней и регистрация на фотоленту осциллографа воздействий на имитатор клубня с встроенным датчиком удара подтвердили, что скорость полета клубней близка к расчетной, а величина ударного импульса не превышает допустимого значения.

Полевые исследования кулачкового встряхивателя проводились в два этапа. На первом этапе сравнивалось влияние серийного и кулачкового встряхивателей на качество сепарации почвы на основном элеваторе комбайна, на втором – на качество сепарации почвы в комбайне в целом. За показатели кроме повреждения клубней P (% по массе) были приняты: для

элеватора – масса непроеянной почвы Q (кг), для комбайна – чистота картофеля на выходе μ (%), определяемая по формуле

$$\mu = \frac{m_{kl}}{m_{kl} + m_p} 100\%, \quad (10)$$

где m_{kl} , m_p – соответственно масса клубней и почвы.

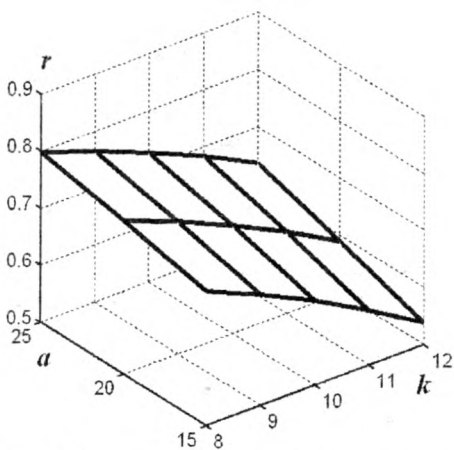


Рис. 2. Зависимость величины r от величин k и a

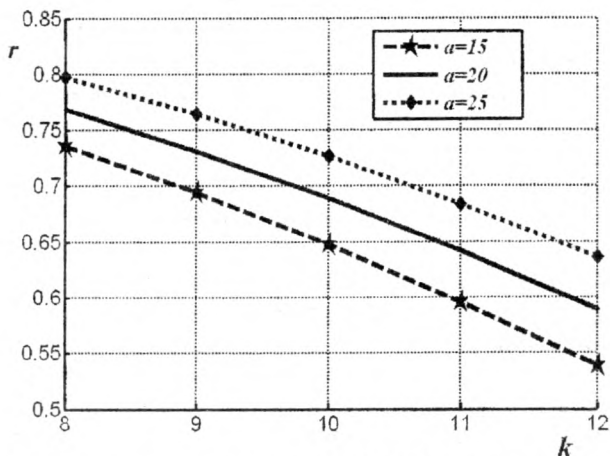


Рис. 3. Зависимость величины r от величины k при различных значениях a

Опыты проводились на супесчаных, легко- и среднесуглинистых почвах при влажности 17–26% и твердости 0,9–2 МПа. Длина гона, проходящего при одном опыте, составляла 10 м. Результаты опытов (среднее значение ± стандартная ошибка среднего) в различных почвенно-климатических условиях представлены в таблицах 1, 2.

Статистический анализ [10] представленных данных показал, что применение кулачкового встряхивателя существенно улучшало качество сепарации.

Таблица 1 – Показатели качества сепарации на основном элеваторе

№ серии опытов	Серийный встряхиватель		Кулачковый встряхиватель	
	Q, кг	P, % по массе	Q, кг	P, % по массе
1	214±7,0	6,2±0,67	171±5,7	3,7±0,33
2	505±29,8	5,0±0,36	326±18,3	2,8±0,39
3	127±14,1	6,8±0,50	98±6,5	4,4±0,28

Таблица 2 – Показатели качества сепарации в комбайне

№ серии опытов	Серийный встряхиватель		Кулачковый встряхиватель	
	μ, %	P, % по массе	μ, %	P, % по массе
1	28,8±3,9	12,0±1,64	47,4±5,0	9,1±1,34
2	12,6±2,4	8,8±0,79	20,8±2,2	7,4±0,87
3	55,3±3,4	12,8±0,58	63,1±2,4	8,7±0,50

Выводы:

1. За показатели эффективности работы пруткового элеватора, который является одним из важнейших рабочих органов картофелеуборочной машины, приняты интенсивность сепарации почвы и степень сохранности клубней.

2. Режим работы пруткового элеватора описывается с помощью математических закономерностей (6) – (8).

3. Применение кулачкового встряхивателя позволяет улучшить качество сепарации почвы как на основном элеваторе, так и в комбайне в целом, при этом чистота картофеля увеличивается в 1,1...1,6 раза, повреждение клубней уменьшается в 1,2...1,5 раза.

Список использованных источников

1. Костенко, Н.А. Способ и устройство контроля технологического процесса картофелеуборочного комбайна по просеву почвы прутковым элеватором : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Н.А. Костенко. – Рязань, 2010. – 143 с.

2. Колчин, Н. Почему нам не хватает картошки, если мы выращиваем её больше, чем надо / Н. Колчин, К. Пшеченков, Н. Верещагин // Российский фермер. – Май, № 14. – 1993. – С. 3.

3. Сельское хозяйство Беларуси / [Электронный ресурс] : Режим доступа : <http://b-ssr.ru/selskoe-hozyaystvo-belarusi/211-kartofelevodstvo.html> Дата доступа: 23.02.2013.

4. Успенский, И.А. Анализ факторов, влияющих на повреждение клубней картофеля при механизированной уборке / И.А. Успенский, Н.В. Бышов, Н.Н. Лутхов // Сборник научных трудов по животноводству, механизации, экономике. – Рязань: РГСХА, 1995. – 168 с.

5. Горячкина, И.Н. Совершенствование технологии уборки картофеля с обоснованием параметров и режимов работы сепарирующего элеватора с интенсификатором активного типа : дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / И.Н. Горячкина. – Рязань, 2010. – 212 с.
6. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины / Г.Д. Петров. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.
7. Кривоногов, Н.И. Исследование первичной сепарации почвы в картофелеуборочных машинах с целью обоснования параметров сепараторов с активным встряхивателем: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01 / Н.И. Кривоногов. – М., 1968. – 26 с.
8. Бжезовская, А.И. Исследование сопротивления клубней картофеля механическим повреждениям, вызванным динамическими нагрузками: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01 / А.И. Бжезовская. – Горки, 1971. – 19 с.
9. Сорокин, А.А. Теория и расчет картофелеуборочных машин / А.А.Сорокин. – М.: ВИМ, 2006. – 160 с.
10. Митков, А.Л. Статистические методы в сельхозмашиностроении / А.Л. Митков, С.В. Кардашевский. – М.: Машиностроение, 1978. – 360 с.

УДК 631.312

ПЛУГ-УДОБРИТЕЛЬ ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

*Шило И.Н., д.т.н., профессор; Романюк Н.Н., к.т.н., доцент;
Агейчик В.А., к.т.н., доцент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск*

Повышение эффективности производства сельскохозяйственных культур связано с интенсификацией процессов растениеводства на базе комплексной механизации и внедрения систем машин, отвечающих почвенно-климатическим условиям каждой зоны. Возможность комплексного использования машин и оборудования на основе передовых индустриальных технологий производства сельскохозяйственных культур представляет собой качество, присущее современной технике в растениеводстве. Комплексная механизация работ не возможна без научно обоснованной системы машин, обеспечивающей механизацию всех основных и вспомогательных операций возделывания сельскохозяйственных культур [1, 2].

Особое место в выполнении плана производства сельскохозяйственных продуктов занимает освоение научно обоснованных систем земледелия, направленных на повышение плодородия почвы и урожайности с учётом особенностей каждой природной зоны. Интерес ученых и специалистов сельского хозяйства вызывает проблема, касающаяся способов внесения удобрений, так как количество питательных веществ в почве является одним из основных факторов роста и развития сельскохозяйственных культур. Решение данной проблемы будет способствовать повышению уро-

жайности зерновых культур и улучшению экономических показателей сельскохозяйственного производства [2].

Целью данных исследований является повышение эксплуатационных показателей плуга-удобрителя путем обеспечения возможности быстрого изменения нормы внесения минеральных удобрений.

Проведенный патентный поиск показал, что разработано комбинированное пахотно-удобрительное орудие [3], содержащее плужный корпус с отвалом, почвоуглубитель, туковысевающий аппарат с механизмом привода и тукопроводами, при этом с целью снижения энергоемкости, упрощения механизма привода и повышения равномерности распределения удобрений почвоуглубитель выполнен в виде установленного на валу ротационного сферического диска с направляющими пластинами на его рабочей поверхности, а вал диска связан с туковысевающим аппаратом для передачи вращательного движения от диска к аппарату, при этом диск смещен в противоположную от отвала плуга сторону.

Недостатками данного орудия являются сложность конструкции, повышенное тяговое сопротивление, низкая эксплуатационная надежность.

Известно также устройство для глубокого рыхления почвы и внесения удобрений [4], содержащее бункер для удобрений, раму с закрепленными на ней в поперечном направлении посредством стоек плоскорежущими рыхлительными лапами, сообщенные с бункером и источником сжатого воздуха тукопроводы с соплами на конце, при этом с целью расширения зоны рыхления почвы и подпочвенного внесения удобрений по высоте и по ширине захвата на каждой стойке, выше плоскорежущей лапы, закреплена дополнительная плоскорежущая лапа, а между основными и дополнительными плоскорежущими лапами смежных стоек установлены подрезающие ножи, нижняя часть которых снабжена радиально исходящими от стоек направляющими ребрами, причем подрезающие ножи верхнего и нижнего ярусов смещены один относительно другого в направлении движения на расстояние не менее толщины ножа, при этом сопла тукопроводов размещены сзади стоек под подрезающими ножами в зоне направляющих ребер, а угол резания подрезающих ножей равен $15-20^\circ$.

К недостаткам данного устройства относятся сложность конструкции, повышенное тяговое сопротивление, отсутствие оборота пласта, что делает невозможным заделку удобрений, расположенных на поверхности почвы, например навоза.

Известен плуг для внесения минеральных удобрений одновременно со вспашкой [5], включающий закрепленные на раме отвальные корпуса и туковысевающие аппараты с тукопроводами, при этом с целью обеспечения регулирования глубины размещения удобрений в почве плуг снабжен дополнительными рабочими органами в виде подкормочных ножей, которые установлены попарно перед каждым корпусом плуга.

К недостаткам данного плуга относятся усложнение конструкции установкой дополнительного рабочего органа, отсутствие возможности равномерного распределения удобрений по всей глубине пахотного горизонта, повышенное тяговое сопротивление.

Известен плуг-удобритель [6], включающий закрепленные на раме отвалы корпуса и туковысевающие аппараты с тукопроводами, причем туковысевающие аппараты снабжены воздушной системой для напорной подачи удобрений, включающей высоконапорный вентилятор с приводом от гидромотора и воздухопроводом, имеющим отводы к каждому туковысевающему аппарату, при этом тукопроводы установлены за стойками отвальных корпусов и герметически соединены со щелями, выполненными между лемехом и отвалом корпусов и направленными по касательной к лемеху, а сопряжение тукопроводов со щелями выполнено по дуге окружности, туковысевающий аппарат включает герметически закрытую цилиндрическую банку, на днище которой размещен диск-дозатор, представляющий собой лопастной ротор, лопасти которого выполнены по логарифмической спирали, в крышке цилиндрической банки выполнен патрубок для соединения с отводом воздухопровода, патрубок соединен каналом в цилиндрической банке с высевальным окном, выполненным в днище банки, передняя стенка канала имеет ограничитель слоя высоты удобрений, на приводном валу туковысевающего аппарата предусмотрен ворошитель, привод туковысевающих аппаратов выполнен от вала отбора мощности трактора, диск-дозатор выполнен сменным, причем толщина диска-дозатора выбирается в зависимости от нормы внесения удобрений.

Такой плуг-удобритель обладает низкими эксплуатационными качествами, поскольку он не обеспечивает быстрое изменение нормы высева туков, например, при переезде на другое поле или изменении возделываемых на различных участках поля типов сельскохозяйственных культур, так как это потребует длительной и трудоемкой замены соответствующей толщины дисков-дозаторов туковысевающих аппаратов.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете запатентован плуг-удобритель [7].

На рисунке 1, *а* представлена схема плуга-удобрителя, вид сбоку; на рисунке 1, *б* – сечение А-А на рисунке 1, *а*; на рисунке 1, *в* – поперечный разрез туковысевающего аппарата; на рисунке 1, *г* – вид сверху на туковысевающий аппарат со снятой крышкой; на рисунке 1, *д* – узел 1 на рисунке 1, *в*.

Плуг-удобритель включает раму 1 с навесной системой 2, на раме установлен высоконапорный вентилятор 3 с приводом от гидромотора (не показан), который воздухопроводом 4 через отводы 5 соединен с туковысевающими аппаратами 6. Отвальные корпуса плуга состоят из отвала 7, лемеха 8. К задней стороне отвала 7 и лемеха 8 закреплены тукопроводы 9.

Между лемехом 8 и отвалом 7 выполнена по касательной к лемеху 8 щель 10 для подачи удобрений. Тукопровод 9 сопряжен со щелью 10 по дуге окружности. Отвальные корпуса закреплены к раме 1 плуга с помощью стоек 11.

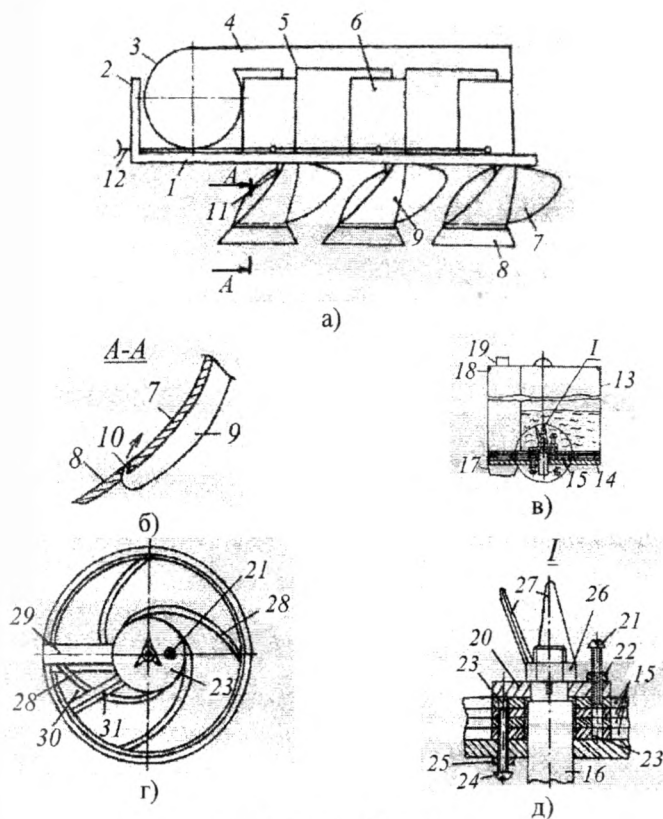


Рис. 1. Плуг-удобритель:

а – вид сбоку; б – сечение А-А; в – поперечный разрез туковысевающего аппарата; г – вид сверху на туковысевающий аппарат со снятой крышкой; д – узел I

Привод туковысевающих аппаратов 6 производится от вала отбора мощности через карданную передачу 12. Туковысевающий аппарат 6 состоит из цилиндрической банки 13, на днище 14 которой размещен диск-дозатор, выполненный из расположенных друг над другом одинаковых, например, четырех пластин равной толщины 15 с возможностью относительного перемещения и вращения относительно приводного вала 16 туковысевающего аппарата. К днищу 14 герметически закреплен тукопровод 7. Крышка туковысевающего аппарата 6 имеет герметичное уплотне-

ние 18 и патрубков 19. Над пластинами 15 диска-дозатора расположен параллельно пластинам 15 присоединенный к приводному валу 16 туковысевающего аппарата с помощью шпоночного соединения с возможностью совместного с ним вращения горизонтальный диск 20 с ввинченным в него верхним стопорным винтом 21 с контргайкой 22. Пластины 15 диска-дозатора имеют выполненные в них диаметрально противоположно расположенные относительно проходящей через их центры ось симметрии и вращения приводного вала стопорные отверстия 23, а в днище банки ввинчен нижний стопорный винт 24 с контргайкой 25. Оси симметрии верхнего 21 и нижнего 24 стопорных винтов одинакового диаметра диаметрально противоположно расположены относительно оси симметрии и вращения приводного вала 16 и расположены с возможностью проникновения в диаметрально противоположно расположенные стопорные отверстия 23 одинакового диаметра пластин 15 диска-дозатора. Горизонтальный диск 20 стопорится от перемещения в вертикальном направлении навинченной на приводной вал 16 гайкой 26, на которой сверху закреплена крыльчатка 27 ворошителя туков. Пластины 15 диска-дозатора имеют лопасти 28, выполненные по логарифмической спирали, цилиндрическая банка 13 ограничена передней стенкой 29, которая отделяет пространство банки от высевающего окна 30. Передняя стенка 29 имеет ограничитель высоты слоя удобрений на пластинах 15 диска-дозатора. Задняя стенка 31 канала отделяет пространство банки от высевающего окна 30.

Плуг-удобритель работает следующим образом.

Перед началом работы верхним стопорным винтом 21 фиксируется относительно закрепленного на приводном валу 16 горизонтального диска 20 необходимое количество верхних пластин 15 диска-дозатора путем проникновения винта 21 в их стопорные отверстия 23 для обеспечения высева заданной нормы внесения удобрений. Положение стопорного винта 21 фиксируется контргайкой 22. Путем ввинчивания нижнего стопорного винта 24 в днище 14 и дальнейшего проникновения его в стопорные отверстия 23 нижних пластин диска-дозатора, не задействованных в высевах туков, они гарантированно фиксируются от проворачивания вместе с приводным валом 16. При движении плуга минеральные удобрения захватываются верхними лопастями 28 пластин 15 диска-дозатора с расположенным в их отверстиях 23 верхним стопорным винтом 21 и подаются к высевающему окну 30. При этом они захватываются потоком воздуха, подаваемым высоконапорным вентилятором 3 через канал, образованный передней 29 и задней 31 стенками, и подаются через высевающее окно 30 в тукопровод 17. Из тукопровода 17 удобрения с воздухом направляются в тукопроводы 9, закрепленные к задней стороне отвала 7. Тукопроводы 9 направляют удобрения с воздушным потоком в щель 10, выполненную между лемехом 8 и отвалом 7. Так как щель 10 направлена по касательной

к лемеху 8, поток удобрений с воздухом будет поступать под пласт почвы, подрезаемый лемехом 8. При движении пласта по отвалу 7 пласт изгибается и разрыхляется. В разрыхленной почве образуются комочки, между которыми протекает поток воздуха с удобрениями, которые насыщают весь пахотный горизонт. Кроме того, образующаяся воздушная прослойка между пластом почвы и отвалом снижает тяговое сопротивление плуга.

Насыщенный удобрениями пахотный горизонт почвы обеспечивает растения доступными питательными веществами и урожайность при этом повышается. При, например, переезде на другое поле или изменении возделываемых на различных участках поля типов сельскохозяйственных культур вышеописанным способом осуществляется быстрое изменение нормы высева туков.

Предложена оригинальная конструкция плуга-удобрителя, использование которого позволит повысить его эксплуатационные показатели путем обеспечения возможности быстрого изменения нормы внесения минеральных удобрений.

Список использованных источников

1. Шило, И.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства : монография. / И.Н. Шило, В.Н. Дашков. – Минск : БГАТУ, 2003. – 183 с.
2. Новохатский, В.М. Повышение качества внутрипочвенного внесения твердых минеральных удобрений при основной безотвальной обработке почвы путем совершенствования параметров пневмомеханического тукораспределительного устройства: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / В.М. Новохатский. – Волгоград, 2009. – 156 л.
3. А.с. СССР 923389, МПК, А 01В 46/06.
4. А.с. СССР 880304, МПК А 01С 15/04.
5. А.с. СССР 743608, МПК А 01В 49/06; А 01С 7/20.
6. Патент на изобретение РФ 2384033, МПК А 01В 17/00; А 01В 49/06.
7. Плуг-удобритель: патент 7620 U Респ. Беларусь, МПК А 01В 17/00; А 01В 49/06 / И.Н. Шило, В.А.Агейчик, Н.Н. Романюк, Ю.В. Агейчик; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u20110176; заявл. 15.03.2011; опубл. 30.10.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 5. – С. 199–200.

ЛЕНТОЧНЫЕ КОНВЕЙЕРЫ С УВЕЛИЧЕННЫМ УГЛОМ НАКЛОНА

*Шило И.Н., д.т.н., профессор; Романюк Н.Н., к.т.н., доцент;
Сашко К.В., к.т.н., доцент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

В создании материально-технической базы агропромышленного комплекса значительную роль играет подъемно-транспортное машиностроение, перед которым поставлена задача внедрения комплексной механизации и автоматизации производственных процессов, ликвидации ручных погрузочно-разгрузочных работ и исключения тяжелого ручного труда при выполнении основных и вспомогательных технологических операций. Все это указывает на необходимость увеличения производства прогрессивных средств механизации подъемно-транспортных, погрузочно-разгрузочных и складских работ, в том числе грузоподъемных машин с дистанционным и программным управлением, крутонаклонных ленточных конвейеров с автоматическим адресованием грузов и автоматизированного оборудования для складов.

Увеличение угла наклона ленточного конвейера позволяет уменьшить занимаемую им площадь и более компактно разместить производственное оборудование. Такие конвейеры применяются при буртовании корнеклубнеплодов, зерна, межцеховом транспортировании и имеют обычно повышенную длину.

Для обеспечения технологической надежности этих конвейеров необходимо:

- обеспечить хорошее сцепление ленты с приводным барабаном;
- обеспечить удерживание ленты при ее обрыве;
- предотвратить обратное движение ленты при остановке конвейера.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете запатентованы конструкции приводного барабана [1], дисковых колодочных тормозов [2, 3], устройства для улавливания ленты конвейера, в случае ее обрыва [4, 5].

Предотвратить буксование ленты на приводном барабане позволит конструкция приводного барабана [1], представленная на рисунке 1.

Приводной барабан, смонтированный на раме 1 посредством вала 4 и оси 5 и имеющий внешний вакуумный насос, работает следующим образом.

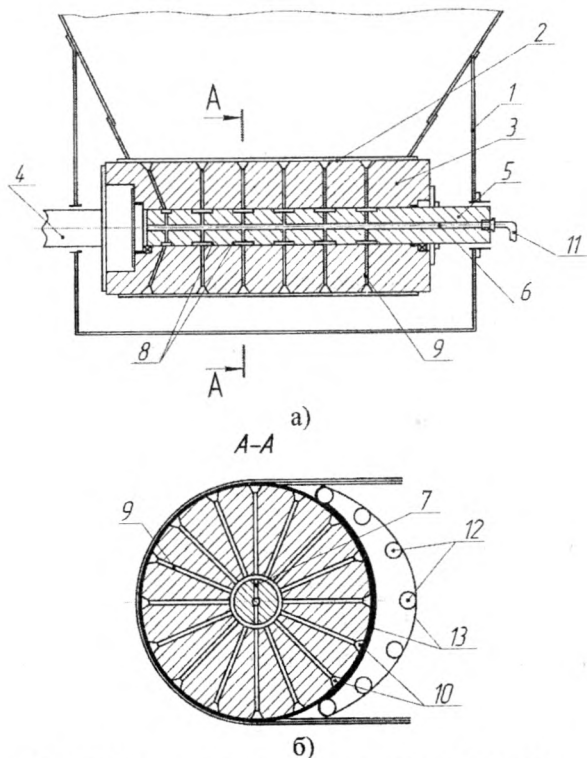


Рис. 1. Приводной барабан ленточного транспортера

С помощью вакуумного насоса разрежение постепенно создается в отсасывающем трубопроводе 11, центральном 6 вакуумном канале, радиальных 7 вакуумных каналах, осевых вакуумных камерах, выполненных в виде кольцевых проточек 8 и радиальных 9 вакуумных каналах приводного барабана 3 и контактных 10 вакуумных камерах. Вследствие перепада давления над и под транспортной лентой 2 в зоне ее контакта с приводным барабаном 3 создается дополнительное усилие прижатия транспортной ленты 2 к приводному барабану 3, что увеличивает силу трения, препятствующую буксованию транспортной ленты 2 на приводном барабане 3, поверхность которого, свободную от соприкосновения с транспортной лентой 2 огибает бесконечная лента 13 уплотняющего устройства, которая за счет разрежения в контактных 10 вакуумных камерах прижимается к поверхности приводного барабана 3, обеспечивая тем самым постоянное разрежение в системе. При этом бесконечная лента 13 приводится в движение приводным барабаном 3 и совершает замкнутый оборот вокруг обоймы роликов 12.

Сцепление транспортерной ленты и приводного барабана без пробуксовки обеспечивается, если выполняется условие [6]

$$F_{mp} \geq F_t, \quad (1)$$

где F_{mp} – сила трения между транспортерной лентой и приводным барабаном; F_t – окружная сила на приводном барабане, которая определяется по зависимости [6]

$$F_t = F_{наб} - F_{сб}, \quad (2)$$

где $F_{наб}$, $F_{сб}$ – усилия в набегающей и сбегающей ветвях транспортерной ленты на приводном барабане.

Для отсутствия буксования ленты на приводном барабане необходимо, чтобы соблюдалось условие (формула Эйлера) [6]

$$F_{наб} \leq F_{сб} \cdot e^{f\alpha}, \quad (3)$$

где e – основание натурального логарифма; f – коэффициент трения между транспортерной лентой и приводным барабаном; α – угол обхвата барабана транспортерной лентой.

При работе во влажной среде условие (3) нарушается, поэтому применение барабана с вакуумными каналами позволяет его восстановить за счет увеличения силы трения (F_{mp}^I) между транспортерной лентой и приводным барабаном, которая повышает эксплуатационную надежность транспортера и определяется по формуле [7]

$$F_{mp}^I = f \cdot q \cdot A, \quad (4)$$

где q – величина разряжения в системе; A – суммарная площадь контактных вакуумных камер, соприкасающихся с транспортерной лентой.

Для предотвращения обратного движения ленты при остановке конвейера его необходимо снабдить тормозом, конструкция которого [2] представлена на рисунке 2.

Дисково-колодочный тормоз ленточного конвейера, состоящий из установленных на раме 1 двух неподвижных левой 2 и правой 3 опор, работает следующим образом.

При включении двигателя привода конвейера включается толкатель 16, который своим штоком 15 поворачивает двушлечий рычаг 14 по часовой стрелке. Рабочее усилие от двушлечего рычага 14 через серьгу 13 передается на шток 9, который смещается слева направо относительно неподвижной правой опоры 3.

Своим заплечиком шток 9 смещает в этом же направлении муфту 10, преодолевая усилия замыкающих пружин 12, которые сжимаются между муфтой 10 и неподвижной правой опорой 3. При этом тормозная правая колодка 11 отходит от тормозного диска 6, который также несколько сме-

щается в этом же направлении по шлицам вала 4 (слева направо) под действием предварительно сжатой центральной пружины 7 на расстояние, равное половине хода штока 9, заранее установленное с помощью ограничительных винтов 8. Благодаря этому тормозной диск 6 выходит из контакта с обеими тормозными колодками 5 и 11, а привод конвейера растормаживается. При отключении привода ленточного конвейера автоматически выключается толкатель 16. Сразу же сжатые замыкающие пружины 12 перемещают справа налево относительно неподвижной правой опоры 3 муфту 10 с закрепленной на ней тормозной правой колодкой 11. Вступающая во взаимодействие с тормозным диском 6 тормозная правая колодка 11 смещает тормозной диск 6 справа налево до соприкосновения с тормозной левой колодкой 5, в результате чего тормозной диск 6 зажимается между тормозными колодками 5 и 11, а кинематически связанный с тормозным диском 6 вал барабана 4 затормаживается, способствуя остановке всего конвейера. Применение ограничительных винтов 8 способствует более равномерному износу тормозных колодок 5 и 11, что повышает эксплуатационную надежность дисково-колодочного тормоза для ленточного конвейера. Для обеспечения сохранности продукта, перемещаемого лентой, и самой ленты, используется устройство для улавливания ленты конвейера в случае ее обрыва [5], представленное на рисунке 3.

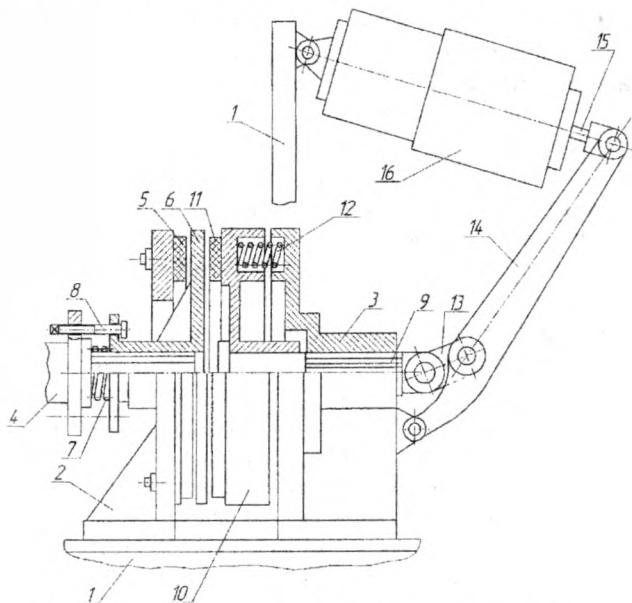


Рис. 2. Дисково-колодочный тормоз ленточного конвейера

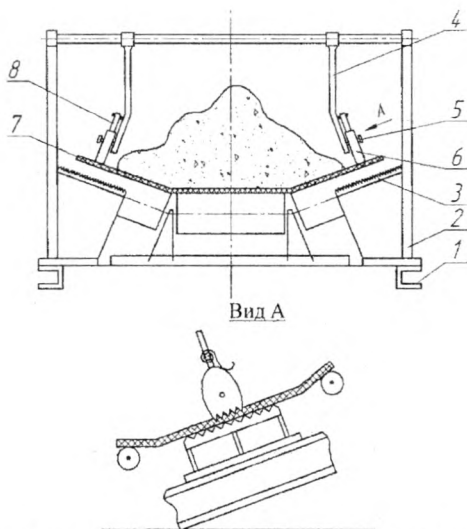


Рис. 3. Устройство для улавливания ленты конвейера в случае ее обрыва

Устройство для улавливания ленты конвейера в случае ее обрыва содержит закрепленную на металлической конструкции става 1 ленточного конвейера раму 2, опорные площадки 3, рычаги 4 жестко закрепленные на раме 2. На нижних концах рычагов 4 на осях 5 установлены эллипсовидные ролики 6, которые имеют на торцевых поверхностях дуг большого диаметра со стороны места выгрузки транспортируемого груза зубья 7 и прижимаемые к ленте 7 конвейера спиральными пружинами 8. Опорные площадки 3, установленные под лентой 7 конвейера между опорными роликами 9 имеют рифленую поверхность и установлены под лентой 7 конвейера так, что при его работе зазор между лентой 7 и опорными площадками 9 составляет $(0,8-0,9)$ половины разности больших и малых диаметров эллипсовидных роликов 6. При нормальной работе конвейера лента 7 натянута, между ней и опорными площадками 3 устанавливается требуемый зазор, равный $(0,8-0,9)$ половины разности больших и малых диаметров эллипсовидных роликов 6, которые прижимаются к ленте 7 спиральными пружинами 8. При этом лента 7 конвейера скользит по гладким торцевым поверхностям эллипсовидных роликов 6.

При обрыве ленты 7 конвейера теряется ее натяжение, она опускается на опорные площадки 3 и, перемещаясь в направлении противоположном ее ходу, поворачивает в этом же направлении эллипсовидные ролики 6, которые прижаты к ленте 7 спиральными пружинами 8. Зубья эллипсовидных роликов 6 внедряются в ленту 7 конвейера и прижимают ее к риф-

ленным поверхностям опорных площадок 3, обеспечивая надежное удержание ленты.

Наличие зубьев на торцевых поверхностях дуг большего диаметра эллипсовидных роликов 6 со стороны места выгрузки транспортируемого груза, позволяет повысить надежность удерживания ленты, используя при этом не только силу трения, но и усилие сцепления ленты с торцевыми поверхностями эллипсовидных роликов 6.

Предложены оригинальные конструкции приводного барабана, дискового колодочного тормоза, устройства для улавливания ленты конвейера, в случае ее обрыва, использование которых позволит повысить технологическую надежность работы крутонаклонных конвейеров.

Список использованных источников

1. Ленточный транспортер: патент 8784 У Респ. Беларусь, МПК В65G15/00 / Н.Н. Романюк, К.В. Сашко, К.А. Гриневич; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20120468; заявл. 07.05.2012; опубл. 30.10.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 6. – С. 210–211.

2. Дисково-колодочный тормоз для ленточного конвейера: патент 16588 С2 Респ. Беларусь, МПК В65G23/26, В65G43/06 / К.В. Сашко, Н.Н. Романюк, К.Ю. Гришан, П.В. Клавсуть, А.В. Щетько, С.Н. Авхимков, Н.И. Аксютин; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № a 20100626; заявл. 23.04.2010; опубл. 30.12.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 6. – С. 98.

3. Дисково-колодочный тормоз для ленточного конвейера: патент 16587 С2 Респ. Беларусь, МПК В63G23/26, В65G43/06 / К.В. Сашко, Н.Н. Романюк, К.Ю. Гришан, Н.С. Примарков, А.В. Щетько, С.Н. Авхимков, Н.И. Аксютин; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № a20100622; заявл. 23.04.2010; опубл. 30.12.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 6. – С. 95–96.

4. Устройство для улавливания ленты конвейера в случае ее обрыва: патент 7725 У Респ. Беларусь, МПК В 65G 43/06 / К.В. Сашко, Н.Н. Романюк, К.Ю. Гришан, Е.С. Курьян, Н.А. Воропаева; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u20110267; заявл. 07.04.2011; опубл. 30.10.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 5. – С. 244.

5. Устройство для улавливания ленты конвейера в случае ее обрыва: патент 7752 У Респ. Беларусь, МПК В 65G 43/06 / К.В. Сашко, Н.Н. Романюк, К.Ю. Гришан, А.Л. Вольский, А.В. Горный, Е.С. Курьян, Н.А. Воропаева; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20110285; заявл. 14.04.2011; опубл. 30.12.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 6. – С. 231.

6. Спиваковский, А.О. Транспортирующие машины: Учебное пособие для вузов по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – 3-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1983. – 487 с.

7. Савельев, И.В. Молекулярная физика и термодинамика / Савельев И.В. 2002. – Кн. 3. – 208 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ВНЕСЕНИЯ ТУКОВ В УСЛОВИЯХ РИСКОВАННОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Нукешев С.О., член-корреспондент НАН РК, д.т.н.

Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина,

г. Астана, Казахстан

В настоящее время эффективность минеральных удобрений в условиях рискованного земледелия Северного Казахстана в значительной мере снижается из-за недостаточной равномерности их распределения по площади, обусловленной не только конструктивно-технологическими недостатками машин для внесения туков, но и использованием способа внесения усредненной дозы удобрений на все поле без учета внутривидовой вариативности параметров исходного распределения их на участках поля. Решение этой технологической проблемы требует разработки новой технологии и создания автоматизированных технических средств для дифференцированного внесения минеральных удобрений в системе точного земледелия, обеспечивающих сохранение плодородия почв и повышение урожайности при высокой эффективности и окупаемости удобрений, что является важнейшей научно-технической проблемой, требующей решения в кратчайшие сроки [1].

В зерносеющих регионах Казахстана широкое применение технологий внутрипочвенного внесения основной дозы минеральных удобрений осуществляется медленно из-за отсутствия специализированной техники. На ранее разработанных плоскорезах-глубокорыхлителях КПП-2,2 и глубокорыхлителях-удобрителях ГУН-4, предназначенных для этой цели, высевающие аппараты не в полной мере выполняли агротехнические требования по неравномерности и устойчивости посева, а заделывающие рабочие органы – по распределению удобрений по площади внутри почвы. В результате эти машины не нашли широкого применения и были сняты с производства.

Недостаточность исследований по выявлению закономерностей пространственной вариативности параметров плодородия почв, влияния пестроты плодородия почвы на урожайность возделываемых культур не позволяет сформировать исходные требования к технологии и техническим средствам для дифференцированного внутрипочвенного внесения минеральных удобрений.

Недостаточная изученность закономерностей движения и распределения удобрений в технологических процессах дифференцированного внут-

рипочвенного внесения минеральных удобрений является сдерживающим фактором на пути к разработке высокоадаптивных рабочих органов и машин для применения в системе точного земледелия. Не в полной мере обоснованы способы контроля и управления технологическим процессом дифференцированного применения удобрений.

Из-за несовершенства технологий внесения минеральных удобрений, сводоразрушающих, ворошительных, дозирующих, распределяющих и заделывающих рабочих органов машин для внесения, не представляется возможным вносить удобрения дифференцированно с оптимальной дозой, необходимой для обеспечения генетически потенциальной урожайности сорта возделываемой сельскохозяйственной культуры. Учитывая большое количество влияющих на качество внесения удобрений факторов, многие из которых носят случайный характер, количество удобрений, выпадающих на элементарную площадку можно рассматривать как случайную величину.

Рассматривая среднюю урожайность Y как функцию случайного аргумента, независимо от закона распределения удобрений по полю, и учитывая, что известны функции отзывчивости данной сельскохозяйственной культуры на удобрения и плотность распределения их по полю, получим [2]

$$Y = M[Y(D)] = a_0 + a_1\bar{D} + a_2(\sigma_D^2 + \bar{D}^2) = a_0 + a_1D + a_2D^2 [1/10^4 V_{\text{вн}}^2 + 1], \quad (1)$$

где σ_D - среднеквадратическое отклонение случайной величины D ; \bar{D} - математическое ожидание случайной величины D ; a_0, a_1, a_2 - эмпирические коэффициенты, характеризующие функцию отзывчивости данной культуры на удобрения; $V_{\text{вн}}$ - коэффициент вариации дозы внесения удобрений.

Анализ (1) показывает, что для нахождения средней урожайности при квадратичной зависимости урожайности от дозы внесения туков нет необходимости устанавливать закон распределения удобрений по полю, а достаточно знать только дозу внесения D и ее среднеквадратическое отклонение σ_D . Значения D и σ_D можно определить, выполнив математическую обработку данных агротехнической оценки машин.

Из (1) также следует, что с ростом неравномерности внесения удобрений в почву значительно ухудшается отзывчивость растений на удобрения. Существующие технологии и машины для внутривспашечного внесения минеральных удобрений не в полной мере обеспечивают качественное выполнение технологического процесса. Одна из причин этого - недостаточная изученность процессов взаимодействия минеральных удобрений с рабочими органами машин.

Качество выполнения технологического процесса внесения минеральных удобрений ($V_{\text{вн}}$) можно оценить при помощи показателей эффективности. Для рассматриваемого процесса показателем эффективности может

служить качество внесения удобрений при условии, что затраты не превышают заданной величины. Предположив, что известна функция отзывчивости конкретной сельскохозяйственной культуры на минеральное удобрение, эффект (тг/га) от внесения удобрений с учетом затрат на внесение, стоимости прибавки урожая и затрат на его транспортирование представляем в виде

$$\mathcal{E} = (A - T)[a_0 + a_1 D + a_2 D^2 (1 + 1/10^4 V_{\text{вн}}^2)] - \mathcal{Z}_{\text{вн}} - \mathcal{C}_k, \quad (2)$$

где A – цена единицы продукции, тг/т; T – затраты на транспортирование единицы продукции, тг/т; $\mathcal{Z}_{\text{вн}}$ – затраты на внесение физической массы удобрений, тг/га; \mathcal{C}_k – стоимость минеральных удобрений, тг/га.

Примем в (2) условие минимальности неравномерности внесения удобрений

$$j(V_{\text{вн}}) = 0. \quad (3)$$

Тогда оптимальные показатели качества внесения удобрений по полю находим в результате максимизации эффекта, для чего определяем условный максимум функции (2), т.е.

$$\max \mathcal{E} \quad \text{при } \varphi(V_{\text{вн}}) = 0. \quad (4)$$

Алгоритм оптимизации показателей качества. Отыскание условного максимума можно свести к исследованию на обычный максимум функции Лагранжа $L = \mathcal{E} + \lambda \varphi$. Необходимые условия экстремума

$$\varphi(V_{\text{вн}}) = 0; \quad \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial V_{\text{вн}}} + \lambda \frac{\partial \varphi}{\partial V_{\text{вн}}} = 0. \quad (5)$$

Найденный в результате решения задачи значение коэффициента вариации внесения удобрений $V_{\text{вн}}^*$ будет оптимальным для данной технологии внесения минеральных удобрений.

Знание $V_{\text{вн}}^*$ позволяет по-новому подойти к задаче контроля и управления качеством технологического процесса внесения удобрений, а также сформулировать требования к перспективным техническим средствам для внесения минеральных удобрений.

Для синтеза системы управления внесением минеральных удобрений технологический процесс внутрипочвенного внесения культиваторами-удобрителями согласно рисунку 1 представлен как ряд последовательно протекающих операций:

- движение машины по полю (D_m);
- питание туковысевающих аппаратов (Π);
- дозирование удобрений (D);
- транспортировка удобрений по тукопроводам к рабочему органу (T);
- внутрипочвенное распределение удобрений (P).

Задающими воздействиями процесса внутрипочвенного внесения минеральных удобрений являются: подача удобрений на туковысевающий

аппарат $U_Q(t)$, требуемая доза внесения удобрений $q_i(t)$ и ширина ленты внесения L_L .

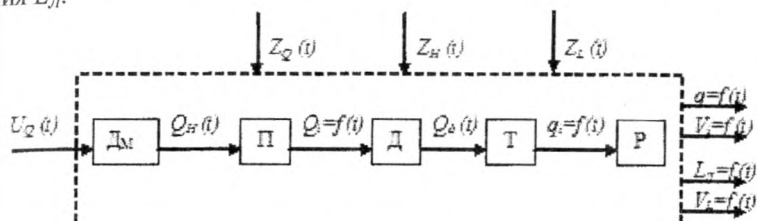


Рис. 1. Модель технологического процесса внутрипочвенного внесения удобрений культиватором-удобрителем

На выходные потоки $Q_i(t)$ оказывают влияние возмущающие воздействия $Z_Q(t)$, $Z_H(t)$ и $Z_L(t)$, включающие физико-механические свойства удобрений, неровности поверхности поля, технические и технологические характеристики удобрительной машины.

Выходными параметрами являются функции: $q(t)$ – доза внесенных удобрений, $V_i(t)$ – неравномерность высева между аппаратами и неустойчивость высева, $L_n(t)$ – рабочая ширина ленты внесения, $V_L(t)$ – неравномерность распределения удобрений по ширине рассева.

Задачей управления процессом внутрипочвенного внесения минеральных удобрений является изменение дозы внесения удобрений $q(t)$ в зависимости от потребности данного элементарного участка поля в виде и дозах удобрения. Исходя из этого, функциональная схема автоматического управления технологическим процессом представлена как система управления исполнительными механизмами изменения дозы внесения.

Для выявления передаточных функции распределения минеральных удобрений внутри почвы рассмотрен процесс подачи (П) удобрений от бункера до заделывающих рабочих органов (рис. 1) с применением метода линеаризации динамической системы. Определены передаточные функции винтовых ворошителей, датчиков, исполнительных механизмов, туконправителей в виде тукопроводов и центральных тукораспределителей, конического распределителя сошника с винтовым завихрителем.

Для производственной проверки технологии дифференцированного внутрипочвенного внесения минеральных удобрений и технических решений для ее реализации были разработаны культиваторы-удобрители [3, 4] (рис. 2).

С целью получения информации о пространственной изменчивости параметров плодородия экспериментального поля проведен отбор и анализ почвенных проб. Результаты агрохимического анализа свидетельствуют о наличии большой неравномерности распределения питательных элементов в опытном поле.

С учетом содержания элементов питания осуществлено внутрипочвен-

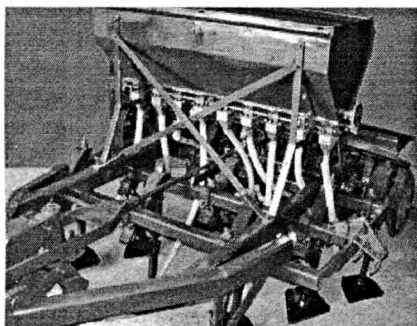
ное дифференцированное внесение стартовых и основных доз удобрений, определены переходные характеристики и качество выполнения технологического процесса.

Лабораторно-полевые испытания показали, что:

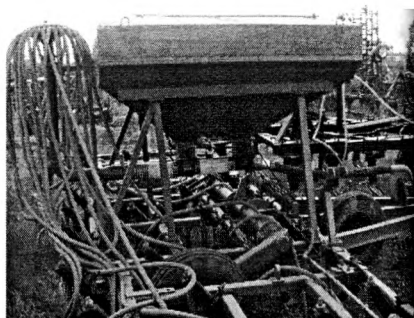
– культиватор-удобритель на базе СЗС-2,0 позволяет дифференцировать дозу внесения от 12 до 408 кг/га и увеличить ширину рассева минеральных удобрений более чем в 3 раза на глубину до 8 см по сравнению с базовой машиной;

– культиватор-удобритель с ЦВС позволяет дифференцировать дозу внесения от 50 до 450 кг/га со временем переходного периода 3–3,5 с, снижает неравномерность внесения по ширине захвата на 20–22% по сравнению с зернотуковой сеялкой централизованного высева «БАРС - 1000», повышает ширину ленты удобрений на 30–35%;

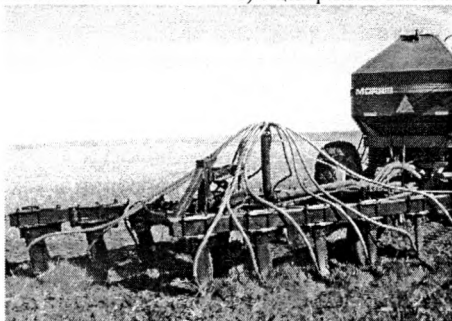
– чизель-удобритель обеспечивает обработку почвы на глубину 32...35 см и внесение удобрений с шириной наклонной ленты 25...29 см и с неравномерностью распределения удобрений по ее ширине 7,8–22,7%.



а) на базе стерневой сеялки



б) с центрально-высевающей системой



в) чизельный удобритель

Рис. 2. Культиваторы-удобрители

Результаты технико-экономического анализа показали, что дифференцированное внесение минеральных удобрений с учетом исходной неравномерности распределения питательных веществ в почве позволит повысить окупаемость фосфорных удобрений до 18,5 кг зерна на 1 кг действующего вещества удобрений при нормативной окупаемости 8–10 кг, а также обеспечить экономию минеральных удобрений на 25–30%, что позволит снизить агрохимическую нагрузку на окружающую среду. Годовой экономический эффект от внедрения разработанных технических средств для внутрипочвенного дифференцированного внесения минеральных удобрений составляет более 25 тыс. у.е.

Заключение:

1. Технологические процессы и технические средства для внутрипочвенного дифференцированного внесения минеральных удобрений не удовлетворяют требованиям точного земледелия. Повышение эффективности их функционирования может быть достигнуто на основе научно обоснованных технологических и технических решений, обеспечивающих генетически потенциальную урожайность с учетом пестроты распределения в почве питательных веществ и экологических требований.

2. Средняя урожайность сельскохозяйственной культуры зависит от количества питательных элементов почвы доступных растению, неравномерности их распределения в почве, дозы вносимого удобрения, неравномерности внесения и степени взаимодействия названных случайных величин. С целью повышения урожайности сельскохозяйственной культуры наряду с оптимизацией дозы внесения туков необходимо уменьшать неравномерность распределения их по полю за счет разбивки поля на ареалы с последующим внесением удобрений на каждый из ареалов с дозой, необходимой для получения потенциальной урожайности.

3. Пооперационное представление технологического процесса внутрипочвенного дифференцированного внесения минеральных удобрений позволило определить передаточные функции рабочих органов разработанных технических средств.

4. Результаты исследований технологии дифференцированного внутрипочвенного внесения минеральных удобрений и технических средств для ее осуществления реализованы в макетных образцах, работоспособность которых проверена в лабораторных и полевых условиях.

Дифференцированное внесение минеральных удобрений с учетом исходной неравномерности распределения питательных веществ в почве позволит повысить окупаемость фосфорных удобрений до 18,5 кг зерна на 1 кг действующего вещества удобрений при нормативной окупаемости 8–10 кг, а также обеспечить экономию минеральных удобрений на 25–30%, что позволит снизить агрохимическую нагрузку на окружающую среду.

1. Нукешев, С.О. Технологические и технические решения проблемы дифференцированного применения удобрений // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. – Алматы: «Бастау». – № 9. – 2007. – С. 40–43.
2. Личман, Г.И., Нукешев, С.О. К разработке экономико-математической модели технологии дифференцированного внесения удобрений // International cross-industry research journal // Perspectives of Innovations, Economics and Business. Volume 2, Praga. 2009. – P. 99–102.
3. Патент 19960 РК. Комбинированная сеялка / С.О. Нукешев [и др.]; опубл. 15.09.2008, Бюл. № 9. – 5 с.: ил.
4. Инновационный патент 22627 РК. Комбинированная сеялка / С.О. Нукешев [и др.]; опубл. 15.07.2010, Бюл. № 7. – 4 с.: ил.

УДК 631.365.2

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАШИН ДЛЯ ПОЛЕВОЙ СУШКИ СКОШЕННЫХ ТРАВ

*Пиуновский И.И., д.т.н., профессор; Петровец В.Р., д.т.н., профессор;
Греков Д.В., инженер*

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки*

В технологических процессах приготовления из трав сена и сенажа требуется после скашивания существенно снизить влажность. При этом чем быстрее проходит этот процесс, тем меньше потери питательных веществ и урожая, так как известно, что каждый последующий день после скашивания при нахождении травы в поле приводит к потерям до 4% в результате продолжающихся биологических процессов жизнедеятельности тканей растений.

Для сокращения продолжительности нахождения травы в поле после скашивания применяют ее ворошение, вспушивание, сгребание в валки и при необходимости их оборачивание. Этими операциями создают рыхлую укладку скошенного стеблестоя, хорошо проветриваемую для ускорения влагоотдачи, а сгребанием стеблестоя в валки и их оборачиванием, при необходимости обеспечивается лучшее воздействие солнечных лучей на стеблестой для ускорения его сушки.

Во второй половине двадцатого века механизации процесса полевой сушки скошенных трав было обращено особое внимание. Промышленностью многих стран было освоено многочисленное многообразие машин в конструктивном исполнении с различными технологическими параметрами ротационных машин для ворошения и сгребания травы в валок. Они заменили в производственных условиях для заготовки кормов поперечные, боковые и колесно-пальцевые грабли, которые или совсем были не-

пригодны для ворошения травы в прокосах, или выполняли эту операцию недостаточно качественно.

Для образования рыхлых, хорошо аэрируемых валков и перемещения нижних слоев скошенного стеблестоя на поверхность прокоса нашли широкое применение ротационные рабочие органы, входящие в конструкцию ворошилок и граблей с различными технологическими параметрами (ширина захвата, производительность, потребляемая мощность, масса машины). Для систематизации многочисленных образцов этих машин целесообразно определить закономерности изменения технологических параметров, классифицировать типаж и объемы выполнения работ в агротехнические сроки по ворошению и сгребанию травы в валок.

Существуют машины для ворошения и вспушивания скошенной травы в прокосах, освоенных промышленностью Республики Беларусь и заводами в советское время, а также производством ведущих зарубежных фирм.

Аналогично нами проанализированы основные показатели технической характеристики граблей-ворошилок и граблей-валкообразователей (валкователей) всех ведущих фирм. Анализируя их технические характеристики и технологические параметры, определены закономерности изменения массы, потребной мощности и производительности за час основного времени.

Графо-аналитическим методом определены эмпирические выражения зависимости массы, потребной мощности и производительности за час основного времени, а также с учетом природно-экономических и организационных условий хозяйственной деятельности классифицированы машины и предложен метод расчета потребного типажа машины для условий конкретного хозяйства.

Они необходимы для технологических и технико-экономических расчетов при конструировании новых образцов и потребности существующих машин для конкретных условий хозяйств.

Систематизация технологических параметров ворошилок и граблей по классам позволяет обосновать типаж ворошилок-вспушивателей и граблей-ворошилок валкообразователей. Зависимости основных параметров от ширины захвата можно использовать при проектировании новых образцов подобных машин и для определения потребности этих машин в зависимости от объемов работ по полевой сушке скошенных трав в конкретном хозяйстве.

Таким образом, нами определены закономерности изменения технологических параметров от ширины захвата (массы машины, потребной мощности и производительности за час основного времени работы), проанализированы основные технические характеристики освоенных промышленностью ворошилок и граблей советских времен в Республики Беларусь и ведущих фирм дальнего зарубежья.

Определены эмпирические зависимости от ширины захвата, массы машин, потребной мощности, производительности за час основного времени работы.

С учетом эксплуатационно-технических, природно-климатических параметров машин и организационных условий хозяйств Республики Беларусь определены эмпирические формулы для расчета размеров площадей полевой сушки трав в зависимости от ширины захвата ворошилок и граблей.

Приведена классификация типажа машин по ширине захвата. Получено пять классов с интервалом ширины захвата в 1,5 м; ворошилок с шириной захвата от 4,0 до 11,9 м, граблей соответственно от 3,0 до 10,9 м.

Для каждого класса машин определены размеры площадей полевой сушки трав с учетом условий хозяйствования.

Результаты исследований технологических параметров машин полевой сушки трав могут быть использованы для обоснования основных параметров ворошилок и граблей вновь разрабатываемых и для проведения технико-экономического обоснования потребного типажа и количества машин для конкретных хозяйственных условий.

УДК 631.354.2(476)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Михайловский Е.И., к.э.н., доцент; Михайловский В.Е.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»
г. Минск*

Отечественные заводы ПО «Гомсельмаш» и ОАО «Лидагропроммаш» изготавливают большой набор зерноуборочных комбайнов, что позволяет, в зависимости от условий использования, выбрать наиболее производительные с высокими эксплуатационно-технологическими и экономическими показателями комбайны для уборки зерновых культур.

Сравнительная оценка эффективности применения зерноуборочных комбайнов КЗС-10К «Полесье» ПО «Гомсельмаш, Лида-1300» ОАО «Лидагропроммаш» и КЗС-7 «Полесье» ПО «Гомсельмаш» по результатам испытаний в ГУ «Белорусская МИС» [1] приведена в таблице 1.

Испытания комбайнов проводились при одинаковых условиях на уборке ржи озимой, урожайность зерна 3,0–5,5 т/га.

При этих условиях производительность комбайна КЗС-10К на 31% выше, чем комбайна КЗС-7 и на 11% выше, чем у комбайна «Лида-1300». Однако по расходу топлива за сменное время работы комбайн КЗС-10К

уступает этим комбайнам. Прямые эксплуатационные затраты самые большие у комбайна «Лиды-1300».

Таблица 1 – Показатели использования и сравнительная характеристика зерноуборочных комбайнов КЗС-10К «Полесье», «Лиды-1300» и КЗС-7 «Полесье»

Наименование показателей	Значение показателя			
	КЗС-10К	Лиды-1300	КЗС-7	
Марка комбайна				
Мощность двигателя, л.с	290	240	200	
Вместимость топливного бака, дм ³	300	520	240	
Производительность при урожайности 5,0–5,5 т/га, т/ч (га/ч):				
	основного времени	13,42 (2,58)	11,4 (2,20)	10,14 (1,95)
	сменного времени	8,89 (1,71)	7,96 (1,53)	6,76 (1,30)
Расход топлива за сменное время работы, кг/т (кг/га)	3,01 (15,65)	2,89 (15,04)	2,81 (14,59)	
Цена комбайна, евро	96132,0	101723,7	70303,5	
Затраты труда, чел.-ч/т (чел.-ч/га)	0,112 (0,584)	0,126 (0,655)	0,149 (0,775)	
Прямые эксплуатационные затраты, евро/т (евро/га)	12,77 (66,43)	14,80 (76,97)	12,33 (64,11)	

Исходные данные и экономические показатели на прямом комбайнировании зерновых культур урожайностью 5,0–5,5 т/га комбайном КЗС-10К «Полесье» в сравнении с базовыми комбайнами «Лиды-1300-01» (с двигателем ММЗ), «Лиды-1300-02» (с двигателем ЯМЗ) и «Лиды-1300» (немецкой комплектации) приведены в таблице 2. Данные таблицы показывают, что базовые комбайны по производительности уступают комбайну КЗС-10К «Полесье». Наибольшие капитальные вложения и сумма приведенных затрат у комбайна «Лиды-1300» (немецкой комплектации), балансовая цена которого на 14351 тыс. руб. выше, чем комбайна КЗС-10К «Полесье».

ПО «Гомсельмаш» выпускает самоходный зерноуборочный комбайн КЗС-1218 «Полесье» с шириной захвата жатки 7,0 м и двигателем ЯМЗ-238 ДК-2 номинальной мощностью 243 кВт.

Сравнительная оценка эффективности применения зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Полесье» и базового комбайна КЗС-10К по результатам испытаний в ГУ «Белорусская МИС» [2] свидетельствует о довольно высоких эксплуатационно-технологических показателях данного комбайна.

Испытания КЗС-1218 «Полесье» и базового комбайнов проводились при одинаковых условиях на прямом комбайнировании тритикале ярового урожайностью 3,74 т/га и пшеницы озимой урожайностью 4,0 и 6,6 т/га.

Таблица 2 – Исходные данные и расчет экономических показателей на прямом комбайнировании зерновых колосовых культур урожайностью 5,0–5,5 т/га комбайном КЗС-10К «Полесье» в сравнении с комбайнами «Лида-1300»

Наименование показателей	Значение показателя			
	КЗС-10К	Лида-1300-01 (с двигателем ММЗ)	Лида-1300-02 (с двигателем ЯМЗ)	Лида-1300 (немецкой комплектации)
Производительность, га/ч:				
сменного времени	1,712	1,527	1,527	1,527
эксплуатационного времени	1,696	1,513	1,513	1,513
Расход топлива, кг/га	15,645	14,100	14,450	15,042
Годовая загрузка комбайна, ч	130	130	130	130
Годовой объем работы, га	220,48	196,69	196,69	196,69
Балансовая цена комбайна, тыс. руб.	246722,9	227050,0	248020,0	261074,0
Затрату труда, чел.-ч/га	0,584	0,655	0,655	0,655
Прямые эксплуатационные затраты, тыс. руб./га по элементам:				
зарплата	1,174	1,316	1,316	1,316
амортизация	89,522	92,348	100,876	106,187
текущий ремонт и периодическое техническое обслуживание;	59,308	61,181	66,831	70,349
топливо	20,495	18,471	18,930	19,705
Всего	170,500	173,316	183,955	197,557
Капитальные вложения, тыс. руб./га	134,283	138,523	151,316	159,28
Сумма приведенных затрат, тыс. руб./га	304,783	311,839	339,839	356,838

Эксплуатационно-технологические показатели комбайна КЗС-1218 «Полесье» в сравнении с базовым комбайном на прямом комбайнировании тритикале ярового приведены в таблице 3.

Производительность комбайна КЗС-1218 «Полесье» на 15% выше, чем у комбайна КЗС-10К при меньшем удельном расходе топлива за сменное время работы.

Эксплуатационно-технологические показатели комбайна КЗС-1218 «Полесье» на уборке пшеницы озимой урожайностью 4,0 т/га (табл. 4) и урожайностью 6,6 т/га (табл. 5) также выше, чем у базового комбайна КЗС-10К «Полесье».

С повышением урожайности зерна с 4 до 6,6 т/га производительность комбайна КЗС-1218 «Полесье» увеличилась в 2,66 раза, а комбайна КЗС-10К – в 1,57 раза. При этом удельный расход топлива за сменное время работы снизился у комбайна КЗС-1218 в 1,59 раза, а у комбайна КЗС-10К – в 1,56 раза.

Таблица 3 – Эксплуатационно-технологические показатели зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Полесье» в сравнении с базовым комбайном КЗС-10К на прямом комбайнировании тритикале ярового урожаями 3,74 т/га

Наименование показателей	Значение показателя	
	КЗС-1218	КЗС-10К
Производительность, т/ч (га/ч):		
основного времени	9,62 (2,57)	8,23 (2,20)
сменного времени	6,69 (1,79)	5,80 (1,55)
эксплуатационного времени	6,36 (1,70)	5,50 (1,47)
Удельный расход топлива за сменное время работы, кг/т (кг/га)	4,79 (17,90)	4,93 (18,45)
Эксплуатационно-технические коэффициенты:		
технического обслуживания	0,93	0,94
надежности выполнения технологического процесса	0,985	0,988
использование сменного времени	0,70	0,70
использование эксплуатационного времени	0,66	0,66

Таблица 4 – Эксплуатационно-технологические показатели нового зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Полесье» в сравнении с базовым комбайном КЗС-10К на прямом комбайнировании пшеницы озимой урожайностью 4,0 т/га

Наименование показателей	Значение показателя	
	КЗС-1218	КЗС-10К
Производительность, т/ч (га/ч):		
основного времени	10,56 (2,64)	8,88 (2,22)
сменного времени	7,32 (1,83)	6,24 (1,56)
эксплуатационного времени	6,96 (1,74)	5,92 (1,48)
Удельный расход топлива за сменное время работы, кг/т (кг/га)	4,37 (17,47)	4,57 (18,28)
Эксплуатационно-технические коэффициенты:		
технического обслуживания	0,93	0,94
надежности выполнения технологического процесса	0,986	0,987
использование сменного времени	0,69	0,70
использование эксплуатационного времени	0,66	0,66

Таблица 5 – Эксплуатационно-технологические показатели зерноуборочного комбайна КЗС-1218 «Полесье» в сравнении с базовым комбайном КЗС-10К на прямом комбайнировании пшеницы озимой урожайностью 6,6 т/га

Наименование показателей	Значение показателя	
	КЗС-1218	КЗС-10К
Производительность, т/ч (га/ч):		
основного времени;	18,55 (2,81)	15,44 (2,34)
сменного времени;	12,21 (1,85)	10,36 (1,57)
эксплуатационного времени	11,62 (1,76)	9,83 (1,49)
Удельный расход топлива за сменное время работы, кг/т (кг/га)	2,75 (18,14)	2,92 (19,26)
Эксплуатационно-технические коэффициенты:		
технического обслуживания	0,88	0,89
надежности выполнения технологического процесса	0,985	0,987
использование сменного времени	0,66	0,67
использование эксплуатационного времени	0,63	0,64

Исходные данные и расчет экономических показателей на прямом комбайнировании зерновых колосовых культур со средней урожайностью 4,6 т/га с применением КЗС-1218 «Полесье» и базового комбайнов приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Исходные данные и расчет экономических показателей выполнения процесса с применением КЗС-1218 «Полесье» и базового комбайнов

Наименование показателей	Значение показателя		
	Прямое комбайнирование зерновых колосовых культур со средней по фонам урожайностью 4,6 т/га		
Марка комбайна	КЗС-1218 «Полесье»	КЗС-10К	
Обслуживающий персонал по категориям, чел.: механизатор (количество/разряд)	I/VI	I/VI	
Производительность, т/ч (га/ч): сменного времени	1,84 (8,46)	1,56 (7,18)	
	эксплуатационного времени	1,75 (8,05)	1,48 (6,81)
Удельный расход топлива, кг/т (кг/га)	17,2 (3,7)	18,1 (3,9)	
Цена топлива, тыс. руб./кг	1,31	1,31	
Балансовая цена комбайна (без НДС), тыс. руб.	303423,4	275839,8	
Коэффициент отчисление на амортизацию	0,1	0,1	
Текущий ремонт и периодическое техническое обслуживание	0,068	0,068	
Годовая загрузка комбайна, ч	130	130	
Годовая наработка, га(т)	227,5 (1046,5)	192,4 (885,3)	
Затраты труда, чел.-ч/га(чел.-ч/т)	0,543 (0,118)	0,641 (0,19)	
Прямые эксплуатационные затраты (себестоимость работ), тыс. руб./га (тыс. руб./т), по элементам:			
	зарплата	1,168 (0,254)	1,378 (0,299)
	амортизация	133,373 (28,994)	143,368 (31,158)
	ремонт и техническое обслуживание	90,694 (19,716)	97,490 (21,187)
	топливо	22,532 (4,847)	23,711 (5,109)
всего	247,767 (53,811)	265,947 (57,754)	
Удельные капитальные вложения, тыс. руб./га (тыс. руб./т)	266,746 (57,988)	286,736 (62,316)	
Сумма приведенных затрат (с учетом нормативно-коэффициента эффективности E=0,2), тыс. руб./га (тыс. руб./т),	514,513 (111,799)	552,683 (120,069)	
Себестоимость механизированных работ при урожайности 4,6 т/га	248,992 (37,726)	265,877 (40,284)	

Балансовая цена (без НДС) комбайна КЗС-1218 «Полесье» выше балансовой цены базового комбайна. Однако прямые эксплуатационные затраты (себестоимость работ) у данного комбайна на 18,18 тыс. руб./т меньше, чем у базового комбайна за счет высокой производительности и низкого удельного расхода топлива. Удельные капитальные вложения у

комбайна КЗС-1218 «Полесье» меньше на 4,33 тыс. руб./т, а себестоимость механизированных работ при урожайности 4,6 т/га ниже на 6,9 тыс. руб./га.

Сравнительная оценка эффективности применения комбайна КЗС-1218 «Полесье» и базового комбайна КЗС-10К свидетельствует о довольно высоких эксплуатационно-технологических и экономических показателях данного комбайна. Прямые эксплуатационные затраты (себестоимость работ) при использовании комбайна КЗС-1218 «Полесье» на 18,18 тыс. руб./т меньше, чем у базового комбайна.

Список использованных источников

1. Протокол № 60-2005 от 25 октября 2005 года приемочных испытаний комбайна зерноуборочного КЗС-10К «Полесье». – ГУ «Бел. МИС», пос. Привольный, 2005.
2. Протокол № 03-2006 П от 3 ноября 2006 года предварительных испытаний комбайна зерноуборочного самоходного КЗС-1218 «Полесье». – ГУ «Бел. МИС», пос. Привольный, 2006.

УДК 331.45

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШТАНГИ ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ДЛЯ КЛЮКВЕННЫХ ПОСАДОК ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛАНТАЦИИ

Агейчик В.А., к.т.н., доцент; Мисун А.Л.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

Известно, что снос капель раствора пестицида приводит к перекрытию зон обработки и увеличению «экологической нагрузки» на растения [1]. Также установлено [2], что при скорости ветра 2,0 м/с и типичных для Республики Беларусь условиях работы опрыскивателя, более 25% капель испаряются, не долетая до обрабатываемых растений.

Целью наших исследований было обоснование варианта конструкции штанги, позволяющей снизить энергозатраты и повысить безопасность выполнения рассматриваемой технологической операции в ветреную погоду, а также равномерность внесения раствора пестицида по поверхности растений. На предварительном этапе исследований нами проанализирована конструкция штанги опрыскивателя с ветрозащитными устройствами [3], включающая несущую конструкцию, распределительную штангу с распылителями и закрепленные симметрично в направлении движения ветрозащитные устройства, причем каждое ветрозащитное устройство выполнено в виде набора пластин, установленных на рамке с возможностью

вращения относительно осей их крепления. К недостаткам данной штанги можно отнести неравномерное распределение давления воздуха по поверхности ее пластин, так как нижняя часть каждой пластины защищена от прямого воздействия ветровой нагрузки верхней частью ниже расположенной пластины. Это приводит к образованию дополнительного скручивающего момента от ветровой нагрузки и увеличивает массу несущей рамки и крепежных устройств. При работе такого устройства ветровой поток разбивается на ручьи и неравномерно воздействует на распыляемый раствор пестицида, что в свою очередь, приводит к неравномерности его внесения по поверхности растений. Нами предлагается конструкция штанги опрыскивателя с ветрозащитными устройствами [4], включающая несущую конструкцию, распределительную штангу с распылителями и закрепленные симметрично в направлении движения ветрозащитные устройства, причем каждое ветрозащитное устройство выполнено в виде набора продольных пластин, с равномерно расположенными по их поверхности в шахматном порядке перфорационными отверстиями диаметром 5–10 мм, занимающими от 30 до 40% площади этой верхней части пластин (рис. 1).

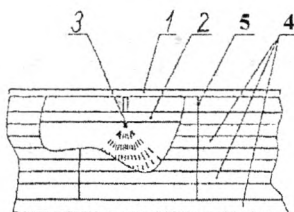


Рис. 1. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами:

- 1 – несущая конструкция штанги; 2 – распределительная штанга; 3 – распылитель;
4 – ветрозащитное устройство (набор продольных пластин); 5 – рамка

Предлагаемое техническое устройство работает следующим образом. Перед началом работы выбирается распылитель и в соответствии со значением угла при вершине факела его распыла устанавливается угол α наклона пластин на рамке (рис. 2). Создаваемый ветром воздушный поток встречается с внутренней поверхностью пластин и делится на потоки, количество которых определяется числом установленных пластин. Ветрозащитное устройство в виде набора пластин (рис. 3), установленных под углом к факелу распыла, обеспечивает деление встречного воздушного потока на составляющие, количество которых определяется числом пространств между пластинами. При этом часть воздушного потока проникает через перфорированные отверстия в верхних частях пластин, способствуя выравниванию давления на каждую пластину в целом. Большая часть воздушного потока, скользая по внутренней поверхности пластин, изменяет

траекторию своего движения и не оказывает аэродинамического давления на ветрозащитное устройство, чему также способствует наличие перфорированных отверстий на поверхности пластин, что снижает тяговое сопротивление агрегата и снижает колебание штанги в горизонтальной плоскости при резком изменении скорости ветра. За счет наличия перфорированных отверстий на поверхности пластин обеспечивается более равномерное воздействие ветра на факел распыла, что обеспечивает повышение равномерности внесения пестицидов по поверхности растений.

При перемене направления ветра на противоположное, рабочий процесс протекает аналогично с ветрозащитным устройством, установленным с другой стороны относительно оси распределительной штанги опрыскивателя. На предлагаемую конструкцию штанги опрыскивателя с ветрозащитными устройствами получен патент Республики Беларусь на полезную модель.

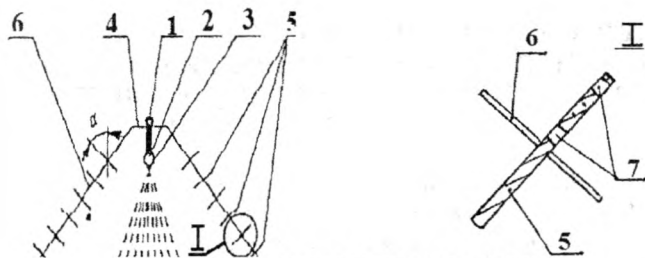


Рис. 2. Факел распыла раствора пестицида:

- 1 – несущая конструкция штанги опрыскивателя; 2 – распределительная штанга;
3 – распылитель; 4 – кронштейн; 5 – ветрозащитное устройство (набор продольных пластин);
6 – рамка; 7 – перфорированные отверстия

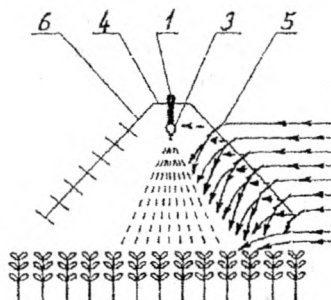


Рис. 3. Рабочий процесс ветрозащитного устройства

Результаты проведенных исследований позволили обосновать конструкцию штанги опрыскивателя с ветрозащитными устройствами, что способствует повышению производственной безопасности выполнения тех-

нологической операции опрыскивания растений на клюквенном чеке, а также улучшению условий труда обслуживающего персонала.

Список использованных источников

1. Экологотехнологический подбор и комплектование по типоразмерам распылителей опрыскивателей сельскохозяйственных культур: метод. указания / Л.Я. Степук [и др.]. – Минск: БГАТУ, 1993. – 11 с.
2. Степук, Л.Я. Машины для применения средств химизации в земледелии: конструкция, расчет, регулировки: учеб. пособие / Л.Я. Степук, В.Н. Дашков, В.Р. Петровец. – Минск: Изд-во «Дикта», 2006. – 448 с.
3. Патент РБ 6648, МПК А 01/М 7/00, 2010.
4. Штанга опрыскивателя с ветрозащитными устройствами: патент РБ 8801, МПК А01М/ 7/00 (2006.01), 2012.

УДК 674:621.928.93

УЧЕТ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БИОМАССЫ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА МЕТОДОМ МИКРОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ВЛАЖНОГО ПРЕССОВАНИЯ

***Войтов В.А., д.т.н., профессор; Кравцова Н.В., аспирант;
Бунецкий В.А., аспирант***

*Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков, Украина*

В последние годы всё более остро становится проблема, связанная с нехваткой традиционных источников энергии. Одним из актуальных и экономически выгодных направлений решения данной проблемы является использование твердого топлива из биомассы в виде брикетов или пеллет, так как это не требует замены котлов и экономит средства на транспортных расходах. В качестве сырья, которое используется для производства брикетов или пеллет, можно использовать солому, отходы деревообрабатывающей промышленности, лузгу зерновых культур, риса, кукурузы, подсолнечника и т. д.

По данным авторов [1] при современном валовом сборе зерна в Украине на уровне 50 млн. т для энергетических целей может быть использовано до 24 млн. т. соломы, а при увеличении валового сбора до 80 млн. т эта цифра увеличится до 40 млн. т. Использование соломы в таких объемах позволит сэкономить от 4,5 до 14 млрд. м³ природного газа и уменьшить выбросы СО₂ в атмосферу приблизительно на 12–16 млн. т. Таким образом, сельскохозяйственное производство Украины, как и большинства европейских стран, превращается из потребителя энергии в ее производителя.

Целью работы явилось обосновать пути снижения энергозатрат при производстве твердого топлива из биомассы с учетом ее реологических свойств.

При производстве брикетов или пеллет большое значение на стоимость конечной продукции оказывает начальная влажность сырья. Анализ технической литературы [2, 3, 4] показывает, что сушка сырья перед измельчением и прессованием занимает 34,2% общих затрат, поэтому исключив ее из технологического процесса при одновременном перераспределении энергии на измельчение и прессование можно добиться снижения энергозатрат на производство единицы продукции.

После предварительного измельчения биомассы с влажностью 20–30%, без применения сушки, выполняется тонкое измельчение. Такой путь позволяет получить уменьшение помола до значений 100–50 мкм при одновременной активации биомассы перед прессованием [5].

Мелкоизмельченная и одновременно активированная биомасса с влажностью до 20% требует в 25 раз меньшей энергии при прессовании в шнековых прессах, где реализуется эффект снижения динамической вязкости биомассы за счет наличия больших скоростей сдвига.

Тонкий помол биомассы будет способствовать активному сдвигу слоев прессуемого материала внутри шнекового пресса, их саморазогрев до пластичного состояния, а, следовательно, и снижению энергозатрат на прессование по причине снижения динамической вязкости увлажненной и разогретой биомассы.

Применяя такую концепцию, технологический процесс увлажненного микроизмельченного прессования биомассы можно представить следующей структурной схемой (рис. 1).

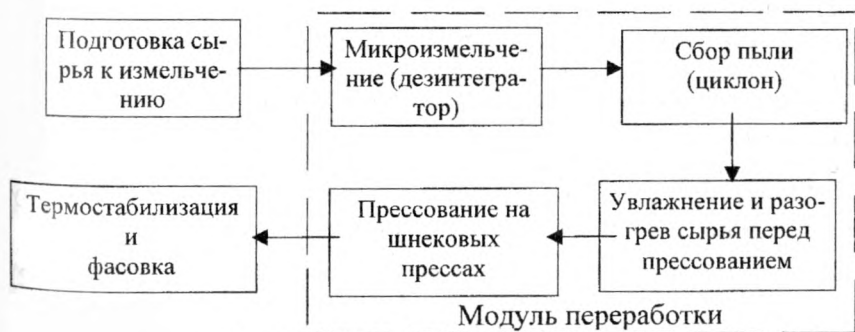


Рис. 1. Структурная схема увлажненного прессования

На сегодняшний день большинство топливных брикетов выпускается на механических прессах ударного типа («С.F.Nielsen», Дания), гидравли-

ческих («RUF», Германия) и шнековых прессах (экструдерах) (Пини-Кей, Россия и страны СНГ) [6].

На наш взгляд шнековые прессы являются наиболее перспективными для получения твердого топлива из влажной биомассы, так как в них возможно реализовать (по всей длине шнека) значительные сдвиги слоев материала, что приведет к повышению температуры, размягчению и частичному расплаву биомассы. Такие процессы повлияют на снижение энергозатрат на прессование при одновременном увеличении плотности (до $1,4 \text{ кг/дм}^3$) и твердости брикета.

По данным работы [7] мощность привода одношнекового экструдера определяется по формуле

$$P_a = \frac{\pi^2}{2} D^2 N h_2 p t g \alpha + \pi^3 D^2 N^2 \eta L_2 \left(\frac{D}{h_2 \cos \alpha} + \frac{e}{\delta t g \alpha} \right), \quad (1)$$

где D – внешний диаметр шнека; N – частота вращения; h_2 – глубина нарезки шнека; p – давление; α – угол наклона винтовой линии нарезки шнека; η – динамическая вязкость прессуемого материала; L_2 – длина шнека; e – толщина витка; δ – зазор между стенкой цилиндра и витком шнека.

Автор работы [7] указывает, что при точных расчетах второй член правой части формулы (1) нуждается в корректировке, которая связана с тем, что за счет интенсивного сдвига слоев материала в процессе прессования, вязкость изменяется и не является константой.

Из формулы (1) следует, что динамическая вязкость прямо пропорциональна мощности одношнекового экструдера, т.е. для минимизации затрат энергии на прессование твердого топлива из биомассы, динамическая вязкость материала должна быть минимальной.

Для определения реологических характеристик материала – скорости сдвига, напряжения сдвига и вязкости – используют ротационный вискозиметр с вращающимися цилиндрами, схема которого представлена на рисунке 2 [8]. В ротационном приборе материал помещают в зазор между цилиндрами с общей осью вращения. Внутренний цилиндр с радиусом R_i вращается с угловой скоростью ω , а внешний – с радиусом R_e , удерживается крутящим моментом M в покое.

По геометрическим размерам прибора, угловой скорости и крутящему моменту можно определить динамическую вязкость сдвига [8]

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \frac{M(R_e - R_i)}{4\pi^2 R_i L \omega}, \quad (2)$$

где τ – напряжение сдвига материала, Н/м^2 ; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, с^{-1} ; M – крутящий момент, $\text{Н}\cdot\text{м}$; R_e – диаметр внешнего цилиндра, м ; R_i – диаметр внутреннего цилиндра, м ; L – уровень материала в коаксиальном зазоре, м ; ω – угловая скорость внутреннего цилиндра, с^{-1} .



Рис. 2. Схема ротационного вискозиметра с вращающимися цилиндрами

Как следует из формулы (2) уменьшения динамической вязкости можно добиться увеличением скорости сдвига слоев материала внутри пресса, что можно реализовать различными конструктивными мерами, например, увеличивая частоту вращения шнека или его диаметр. Следовательно, изменяя частоту вращения шнека или его геометрические размеры, за счет вязкого трения в слоях материала, можно получать как увеличение температуры, так и уменьшение динамической вязкости.

Несмотря на то, что существует большое количество работ по изучению реологических свойств различных материалов, в литературных источниках отсутствуют сведения об исследовании реологических свойств биомассы.

С целью выбора оптимальных параметров процесса экструзии растительного сырья на ротационном вискозиметре были проведены исследования по определению динамической вязкости согласно методике, приведенной выше. В качестве исследовательского сырья была выбрана древесная мука хвойных пород марки 250. Исследования проводились при относительной влажности продукта от 6 до 14%, и в диапазоне температур 30-120 °С. Это обусловлено тем, что чрезмерное пересушивание сырья приводит к выпариванию природного полимера – лигнина, а при влажности сырья более 12% в зоне загрузки рабочего органа из-за высокой температуры формируется «паровая пробка», которая приводит к выстреливанию сырья из рабочего органа.

Полученные результаты исследований представлены в виде зависимости изменения динамической вязкости η при разной относительной влажности сырья и различных температурах (рис. 3).

Представленные на рисунке 3 зависимости позволяют утверждать, что оптимальными параметрами для проведения процесса экструзии древесной муки является температура 80 °С и влажность 12%.

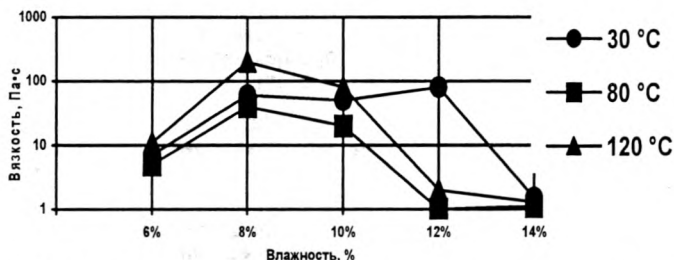


Рис. 3. Зависимость изменения динамической вязкости при разной влажности и температуре сырья

Выводы: По результатам проведенных исследований можно сказать, что полученные экспериментальные данные подтверждают влияние реологических свойств прессуемой биомассы на энергозатраты при получении твердого топлива и в дальнейшем позволят проектировать оборудование под определенный тип сырья.

Список использованных источников

1. Титко, Р. Солома як джерело енергії / Р. Титко, В.М. Калініченко, Р.С. Кордубан, Н.М. Панченко // Вісник ХНТУСГ: Економічні науки. Вип. 104. – Харків: ХНТУСГ. – 2010. – С. 72–81.
2. Біопалива: Технології, машини, обладнання / В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло та інші – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
3. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія / Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуца, І.П. Григорюк та інші – К.: «Аграр Медіа Груп», 2010. – 326 с.
4. Технології та обладнання для використання поновлюваних джерел енергії в сільськогосподарському виробництві / Під ред. Кравчука В.І., Дубровіна В.О. // Укр.НДПВТ ім. Л. Погорілого, Дослідницьке, 2010. – 184 с.
5. Пат. 65059 Україна, B02C13/22. Дезінтегратор / заявник та патентовласник Войтов В.А., Бунецький В.О.; заявлено 26.04.20011; опубліковано 25.11.20011, Бюл. № 22.
6. Інтернет-ресурс <http://bioesurs.com>
7. Проектирование экструзионных машин с учетом качества резинотехнических изделий: монография / М.В. Соколов, А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.Г. Однолинько. – М.: «Издательства Машиностроение – 1», 2007. – 292 с.
8. Раувендааль, К. Экструзия полимеров / Пер. с англ. Под ред. А.Я. Малкина – СПб: Профессия, 2006. – 768 с.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМНЫХ ВОДОКОЛЬЦЕВЫХ НАСОСОВ

Добышев А.С., д.т.н, профессор; Нащинцев А.И., инженер
 УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
 г. Горки

В настоящее время водокольцевые насосы получили широкое применение на молочных фермах и комплексах с целью обеспечения доильных установок вакуумом. Это вызвано рядом особенностей как с экологической точки зрения, так и с практической. Кроме того, они менее прихотливы в техническом обслуживании. Большим достоинством этих насосов является отсутствие трущихся деталей и незначительный уровень шума при работе. Во время эксплуатации износу подвергается только вал, подшипники и уплотнения вала.

Ценным свойством водокольцевых вакуумных насосов для применения на доильных установках является их повышенная экологическая безопасность. При использовании ротационных насосов во время работы на пластины подается масло. Высокая температура пластин вызывает крекинг масла и испарение продукции разложения. Молекулы масел испаряются и распространяются во всех направлениях. Поскольку вакуумный трубопровод доильной установки соединяется с молочным трубопроводом, то пары масел попадают и в молокопровод, и далее в молоко.

Принцип работы водокольцевого вакуумного насоса показан на рисунке 1.

Сначала в корпус вакуумного насоса заливается вода. При вращении ротора, лопатками создается вращающееся водяное кольцо. Поскольку ось ротора расположена эксцентрично по отношению к оси корпуса, между лопатками ротора и водяным кольцом образуются воздушные камеры. Объем воздуха между лопатками ротора будет постепенно увеличиваться от I^й до III^й позиций (область всасывания) и уменьшаться от IV^й до VI^й позиций (область нагнетания).

Забор воды из водяного бака насоса осуществляется через заборную трубку б (см. рис. 1). Диаметр трубки 8–10 мм. Это обусловлено объемом воды, которая находится во вращающемся водяном кольце.

Изменение диаметра заборной трубки вызывает изменение объема воды в насосе и объем воздушных камер, а следовательно и его производительность.

Во время работы вода, циркулирующая в насосе, нагревается до температуры 60–65 °С. Этот процесс способствует интенсивному образованию накипи (отложению солей, железа на стенках заборной трубки).

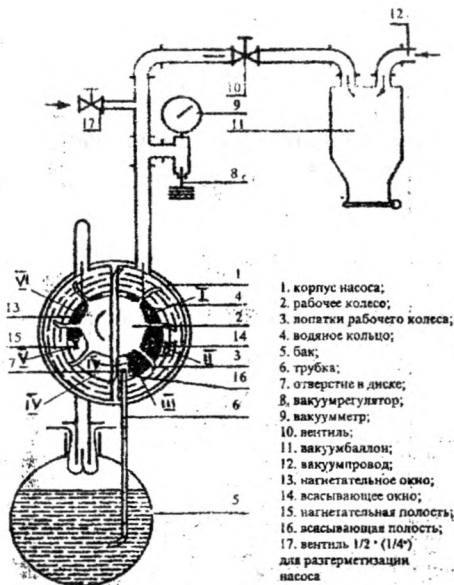


Рис. 1. Технологическая схема работы вакуумной станции

Не менее важным фактором, влияющим на этот процесс, является качество используемой воды и время непрерывной работы насоса. В среднем насос работает не менее 6-ти часов в сутки. Таким образом, проходное сечение заборной трубки уменьшается до критического диаметра 5 мм, при этом воды уже недостаточно для образования водяного кольца. Края лопаток не погружаются в водяное кольцо, а значит не изменяются воздушные камеры. Насос прекращает свою работу. В этом случае, как показала практика, начинают разбирать сам насос. Проблема возникает при сборке. Это обусловлено минимальными зазорами ($0,1 \pm 0,05$ мм) между торцом рабочего колеса и лобовиной. Для этой цели, как правило, нужно использовать специнструмент и стенд.

Прочистить заборную трубку проблематично, так как она сварена сваркой в водяной бак и в конце имеет изогнутую часть.

Предлагается усовершенствовать эту часть насоса. Трубка должна иметь фланец, который позволит извлекать ее при периодическом техническом обслуживании ТО-1, проводимым через 200–240 часов работы (рис. 2).

Дополнительно на конце заборной трубки необходимо установить съемный, сетчатый фильтр. Это позволит осуществлять забор воды очищенной от механических примесей, образующихся при коррозии стенок бака. В результате продлим срок службы сальника на валу ротора.

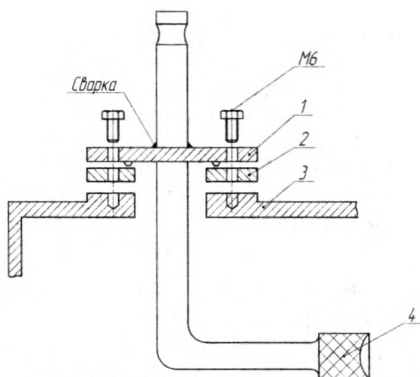


Рис. 2. Модернизируемая часть насоса:

1 – трубка с флянцем; 2 – резиновая прокладка; 3 – корпус бака; 4 – заборный сетчатый фильтр

Вторым существенным недостатком этих насосов, выпускаемых в Республике Беларусь, является сам водяной бак, а точнее материал из которого он изготовлен. Объем воды составляет $0,06 \text{ м}^3$ (рис. 3). Бак 1 представляет собой сварную конструкцию, на опорах 2, опор 3, 4 для крепления рамы, глушителя II, угольников III, IV для подсоединения водомерной трубки 5, трубки 6 подвода воды к насосу, сливной пробки 7.

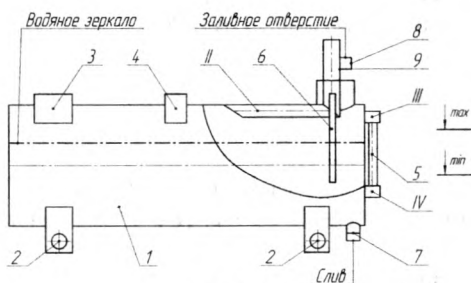


Рис. 3. Бак

Поскольку этот бак заполнен водой до определенного уровня, то по линии водяного зеркала идет интенсивная коррозия металла. Все это сказывается на качестве воды, циркулирующей в насосе. Наблюдая за работой двух насосов, мы установили, что целостность бака сохраняется 5–6 лет. Количество сквозных отверстий достигало 37–40 шт. Применять сварку было нецелесообразно.

Исходя из вышесказанного, мы предлагаем заменить металлический бак на полимерный, тем самым продлим срок эксплуатации и улучшим техническое состояние насосов данного типа. В связи с этим необходимо внести изменения в регламент технического обслуживания.

Техническое обслуживание во время эксплуатации вакуумной установки должно включать:

– ежедневное обслуживание (ЕТО). Проверить уровень воды в баке, при необходимости долить воду;

– периодическое обслуживание (ТО-1) (200–240 ч). Проверить уровень воды в баке, при необходимости долить воду. Проверить уровень масла в подшипниковом узле, при необходимости долить. Очистить насос и электродвигатель от загрязнений. Снять заборную трубку и прочистить, промыть фильтр. Проверить надежность соединения контактов заземления. Во время работы насоса необходимо периодически проверять нагрев корпуса подшипников. При нормальной работе подшипника температура корпуса подшипника может быть выше температуры окружающей среды на 20–30 °С. Допускается и более высокая температура при условии, что она устанавливается на одном уровне и дальнейшее ее повышение не наблюдается. Максимальный нагрев подшипников не должен превышать 70 °С;

– периодическое техническое обслуживание ТО-2 (1200 часов). Выполнить техническое обслуживание ТО-1. Проверить производительность насоса. Насос считается работоспособным при снижении производительности до 20% от нормальной. При необходимости разобрать насос и произвести очистку от накипи. Выполнить профилактическое техническое обслуживание электродвигателя согласно норматива (ППРЭСХ). После 4000 ч работы смазать подшипники электродвигателя смазкой ЦИАТИМ-203.

УДК621.565.(07)

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВКИ ТЕРМОРЕГУЛИРУЮЩЕГО ВЕНТИЛЯ

*Миклуш В.П., к.т.н., профессор; Колончук М.В., ст. преподаватель;
Колончук М.В., инженер*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

В холодильных системах применяют механические терморегулирующие вентили (ТРВ) для подачи в испаритель определенного объема жидкого хладагента в целях полного его испарения в процессе кипения. После кипения газообразный хладагент нагревается в испарителе, и образующаяся при этом разность температур может служить показателем эффективности использования данного устройства. Так, при низком коэффициенте использования испарителя увеличивается протяженность зоны нагрева газообразного

хладагента, что, естественно, приводит к значительному перегреву. Высокий же коэффициент использования дает обратный эффект с соответствующим снижением уровня перегрева. Перегрев всасываемого газа играет роль регулирующего воздействия в отношении расширительного клапана. Таким образом, правильно выбранный терморегулирующий вентиль, изменяя свое свободное проходное сечение, регулирует расход хладагента в зависимости от конкретного рабочего состояния испарителя. Минимально устойчивый сигнал, выполняя функцию регулирующего воздействия для терморегулирующего вентиля, отделяет устойчивую зону перегрева от неустойчивой (рис. 1).



Рис. 1. Зоны перегрева

Передаваемая производительность испарителя при снижении перегрева возрастает до достижения минимально устойчивого сигнала. При опускании кривой ниже установленного значения начинается так называемое «бросание» расширительного клапана, следствием чего является увеличение доли неиспарившейся жидкости в инжектируемом газе (рис. 2). При этом клапан 1 работает с перегревом ниже линии минимально устойчивого сигнала, то есть неустойчиво. С увеличением статичного перегрева (при котором собственно и начинается открытие клапана) ТРВ функционирует вполне устойчиво на небольшом «безопасном расстоянии» от линии минимально устойчивого сигнала. Клапан полностью открыт, когда перегрев возрастает до уровня, необходимого для такого открытия. Вторая возможность может быть реализована клапаном меньшей мощности (клапан 2).

Механические вентили имеют линейную статическую характеристику перегрева (рис. 3). Величина $\Delta t_{зп}$ характеризует минимальный перегрев (закрытый перегрев), который вызывает начало открытия клапана. При минимальном значении $\Delta t_{зп}$ величина $Q_{ТРВ} = 0$. Величина $\Delta t_{нн}$ соответствует величине номинального рабочего перегрева, при этом значение $Q_{ТРВ} = Q_{ТРВн}$. Разность между $(\Delta t_{нн} - \Delta t_{зп} = \Delta t_{нр})$ называется изменением перегрева. Производительность при номинальном режиме $Q_{ТРВн} = 0$ составляет $0,5-0,9 Q_{ТРВ\max}$, которая соответствует полному открытию клапана.

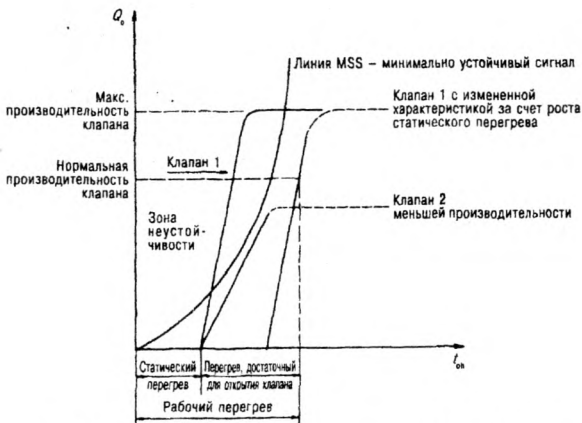


Рис. 2. Характеристики работы расширительных клапанов



Рис. 3. Статические характеристики термовентилей

Как только достигается статический перегрев, вентиль начинает открываться и при полном открытии обеспечивает свою номинальную производительность. При этом перегрев повышается на величину перегрева открытого терморегулирующего вентиля. Сумма статического перегрева и перегрева открытого терморегулирующего вентиля составляет рабочий перегрев. Изготовители терморегулирующего вентиля устанавливают величину статического перегрева, как правило, в диапазоне от 3 до 5 К. Ее можно изменить в ту или иную сторону, вращая регулировочный винт и поджимая или отпуская при этом пружину. Данная операция приводит к эквидистантному сдвигу рабочей характеристики терморегулирующего вентиля влево или вправо, в результате чего появляется возможность обеспечить устойчивое регулирование установки, расположив рабочую характеристику терморегулирующего вентиля таким образом, чтобы она пересекла характеристику прибора охлаждения точно в рабочей точке номинальной холодопроизводительности. При настройке тер-

морегулирующего вентиля устанавливается такой статический перегрев, который при любом допустимом изменении нагрузки на испаритель будет больше минимального стабильного перегрева (рис. 4).

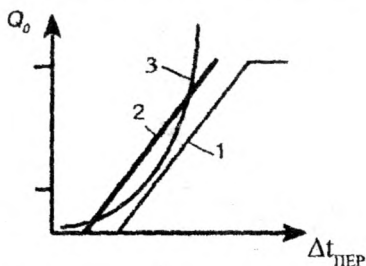


Рис. 4. Рабочие характеристики термовентилей:

1, 2 – статические вентили; 3 – кривая минимального стабильного перегрева испарителя

Если возникает необходимость дополнительной регулировки, то нужно использовать регулировочный винт. При вращении винта вправо (по часовой стрелке) перегрев повышается, при вращении влево (против часовой стрелки) перегрев понижается. Рекомендуется следующий метод регулировки. Для обеспечения стабильности настройки терморегулирующего вентиля во времени необходимо производить его регулировку при температуре в охлаждаемом объеме, близкой к температуре, при которой отключается компрессор. Не допускается производить настройку терморегулирующего вентиля (регулировку) при высокой температуре в охлаждаемом объеме. Дополнительно на выходе трубопровода из прибора охлаждения помимо манометра 5 устанавливается электронный термометр 3, датчик которого крепится к термобаллону 4 терморегулирующего вентиля, как показано на рисунке 5.

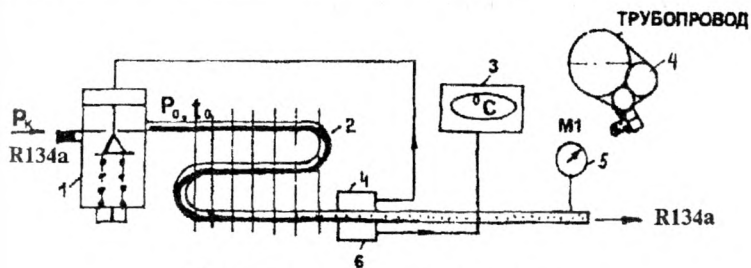


Рис. 5. Схема регулировки термовентилей:

1 – вентиль; 2 – испаритель; 3 – электронный термометр;
4 – термобаллон; 5 – манометр; 6 – датчик термометра

Рекомендуемая регулировка заключается в том, чтобы настроить терморегулирующий вентиль на предельный режим, при котором начинаются пульсации. Для обеспечения этого при постоянной величине перегрева необходимо

медленно открывать терморегулирующий вентиль до тех пор, пока не начнутся пульсации. Винты проворачивают специальным комбинированным ключом (рис. 6), позволяющим также подтягивать сальниковые гайки прибора. Значение показаний манометра и термометра не должны изменяться.

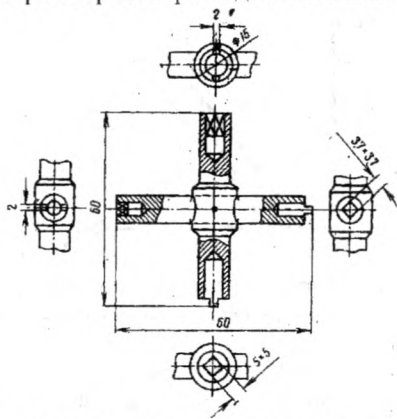


Рис. 6. Ключ для обслуживания терморегулирующего вентиля

При последующем открытии вентиля терморегулирующего вентиля могут начаться пульсации показаний манометра и термометра. С этого момента нужно начать закрывать терморегулирующий вентиль до тех пор, пока пульсации не прекратятся (примерно на половину оборота регулирующего винта). Чтобы избежать переполнения испарителя жидкостью, нужно действовать следующим образом (рис. 7). Вращая регулировочный винт вправо (по часовой стрелке), повышать перегрев до прекращения колебаний давления. Затем понемногу вращать винт влево до точки начала колебаний, после чего повернуть винт вправо примерно на один оборот.

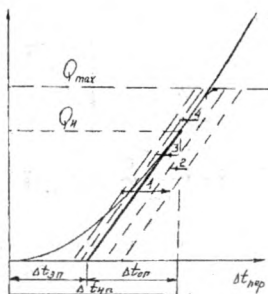


Рис. 7. Статистические параметры термовентилей при переполненном испарителе

При такой настройке колебания давления отсутствуют, и испаритель работает в номинальном режиме. Изменения перегрева в диапазоне $\pm 0,5 \text{ K}$ не рассматриваются как колебания (рис. 8).

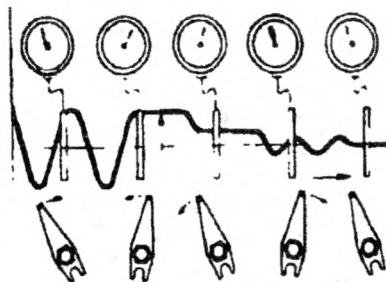


Рис. 8. Динамические параметры термовентиля при переполненном испарителе

Если в испарителе имеет место чрезмерный перегрев, это может быть следствием его недостаточной подпитки жидкостью (рис. 9). Снизить перегрев можно, вращая регулировочный винт влево (против часовой стрелки), постепенно выходя на точку колебаний давления. После этого следует повернуть винт вправо на один оборот.

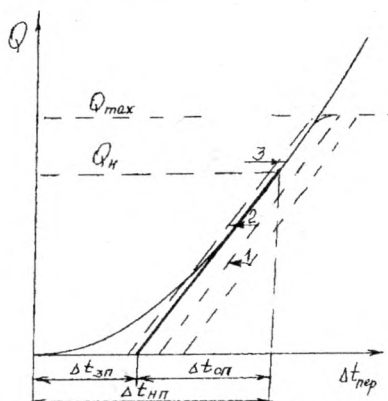


Рис. 9. Статистические параметры термовентиля при недостаточном заполнении испарителя

После настройки колебания давления прекращаются, и испаритель работает в номинальном режиме (рис. 10). Изменения перегрева в диапазоне $\pm 0,5 \text{ K}$ не рассматриваются как колебания.

При регулировке возможны следующие осложнения. Во-первых, не удастся регулировкой добиться возникновения пульсаций (рис. 11). Это

означает, что при полностью открытом терморегулирующем вентиле его производительность ниже, чем производительность испарителя (рис. 12).

Последнее связано со следующими причинами: либо проходное сечение терморегулирующего вентиля мало, либо в установке не хватает хладагента и на вход терморегулирующего вентиля поступает недостаточное количество жидкого хладагента из конденсатора.

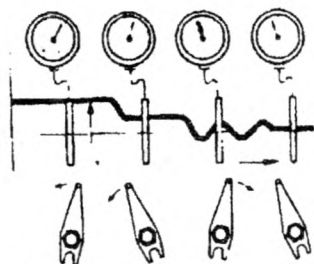


Рис. 10. Динамические параметры термовентили при недостаточном заполнении испарителя

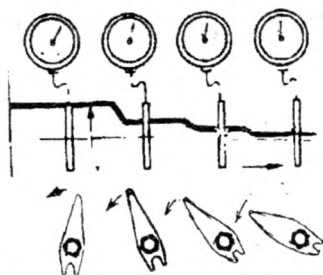


Рис. 11. Динамические параметры термовентили при отсутствии пульсаций



Рис. 12. Предельное осложнение регулировки ТРВ при отсутствии пульсаций

Во-вторых, не удается устранить пульсации после их возникновения (рис. 13). Регулировка терморегулирующего вентиля не возможна, когда перегрев достигает большего значения и вентиль практически закрыт. В данном случае давление испарения небольшое и в испарителе образуется меньше паров, чем способен всасывать компрессор, т.е. холодопроизводительность испарителя недостаточная и производительность терморегулирующего вентиля выше, чем пропускная способность испарителя. Это обуславливается тем, что проходное сечение терморегулирующего вентиля слишком большое, или испарителю не хватает жидкого хладагента.

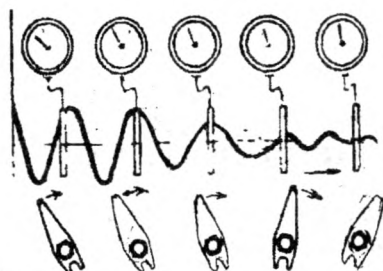


Рис. 13. Динамические параметры термовентиля при постоянной пульсации

Следовательно, если не удастся найти режим настройки, который устраняет пульсации давления (рис. 14), необходимо произвести замену терморегулирующего вентиля, или осуществить замену седел с отверстиями (патронов), если его конструкция предусматривает наличие комплекта сменных патронов.

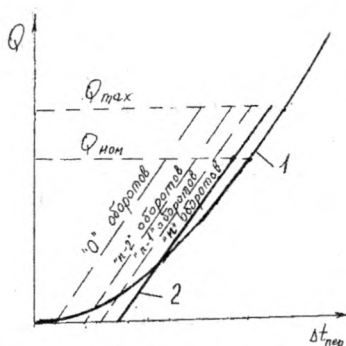


Рис. 14. Предельные осложнения регулировки ТРВ при постоянной пульсации

Если терморегулирующий вентиль будет отрегулирован на минимальный возможный перегрев, необходимый для нормальной работы данной холодильной установки, заполнение испарителя жидким хладагентом бу-

дет достигнуто номинальным, а пульсации величины перегрева паров хладагента прекратятся.

Список использованных источников

1. Котзаогланиан, П. Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок. – АНОО «Остров», 2007. – 826 с.

2. Диагностика работы малых холодильных компрессоров: учеб. пособие/ Б.С. Бабакин, В.А. Выгодин, В.Н. Кулагин – Рязань: «Узорочье», 2001. – 302 с.

УДК 621.891

ОЦЕНКА ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

*Войтов В.А., д.т.н., профессор; Кравцов А.Г., ст. преподаватель
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков, Украина*

Смазочные материалы и рабочие жидкости являются неотъемлемой составляющей как простых подвижных узлов и механизмов, так и сложных силовых агрегатов, таких как ДВС, объемных гидроприводов и др. Смазочные материалы должны обладать набором эксплуатационных показателей, которые необходимы для выполнения ряда функций, обеспечивающих надежную работу агрегата. Современные масла и рабочие жидкости в полной мере удовлетворяют всем эксплуатационным требованиям, но, все же, имеют ряд недостатков: во-первых, подавляющее большинство из них изготовлены на базе нефти, количество которой ежегодно сокращается, а, соответственно, стоимость нефтепродуктов растет. Во-вторых, смазочные материалы на основе нефти являются достаточно токсичными и несут большую нагрузку на окружающую среду. Исходя из выше сказанного вытекает необходимость в создании новых альтернативных смазочных материалов, которые владели бы всеми эксплуатационными свойствами, присущими нефтяным, и могли бы устранить их недостатки.

Хорошей альтернативой нефтяным и синтетическим смазочным материалам могут быть масла и рабочие жидкости, изготовленные на базе растительных масел. Данным направлением занимаются зарубежные ученые: например, в США недавно открыт мощный завод по переработке сои в технические рабочие жидкости. В странах ЕС, а именно, в Германии, разработаны технологии и налажено производство индустриальных и трансмиссионных масел из рапсового масла [1–5]. Этой проблемой занимаются

также и в республике Молдова. Необходимо отметить работы, которые ведутся в Российской Федерации. Среди ведущих научных исследований России можно отметить МГАУ им. В.П. Горячкина и работы И.Г. Фукса при РГУ Нефти и Газа [6]. Учитывая мировой опыт в использовании растительных масел в качестве смазочных материалов, можно сказать, что и для Украины это направление является перспективным и необходимым для улучшения, в первую очередь, экологического состояния окружающей среды и снижения зависимости от импорта нефти и нефтепродуктов. Исследования по применению рапсового масла в производстве гидравлических, промышленных и трансмиссионных масел проводились на базе завода технических масел «Ариан» [7]. Подобными исследованиями также занимается УкрНИИНП «МАСМА». Достаточно продуктивно идут исследования на базе Института биоорганической химии и нефтехимии НАН Украины под руководством доктора химических наук Г.С. Поп [8–10]. Активная работа проводится на базе Прикарпатского национального университета им. Василя Стефаника под руководством Г.А. Сиренко [11–13]. По данной проблематике ведутся работы в Хмельницком национальном университете [14, 15]. Институтом растениеводства им. В.Я. Юрьева УА-АН селекционными методами выведены новые гибриды подсолнечника с генетически измененным жирнокислотным составом олеинового типа и рапса с высоким содержанием олеиновой кислоты. Масло этих культур может быть сырьем для изготовления экологически безвредных рабочих жидкостей и технических масел.

Целью данной работы является оценка трибологических и эксплуатационных свойств рабочих жидкостей на основе растительных масел, а именно физико-механических и трибологических показателей рабочих жидкостей на базе высокоолеиновых подсолнечного и рапсового масел по сравнению с товарными нефтяными и синтетическими.

Для достижения поставленной цели были отобраны масла на базе подсолнечного и рапсового масел с высоким содержанием олеиновой кислоты, выведенных селекционными методами на базе Института растениеводства им. В.Я. Юрьева НААН Украины. Для сравнения были взяты несколько образцов подсолнечного масла, соевое, касторовое и оливковое масла, а также рабочие жидкости нефтяного и синтетического происхождения, и рабочая жидкость на базе рапсового масла всемирно известного производителя смазочных материалов Shell HF-R. Рабочие жидкости на базе растительных масел для удобства написания были обозначены кодовыми названиями: на базе подсолнечного масла – X-526, MX-1008 B, Рюрик F₁, X-782; на базе рапсового - P (0:0); соя С-1, касторовое P-1, оливковое O-1. Жирнокислотный состав масел приведен в таблице 1.

Все исследования проводились в сравнении с существующими и достаточно распространенными смазочными материалами нефтяного и синте-

тического происхождения. Определение физико-механических показателей, таких как кинематическая вязкость, индекс вязкости, температура вспышки в открытом тигле, плотность, коррозионная стойкость на медной пластинке, температура застывания и термоокислительная стабильность, существенно влияющих на работу агрегата, проводились в соответствии с действующими стандартами и методиками. Полученные результаты сведены в таблицу 2.

Таблица 1 – Жирнокислотный состав растительных масел

Содержание жирных кислот, % от общей суммы	Культура							
	Подсолнечник				Рапс	Соя	Касторовое масло	Оливковое масло
	MX-1008 В	Рюрик F ₁	X-526	X-782	P(0:0)	C-1	P-1	O-1
Пальмитиновая	12,3	5,2	3,6	7,7	3,9	6	1,7	11,43
Пальмитолеиновая	1,1	0,1	0,2	0,7	0,2	-	-	0,82
Стеариновая	2,7	4,0	3,3	3,7	2,0	3,5	1,7	2,27
Олеиновая	24,3	34,7	88,8	25,8	65,3	32,5	4,6	77,05
Линолевая	58,7	55,0	2,2	61,1	19,0	50,3	6,4	6,63
Линоленовая	0,1	0,2	0,2	0,2	8,6	7,7	1,2	0,57
Эйкозановая	0,2	0,2	0,5	0,2	0,37	-	-	0,26
Бегеновая	0,6	0,6	1,0	0,6	0,28	-	-	0,11
Эруковая	-	-	-	-	0,35	-	-	0,4
Рициновая	-	-	-	-	-	-	84,4	-

МГЕ-46В – рабочая жидкость нефтяного происхождения, которая предназначена для объемных гидроприводов сельскохозяйственной и другой техники группа HM по ISO. TY 38.001347-83.

Shell Naturelle Fluid HF-R – биологически безвредная рабочая жидкость на базе глубоко очищенного рапсового масла и присадок. Предназначена для гидравлических силовых систем, рассчитанных на использование минеральных масел класса вязкости ISO 22-68.

Shell Naturelle Fluid HF-E 46 – биологически безвредная рабочая жидкость высшего качества на основе синтетических сложных эфиров с композицией высокоэффективных присадок. Предназначена для гидравлических систем наземных механизмов трансмиссий и приводов, работающих в зонах, чувствительных к загрязнению окружающей среды. DIN 51524-2/3 HLP / HVLP.

Лабораторные исследования по определению трибологических характеристик проводились в специализированной трибологической лаборатории в соответствии со всеми требованиями ГОСТ 9490-75 [16] на четырехшариковой машине трения (ЧШМ). Полученные результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика рабочих жидкостей по физико-механическим показателям

Показатель	Название рабочей жидкости										
	Нефтяная	Синтетическая	На базе растительных масел								
			MГE-46B	Shell HF-E 46	Shell HF-R	X-526	P(0:0)	MX-1008B	Рюрик F ₁	X-782	C-1
Вязкость кинематическая при 40/100°C, мм ² /с ГОСТ 33-82	41,4-506	469,1	358,1	428,9	37,19,1	41,58,1	398	408,6	448,5	47,29,5	39,18,3
Индекс вязкости ГОСТ 25371-82	50 - 90	150	162	153	165	146	150	155	146	150	154
Температура вспышки, в открытом тигле, °С ГОСТ 4333-87	190	219	186	225	230	220	225	222	225	275	205
Плотность, кг/м ³ при 15°C согласно ГОСТ 51069-97	985	919	925	913	919	917	915	915	925	970	918
Коррозионная стойкость на медной пластине согласно ГОСТ 6321-92	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a
Температура застывания, °С	-32	-51	-36	-20	-10	-18	-19	-19	-15	-16	-6
Термоокислительная стабильность по методу Папок ГОСТ 23175-78, минут не меньше	19	29	27	24	25	18	19	21	22	21	26

Таблица 3 – Сравнение трибологических характеристик рабочих жидкостей

Название рабочей жидкости	Трибологические характеристики согласно ГОСТ 9490-75		
	D _г (мм)	P _к (Н)	P _з (Н)
Нефтяная MГE-46B	0,43	490	1568
Синтетическая Shell HF-E 46	0,40	784	1568
Биологического происхождения Shell HF-R	0,42	784	1568
Растительные X-526	0,41	617	1568
P(0:0)	0,44	784	1568
MX-1008 B	0,49	617	1568
Рюрик F ₁	0,51	617	1568
X-782	0,54	617	1568
C-1	0,62	617	1568
P-1	0,52	617	1568
O-1	0,49	617	1568

С помощью четырехшариковой машины трения (ЧШМ) можно определить следующие показатели, характеризующие смазывающие свойства масел:

– D_I (мм) – диаметр пятна износа, который является средним диаметром пятен износа нижних неподвижных шариков;

– P_K (Н) – критическая нагрузка, которая характеризует пределы работоспособности поверхностно-активных веществ (ПАВ), находящихся в смазочном материале. Перечисленные выше показатели характеризуют противоизносные свойства смазочного материала;

– P_C (Н) – нагрузка сваривания, характеризующая наличие в смазочном материале противозадирные свойства в виде химически активных веществ (ХАВ), пределы работоспособности смазочной среды в целом.

На рисунке 1 показано среднеквадратическое отклонение противоизносного показателя D_I , который, в свою очередь, является корнем квадратным из дисперсии полученных результатов на ЧШМ, и характеризует на сколько стабильно ведут себя рассматриваемые растительные масла.

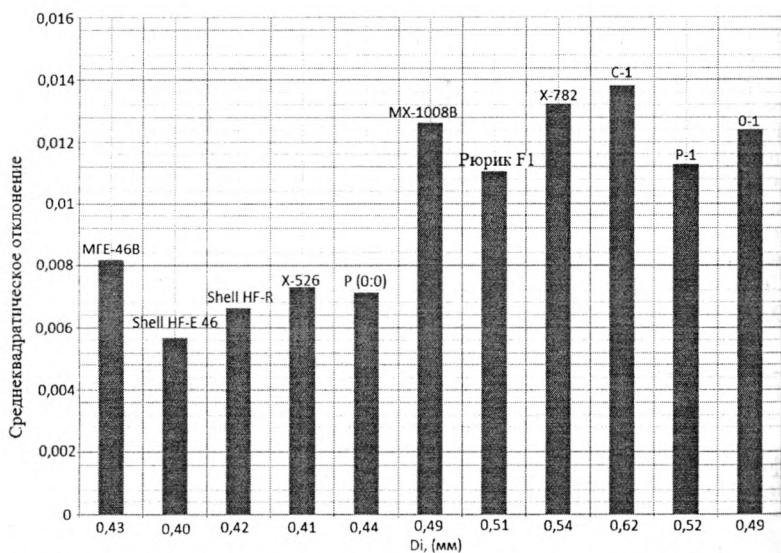


Рис. 1. Зависимость среднеквадратического отклонения противоизносного показателя D_I

Из таблицы 3 и рисунке 1 видно, что растительные масла: подсолнечные (Рюрик F1, MX-1008 B, X-782), соевое, касторовое и оливковое по своим физико-механическим свойствам уступают нефтяному и синтетическому по противоизносным показателям. Таким образом для дальнейших исследований были выбраны следующие базовые растительные масла в качестве рабочих жидкостей: подсолнечное X-526 и рапсовое P (0:0).

Рабочие жидкости на базе растительных масел олеинового типа Х-526 и Р (0:0) по своим физико-механическим и трибологическим характеристикам не уступают существующим товарным нефтяным и синтетическими рабочим жидкостям, а в некоторой степени даже превосходят.

Исследования по определению скорости изнашивания проводились по схеме «кольцо-кольцо», форма и размеры образцов для модельных триботехнических испытаний соответствовали требованиям ГОСТ 30480-97 [17] с коэффициентом взаимного перекрытия $K_{вз}=0,2$. Испытания проводились при нагрузке 2000Н в течение 240 мин с предварительной приработкой образцов [18, 19]. Скорость вращения приводного вала машины трения составляла 400 мин^{-1} , что обеспечивало скорость скольжения $v = 0,5$ м/с. В качестве смазочной среды были использованы опытные образцы рабочих жидкостей на базе подсолнечного и рапсового масел олеинового типа по сравнению с товарной рабочей жидкостью нефтяного происхождения МГЕ-46В ТУ38.001347-83 и рабочими жидкостями известного производителя Shell. В качестве исследуемых трибосистем были выбраны следующие: обратная трибосистема по материалам (сталь – латунь); прямая трибосистема (латунь – сталь); обратная трибосистема по материалам и геометрии (латунь – чугун). Материалы, из которых были изготовлены опытные образцы трибосистем, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Материалы, из которых были изготовлены образцы модельных трибосистем

Материал	Твердость
Сталь 40 ХФДА – ТУ 14-143-498-97	52-56 HRC
Латунь ЛМцСКА 58-2-2-1-1 ТУ 48-21-356-74	HRB>80
Латунь ЛМцЛНС 58-3-1,5-1,5-1 ТУ 184570-106-037-97	HRB>80
Сталь ШХ15СГ-О-ОГ ГОСТ 801-78	56-62 HRC
Латунь ЛМцСКА 58-2-2-1-1 ТУ 48-21-356-74	HRB>80
ВЧ 500-3 ДСТУ 3925-99	50 -56 HRC

Вычисление полученных результатов выполнялось с помощью методов математической статистики [22]. Точность определения скорости износа модельных трибосистем по выбранной методике подсчитывалось с помощью формул теории случайных погрешностей. По результатам пяти параллельных исследований погрешность составила 6%.

Результаты определения скорости изнашивания модельных трибосистем при использовании в качестве смазочного материала рабочих жидкостей на базе высокоолеинового подсолнечного и рапсового масел в сравнении с товарной нефтяной, синтетической и биологически безвредной на базе рапсового масла показаны на рисунках 2–4.

Из результатов, приведенных в таблице 2 видно, что рабочие жидкости на базе растительных масел обладают достаточно хорошими физико-механическими показателями и, по некоторым из них, даже превосходят существующие нефтяные рабочие жидкости и синтетические, например,

по значению индекса вязкости. Это, в свою очередь, влияет на уменьшение потерь энергии на преодоление трения, возникающего между слоями рабочих жидкостей или масел при пуске агрегата в холодный период эксплуатации, а, соответственно, значительно уменьшается расход топлива.

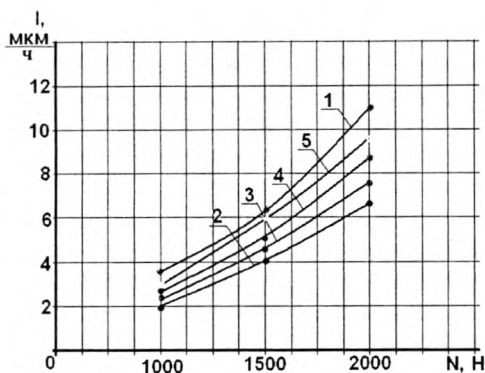


Рис. 2. Скорость изнашивания прямой трибосистемы:
1 – MGE – 46B; 2 – Shell HF-E 46; 3 – Shell HF-R; 4 – X-526; 5 – P (0:0)

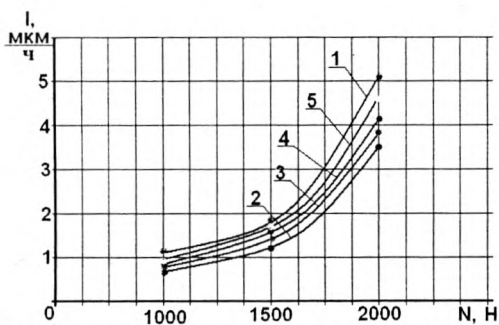


Рис. 3. Скорость изнашивания обратной трибосистемы по материалам:
1 – MGE – 46B; 2 – Shell HF-E 46; 3 – Shell HF-R; 4 – X-526; 5 – P (0:0)

Что касается температуры вспышки и плотности, то эти показатели почти одинаковы и различаются в пределах 5–7%. Из испытания на медной пластинке видно, что все рабочие жидкости мало агрессивны по отношению к цветным металлам. Это является достаточно весомым показателем, так как основные трибосистемы объемных гидроприводов изготовленные из цветных металлов. Растительные масла уступают по показателю температуры застывания, но это не является критическим, так как корректируется введением соответствующих присадок. Также достаточно весомым показателем масел и рабочих жидкостей биологического происхождения явля-

ется то, что они менее подвержены образованию лаковых отложений и максимально приближены к высококачественным синтетическим.

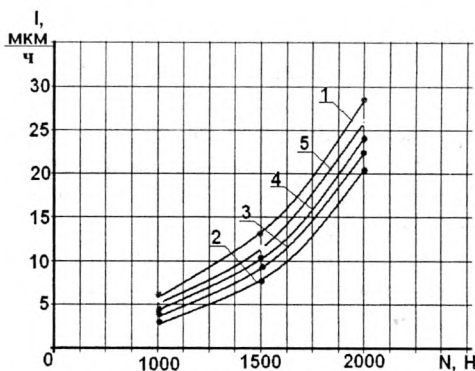


Рис. 4. Скорость изнашивания обратной трибосистемы по материалам и геометрии:
1 – МГЕ – 46В; 2 – Shell HF-E 46; 3 – Shell HF-R; 4 – X-526; 5 – P (0:0)

Из таблицы 3 видно, что по трибологическим характеристиками рабочие жидкости на базе подсолнечного и рапсового масел почти не уступают высококачественным и дорогим синтетическим и подобным биологически безвредным на базе рапсового масла. Но следует отметить, что производитель Shell вводит в состав своих рабочих жидкостей мощный пакет противоизносных и других функциональных присадок. По сравнению с товарной нефтяной рабочей жидкостью МГЕ-46В рабочие жидкости на базе растительных масел превосходят по противоизносным свойствам, которые характеризуются диаметром пятна износа (D_I), и по показателю критической нагрузки (P_K). Такую смазывающую способность масел и рабочих жидкостей на базе растительных масел можно объяснить наличием высокого содержания молекул олеиновой кислоты, которая, в свою очередь, является достаточно мощным поверхностно-активным веществом (ПАВ) и вводится в качестве присадки в нефтяные и синтетические масла.

Результаты по скорости изнашивания трибосистем, показанные на рисунках 2–4, свидетельствуют о том, что рабочие жидкости на базе подсолнечного и рапсового масел с высоким содержанием олеиновой кислоты в полной мере могут конкурировать с высококачественными синтетическими и биологически безвредными рабочими жидкостями, а по сравнению с нефтяной МГЕ-46В несколько превосходят. Например, при использовании рабочей жидкости X-526 скорость изнашивания обратной трибосистемы по материалам уменьшается на 14,6%, прямой трибосистемы на 14,7%, обратной трибосистемы по материалам и геометрии на 15,4%. Эти резуль-

таты в дальнейшем с помощью физического моделирования и критерия подобия позволят спрогнозировать ресурс агрегата в целом.

Кроме положительных свойств рабочих жидкостей на базе растительных масел им присущи некоторые недостатки: способность к пенообразованию, что может привести к затруднению эксплуатации агрегатов с циркуляционной системой смазки. Также они подвержены окислению при хранении и в процессе эксплуатации. Однако эти недостатки можно устранить путем подбора необходимых функциональных присадок.

Использование биологически безвредных смазочных материалов на основе подсолнечного и рапсового масел с высоким содержанием олеиновой кислоты, прежде всего, позволит расширить сырьевую базу для изготовления смазочных материалов, уменьшить зависимость от импортируемых нефтепродуктов и улучшить экологическое состояние, что является сейчас весьма актуальным.

Список использованных источников

1. <http://www.bioschmierstoffe.info/>
2. <http://www.nachwachsenerohstoffe.de/>. Kosten und Nutzen technischer Bioöle. 2007/2008
3. <http://www.nachwachsenerohstoffe.de/>. Nachwachsende Rohstoffe in der Industrie. 2007/2008
4. <http://www.nachwachsenerohstoffe.de/>. Bioschmierstoffe. 2007/2008
5. <http://www.nachwachsenerohstoffe.de/>. Bericht über biologisch schnell abbaubare Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten. 2007/2008
6. Фукс, И.Г. Растительные масла и животные жиры – сырье для приготовления товарных смазочных материалов / И.Г. Фукс, А.Ю. Евдокимов, А.А. Джамалов, А. Лукса // *Химия и технология топлив и масел*. – 1992. – № 4. – С. 34–39.
7. <http://www.ukroil.com.ua>
8. Поп, Г.С. Мастильні матеріали з рослинних олій // *Хім. пром-сть України*. – 2006. – № 5. – С. 22–29.
9. Поп, Г.С. Поверхнево-активні речовини та композиційні системи на основі рослинних олій і фосфатидів / Г.С. Поп, Л.Ю. Бодачівська, Р.Л. Вечерік // *Хім. пром-сть України*. – 2008. – № 3. – С. 33–37.
10. Поп, Г.С. Стан, перспективи виробництва та застосування палив і мастильних матеріалів із рослинних олій // *Каталіз і нафтехімія*. – 2003. – № 12. – С. 21–26.
11. Сіренко, Т.О. Мастильна композиція. Патент України на вихід № 18077А / Т.О. Сіренко, Л.М. Кириченко, В.П. Свідерський // *Промислова власність*. – 1997. – № 5.
12. Сіренко Г.О. Антифрикційні властивості полікомпонентних композицій на основі хімічно-модифікованої ріпакової оливи під час мащення пари ароматичний поліамід – сталь / Г.О. Сіренко, Л.Я. Мідак, О.В. Кузишин, Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко // *Полімер. журн.* – 2008. – Вип. 30. – № 4. – С. 338–344.
13. Сіренко, Г.О. Дослідження рослинних олій у якості мастильних матеріалів / Г.О. Сіренко, О.Л. Сав'як // *Полімер. журн.* – 2006. – №1 (28). – С. 69–78.
14. Кириченко, Л.М. Тріботехнічні характеристики нових мастильних композицій на основі хімічно модифікованої ріпакової олії / Л.М. Кириченко, В.І. Кириченко, Т.О. Сіренко // *Проблеми сучасного машинобудування*. – Хмельницький, 1996. – С. 142.
15. Кириченко, В.В. Якісні мастильні біоматеріали з технічних олій. Стан і перспективи переробки / О.М. Полумбрик, В.І. Кириченко // *Хім. пром-сть України*. – 2008. – № 3. – С. 9–18.

16. ГОСТ 9490-75. Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине. – М.: Изд-во стандартов, 1975.
17. ГОСТ 30480-97. Обеспечение износостойкости изделий. Методы испытаний на износостойкость. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1997.
18. Обеспечение износостойкости изделий. Метод оценки фрикционной теплостойкости материалов. ГОСТ 23.210–80. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 187 с.
19. Оксененко, А.Я. Насосы большой единичной мощности для КПО и уникального оборудования / [Оксененко А.Я., Харченко В.П., Дубнов И.Н., Жерняк А.И.]. – М.: ВНИИ-ТЭМР, 1987. – 73 с.
20. Чихос Х. Системный анализ в трибонике. – М.: Мир, 1982. – 352 с.
21. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин. / В.Д.Зозуля и др. – К.: Наук. думка, 1990. – 259 с.
22. Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул: Учебн. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988. – 239 с.

УДК 621.891

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВУХТАКТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

***Войтов В.А., д.т.н., профессор; Сысенко И.И., аспирант**
Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков, Украина*

Требования по снижению выброса вредных веществ в атмосферу в процессе работы двигателей внутреннего сгорания, а также снижения техногенной нагрузки на окружающую среду приводят к разработке смазочных материалов на базе растительных масел. Например, в Германии разработаны технологии и запущено производство индустриальных и трансмиссионных масел из рапса, в США открыт мощный завод по выпуску технических масел из сои [1]. Как следует из работы [1], моторные масла на базе растительных масел могут выступать альтернативой маслам из нефти и синтетическим маслам для двухтактных двигателей.

При применении моторных масел для двухтактных двигателей на базе рапсового и подсолнечного масел встает вопрос о ресурсе всех трибосистем двигателя, и в первую очередь – цилиндра-поршневой группы. При этом необходимо учитывать их способность препятствовать усталостному выкрашиванию (питтингу) подшипников качения. Коленчатый вал двухтактного двигателя устанавливается на радиально-упорных шариковых подшипниках, а нижняя головка шатуна у многих двигателей – на роликовых подшипниках. Влияние смазочного материала на процесс образования питтинга в подшипниках качения рассматривается в работах [2, 3].

Анализ конструкции двухтактного двигателя позволяет сделать вывод, что смазка подшипников коленчатого вала и нижней головки шатуна осуществляется масло-бензиновой смесью (1:50) в режиме «масляного голодания», что может неоднозначно повлиять на процесс усталостного выкрашивания беговых дорожек и тел качения.

Цель исследований – выполнить физическое моделирование скорости изнашивания трибосистем двухтактного двигателя бензопилы и оценить ресурс при использовании рапсового и подсолнечного масел взамен минеральных и синтетических, а также оценить способность моторных масел различного состава препятствовать возникновению усталостных трещин в подшипниках качения.

Методический подход в проведении исследований. Особенностью лабораторной модели при физическом моделировании трения и изнашивания является ее одинаковая природа с натурным объектом, т.е. необходимо применять одинаковые схемы контакта, материалы трибозащитных элементов, смазочные среды.

Автором работы [4] разработана методика физического моделирования процессов трения и изнашивания, где по результатам лабораторных испытаний можно определять скорость изнашивания и силу трения у натуральных трибосистем.

В качестве исследуемых моторных масел для двухтактных двигателей были выбраны следующие масла:

1. Минеральное масло Такт-2Т, вязкость $6...8 \text{ мм}^2/\text{с}$ при $100 \text{ }^\circ\text{C}$. По классификации API-TA (для двигателей объемом до 50 см^3).

2. Полусинтетическое масло ПУСК-2Т, вязкость $8...10 \text{ мм}^2/\text{с}$ при 100°C . По классификации API-TB (для двигателей объемом до 200 см^3).

3. Синтетическое масло ELF МОТО 2ХТ Tech, вязкость $10 \text{ мм}^2/\text{с}$. По классификации API-TC (для высоконагруженных двигателей мотоциклов, снегоходов).

4. Рапсовое масло с присадкой органического происхождения (экологически биоразлагаемое масло), вязкость $8...10 \text{ мм}^2/\text{с}$ при $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

5. Подсолнечное масло с присадкой органического происхождения (экологически биоразлагаемое масло), вязкость $8...10 \text{ мм}^2/\text{с}$ при $100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Выбранная группа растительных масел обоснована в работе [1].

Модельные трибосистемы по схеме кольцо-кольцо были выполнены из однотипных материалов, что и у природы (двигателя), а также были соблюдены схемы контакта (прямые и обратные трибосистемы).

Результаты лабораторных испытаний модельных трибосистем представлены в таблице 1.

Перерасчет результатов лабораторных модельных трибосистем на натурные трибосистемы двигателя бензопилы производства «Моторсіч» по методике, изложенной в работе [4], представлен в таблице 2.

Таблица 1 – Результаты испытаний модельных трибосистем

Скорость изнашивания I_n , мкм/ч	Смазочная среда				
	Такт-2Т	Пуск-2Т	ELF мото 2ХТ Tech	Рапсовое +П	Подсолнечное +П
Трибосистема кольцо-кольцо $K_{фн}=3,4$ 1/м Модель трибосистемы поршневое кольцо – гильза цилиндра	4,5	3,5	4,0	3,0	3,2
Трибосистема кольцо-кольцо $K_{фн}=11,32$ 1/м Модель трибосистемы поршень – гильза цилиндра	12,5	11,0	11,2	9,5	10,5
Трибосистема кольцо-кольцо $K_{фн}=6,81$ 1/м Модель трибосистемы поршневой палец – втулка головки шатуна	0,32	0,25	0,28	0,20	0,24

Таблица 2 – Результаты физического моделирования скорости изнашивания натуральных трибосистем двигателя бензопилы производства «Моторсіч»

Скорость изнашивания I_n , мкм/ч	Смазочная среда				
	Такт-2Т	Пуск-2Т	ELF мото 2ХТ Tech	Рапсовое +П	Подсолнечное +П
Трибосистема поршневое кольцо – гильза цилиндра $K_{фн}=5,77$ 1/м	2,43	1,89	2,16	1,62	1,72
Трибосистема поршень – гильза цилиндра $K_{фн}=23,22$ 1/м	3,12	2,75	2,8	2,37	2,62
Трибосистема поршневой палец – втулка головки шатуна $K_{фн}=33,1$ 1/м	0,063	0,049	0,055	0,039	0,047

Зная скорость изнашивания натуральных трибосистем I_n , таблица 2, можно определить ресурс трибосистем в эксплуатации по формуле

$$R = \frac{h_{пред}}{I_n}, \text{ час}, \quad (1)$$

где $h_{пред}$ – предельно допустимый износ трибосистемы в эксплуатации, мкм.

Опыт эксплуатации бензопил производства «Моторсіч» показывает, что предельно допустимый износ имеет следующие значения:

- трибосистема поршневое кольцо – гильза цилиндра – 750 мкм;
- трибосистема поршень – гильза цилиндра – 1000 мкм;
- трибосистема поршневой палец – втулка головки шатуна – 20 мкм.

С учетом значений предельного износа был рассчитан ресурс трибосистем двигателя бензопилы, результаты которого представлены в таблице 3.

Структура исследовательского комплекса для оценки противопиттинговых свойств масел представлена на рисунке 1.

Таблица 3 – Расчетные значения ресурса трибосистем двухтактного двигателя бензопилы

Ресурс, час	Смазочная среда				
	Такт-2Т	Пуск-2Т	ELF MOTO 2XT Tech	Рапсовое +П	Подсолнечное +П
Трибосистема поршневое кольцо – гильза цилиндра	308	396	347	462	436
Трибосистема поршень – гильза цилиндра	320	363	357	421	381
Трибосистема поршневой палец – втулка головки ша- туна	317	408	363	512	425

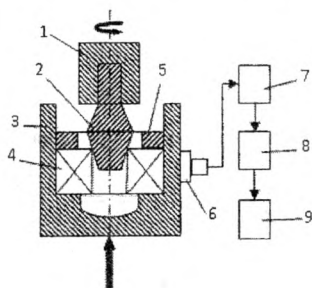


Рис. 1. Структура комплекса исследования противопиттинговых свойств масел на базе метода акустической эмиссии: 1 – шпиндель четырехшариковой машины; 2 – конус; 3 – корпус съемного подшипниковой узла; 4 – подшипник; 5 – гайка; 6 – датчик акустической эмиссии; 7 – усилитель; 8 – USB осциллограф; 9 – компьютер

Исследования проводили на шариковых подшипниках № 202 одной партии изготовления. Внешнее кольцо подшипника закреплено с помощью гайки в корпусе съемного узла, а внутреннее приводится во вращение от шпинделя четырехшариковой машины через конус. Частота вращения 1500 об/мин, нагрузка на подшипник 6174 Н, что соответствует рекомендациям работы [5].

Сигнал акустической эмиссии, который генерируется подшипником, воспринимался широкополосным датчиком GT 300 (полоса пропускания 100...800 кГц) и поступал в усилитель, затем в USB осциллограф PV6501 и далее в компьютер.

Полоса пропускания USB осциллографа составляет 20МГц, что многократно превышает верхние границы пропускания датчика и усилителя.

Образование питтинга на дорожке качения подшипника приводит к скачкообразному возрастанию интенсивности акустической эмиссии.

При возрастании интенсивности акустической эмиссии испытания прекращались, подшипник разрезался для визуальной регистрации усталостного выкрашивания на внешнем или внутреннем кольце.

Параметром, который позволяет оценить противопиттинговые свойства смазочных материалов, является отрезок времени от начала испытаний до скачкообразного возрастания интенсивности акустической эмиссии.

Эксперимент повторяли пятнадцать раз с заменой подшипника на новый. После завершения эксперимента определяли среднеарифметическое время появления очагов усталостного выкрашивания τ , мин, дисперсию D и среднеквадратическое отклонение σ .

Результаты эксперимента представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели противопиттинговых свойств смазочных материалов

Смазочный материал	Среднеарифметическое время τ , мин	Дисперсия	Среднеквадратическое отклонение
Масло Такт-2Т	45,74	25,11	5,01
Масло Рапсовое+П	86,33	26,62	5,15
Масло ELF MOTO 2XT Tech	63,99	7,76	2,7
Масло Подсолнечное+П	74,6	3,60	1,89
Масло ПУСК-2Т	70,32	8,39	2,89

Как следует из представленных результатов лучшими противопиттинговыми свойствами (наибольшим временем появления усталостного выкрашивания) обладают (в порядке убывания): рапсовое масло + П; подсолнечное масло + П; полусинтетическое масло ПУСК-2Т и синтетическое масло ELF MOTO 2XT Tech. Минеральное масло Такт-2Т показало худший результат.

При этом анализ величин дисперсии и среднеквадратического отклонения позволяет сделать вывод, что рапсовое масло имеет большой разброс показаний от опыта к опыту, что свидетельствует о сложных и неустойчивых процессах, вызывающих усталостное изнашивание. И наоборот, масло подсолнечное, ELF MOTO 2XT Tech и ПУСК-2Т имеют минимальный разброс и устойчивые показатели по времени появления усталостного выкрашивания. Это позволяет сделать вывод, что подобранный комплекс присадок к растительным маслам в большей степени подходит для подсолнечного масла, чем для рапсового. Уточнение и детализация комплекса присадок для рапсового масла с учетом противопиттинговых свойств, может быть направлением дальнейших исследований по оптимизации состава рапсового масла для двухтактных двигателей.

Выводы:

1 Результаты физического моделирования ресурса трибосистем бензопилы показывают, что применение моторных масел на растительной основе обеспечивает ресурс двигателя: на рапсовом масле с присадкой – 421 моточас; на подсолнечном масле с присадкой – 381 моточас.

2 Применение моторных масел на растительной основе не снижает ресурс двухтактного двигателя по сравнению с минеральными, полусинтетическими и синтетическими маслами, а наоборот увеличивает на 23 %, 4,9% и 9,7% соответственно.

3 Моторные масла для двухтактных двигателей различного состава: минеральные, полусинтетические, синтетические и растительного происхождения в разной степени препятствуют возникновению питтинга в подшипниках качения. Лучший результат показывают растительные масла с присадкой органического происхождения, что ставит эти масла в разряд перспективных масел.

Список использованных источников

1. Войтов, В.А., Кравцов, А.Г. Трибологічні властивості технічних олій на базі соняшникової та ріпакової олій / Проблеми трибології. – № 4. – 2011. – С. 87–92.
2. Розенберг, Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность и надежность двигателей машин. – М.: Машиностроение, 1970. – 315 с.
3. Заскалько, П.П., Крысин, В.Д., Некрасов, В.И. Оценка противопиттинговых свойств трансмиссионных масел // Химия и технология топлив и масел. – 1988. – № 5. – С. 27–29.
4. Войтов, В.А. Конструктивная износостойкость узлов трения гидромашин. Часть 2. Методология моделирования граничной смазки в гидромашинах. – Харьков: Центр Леся Курбаса, 1997. – 152 с.
5. Войтов, В.А., Митиков, С.А., Суханов, М.И., Шевченко, С.А. Методика оценки показателя противопиттинговой способности смазочных материалов // Проблеми трибології. – 2006. – № 1. – С. 39–43.

УДК 621.9.06

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЕДИНИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Козорез А.А., аспирант

УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

Неуклонный рост выпуска машин и механизмов, увеличение их быстродействия и энерговооруженности весьма остро поставили вопрос о повышении качества и ускорении сроков разработки и внедрения процессов изготовления самых разнообразных деталей, узлов и агрегатов. Для этих целей необходимо создавать методы, позволяющие быстро и просто разрабатывать надежные технологические процессы различных производственных условий.

Автоматизированное проектирование единичных технологических процессов должно стать основным направлением технологического проектирования в автоматизированных системах технологической подготов-

ки производства. Это направление является универсальным. Оно применимо для любого типа производства и любых деталей: определенного класса, стандартных, нормализованных и оригинальных, с различной степенью унификации обрабатываемых поверхностей. Единичные технологические процессы являются источником создания и пополнения архивов типовых технологических процессов, т.е. источником еще одного направления автоматизации технологического проектирования. В наибольшей степени САПР единичных процессов приемлемы в условиях мелкосерийного и единичного производства, где типовые и групповые технологические процессы оказываются неэффективными, вследствие больших затрат времени на выполнение подготовительных работ (разработку классификаторов, типовых и групповых процессов и их элементов) [1].

При разработке единичных технологических процессов необходимы три вида исходной информации: базовая, которая содержится в конструкторской документации на деталь (рабочий чертеж и технические условия) и годовой программе выпуска деталей; руководящая, к которой относятся данные, помещенные в стандартах ЕСТПП и технологических инструкциях предприятия или отрасли; справочная, находящаяся в каталогах и справочниках, по техническим данным оборудования, в описаниях типовых технологических процессов, нормативах по техническому нормированию.

Рабочий чертеж детали выполняется в соответствии с ЕСКД. Он должен иметь: нужное количество проекций, необходимые размеры при правильной расстановке их с указанием квалитетов точности; обозначения шероховатости поверхностей; допуски на погрешность формы и расположения поверхностей; указание о марке материала, из которого изготавливается деталь, защита детали от внешних воздействий; дополнительные требования, которые определяются методом изготовления.

Технические условия составляются на наиболее ответственные детали, когда невозможно их изложить в рабочем чертеже. В технических условиях указываются назначение детали, особые требования к изделию, методы контроля, общие требования по клеймению, хранению, транспортировке и т.д.

Программа выпуска определяет тип производства и методы изготовления изделий, степень детализации при разработке технологических процессов.

Основными требованиями, предъявляемыми к разрабатываемым технологическим процессам, являются: возможность изготовления детали в полном соответствии с чертежами, стабильность параметров качества в процессе производства и эксплуатации изделий; оптимальная стоимость производства.

Разработка единичных технологических процессов определяется в соответствии с [2] и представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Этапы разработки единичных технологических процессов

Автоматизация проектирования единичных технологических процессов является наиболее сложным вопросом автоматизированного проектирования. В проблеме создания САПР единичных технологических процессов в настоящее время наметилось несколько направлений. В каждом из этих направлений решаются вопросы, связанные с разработкой общей

структуры системы автоматизированного проектирования, и вопросы, связанные с решением отдельных технологических задач. Как показала практика разработки САПР, эти группы вопросов проектирования теснейшим образом связаны между собой, и именно методы решения отдельных технологических задач в основном определяют общую структуру системы проектирования.

Одно из направлений САПР единичных технологических процессов базируется на традиционных методах проектирования. При обычном, неавтоматизированном проектировании выбор структуры технологического процесса основывается главным образом на опыте и интуиции технолога и на очень небольшом числе формальных правил. Однако существуют объективные связи между конструкцией, геометрической структурой и другими характеристиками машиностроительных деталей и оптимальной структурой технологического процесса их обработки. Формальную геометрическую модель детали представляют в виде конечного графа ее размерных связей. Граф размерных связей интерпретируется в виде матрицы смежности, которая строится на основании таблицы кодированных сведений о детали.

Излагаемая методика проектирования единичных технологических процессов предусматривает использование типовых решений не в виде технологических процессов, а в виде типовых схем установки заготовок, типовых планов обработки поверхностей и др., т.е. в виде типовых элементов технологического процесса. Поэтому при решении технологических задач широко применяются заранее подготовленные таблицы соответствий. В частности, на основе таких таблиц формируются планы (маршруты) обработки всех поверхностей детали.

Исходной информацией для синтеза технологического маршрута обработки детали является граф размерных связей и таблица выбранных планов обработки. Технологические методы обработки, вошедшие в планы обработки и принадлежащие разным вершинам графа, объединяются по типам станков с учетом деления операций на черновые, чистовые, отделочные и другие. При этом связи между вершинами графа не должны быть нарушены. В результате формируется операционный подграф, вершины которого содержат одноименные методы обработки и соединены между собой ребрами. На этом этапе практически заканчивается проектирование маршрутной технологии. Далее следует проектирование структуры операций и условий выполнения технологических переходов.

Существует еще один метод формирования САПР единичных технологических процессов. Рассматриваются три способа проектирования процессов механической обработки. Первый способ заключается в разделении общей задачи проектирования на ряд подзадач более простых, чем исходная. При этом структура и характеристики отдельных частей технологиче-

ского процесса выражаются через исходные данные в явном виде соотношениями, удобными для реализации на ЭВМ. Второй способ состоит в разделении процесса проектирования на ряд уровней, различных по степени детализации, начиная с уровня, определяющего наиболее общие характеристики технологического процесса, и заканчивая уровнями детализации, соответствующими заданию на проектирование. Третий способ сочетает в себе разделение процесса проектирования на ряд различных по детализации уровней и разбиение на каждом уровне общей задачи на ряд более простых задач.

Выделяются четыре уровня детализации технологических задач. Первый уровень отражает принципиальную схему технологического процесса, которая включает в себя состав и последовательность этапов изготовления детали.

Второй уровень – это проектирование маршрутного технологического процесса. Исходной информацией этого уровня проектирования являются полученные ранее принципиальные схемы технологического процесса, сведения о детали и об условиях производства. Цель второго уровня – получение наиболее рациональных вариантов маршрутного технологического процесса.

Третий уровень включает проектирование операционных технологических процессов на основе полученных ранее маршрутов обработки детали. Степень детализации маршрута доводится до окончания определения состава и последовательности переходов в каждой операции, выбора инструмента, определения оптимальных режимов резания.

Четвертый уровень детализации характерен для технологических процессов обработки деталей на станках с программным управлением. Степень детализации процесса обработки доводится до выявления отдельных элементов траектории режущего инструмента и команд управления станком.

Ввиду различной степени детализации проектируемого технологического процесса достоверность и точность оценок при выборе проектных решений на всех уровнях разная. На первом уровне оценка вариантов принципиальных схем процесса обработки основана на приближенных эвристических критериях, на втором и последующих уровнях оценки более точны. При этом чем выше степень детализации разработок, тем точнее оценки.

На всех уровнях проектирования наряду с детализацией производится корректировка и уточнение решений, принятых на предыдущих уровнях. Вследствие этого возникают обратные связи между уровнями проектирования. Кроме этого возникают обратные связи между различными задачами одного и того же уровня. Посредством этих связей корректируются и уточняются ранее принятые решения. Таким образом, проектирование представляет собой итерационный многоуровневый процесс последовательной детализации и оптимизации решений.

Одна из трудностей автоматизации проектирования процессов механической обработки заключается в том, что технологическая наука достаточно часто имеет описательный характер, для некоторых явлений отсутствуют строгие аналитические зависимости, используются сложная логика суждений и взаимосвязь, а также наблюдается взаимное влияние отдельных задач. При технологическом проектировании имеет место большая роль эмпирики, наличие мощных информационных потоков и большого числа составных элементов технологии (станки, инструмент, оснастка, режимы обработки, припуски и т.д.).

Список использованных источников

1. Информационные технологии поддержки жизненного цикла изделий машиностроения: проблемы и решения. / Л.В. Губич [и др.]. 2-е изд., испр. и доб. – Минск: Беларус, навук, 2010. – 286 с.

2. ГОСТ 14.301-83 Единая система технологической подготовки производства. Общие правила разработки технологических процессов.

УДК 629.3.014.2.017

К ОЦЕНКЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС-3022»

¹Подшиваленко И.Л., к.т.н., доцент; ¹Хитрюк В.А., к.т.н., профессор;

¹Гайдуков В.А., к.т.н., доцент; ¹Недосеко М.А., аспирант;

¹Езапенко М.В., студент; ²Клыбик В.К., заведующий лабораторией

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

г. Горки

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

г. Минск

Рост уровня механизации сельскохозяйственного производства, переоснащение хозяйств новой высокопроизводительной энергонасыщенной техникой создают предпосылки и вызывают необходимость совершенствования форм и методов ее использования на базе прогрессивных, научно обоснованных методов планирования и использования сельскохозяйственной техники в земледелии. В настоящее время сельскохозяйственное производство и используемая техника требуют аргументированности каждого принимаемого решения, обоснование его точности научными расчетами.

Повышение уровня технической готовности требует значительного увеличения надежности конструктивных элементов машин, дальнейшего совершенствования технического обслуживания и ремонта при снижении трудовых и материальных затрат. В связи с этим ставятся задачи даль-

нейшего развития средств и методов диагностики, изыскания резервов улучшения эксплуатации машинно-тракторного парка.

Проведенный анализ технической готовности машинотракторного парка сельскохозяйственной отрасли показал, что не всегда она соответствует необходимому нормативному уровню. Так по отдельным группам техники готовность находится на уровне 80–90 %, в связи, с чем потенциальные возможности имеющегося парка недоиспользуются более чем на 10 %. Это вызывает необходимость поиска новых научных методов управления техническим состоянием современной сельскохозяйственной техники включающих элементы диагностирования для повышения эксплуатационной надежности машин.

В этих условиях большую роль играет надежность энергонасыщенной техники, на которую ложится основной объем работ по почвообработке, посеву и уборке. Простой такой техники в период активных полевых работ могут обернуться непоправимыми потерями урожая.

Более чем четырехлетний опыт эксплуатации тракторов «Беларус-3022» в сельскохозяйственных организациях республики показал, что, с одной стороны – это основное тяговое энергетическое средство растениеводства, с другой – новая модель находится в стадии доработки со значительным количеством системных отказов.

На основании вышесказанного считаем целесообразным проведение исследований с целью установления причин выхода из строя тракторов «Беларус-3022» различных модификаций и разработку рекомендации по дальнейшему совершенствованию как самих машин, так и их технической эксплуатации.

Сбор данных о техническом состоянии тракторов «Беларус-3022» планируется осуществлять в хозяйствах Горецкого района и на технических центрах Могилевской области. Источником информации о техническом состоянии тракторов «Беларус-3022» будут служить: сервисные книжки, акты рекламации и данные с технических центров.

В технических центрах на каждый трактор заведена учетная карточка, в которой указываются: номер трактора и двигателя, район, эксплуатирующее трактор хозяйство, дата ввода в эксплуатацию, а также здесь фиксируются неисправности и соответствующая им наработка, причина неисправности, затраты на устранение, техническое обслуживание трактора и наработка. Учетные карточки ведутся в электронном виде.

При оценке надежности изделий учитывают отказы и события, нарушающие исправность изделия (неисправности).

При оценке надежности тракторов в качестве отказов следует учитывать: нарушения работоспособности, определяющие невозможность использования изделия по назначению, возникшие при транспортировании. При нарушении правил транспортирования обязательно составление акта рекламации и нарушения работоспособности изделия в этом случае не учитывают; несоответствия тракторов требованиям правил дорожного движения, запрещающим использование изделий, если эти несоответствия возникли в процессе эксплуатации; конструкционную доработку изделий, выполняемую в процессе испытаний с целью повышения надежности; операции технического обслуживания, необходимость проведения которых возникает ранее, чем установлено инструкцией по эксплуатации; нарушения работоспособности отдельных деталей, сопряжений и узлов, выявленные одновременно с проведением технического обслуживания, если их устранение не предусмотрено инструкцией по эксплуатации; нарушение работоспособности изделия вследствие поломок и предельных износов (размеров) деталей (узлов), установленных заводом-изготовителем, исключающее возможность дальнейшего их использования, выявленное при проведении заключительной технической экспертизы, если наработка изделия меньше нормативного ресурса до капитального ремонта или нормативного ресурса до списания; выход основных рабочих показателей, меняющихся в процессе эксплуатации, за предельные значения, установленные нормативно-технической документацией, техническими условиями на изготовление и поставку, техническими условиями на ремонт, техническим заданием на проектирование; каплепадение рабочих жидкостей (смазка, топливо, охлаждающая и специальная жидкости и т.д.); срабатывание механических предохранительных устройств (срез, разрыв и т.п.) без внешних причин при условиях работы, оговоренных техническим заданием и техническими условиями, и регулировках, предусмотренных инструкцией по эксплуатации; перегорание электроламп фар, задних габаритных огней, опознавательного знака автопоезда, фонаря заднего номерного знака, стоп-сигнала и контрольных ламп.

Одновременную замену (регулировку, восстановление) сопряженных деталей одного узла, проводимую с целью восстановления его работоспособности, регистрируют как один отказ. Например, одновременная замена втулки и вала; одновременная замена поршневых колец, поршня и гильзы.

Если нарушение работоспособности одной детали вызывает нарушение работоспособности прочих деталей данного или других агрегатов, следует регистрировать один отказ. Группу его сложности определяют по высшей группе сложности отказавших деталей, отказ относят к узлу и агрегату, деталь которого явилась первопричиной отказа.

При одновременном обнаружении нарушения работоспособности нескольких не сопряженных деталей одного узла вследствие их конструкци-

онных или производственных дефектов следует различать два случая: если причина нарушения работоспособности одна, то учитывают один отказ; если причины нарушения работоспособности разные, то число отказов учитывают по количеству причин.

При одновременном обнаружении нарушения работоспособности одноименных деталей узлов одного наименования по одной и той же причине учитывают один отказ.

Отказы изделий следует классифицировать по группам сложности по ОСТ 70.2.8-82. Согласно ему выделяются три группы отказов, которые обозначаются латинскими цифрами I, II и III.

Сущность методики по обработке отказов тракторов «Беларус-3022» заключается в том, что собранные данные по неисправностям классифицируются по группам сложности отказов агрегатов (узлов, механизмов) тракторов. Далее по выборке исследуемых машин определяют среднее число отказов, среднее число отказов первой, второй и третьей групп сложности за установленный период наблюдений, наработку на отказ и наработку на отказ каждой группы сложности за этот период, ресурс или наработку до замены деталей, узлов, агрегатов.

По окончании наблюдений будет составлен самостоятельный протокол, содержащий следующие сведения: устройство и техническую характеристику трактора; перечень тракторов, взятых под наблюдение, с общими сведениями о них (табл. 1); перечень отказов и неисправностей по основным системам и агрегатам машины (табл. 2); показатели безотказности трактора (табл. 3); показатели безотказности систем и агрегатов машин (табл. 4); анализ отказов.

Таблица 1 – Сведения о тракторах «Беларус-3022» и числе их отказов по группам сложности

Заводской номер		Нароботка Моточас	Число отказов			Наименование эксплуатирующего хозяйства	
машина	двигат.		Общее	I группы отказов	II группы отказов		III группы отказов
1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 2 – Перечень отказов и неисправностей трактора «Беларус-3022»

Шифр системы	Наименование системы, агрегата, узла	Наименование отказа (внешнее проявление и характер отказа)	Группа сложности	Количество случаев	Нароботка до отказа
1	2	3	4	5	6
Номер трактора _____ Дата ввода в эксплуатацию _____					
Наименование хозяйства _____					

Таблица 3 – Показатели безотказности трактора «Беларус-3022»

Наименование показателя	Значение показателя
1. Количество машин, шт.	
2. Средняя наработка одной машины, ч	
3. Общее количество отказов	
В том числе:	
I группы сложности	
II группы сложности	
III группы сложности	
4. Среднее количество отказов одной машины	
В том числе:	
I группы сложности	
II группы сложности	
III группы сложности	
5. Нарботка на отказ, ч	

Вышеприведенная методика позволит установить виды отказов тракторов «Беларус-3022» различных модификаций и причины их появления. Полученные результаты исследований позволят разработать рекомендации по дальнейшему совершенствованию как самих машин, так и их технической эксплуатации.

Таблица 4 – Показатели безотказности систем и агрегатов трактора при средней наработке

Шифр и наименование систем и агрегатов трактора	Среднее число отказов				Коэффициент отказов, %			
	I группа отказов	II группа отказов	III группа отказов	Общее	I группа отказов	II группа отказов	III группа отказов	Общее
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0110 – рама								
0400 – двигатель (демпфер)								
0140 – детали установки двигателя								
0150 – подвеска двигателя								
0420 – блок цилиндров в сборе								
0410 – головка цилиндров								
0440 – система топливоподачи								
0430 – система питания воздухом								
0450 – система смазки								
0460 – система водяного охлаждения								
1010 – водяной радиатор								
1020 – масляный радиатор								
1030 – система выпуска								
1040 – охладитель наддув. воздуха								
1050 – топливные баки								
1060 – управление двигателем								
1070 – средства пуска								
1110 – кабина (стекла)								

1	2	3	4	5	6	7	8	9
1120 – система кондиционирования								
1130 – облицовка								
0500 – сцепление (гидропривод)								
0600 – трансмиссия								
0601 – пром. соед. сцепления								
0602 – корпус сцепления								
0650 – гидромеханическая КП								
0660 – ведущие мосты								
0670 – конечные передачи								
0680 – передний ведущий мост								
0690 – вал отбора мощности								
0700 – ходовая система								
0710 – подвеска трактора								
0740 – колеса								
0750 – шины								
0810 – управление поворотом трактора								
0820 – гидросистема механизм поворота (ГОРУ)								
0830 – рабочие тормоза								
0840 – стояночный тормоз								
0850 – пневмосистема привода тормозов прицепа								
0900 – гидронавесная система								
0910 – агрегаты гидронавесной системы								
0920 – навесная система (течи РВД)								
0200 – электрооборудование								
0210 – генератор								
0220 – стартер (система пуска)								
0230 – регулятор напряжения								
0240 – аккумуляторы								
0260 – светотехника								
0270 – коммутационная аппаратура								
0300 – приборы								
0310 – тахометчик								
0320 – указатели								
0330 – датчики								
0340 – другие приборы (свечи накала)								
Итого								

Список использованных источников

1. ОСТ 70/23.2.8.-73. Испытания сельскохозяйственной техники. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Надежность. Сбор и обработка информации.
2. ОСТ 70/23.2.8.-82. Испытания сельскохозяйственной техники. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Надежность. Сбор и обработка информации.
3. Руководство по эксплуатации трактора БЕЛАРУС-3022.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО УСТРАНЕНИЯ ОТКАЗОВ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Миклуш В.П., к.т.н., профессор; Круглый П.Е., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск

Количество запасных частей может быть определено из условия минимизации суммарных потерь от простоя машины и издержек хранения запаса или с учетом того, чтобы вероятность безотказной работы кормоуборочного комплекса была не менее некоторой величины.

Если к началу уборки в резерве будет находиться n_{i0} деталей i -го наименования, то с вероятностью $P_{n_{i0}}$ кормоуборочный комплекс не будет простаивать из-за отсутствия i -ой детали

$$P_{n_{i0}} = \sum_{k=0}^{n_{i0}} P_k(T) = \sum_{k=0}^{n_{i0}} \frac{n_{i0}^k}{k!} e^{-n_{i0}}, \quad (1)$$

где $n_{i0} = \lambda_i T$ – средний расход i -ой детали за период уборки.

Здесь λ_i – параметр потока отказов i -ой детали, а T -период уборки (время занятости кормоуборочного комплекса в течение года). Таким образом, вероятность $P_{n_{i0}} = 1 - P$ гарантирует, что при наличии n_{i0} деталей все требования на нее будут удовлетворяться. В данном случае P является коэффициентом риска (вероятностью дефицита).

Оптимальный коэффициент риска определяется по выражению

$$P = \frac{C_{зан}}{C_{зан} + C_0}, \quad (2)$$

где $C_{зан}$, C_0 – удельные издержки соответственно хранения запаса и дефицитности.

Издержки содержания запасов включают в себя затраты на эксплуатацию складских помещений и потери от замораживания денежных средств, вложенных в запасы. Они оцениваются коэффициентом эффективности E .

С учетом сказанного годовые издержки хранения деталей:

$$C_r = C(E - E_c), \quad (3)$$

где C – стоимость запасных частей; E_c – коэффициент отчислений на содержание запасов.

При определении стоимости часа хранения запасных частей по отношению к времени работы кормоуборочного комплекса:

$$C_{\text{зат}} = \frac{C_r}{T}. \quad (4)$$

Удельные издержки дефицитности представляют собой ущерб от простоя кормоуборочного комплекса из-за нехватки запасных частей.

Тогда зависимость (2) с учетом выражений (3),(4) примет вид

$$P = \left[1 + \frac{C_H T}{C(E + E_C)} \right]^{-1}, \quad (5)$$

где C_H – ущерб от простоя кормоуборочного комплекса из-за нехватки запасных частей.

Изложенные зависимости позволяют планировать объем запасных частей для обеспечения эксплуатационной надежности кормоуборочных комплексов с гарантированной вероятностью.

Результаты расчетов по уравнению (5) необходимого на период уборки объема запасных частей для обеспечения безотказной работы кормоуборочных комплексов КВК-800 с гарантированной вероятностью 0,95 приведены в таблице 1. Из таблицы видно, что низкой надежностью обладают: нож КВС-2-0115503, нож КВС-2-0115503-01, лопасть КВС-1-0142492, брус противорежущий КВС-1-0117150.3, ремни 2НВ 2362 La, 3НВ 2162 La, 4НА 2886 La, 7НВ 9100 La, другие детали.

Таблица 1 – Количество запасных частей для комплектования передвижного поста ремонта КВК- 800 «Полесье-800»

№ п/п	Обозначение	Наименование	Необходимое количество по ,шт. на один комбайн
1	КВС-2-0115503	Нож (для барабана КВС-2-0115430)	6**
2	КВС-2-0115503-01	Нож (для барабана КВС-2-0115430)	6**
3	КВС-1-0142414	Лист	1
4	КВС-1-0142492	Лопасть (с 2010 г.)	8*
5	КВС-1-0142631	Болт (с 2010 г.)	6
6	КВС-1-0144421-01	Вставка	1
7	КВС-1-0117150.3	Брус противорежущий ф. «RiMa»	1
8	БКр59х215 I.И.Бкр.146.000	Брусок шлифовальный	2
9	215 212.0 или 214 213.0 или 0067 16 50	Болт	36
10	2НВ 2362 La	Ремень «Optibelt»	1
11	3НВ 2162 La исполнение 26	Ремень «Optibelt»	1*
12	4НА 2886 La исполнение 26	Ремень «Optibelt»(с 2009 г.)	1*
13	7НВ 9100 La исполнение	Ремень ф.«Optibelt»	1*

*Только для КВК-800-16; **Устанавливать попарно одной весовой группы

Из вышеперечисленных составных частей наименее надежны ножи КВС-2-0115503, КВС-2-0115503-01, лопасть КВС-1-0142492, которые обуславливают надежность кормоуборочного комплекса КВК-800 и вероятность его безотказной работы в течение периода уборки.

Для оперативного устранения отказов в период проведения уборочных работ предусматривается применение передвижных ремонтно-диагностических средств, укомплектованных на базе автомобилей ГАЗ 2705 фургон, ГАЗ-3309, ГАЗ-3308, МАЗ-457043 (рис. 1-4).

Перечень оборудования передвижной ремонтно-диагностической мастерской приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Примерный перечень оборудования передвижной ремонтно-диагностической мастерской

№ п/п	Наименование	Марка, техническая характеристика
1	2	3
1	Электрогенератор бензиновый, совмещенный со сварочным трансформатором (с комплектом принадлежностей и материалов для электросварщика)	220/380 ВТ, 7 к ВТ
2	Компрессор переносной с комплектом насадок: для покраски, накачки шин, нанесения антикоррозийных покрытий, очистки поверхностей сжатым воздухом, солидолонагнетателем (шприцом)	220В, P = 8 кгс/см ²
3	Модуль мойки агрегатов машины: мойка высокого давления; комплект насадок для мойки различных узлов и поверхностей	220В, P = 120-150 кгс/см ²
4	Модуль газосварки и газорезки: баллоны с кислородом и ацетиленом (или пропаном); соединительные шланги; комплект горелок; комплект принадлежностей и материалов для газосварщика	-
5	Комплект слесарного инструмента: электродрель; набор сверл; углошлифовальные машинки; комплект насадок для зачистки поверхностей; набор ручного слесарного инструмента	220 В d= 125 и d= 230 мм
6	Комплект измерительного инструмента: штангенциркуль; штангенглубиномер; рулетка; линейка измерительная металлическая; набор щупов №2; набор резьбовых шаблонов; нутромер; микрометры	-
7	Дроссель-расходомер	СДР-2 (КИ-28084М)
8	Комплект инструмента для текущего ремонта гидроагрегатов	ОР-28115
9	Модуль технического сервиса основных систем дизелей тракторов и комбайнов	КИ-28092.01
10	Стенд для испытания форсунок дизеля	М-106
11	Прибор для диагностирования турбокомпрессора авто-тракторных и комбайновых дизелей	-
12	Модуль контроля и регулировки автотракторного оборудования	КИ- 28157

1	2	3
13	Комплект слесарного инструмента для ремонта электро-оборудования	КИ-5920 М
14	Линейка для проверки сходимости колес	-
15	Станок настольно-сверлильный	-
16	Станок сверлильно-шлифовальный	-
17	Тиски слесарные настольные	125-150мм
18	Домкрат гидравлический подкатной	5 т
19	Пресс гидравлический ручной	10 т
20	Съемник гидравлический в комплекте с насосом РН- 700 с рукавом и манометром	СГ-11



Рис. 1. ГАЗ 2705 фургон



Рис. 2. ГАЗ-3309



Рис. 3. ГАЗ-3308



Рис. 4. МАЗ 457043

Список использованных источников

1. Миклуш, В.П., Круглый, П.Е. Оптимизация резерва составных частей для обеспечения работоспособности машин в гарантийный период / Вісник Харківського національного технічного університету с.-г. імені Петра Василенка. – Харків, 2005. – С. 25–28.

2. Круглый, П.Е., Шаровар, Т.А. Оптимизация поэлементного резерва составных частей для обеспечения работоспособности машин / Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса в АПК. – Ч. 1. – Минск, 2009. – С. 190–192.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И ИХ ОПТИМИЗАЦИЯ

*Ярошевич В.К., д.т.н., профессор; Гурский А.С., к.т.н., доцент
УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск*

В работе рассмотрены критерии, по которым можно оценить целесообразность восстановления деталей. С рыночных позиций как автотранспортные, так и специализированные ремонтные предприятия сейчас заботятся не о выполнении плана, а о прибыльности (или как минимум безубыточности) своей работы. Это возможно при экономически обоснованном подборе деталей для восстановления и правильно выбранном варианте технологии восстановления.

Анализ отечественного и зарубежного опыта в этой области показывает, что эту проблему можно решить по предлагаемому алгоритму (рис. 1).

Детали, снятые с автомобиля (агрегата, узла) и прошедшие соответствующую очистку, поступают на участок определения технического состояния (дефектации), где их разделяют на три группы: негодные (не подлежащие восстановлению); годные для восстановления; годные для повторного использования (без восстановления).

Восстановление деталей выгодно. Известно, что они теряют свою потребительскую стоимость, как правило, вследствие естественного износа рабочих поверхностей (0,2–1,5% по массе). Затраты на материалы при их восстановлении составляют 2–15% себестоимости (при изготовлении новой детали – 70–75%).

Первый этап предусматривает определение оптимальных способов восстановления отдельных поверхностей. Для этого используется методика, разработанная Шадричевым В.А. [1] и усовершенствованная Масино М.А. [2]. В соответствии с ней вначале рассматривают различные способы восстановления поверхностей и определяют среди них такие, которые в принципе могут быть применимы для данной детали (конкурентные способы). Для этого используются конструктивные и технологические характеристики деталей, учитывающие восемь наиболее важных признаков: форму, размеры, толщину покрытия, твердость поверхности, усталостную прочность материала детали, характер действующих нагрузок [3].

После этого способы оценивают по их эффективности. По чертежу детали выбирают класс и группу, к которой относится деталь по конструктивно-технологическим признакам. Классов деталей – 7 (корпусные, полые цилиндры, валы, диски и т.д.), в каждом классе может быть от 3 до 7 групп (для валов, например, это полуоси, валы коленчатые, оси, штанги,

валы шлицевые и др.). В зависимости от класса и группы детали выбирают конкурентные способы восстановления и производят их оценку.

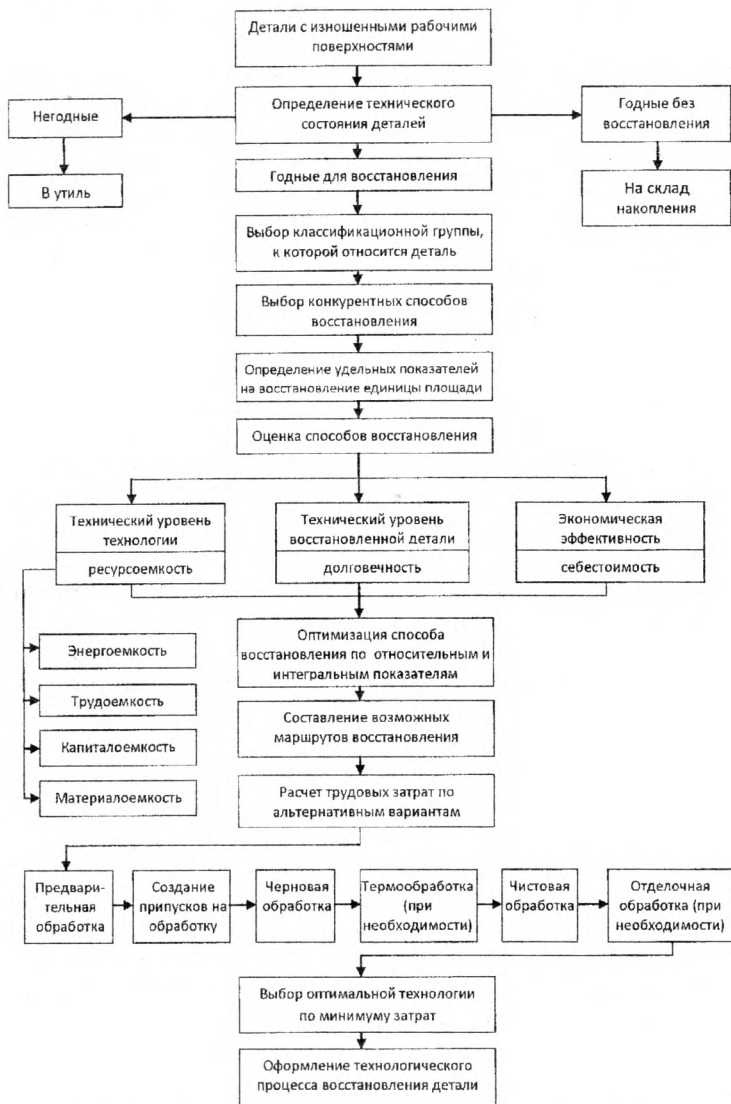


Рис. 1. Схема этапов разработки технологии восстановления деталей

При этом учитывается технический уровень восстановительной технологии, экономическая эффективность восстановительного производства и технический уровень восстановленных деталей.

Технический уровень технологии характеризуется показателем ресурсоемкости, включающем энергоемкость, капиталоемкость, материалоемкость и трудоёмкость.

Технический уровень детали после восстановления оценивается по двум показателям – точности и долговечности. Так как технические требования к геометрическим размерам и физико-механическим свойствам новых и восстановленных деталей одинаковы, то достаточно, чтобы деталь обладала достаточной долговечностью.

Экономическая эффективность оценивается по себестоимости восстановленной детали.

Конкурирующие способы характеризуются удельными показателями на 1 дм² восстанавливаемой поверхности: энергозатратами W , расходом материалов Q , показателем использования площади β , трудоемкостью q_c , себестоимостью восстановления C_v и относительной долговечностью α [4].

Для выполнения анализа и определения наиболее эффективного варианта восстановления детали составляем таблицу следующей формы (табл. 1).

Таблица 1 – Таблица для расчета эффективности способов восстановления

Возможные способы восстановления	Удельные показатели на 1 дм ² поверхности					Относительный удельный показатель i -го способа	Относительная долговечность	Значение интегрального показателя
	W , кВт	Q , кг	β , м ²	T , чел.-ч	C_v , у.е.			
Способ №1	W_1	Q_1	b_1	T_1	C_{v1}	γ_1	α_1	I_1
Способ №2	W_2	Q_2	b_2	T_2	C_{v2}	γ_2	α_2	I_2
...
Способ № n	W_n	Q_n	b_n	T_n	C_{vn}	γ_n	α_n	I_n
Суммарное значение удельных показателей	ΣW_n	ΣQ_n	Σb	ΣT_n	ΣC_{vn}	–	–	–

Относительный удельный показатель i -го способа рассчитывается по формуле

$$\gamma_i = \frac{W_i}{\Sigma W_n} + \frac{Q_i}{\Sigma Q_n} + \frac{\beta_i}{\Sigma \beta_n} + \frac{T_i}{\Sigma T_n} + \frac{C_{Bi}}{\Sigma C_{Bn}}, \quad (1)$$

где $W_i, Q_i, \beta_i, T_i, C_{Bi}$ – значение удельных показателей i -го способа восстановления; $\Sigma W_n, \Sigma Q_n, \Sigma \beta_n, \Sigma T_n, \Sigma C_{Bn}$ – сумма значений одноименных удельных показателей всех возможных способов восстановления.

Интегральный показатель i -го способа определяется следующим образом:

$$I_i = \frac{\gamma_i}{\alpha_i}, \quad (2)$$

где γ_i – относительный удельный показатель i -го способа; α_i – относительная долговечность детали, восстановленной i -м способом.

Оптимальный способ восстановления детали имеет минимальное значение интегрального показателя.

На кафедре технической эксплуатации автомобилей БНТУ разработана программа «ОптТех», реализующая приведенную последовательность операций по имеющимся исходным данным с выдачей на печать трех наиболее эффективных способов восстановления отдельных поверхностей детали.

Следующим этапом является разработка технологического процесса (ТП) восстановления детали в целом. Оптимизация ТП заключается в том, что из числа возможных технологических операций, образующих процесс, определяют такую их последовательность, которая обеспечит требуемую производительность и качество с наименьшими затратами [5].

При выборе варианта ТП содержание операций процесса восстановления детали выбирают из графа (рис. 2), составленного из вершин и дуг. Каждый горизонтальный ряд вершин графа – это i -е подмножество однотипных технологических операций. Так, например, операция «нанесение покрытия» при восстановлении детали может быть представлена такими ее видами, как наплавка, напыление, электрохимическое нанесение и др. Виды технологических операций выбираются из логических и эвристических представлений о различных способах восстановления [6]. Число рядов вершин в общем виде равно числу технологических операций, составляющих ТП. Каждая операция ТП необходима и достаточна для приведения восстанавливаемого изделия в состояние, которое определено конструкторской документацией. Длину каждой дуги графа определяют как затраты на выполнение операции.

Таким образом, все вершины графа, построенного по правилам «морфологического» анализа, соответствуют составу операций, а дуги – трудовым затратам на выполнение технологических операций. Вершины графа, взятые по одной из каждого ряда, определяют один из вариантов технологического процесса. Оптимизация процесса заключается в поиске кратчайшего пути из вершины O в одну из вершин нижнего яруса графа, а соответствующие вершины на этом пути определяют оптимальный состав

операций технологического процесса. Выбранные на графе направления движения из его вершин обозначают стрелками. Расчеты при этом ведутся от вершины к нижнему ряду. Двигаясь в найденных направлениях из вершины O графа через одну из вершин каждого яруса, находят сочетание операций, которое обеспечивает наименьшие затраты на выполнение технологического процесса. Соответствующее значение целевой функции читают в нижней вершине графа.

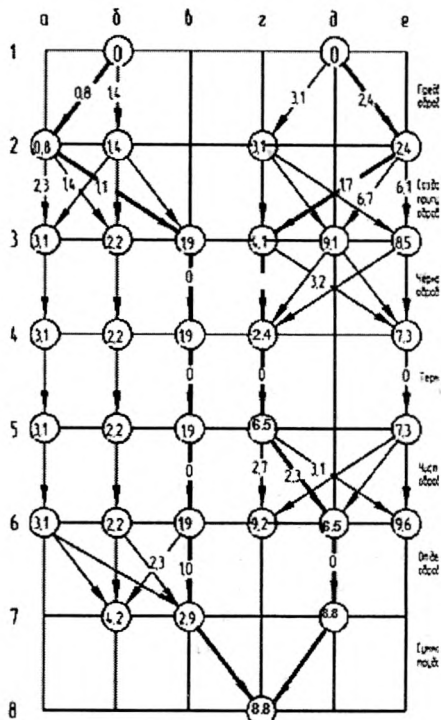


Рис. 2. Граф вариантов технологического процесса восстановления гильзы цилиндра

В качестве примера рассмотрим процесс восстановления гильзы цилиндра двигателя ЯМЗ-238 с износом внутренней поверхности цилиндра и наружной цилиндрической поверхности верхнего пояса.

Морфологическая матрица и соответствующий ей граф вариантов ТП с затратами на выполнение операций приведены на рисунке 2 и в таблице 2. Значения длин дуг графа приведены в их разрывах (величина трудозатрат).

Таблица 2 – Матрица операций технологического процесса восстановления гильзы цилиндра

Содержание операций		Способ реализации	Координаты вершин	Трудовые затраты, мин
Предварительная обработка	а) Пояска	Точение	2а	0,8
		Шлифование	2б	1,4
	б) Цилиндра	Точение	2е	2,4
		Шлифование	2г	3,1
Создание припуска на обработку	а) Пояска	Железнение	3а	2,3
		Дуговое напыление	3б	1,4
		Электромагнитное нанесение порошка	3в	1,1
	б) Цилиндра	Термопластичное обжатие	3г	1,7
		Установка ДРД	3е	6,1
		Железнение	3д	6,7
Черновая обработка	а) Пояска	-	-	-
	б) Цилиндра	Растачивание	4г	2,4
		Шлифование	4е	3,2
Термообработка	а) Пояска	-	-	-
	б) Цилиндра	-	-	-
Чистовая обработка	а) Пояска	-	-	-
	б) Цилиндра	Чистовое точение	6г	2,7
		Хонингование	6д	2,3
		ППД	6е	3,1
Отделочная обработка	а) Пояска	Полирование	7б	2,3
		ППД	7в	1,0
	б) Цилиндра	-	-	-
Суммарная трудоемкость, мин				11,7

Расчет производится по отдельным по дефектам – износ пояска и диаметра цилиндра, а в нижней вершине графа получаем суммарные затраты времени на восстановление гильзы. В качестве критерия оптимизации выбраны трудозатраты ввиду легкости расчета их величины, кроме того, от трудоемкости работ зависят также расход материалов, электроэнергии, амортизация оборудования и т.д. По трудозатратам можно рассчитать заработную плату исполнителей, а по ней и стоимость восстановления детали в денежном выражении.

Расчеты начинают с определения минимального значения затрат в вершинах второго яруса графа, потому что значения затрат выше 1-го яруса формально равны нулю. Сравнение длин дуг 1б-2а и 1б-2б (для пояска) и 1д-2г и 1д-2е (для цилиндра) дает основание выбрать направление движения вдоль дуг 1б-2а и 1д-2е и ориентировать их стрелкой в вершины 2а и 2е, в которые вписывается минимальное значение функции (0,8 и 2,4 мин). Из вершины 2а возможны три пути движения, но путь по дуге 2а-3в дает минимальное значение затрат (1,9 мин). Аналогично для цилиндра из вершины 2е движемся по дугам 2е-3г, 2е-3д и 2е-3е, но выбираем путь по дуге 2е-3г, а в вершину 3г вписываем минимальное значение

затрат. Для пояска гильзы операции черновой, термической и чистой обработки отсутствуют, поэтому на 4, 5 и 6 ярусы по направлениям а, б и в опускаются цифры, записанные в вершинах 3а, 3б и 3в.

Для цилиндра из вершины 3г есть два пути – вдоль дуг 3г-4г и 3г-4е. Выбираем путь 3г-4г с минимумом затрат, величину которых вписываем в вершину 4г (6,5 мин). Операцию термообработки опускаем, а цифры из вершин 4г и 4е опускаем в вершины 5г и 5е. Из вершины 5г возможны три пути, выбираем дугу 5г-6д и минимальное значение затрат вписываем в вершину 6д.

Рассмотрим движение с 6 на 7 ярус. Отделочная обработка пояска осуществляется по дуге 6в-7в, и суммарные затраты на его восстановление вписываем в вершину 7в (2,9 мин). Отделочная обработка цилиндра не производится, поэтому окончательные затраты на его восстановление переносятся из вершины 6д в вершину 7д. Суммарные трудозатраты на восстановление гильзы цилиндра вписываем в вершину 8г (11,7 мин).

На кафедре технической эксплуатации автомобилей БНТУ разработана программа выбора оптимальной технологии восстановления детали «ВосстТех», реализующая изложенную методику.

Рассматриваемый метод выбора технологического процесса восстановления детали учитывает освоенные и перспективные способы создания ремонтных заготовок, а также и их обработки и обеспечивает наименьшие затраты на его реализацию. Изменение затрат на отдельные виды работ и появление новых технических решений могут потребовать пересмотра результатов проделанной работы.

Выбранный по результату оптимизации технологический процесс оформляется в виде технической документации.

Список использованных источников

1. Шадричев, В.А. Основы выбора рационального способа восстановления автомобильных деталей металлопокрытиями / В.А. Шадричев. – М.: Машгиз, 1962. – 296 с.
2. Масино, М.А. Организация восстановления автомобильных деталей / М.А. Масино. – М.: Транспорт, 1981. – 176 с.
3. Ярошевич, В.К. Технология ремонта автомобилей / В.К. Ярошевич, А.С. Савич, А.В. Казацкий. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 392 с.
4. Савич, А.С. Технология и оборудование ремонта автомобилей / А.С. Савич, В.П. Иванов, В.К. Ярошевич. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2009. – 464 с.
5. Ярошевич, В.К. – Технология производства и ремонта автомобилей / В.К. Ярошевич, А.С. Савич, В.П. Иванов. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2011. – 592 с.
6. Восстановление деталей машин: справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.

ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

*Ярошевич В.К., д.т.н., профессор; Гурский А.С., к.т.н., доцент
УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск*

Современные автомобили имеют значительные преимущества по экономическим, экологическим, эргономическим и другим показателям по сравнению с автомобилями, выпускавшимися ранее. Для достижения высоких показателей по различным критериям значительно усложнилась конструкция систем и механизмов автомобиля. В современном автомобиле электронный блок управления контролирует и управляет впрыском топлива, зажиганием, содержанием токсичных компонентов в отработавших газах как на уровне изменения впрыска топлива, так и на уровне дожигания не прореагировавших компонентов, сжиганием паров топлива, стабилизацией режима холостого хода, изменением фаз газораспределения и другими системами. Немаловажное значение имеет введение обратной связи в различных системах для корректирования выходных показателей работы двигателя.

Электронный блок управления (ЭБУ) получает электрические сигналы от датчиков в ожидаемом интервале значений, оценивает их и затем проводит вычисление пусковых сигналов для исполнительных устройств (приводов). Одной из важных функций, осуществляемых блоком управления, является непрерывная самодиагностика как входных и выходных цепей компонентов, так и некоторых функций внутреннего состояния системы. В современных блоках управления осуществление функций самодиагностики занимает до 50% ресурсов микропроцессора [1]. В случае нахождения неисправностей в какой-либо цепи (например, отсутствие или несоответствие заданному уровню сигнала какого-либо датчика) микрокомпьютер записывает соответствующий данной неисправности цифровой код в специальную область памяти, для того чтобы получить информацию о характере неисправности, необходимо осуществить «считывание» кода из памяти компьютера [2]. В более ранних системах это можно сделать переводом компьютера в режим выдачи диагностических кодов посредством вспышек индикаторных ламп.

Для того чтобы удостовериться в наличии нормального напряжения питания и в том, что выходной сигнал датчика находится в допустимых пределах (например, для температурного датчика это диапазон между -40 и $+150$ °С), работа датчиков отслеживается встроенными диагностическими устройствами. В том случае, когда величина сигнала, поступающе-

го в блок управления от какого-либо датчика, или совокупность сигналов от различных датчиков отличается от требуемых значений, микропроцессор анализирует создавшуюся ситуацию. В результате выявляются дефекты датчиков и исполнительных устройств, обрывы и короткие замыкания в электропроводке. Эти данные записываются в память и одновременно включаются соответствующие индикаторы, предупреждающие водителя. Сигналы наиболее важных датчиков, насколько это возможно, дублируются. Это означает, что в случае нарушения работы может быть использован другой подобный сигнал, или может быть выполнено два-три выбора [3].

Определение неисправностей осуществляется в пределах специальной области слежения за работой датчиков. В случае систем с программами обратной связи, например, контроль давления, можно также диагностировать отклонение от данного диапазона регулирования.

Путь прохождения сигнала может считаться неправильным, если неисправность присутствует больше заданного периода времени. Если однажды этот период был превышен, то неисправность сохраняется в памяти ЭБУ вместе с параметрами условий, при которых она случилась (например, температура охлаждающей жидкости, частота вращения коленчатого вала двигателя и др.). Для многих неисправностей возможна повторная проверка датчика, если путь прохождения данного сигнала будет определен при отслеживании как не имеющий неисправности в рассматриваемом периоде времени [4].

Если выходной сигнал датчика выходит за допустимые пределы, то происходит переключение на значение сигнала по умолчанию. Эта процедура используется применительно к следующим входным сигналам: напряжению аккумуляторной батареи; температуре охлаждающей жидкости, воздуха на впуске, моторного масла; давлению наддува; атмосферному давлению и расходу воздуха на впуске.

В случае нарушения важных для движения функций осуществляется переключение на заменяющие функции, которые позволяют доставить автомобиль до ближайшего предприятия автосервиса.

Кроме выдачи кодов, почти все современные блоки управления обеспечивают вывод на диагностический разъем потока цифровых параметров в реальном масштабе времени. Список этих параметров включает параметры работы датчиков, параметры рассчитанных процессором сигналов и параметры внутреннего состояния системы. Блоки управления с развитыми функциями самодиагностирования способны выводить до 40...50 и более различных параметров работы системы управления.

Многие блоки управления, кроме перечисленных выше функций, позволяют работать в двухстороннем интерактивном режиме. В этом случае непосредственно с клавиатуры сканера можно управлять регулируемыми

компонентами системы (форсунки, реле, соленоиды), проверяя таким образом исправность различных контуров управления, или осуществлять специальные тесты (например, баланс мощности цилиндров посредством последовательного отключения форсунок).

Любая современная микропроцессорная система управления обладает некоторыми диагностическими возможностями. Эти возможности реализуются контроллером в соответствии с программой, заложенной в постоянной памяти, во время, когда микропроцессор не полностью загружен выполнением основных управляющих алгоритмов, т.е. в фоновом режиме.

Во время обычной эксплуатации автомобиля контроллер периодически тестирует его электрические и электронные компоненты. При обнаружении неисправности контроллер переходит в аварийный режим работы, подставляя в алгоритмы подходящее значение параметра вместо того, которое дает неисправный блок. Например, если контроллер обнаружит неисправность в цепи датчика температуры охлаждающей жидкости, программа установит значение температуры для штатной работы двигателя (обычно 80 °С) и будет использовать это значение при реализации управляющих алгоритмов, чтобы автомобиль оставался на ходу. Замещающее значение будет храниться в памяти ЭБУ. Водитель информируется о неисправности с помощью контрольной лампы CHECK ENGINE (или светодиода), расположенной на панели приборов.

Программное обеспечение современных автомобильных бортовых диагностических систем соответствует стандарту OBD-II (On Board Diagnostic). Разработка требований и рекомендаций OBD-II велась под эгидой EPA (Environmental Protection Agency - Агентство по охране окружающей среды при правительстве США), при участии CARB (California Air Resources Board - отдел по охране окружающей среды при правительстве штата Калифорния) и SAE (Society of Automotive Engineers - Международное общество автомобильных инженеров). OBD-II предусматривает более точное управление двигателем, трансмиссией, каталитическим нейтрализатором и т.д. Доступ к системной информации ЭБУ можно осуществлять неспециализированными сканерами. С 1996 г. все продаваемые в США автомобили соответствуют требованиям OBD-II. В Европе аналогичные документы принимаются традиционно с запаздыванием по отношению к США, тем не менее аналогичные правила вступили в силу с 1 января 2000 г. (EOBD - European On Board Diagnostic).

От применения стандарта OBD-II процесс диагностики электронных систем автомобиля стандартизируется, и можно один и тот же сканер без специальных адаптеров использовать для тестирования автомобилей всех марок (продаваемых в США начиная с 1996 г.). Выполнение стандарта OBD-II обеспечивает: стандартный диагностический разъем; стандартное размещение диагностического разъема; стандартный протокол обмена

данными между сканером и автомобилем; стандартный список кодов неисправностей; сохранение в памяти ЭБУ кадра значений параметров при появлении кода ошибки («замороженный» кадр); мониторинг бортовыми диагностическими средствами компонентов, отказ которых может привести к увеличению токсичных выбросов в окружающую среду; доступ неспециализированных сканеров к кодам ошибок, параметрам, «замороженным» кадрам, тестирующим процедурам и т.д.

Обмен информацией между сканером и автомобилем производится согласно международному стандарту ISO 9141 и стандарту SAE J1850. Стандарт J1979 устанавливает список кодов ошибок и рекомендуемую практику программных режимов работы для сканера [5].

В соответствии с требованиями OBD-II бортовая диагностическая система должна обнаруживать ухудшение работы средств доочистки токсичных веществ в выхлопных газах. Например, индикатор неисправности в терминологии систем OBD-II лампа Malfunction Indicator Lamp (MIL), которая является аналогом прежней лампы Check Engine. Она включается при увеличении содержания CO или CH в отработавших газах на выходе каталитического нейтрализатора более чем в 1,5 раза по сравнению с допустимыми значениями. Такие же процедуры применяются и к другому оборудованию, неисправность которого может привести к увеличению загрязнения окружающей среды.

Диагностика и самотестирование в системах OBD-II осуществляется подпрограммой Diagnostic Executive, часто называемой просто Executive. Executive с помощью специальных программ – мониторов (emission monitor) контролирует до семи различных систем автомобиля, неисправность в работе которых может привести к увеличению загрязнения окружающей среды. Остальные датчики и исполнительные механизмы, не вошедшие в эти семь систем, контролируются восьмым монитором (comprehensive component monitor - CCM). Executive работает в фоновом режиме и осуществляет постоянный контроль оборудования с помощью упомянутых программ – мониторов без вмешательства человека.

Каждый монитор может осуществить тестирование во время поездки, то есть цикла «ключ зажигания включен - двигатель работает - ключ выключен» при выполнении определенных условий. Критерием может быть время после запуска двигателя, обороты двигателя, скорость автомобиля, положение дроссельной заслонки и т.д. Многие тесты выполняются на прогревом двигателе. Производители по-разному устанавливают это условие, например, для автомобилей Ford это означает, что температура двигателя превышает 70 °С и в течение поездки она повысилась не менее чем на 20 °С.

По различным причинам подпрограмма Executive может задержать выполнение теста: отмененные тесты – подпрограмма выполняет некоторые

вторичные тесты только если прошли первичные, в противном случае тест не выполняется; конфликтующие тесты – иногда одни и те же датчики и компоненты должны быть использованы разными тестами. Подпрограмма не допускает этого, задерживая один тест до конца выполнения второго; задержанные тесты – тесты и мониторы имеют различный приоритет, подпрограмма Executive задержит тест с более низким приоритетом, пока не выполнит тест с более высоким приоритетом.

Подпрограмма Executive осуществляет три вида тестов: пассивный тест означает просто наблюдение (мониторинг) за значениями параметров системы или цепи; активный тест реализуется, когда система не проходит пассивный тест. Предполагается подача тест-сигнала и регистрация реакции системы на него. Тест-сигнал должен оказывать минимальное воздействие на текущую работу исследуемой системы, если не прошли активный и пассивный тесты. Подпрограмма выполнит тест, во время которого режимы двигателя и подсистем могут меняться.

Результаты выполнения тестов передаются от мониторов подпрограмме Executive. Коды ошибок обнаруженной неисправности записываются в память ЭБУ, и зажигается лампа MIL, если неисправность подтверждается в двух подряд поездках.

Монитор ССМ контролирует входные и выходные сигналы компонентов и подсистем вне деятельности первых семи мониторов. В зависимости от вида цепи ССМ может установить обрыв, замыкание или несоответствие сигнала норме. Проводятся также тесты на «рациональность» для входных и «функциональность» для выходных сигналов, проверяющие соответствие их значений режиму. Например, проверка на рациональность выходного сигнала датчика положения дроссельной заслонки в системе управления впрыском с определением массы воздуха по его объемному расходу предполагает сравнение сигналов с датчиков положения дроссельной заслонки и абсолютного давления во впускном коллекторе. При большем открытии дроссельной заслонки разрежение во впускном коллекторе уменьшается, сигнал с датчика абсолютного давления должен это подтверждать. При нормальной работе сигналы этих двух датчиков соответствуют друг другу, что и проверяется монитором ССМ.

В зависимости от типа ЭБУ монитор ССМ может контролировать следующие устройства: датчик массового расхода воздуха; датчик температуры охлаждающей жидкости; датчик температуры воздуха; датчик положения дроссельной заслонки; датчик положения коленчатого вала; датчик положения распределительного вала; бензонасос и т.д.

Посредством первых семи мониторов подпрограмма Executive контролирует подсистемы автомобиля, неисправности в которых могут увеличить количество выбрасываемых в окружающую среду токсичных веществ. Эти мониторы способны обнаруживать ухудшение характеристик

обслуживаемых подсистем, приводящее к превышению норм на токсичность в 1,5 раза. Мониторы обслуживают: каталитический нейтрализатор; датчики кислорода; пропуски воспламенения; топливную систему; систему улавливания паров топлива в баке; систему рециркуляции выхлопных газов; систему подачи воздуха в выпускной коллектор.

Разрешающие критерии для работы мониторов: температура охлаждающей жидкости более 75 °С; скорость автомобиля превышает 20 км/ч более чем 2 мин; дроссельная заслонка открыта; система управления двигателем работает в режиме с обратной связью; частота вращения коленчатого вала двигателя в пределах 1248... 952 об/мин для автоматической коробки передач и 1248...2400 об/мин – для ручной; напряжение на выходе датчика абсолютного давления во впускном коллекторе в пределах 1,5...2,6 В.

Критерии отмены работы мониторов: наличие кодов ошибок из-за пропусков воспламенения; наличие кодов ошибок, установленных монитором датчиков кислорода; наличие кодов ошибок из-за неисправности датчика кислорода на входе каталитического нейтрализатора; наличие кодов ошибок из-за неисправности датчика кислорода на выходе каталитического нейтрализатора; наличие кодов ошибок из-за работы топливной системы на переобогащенной смеси; наличие кодов ошибок из-за работы топливной системы на переобедненной смеси; система управления двигателем работает в аварийном режиме, имеются коды ошибок из-за датчиков абсолютного давления во впускном коллекторе, положения дроссельной заслонки или температуры охлаждающей жидкости; наличие кодов ошибок из-за рациональности сигнала датчика кислорода на входе каталитического нейтрализатора; наличие кодов ошибок из-за рациональности сигнала датчика кислорода на выходе каталитического нейтрализатора.

Конфликты при работе мониторов: работает монитор системы рециркуляции выхлопных газов; работает монитор системы улавливания паров бензина в баке; двигатель заведен менее 60 секунд тому назад; в предыдущей поездке был получен код ошибки из-за пропуска воспламенения; в предыдущей поездке монитором датчиков кислорода был получен код ошибки; в предыдущей поездке был получен код ошибки из-за неисправности нагревателя входного датчика кислорода; в предыдущей поездке был получен код ошибки из-за неисправности нагревателя выходного датчика кислорода; в предыдущей поездке был получен код ошибки из-за работы топливной системы с переобедненной смесью; в предыдущей поездке был получен код ошибки из-за работы топливной системы с переобогащенной смесью [6].

Таким образом, использование мониторов работы значительно упрощает диагностирование электронных систем управления. Однако усложнение конструкции за счет мониторинга зачастую приводит к неадекват-

ному поведению электронной системы управления, что в свою очередь приводит к ухудшению достоверности результатов при выполнении диагностирования. Результаты, полученные при компьютерном диагностировании обязательно необходимо подтверждать проведением поэлементного диагностирования. Использование функций активации исполнительных механизмов и вывод фактических параметров с использованием компьютерного сканирующего тестера значительно сокращают объем работ поэлементного диагностирования. Достоинством введения системы OBD-II является диагностирование электронных систем управления различных марок автомобилей универсальными сканирующими тестерами.

Список использованных источников

1. Элементы автоматики: учеб.-метод. пособие / М.Г. Киселев [и др.]. – Минск: БНТУ, 2010 – 113 с.
2. Экология и ресурсосбережение на транспорте: учебник / М.М. Болбас [и др.]; под ред. М.М. Болбаса. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2011. – 296 с.: ил.
3. Соснин, Д.А., Яковлев, В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. – М.: СОЛОН - Пресс, 2005. – 240 с., ил.
4. Тюнин, А.А. Диагностика электронных систем управления двигателем легковых автомобилей. М.: СОЛОН - Пресс, 2007. – 352 с., ил.
5. Савич, Е.Л., Болбас, М.М., Ярошевич, В.К. Техническое обслуживание и ремонт легковых автомобилей / Под общ. ред. Е.Л. Савича. – Минск: Вышэйш. школа, 2001. – 252 с.
6. Электронные системы управления автомобилем: лабораторные работы (практикум) для студентов специальностей 1-37 01 06 «Техническая эксплуатация автомобилей» и 1-37 01 07 «Автосервис»: в 3 ч. Ч. 1. «Диагностирование электронных систем управления двигателем» / Сост.: Е.Л. Савич, А.С. Гурский. – Минск: БНТУ, 2007. – 80 с.

УДК 631.3.02:621.78.084

ПРИМЕНЕНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ЗАКАЛОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ЖИДКОСТЬЮ ДЛЯ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛЕЙ ПОНИЖЕННОЙ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ

¹*Бетенья Г.Ф., к.т.н., доцент, ¹Анискович Г.И., к.т.н., доцент,*

²*Щерба А.В, директор*

¹*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

г. Минск

²*ОАО «Минский агросервис», г. Минск*

Для обеспечения длительной эксплуатации сменных деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин (ДРОМ), работающих в тяжелых условиях абразивного изнашивания, характерных для почв республики, необходимо при их производстве применять качественные конструкционные стали и соответствующие технологии их упрочнения.

Традиционно применяемые материалы и технологии упрочнения деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин достигли своего предела в получении требуемой конструкционной прочности и износостойкости и требуют эффективной замены. Основная причина состоит в том, что с увеличением прочности (твердости) и износостойкости пластичность сталей уменьшается [1, 2]. Наличие абразивной среды, значительных ударных нагрузок, высоких напряжений и ряд других причин обусловили необходимость поиска новых подходов для повышения свойств конструкционных сталей в результате формирования в них объемного микро- и наноструктурированного состояния [2–4]. На современном этапе развития металловедения из уже получивших практическую реализацию на наномасштабном уровне явлений можно выделить два основных направления:

1) упрочнение стали путём контролируемого введения ультра- и мелкодисперсных наночастиц [1, 2, 5];

2) упрочнение за счёт фрагментации – специального управляемого измельчения структуры стали [6–8].

В последнее время установлено, что наряду с интенсивной пластической деформацией эффективное формирование мелкодисперсных структур может быть достигнуто и при закалке конструкционных сталей за счет фазового превращения в процессе охлаждения [3]. Практические результаты достигнуты европейскими, американскими и японскими производителями. В работе [7] сообщается о получении в промышленных условиях стальных заготовок толщиной более 200 мм с размером структурных элементов не более 40 нм.

В случае применения углеродистых конструкционных сталей, в частности сталей пониженной прокаливаемости (ПП), отличающихся относительной дешевизной и недефицитностью, возможен вариант термической обработки на получение мартенситной структуры с повышением их прочностных характеристик на 25–30% без снижения ударной вязкости [9]. Получение требуемых механических свойств достигается за счет формирования объемной нанокристаллической структуры при реализации импульсного закалочного охлаждения жидкостью (ИЗОЖ) рабочих органов с последующим низким отпуском.

Термическая обработка деталей рабочих органов из углеродистой стали 60ПП выполнялась на экспериментальной закалочной установке с различной интенсивностью охлаждения. Детали нагревались до температуры закалки с точностью ± 5 °С, время аустенизации составляло 10 мин. Охлаждение осуществлялось потоком воды при различных значениях давления и расхода. Температура воды находилась в пределах 5–35 °С, время охлаждения – в интервале 0,5–5 с в зависимости от толщины изделия.

Техническое обеспечение технологии ИЗОЖ включает функционирование взаимосвязанных технических средств, с помощью которых реализуются:

- импульсная подача охлаждающей жидкости к закалочному устройству;
- управление продолжительностью технологического цикла охлаждения;
- управление в автоматическом режиме обратным снабжением охлаждающей жидкостью.

Оценка оптимальных технологических параметров термического цикла осуществлялась по показателям качества изделия. На первое место среди этих показателей ставится структурное состояние металла изделия, приобретаемое в процессе термической обработки.

Исследование микроструктуры упрочненных поверхностей деталей после закалки и низкого отпуска проводилось на образцах в двух плоскостях по схеме, представленной на рисунке 1. Образцы вырезались из деталей рабочих органов (лемехов, дисков и др.) почвообрабатывающих машин после различных режимов термической обработки.

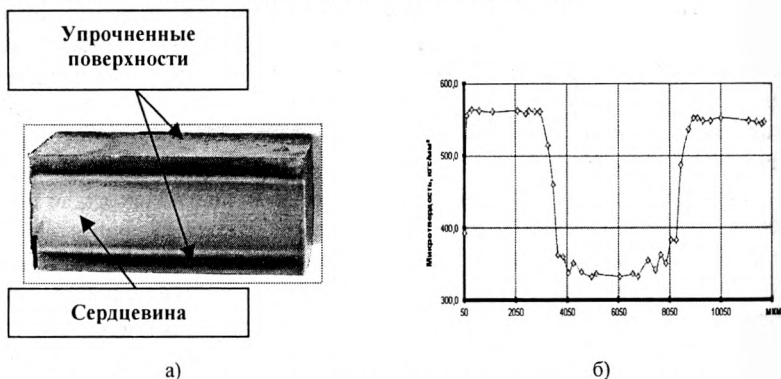


Рис. 1. Схема расположения исследуемых поверхностей а) и результатов измерения микротвердости по толщине б) образца из стали 60ПП

Микроструктура упрочненного слоя и сердцевины изучалась на световом микроскопе «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия) при увеличении $\times 500$. Микроструктура упрочненных слоев дополнительно исследовалась на сканирующем электронном микроскопе высокого разрешения «Mira» фирмы «Tescan» (Чехия) при увеличении $\times 5000$, $\times 20000$, $\times 50000$, $\times 80000$ и с использованием детектора Nordlys II EBSD (Oxford Instruments) обратно рассеянных электронов.

Характеристика и балл мартенсита определялись по ГОСТ 8233, размеры фрагментов мартенсита с использованием метода секущих (метод подсчета пересечений границ зерен по ГОСТ 5639).

Фазовый состав, количество остаточного аустенита определялось на дифрактометре общего назначения ДРОН-3.0 в *CuK* монохроматизированном излучении, вторичная монохроматизация осуществлялась пиролитическим графитом с вращением образца в собственной плоскости. Количество остаточного аустенита и мартенсита рассчитывались с помощью программы автоматизированного рентгеновского исследования «WinDif», по отношению интенсивностей линий всех фаз, присутствующих в образце.

Твердость по Роквеллу определялась на твердомере ТК14-250 по ГОСТ 9013. Испытания на трехточечный изгиб проводили на универсальной испытательной машине «Инстрон 1195» в соответствии ГОСТ 473.8.

Сталь 60ПП в исходном состоянии (в состоянии поставки после отжига) имеет феррито-перлитную структуру, что не обеспечивает требуемых механических и эксплуатационных свойств. Термическое упрочнение изготавливаемых деталей рабочих органов осуществляют путем закалки с последующим низким отпуском для получения структуры мартенсита отпуска повышенной твердости (60–62HRC). Применяемые температурно-временные режимы классической закалки приводят к высокой хрупкости стальных изделий, снижая их ресурс [9]. Использование интенсивного импульсного водяного охлаждения при термообработке стали 60ПП позволяет избежать этого недостатка в результате получения объемной нанокристаллической структуры и фрагментации зерен мартенсита.

На рисунке 2 (а, б) показаны микроструктура упрочненного слоя образца стали 60ПП при увеличениях $\times 5000$, $\times 20000$. Максимальная длина игл мартенсита составляет 5–6 мкм, толщина игл – порядка 0,2–0,3 мкм. Структура образца характерна для мартенсита пакетного (речного) типа со средним поперечным размером реек 450–550 нм. Твердость по Роквеллу упрочненного слоя – 56–57 HRC.

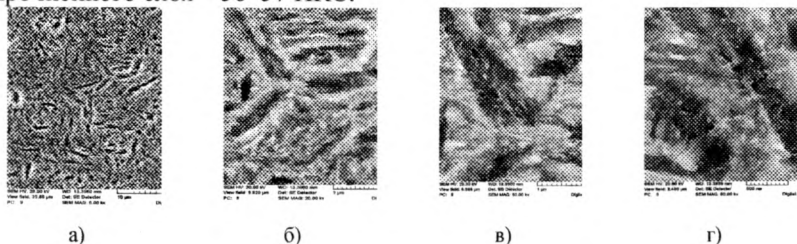


Рис. 2. Микроструктура упрочненного слоя образца стали 60ПП толщиной 8 мм после импульсного закалочного охлаждения водой и низкого отпуска:

а) - $\times 5000$; б) - $\times 20000$; в) - $\times 50000$; г) - $\times 80000$

Только при увеличениях $\times 50000$ и $\times 80000$ методом электронной микроскопии выявлена фрагментация мартенсита (рис. 2 (в, г)). В результате исследований определено, что мартенситные иглы частично фрагментированы, размер фрагментов находится в диапазоне 20–150 нм, их средний размер составляет 40–50 нм.

На отдельных фрагментах проявляются очертания субмикрозерен. Края мартенситных пластин и фрагментов частично размыты, что говорит об их аморфно-кристаллическом состоянии.

Статистические данные по средней длине фрагментов мартенситных пластин стали 60ПП после упрочнения рабочей поверхности деталей толщиной 6–12 мм показали, что размер 80% фрагментов находится в диапазоне 0,02–0,08 мкм (табл. 1 и рис. 3). После низкого отпуска при 180 °С размер фрагментов изменяется незначительно, 60% составляют фрагменты зерен мартенсита размерами 0,02–0,06 мкм.

Результаты рентгеноструктурных исследований и расчетов параметров тонкой структуры образца толщиной 6 мм в упрочненном слое только после закалки приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Разбиение на классы по длине фрагментов в мартенситных пластинах детали из стали 60ПП после низкого отпуска

Класс	Количество, штук	Интервал, мкм	Доля по количеству, %	Доля по массе, %
1	0	0–0,02	0	0
2	2	0,02–0,04	3,08	1,14
3	29	0,04–0,06	44,62	30,08
4	26	0,06–0,08	40	45,04
5	7	0,08–0,1	10,77	20,88
6	1	0,1–0,12	1,54	2,85
7	0	0,12–0,14	0	0
8	0	0,14–0,16	0	0
9	0	0,16–0,18	0	0
10	0	0,18–0,2	0	0

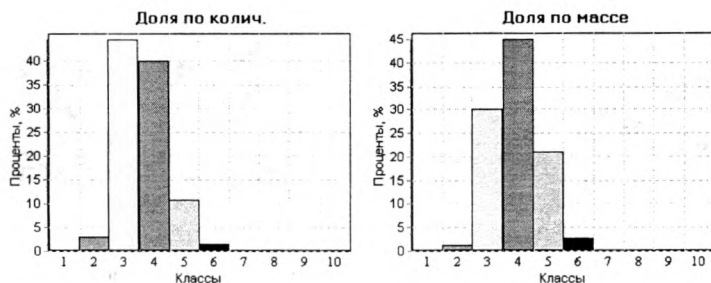


Рис. 3. Гистограммы распределения фрагментов мартенсита по длине в рабочей части детали из стали 60ПП после низкого отпуска: а) доля по количеству; б) доля по массе

Таблица 2 – Расчетные параметры тонкой структуры в упрочненном слое стали 60ПП

Параметр тонкой структуры	Упрочненный слой
Ширина ФФУ	1,9211
Средняя относительная деформация, $\times 10^{-3}$	1,403
Плотность дислокаций, $\text{см}^{-2} \times 10^{11}$	0,128
Размер ОКР, Å	101 ± 3
Параметр ячейки Å	2,8651

Из таблицы 2 видно, что в упрочненном слое размер ОКР уменьшается в 1,1 раза от 116 до 101Å, что подтверждается уширением линии на рентгенограмме. В 1,3 раза увеличивается величина средней относительной деформации от $1,095 \times 10^{-3}$ до $1,403 \times 10^{-3}$. Плотность дислокаций увеличивается в 1,6 раза от $0,780 \times 10^{10} \text{ см}^{-2}$ до $0,128 \times 10^{11} \text{ см}^{-2}$ относительно упрочненного слоя образца толщиной 12 мм. Распределение относительной среднеквадратической микродеформации – ОСМД – $\langle E^2(L_n) \rangle^{1/2}$ – степенное, характеризующееся скоплением дислокаций. Расчет количества остаточного аустенита в программе PdfWin показал, что он составляет 6–10 %.

Таблица 3 – Структурные характеристики стали 60ПП при различных режимах термической обработки

Толщина образца, мм	Режим термической обработки	Структурные параметры мартенсита		Аустенит ост., %	Твердость, HRC	Характеристика структуры упрочненного слоя
		Макс. длина игл, мкм	Средние размеры фрагментов, нм			
8	ИЗОЖ+низкий отпуск	6	40-50	-	57	Мелкоигльчатый мартенсит, балл 4
8	ИЗОЖ+низкий отпуск	4	10-50	-	56	Мелкоигльчатый мартенсит, балл 3
8	ИЗОЖ+низкий отпуск	3	40-70	-	54	Мелкоигльчатый мартенсит, балл 2-3, аморфнокристаллическое состояние мартенситных пластин
12	ИЗОЖ+низкий отпуск	4	5-50	-	58	Мелкоигльчатый мартенсит, балл 4, аморфнокристаллическое состояние мартенситных пластин
6	ИЗОЖ+низкий отпуск	4	30 - 60	6-10	60	Мелкоигльчатый мартенсит, балл 4

Результаты исследований упрочненного слоя образцов стали 60ПП с углубленным изучением микроструктуры мартенсита при больших увеличениях выявили предпосылки для определения влияния фрагментации игл мартенсита на ее механические свойства (табл. 3). Несущественное изме-

нение значений структурно-нечувствительного свойства (твердости) для различных режимов термического упрочнения в полной мере не отражает эту зависимость. Результаты испытаний на трехточечный изгиб образцов стали 60ПП после термической обработки приведены в таблице 4. Изучение механических свойств стали 60ПП после закалки (без и с отпуском) показали, что наноструктурные изменения приводят к значительному увеличению предела прочности на изгиб в 1,35–1,45 раза.

Для получения более полной информации изучалось строение упрочненных слоев методом дифракции обратно рассеянных электронов. Исследования осуществляли на образце толщиной 12 мм после закалки и низкого отпуска в зоне упрочнения и вне ее на сканирующем электронном микроскопе «Mira». Была проведена оценка разориентации фрагментов зерен мартенсита при различных режимах методом обратного рассеивания вторичных электронов. В результате исследований упрочненного слоя и вязкой сердцевины выявлена повышенная концентрация малоугловых границ в крупных зернах. Наибольшее количество фрагментов характеризуются разориентировкой границ меньше 2° .

Таблица 4 – Результаты испытаний упрочненной стали 60ПП на трехточечный изгиб

Шифр образца	Геометрические размеры сечения образцов		Разрушающая нагрузка, кН	Предел прочности на изгиб, МПа
	толщина, мм	ширина, мм		
04/850/ без отпуска	11,93	7,59	50	3022,5
05/800/ без отпуска	11,92	7,92	50	2796,4
1т/800/+ низкий отпуск	9,75	8,05	50	3803,3
2т/850/+ низкий отпуск	9,46	8,62	50	4433,6

В упрочненном слое зерна разбиты на фрагменты (субзерна) с углами разориентации больше двух градусов. Преобладают зерна размером порядка 0,02–0,08 мкм. Размер субзерен меньше 0,1 мкм.

В сердцевине разбиение зерен на фрагменты практически отсутствует, преобладают зерна размерами порядка 1–2 мкм.

Внешние поверхности трения ДРОМ, имея дисперсную структуру мартенсита, обладают комплексом механических и триботехнических свойств: твердость около 60 HRC; прочность не менее 2000 МПа; ударная вязкость свыше 1 МДж/м²; коэффициент относительной абразивной износостойкости не менее 3,0–3,5.

По технологии ИЗОЖ с использованием сталей пониженной и регламентированной прокаливаемости (55ПП, 60ПП, 55РП и др.) в настоящее время изготавливается целый ряд различных по конструкции сменных ДРОМ почвообрабатывающих и кормоуборочных машин (лемехи, полевые доски, груди отвалов плугов, стрельчатые и оборотные лапы культив-

ваторов, ножи измельчающих аппаратов кормоуборочных комбайнов, ножи измельчителей рулонов и др.).

По техническому уровню ДРОМ, изготовленные в соответствии с разработанной технологией, являются конкурентоспособными изделиями в сравнении с лучшими зарубежными аналогами.

Заключение. 1. В объемных деталях рабочих органов из углеродистых сталей ПП при их импульсном закалочном охлаждении и низком отпуске формируется фрагментированная нанокристаллическая структура мартенсита, что позволяет достигнуть оптимального соотношения прочностных и вязкостных характеристик, с максимальным обеспечением требуемых технико-экономических показателей.

2. Фрагментация микроструктуры углеродистых конструкционных сталей является не только предметом исследований, но становится реальной технологической операцией термической обработки стальных деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин.

3. В результате выбранных режимов термообработки для стали 60ПП мелкоигльчатый мартенсит с наибольшей длиной игл 1–4 мкм дробится на отдельные, разориентированные под определенными углами фасетки размерами 20–80 нм внутри пластинок мартенсита. При этом характеристики ее механических свойств (например, предел прочности на изгиб) возрастают на 35–45%, что существенно превосходит аналогичные показатели при традиционных режимах закалки и отпуска.

Список использованных источников

1. Лахтин, Ю.М., Леонтьев, В.П. *Материаловедение: учебник для высших технических учебных заведений.* – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
2. Арзамасов, Б.Н. *Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.].* – Изд. 8-е. – М.: Изд-во МГТУ, 2008. – 648 с.
3. Лякишев, Н.П., Алымов, М.И. *Наноматериалы конструкционного назначения // Российские нанотехнологии, 2006.* – Т. 1. – № 1–2. – С. 71–81.
4. Рыбин, В.В., Малышевский, В.А., Хлусова, Е.И. *Технологии создания конструкционных наноструктурированных сталей // МИТОМ, 2009.* – № 6 (643). – С. 3–7.
5. Ушеренко, С.М. *Сверхглубокое проникание частиц в преграды и создание композиционных материалов.* – Минск: НИИ ИП с ОП, 1998. – 210 с.
6. Горынин, И.В. *Экономнолегированные стали с наномодифицированной структурой для эксплуатации в экстремальных условиях // Вопросы материаловедения.* – 2008. – № 2(54). – С. 7–19.
7. *Bulk nanocrystalline steel // Ironmaking and steelmaking.* – 2005. – V. 32. – P. 405–410.
8. Быков, Ю.А. *Структура и свойства конструкционных наноматериалов // Приложение №7 к журналу «Справочник. Инженерный журнал».* – 2010. – № 7. – С. 1–24.
9. *Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин / И.Н. Шило [и др.].* – Минск: БГАТУ, 2010. – 320 с.

ОПЫТ МАГИСТЕРСКОЙ ПОДГОТОВКИ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ КАДРОВ В ОБЛАСТИ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Константинов В.М., д.т.н., зав. кафедрой

УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

В современном динамичном мире технические знания устаревают быстро. Вчерашний высокий технический уровень продукции сегодня уже неактуален. Повышение конкурентоспособности, снижение себестоимости и улучшение качества выпускаемой продукции во многом определяется наличием высококвалифицированных, постоянно повышающих свою квалификацию, инженерных кадров. Традиционная подготовка таких кадров на уровне вуза сегодня является только первой ступенью в подготовке эффективных инженерных кадров высокой квалификации. Для подготовки специалистов такого уровня следует активнее использовать различные формы повышения квалификации, том числе магистратуру.

Магистратура традиционно является эффективной формой подготовки научно-педагогических кадров для системы высшего образования и научных учреждений республики. Обучение в магистратуре позволяет выполнить своеобразную подготовительную работу для последующего успешного обучения в аспирантуре и защиты кандидатской диссертации. Для нужд реального сектора экономики использование института магистратуры для подготовки научно-технических кадров применяется несколько реже. Определенный опыт в этом направлении накоплен по подготовке специалистов в области упрочняющих технологий и материаловедения на кафедре «Материаловедение в машиностроении» БНТУ (рис. 1). В 2000 г. была организована совместная учебно-научно-производственная лаборатория материаловедения, которая в январе 2009 г. была преобразована в филиал кафедры «Материаловедение в машиностроении».

Основным направлением совместных исследований в последние годы является разработка и внедрение энерго-, ресурсосберегающих упрочняющих технологий. В настоящее время выполняется ряд совместных научно-технических заданий ГППНИ и ГПОФИ. В магистратуре при кафедре обучаются магистранты, разрабатывающие производственную тематику. Кафедра активно ведет подготовку магистрантов-заочников. Ежегодно не менее 5 производственных специалистов повышают свою квалификацию в рамках магистратуры кафедры. За последние годы таким образом повысили свою квалификацию специалисты МАЗа, МПЗ, МТЗ, БМЗ, БелАЗа и ряда других организаций. Существенным является не только

приобретение современных знаний, но и решение конкретных технических задач предприятия или организации. Магистрант не только изучает техническую информацию, но и разрабатывает нужные организации технические решения и при этом повышает свою инженерную квалификацию. В этот период, являясь сотрудником кафедры, магистрант имеет возможность эффективно консультироваться с профессорами и доцентами кафедры по различным техническим вопросам.

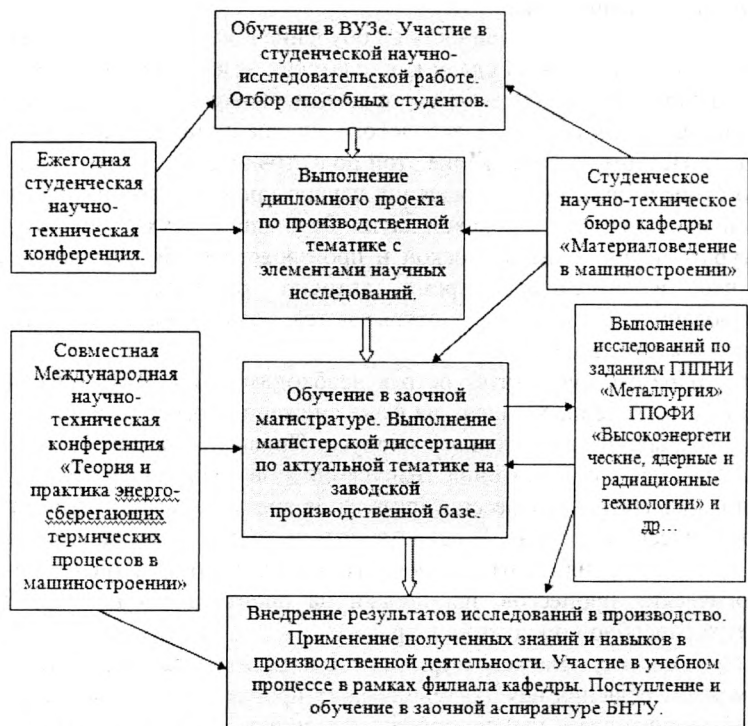


Рис. 1. Структура совместной подготовки научно-технических кадров в области металловедения на кафедре «Материаловедение в машиностроении» БНТУ и филиале кафедры в ОАО «МАЗ»

Наряду с положительным опытом совместной подготовки научно-технических кадров следует отметить ряд проблемных вопросов.

1. Отсутствует согласованный механизм выделения бюджетных мест для производственных работников в магистратуру заочной формы обучения. Наличие госзаказа от Министерств и ведомств на магистерскую подготовку производственных специалистов позволит существенно расширить возможности эффективного совместного решения научно-технических про-

блем и активно использовать вузовские возможности для индивидуального повышения квалификации конкретных заводских специалистов.

2. Недостаточная производственная и экономическая мотивация повышения квалификации через магистратуру. Магистр технических наук на производстве, в организации по прежнему является экзотическим явлением, вызывающим иронию или настороженность. Его статус в производственных условиях не определен. Между тем конкурентное научно-техническое развитие организации предполагает широкое использование именно таких специалистов.

3. Традиционная направленность на обучение в магистратуре для вузов предполагает обязательную сдачу кандидатских экзаменов, что не всегда является необходимым для заводского инженерно-технического работника. Магистерская подготовка заводского специалиста имеет несколько иные цели. Поэтому и содержание этой подготовки должно быть соответственно скорректировано для решения научно-производственных задач и подготовки специалиста заводской науки. Речь идет о двух различных магистратурах: научно-педагогической и производственной. Следует отметить, что в настоящее время активно развивается практико-ориентированная магистратура, открываются новые специальности для реального сектора экономики.

Таким образом, существует острая необходимость в высококвалифицированных инженерных кадрах на фоне снижения престижа инженерного труда и старения инженерного корпуса. Привычная вузовская подготовка таких кадров недостаточна. Выпускник вуза должен самостоятельно специализироваться в профессии длительное время, повышая свой инженерно-технический уровень. В современных условиях актуальными являются навыки и умения производственного эксперимента для оптимизации технологических процессов, постановки на производство новых видов конкурентоспособной продукции и др.

В целом институт магистратуры может и должен стать эффективным инструментом решения научно-технических проблем и подготовки высококвалифицированных научно-производственных сотрудников, способных успешно конкурировать на внутреннем и внешних рынках.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПЛУГОВ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ НИТРОЦЕМЕНТАЦИЕЙ

*Константинов В.М., д.т.н., зав. кафедрой; Ткаченко Г.А., к.т.н.
УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск*

Почворезущие детали корпусов плугов относятся к быстроизнашивающимся сменным элементам. Они являются изделиями массового потребления. Технический уровень производства и ресурс элементов корпусов плугов, выпускаемых отечественными предприятиями, ниже, чем европейских производителей. Детали почвообрабатывающей техники отечественного производства имеют ресурс работы ниже западных аналогов в 1,5–2 раза и, как правило, не дотягивает до требований СТБ 1388–2003, где для долота оборотного ресурс должен составлять не менее 20 га. Выпускаемые детали имеют низкие значения на супесчаных и песчаных почвах и незначительно превышают показатели на торфяных, суглинистых и глинистых почвах. Небольшая наработка узла «долото–болт» объясняется тем, что происходит быстрый износ долота по длине и толщине. Во время работы на тяжелых почвах сильное влияние на ресурс детали оказывает износ головки болта, который обусловлен постепенным «вымыванием» почвой мягкого металла крепежного элемента в посадочном отверстии рабочего органа, что приводит к преждевременному нарушению целостности конструкции. В результате этого износа происходит отрыв долота от лемеха плуга.

В настоящее время для изготовления рабочих органов плугов используют конструкционную сталь 65Г. Для повышения износостойкости применяют термическую обработку, которая состоит из объемной закалки и среднего отпуска. При этом формируется структура троостита отпуска с твердостью в пределах 45...50 HRC. Крепежные элементы плуга изготавливают, используя сталь 20 и 40Х. Болты (сталь 20) получают холодной высадкой без дополнительной термической обработки, получая изделие со структурой феррита и перлита, которая обеспечивает твердость около 20 HRC и предел прочности 600 МПа. Болты из стали 40Х изготавливают горячей высадкой с последующей термической обработкой, которая состоит из закалки и высокого отпуска, после такой операции формируется микроструктура сорбита отпуска с твердостью 30 HRC и пределом прочности 1100 МПа. При работе в полевых условиях ресурс болтов, установленных на долото и лемех, составляет всего 5–15 га вспаханной земли из расчета на один корпус плуга.

Наиболее тяжело нагруженным, интенсивно изнашиваемым узлом корпуса плуга является «долото – болт», назначение которого заключается в подрезании пласта почвы, ее подъема и направления на отвал. В процессе эксплуатации узел корпуса плуга подвергается воздействию абразивной массы, также действию окружающей среды – коррозии, ударным нагрузкам.

Следовательно, в процессе упрочнения, учитывая условия эксплуатации данного узла корпуса плуга, необходимо повысить конструкционную прочность, т.е. комплекс прочностных свойств, которые обеспечат длительную и надежную работу материала в условиях эксплуатации. К таким свойствам можно отнести поверхностную твердость долота и болта, а также прочность и ударную вязкость. Для согласованной и продолжительной работы узла необходимо, чтобы сопрягаемые поверхности долота и крепежного элемента находились на одном уровне механических свойств, т.е. твердость головки болта была равной или больше твердости долота. Это требуется, чтобы исключить эффект «вымывания» из посадочного отверстия металла болта.

Крепежный элемент представляет собой стержень с внешней резьбой на одном конце и головкой на другом с однородной микроструктурой по сечению. Это обуславливает его механические характеристики, такие как класс прочности, который зависит от предела прочности на растяжение, чем больше значение, тем выше класс болта.

Наиболее тяжело нагруженной частью болта является его резьбовая часть в месте соединения с головкой, где возникают крутящий момент, образующийся во время навинчивания гайки, и растягивающие напряжения при взаимодействии детали с внешней средой, головка болта в свою очередь подвергается воздействию абразивных частиц.

Исходя из условий работы крепежного элемента и нагрузок, целесообразно сохранить исходную микроструктуру феррита и перлита, сорбита или троостита на ножке болта, а на головке получить износостойкую структуру, например мартенсита (рис. 1).

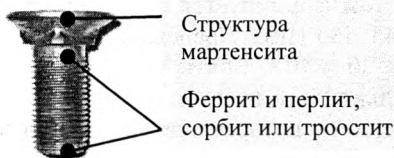


Рис. 1. Требуемое распределение структур по сечению упрочненного крепежного элемента

Сочетание исходной микроструктуры резьбовой части, износостойкой на головке, позволит сохранить класс прочности и улучшить трибологические свойства крепежных элементов, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания и при ударных нагрузках.

Оборотное долото представляет собой нож, который имеет рабочую часть в виде лезвий с двух сторон и центральную часть, в которой размещены крепежные отверстия (рис. 2). Эта деталь устанавливается на лемех так, что рабочая часть выступает вперед. Таким образом, долото представляет собой консоль с жестким закреплением, и все возникающие нагрузки воспринимаются именно крепежной частью долота, если нагрузка превышает предел прочности, то происходит излом в этой части, т.к. в ней расположены посадочные отверстия, которые являются концентраторами напряжений (рис. 3). Исходя из нагрузок и условий работы, на данной детали требуется получить следующие структуры: износостойкую, например мартенсит, на режущей части и на крепежной пластичную, типа троостита.

Для реализации схемы локального распределения микроструктур по сечению изделий необходимо использовать такую термическую обработку, чтобы нагрев оказывал влияние на структурные превращения лишь на определенных участках детали. К такому виду упрочнения можно отнести электрохимико-термическую обработку, локальную закалку, отпуск с индукционным нагревом, а благодаря тому, что способ нагрева позволяет регулировать скорость, можно добиться высокой производительности процесса упрочнения. В этом случае в качестве альтернативы традиционным способам объемной ХТО и ТО предложено использовать высокоскоростное диффузионное насыщение поверхности сталей из порошков, газовой или жидкой сред с использованием индукционного нагрева, проводить термическую обработку с циклическим нагревом.

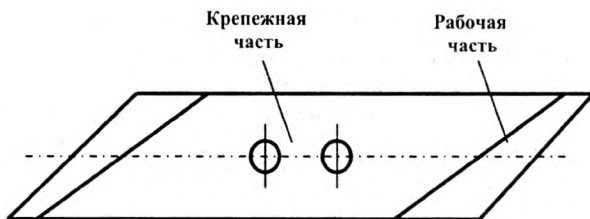


Рис. 2. Зоны упрочнения оборотного долота

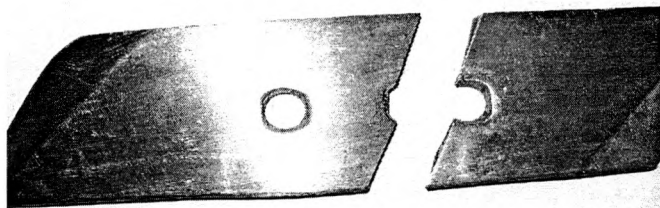


Рис. 3. Излом оборотного долота по концентраторам напряжений

Для крепежных элементов была рассмотрена возможность использования высокотемпературной нитроцементации из паст. Такой способ позволил получить на образцах (сталь 20, сталь 40X) диффузионные слои, толщиной от 0,06 до 0,9 мм. После нитроцементации при 1100 °С и последующей закалки формируется диффузионный слой, состоящий из игольчатого мартенсита и остаточного аустенита с микротвердостью 9000 МПа.

Увеличение температуры насыщения с 1100 °С до 1200–1300 °С приводит к образованию на поверхности образца жидкометаллической фазы, что позволяет получить на стали 40X за 90 секунд слой толщиной 0,9 мм, состоящий из крупных зерен перлита, вокруг которых образуется ледебуритная эвтектика с высокой микротвердостью, порядка 12000 МПа. Такой же эффект от увеличения температуры насыщения наблюдается и на стали 20, где помимо нитроцементованного слоя образуется ледебурит толщиной 30–40 мкм [1].

В работе было изучено влияние циклического нагрева на формирование диффузионного слоя при высокотемпературном насыщении из паст. Исследования показали, что циклический нагрев, заключающийся в перегреве образцов крепежных элементов из стали 20 на 200 °С выше точки A_3 и охлаждении до температуры ниже точки A_1 на 100 °С, приводит к интенсификации диффузионных процессов, измельчению микроструктуры слоя и основного металла, а также позволяет увеличить микротвердость.

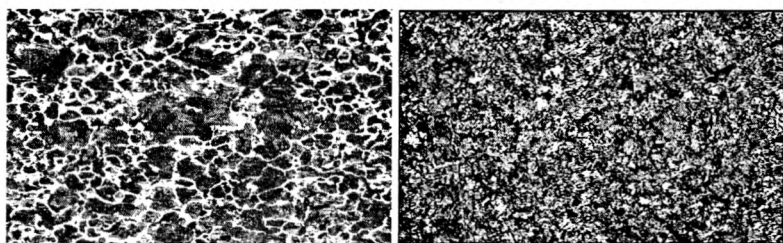
Интенсификация процесса насыщения и формирование мелкозернистой структуры при ТЦО обусловлены следующими физическими причинами. При многократной смене температуры происходит микродеформация зерен из-за структурных и термических напряжений, в результате чего происходит фазовый наклеп металла, который сопровождается рекристаллизацией [2]. Диффузия по движущимся границам зерен протекает быстрее, чем по неподвижным [3]. При деформации возрастает плотность дислокаций и вакансий в объеме зерен, и взаимодействие мигрирующих границ с дефектами приводит к увеличению свободного объема границ, что обуславливает сильное увеличение коэффициента зернограницной диффузии D_{gr} [4]. При высоких температурах, когда роль объемной диффузии существенна, движущиеся границы с высоким D_{gr} играют роль источников, из которых атомы углерода и азота диффундируют в объем зерен.

ЭХТО совместно с циклическим нагревом привело к повышению микротвердости в диффузионном слое и сердцевине образцов. Повышение обусловлено тем, что при нитроцементации из паст с последующей закалкой в слое сохраняется большое количество остаточного аустенита. Но в процессе многократной фазовой перекристаллизации при ТЦО в высокоуглеродистом аустените протекают процессы перераспределения углерода и выделения цементита, что вызывает обеднение аустенита углеродом. В

результате аустенит становится менее устойчивым и превращается в перлит. При повторном нагреве выделившиеся частицы цементита практически не растворяются при максимальной температуре, т.к. скорость нагрева высока и времени для их растворения недостаточно, а образовавшийся из высокоуглеродистого аустенита перлит превращается в менее легированный углеродом аустенит. При повторном охлаждении до нижней температуры цикла доля остаточного аустенита уменьшается, и так далее с каждым циклом.

Подобное явление наблюдается при термоциклической обработке образцов из стали 65Г, которые были предварительно подвергнуты нитроцементации при температуре 850 °С в течение 7 часов. Режим циклической обработки с индукционным нагревом этой стали был выбран с полной фазовой перекристаллизацией и заключался в нагреве выше точки A_3 на 50–80 °С и охлаждением ниже A_1 на 50 °С. Выбранный диапазон температур позволил получить равномерный нагрев всего сечения образца за один цикл нагрева. При температуре выше точки Кюри возрастает глубина проникновения тока в металл от 6,5–0,7 мм [5] в зависимости от частоты генератора 8–400 кГц. Равномерности прогрева сечения образца дополнительно способствует интенсивный теплоотвод с поверхности в сердцевину, что приводит к формированию мелкозернистого аустенита по всему сечению образца. Немаловажным фактором в процессе упрочнения образцов по предложенной схеме является то, что в процессе ТЦО с полной фазовой перекристаллизацией не происходит изменения положений критических точек стали [1]. Это весьма важно для осуществления закалки с последнего цикла нагрева, т.к. позволяет исключить перегрев стали и отсутствие феррита в закаленной структуре.

Упрочнение оборотных долот заключалось в нитроцементации с последующей циклической термической обработкой. Исходная микроструктура образцов перед ТЦО представляла собой крупнозернистый перлит, окруженный ферритом диаметр зерна при этом находился в пределах 0,055–0,039 мм (рис. 4).



а) после ХТО

б) после нормализации

Рис. 4. Микроструктура сердцевины образца стали 65Г

После циклического нагрева и термической обработки происходит значительное измельчение структуры закаленных образцов. Размер мартенситных игл за 4 цикла уменьшается с 18 до 8 мкм в сердцевине, а на поверхности – с 12 до 4 мкм, такое измельчение связано с увеличением числа циклов. Более мелкоигльчатый мартенсит в диффузионном слое формируется благодаря тому, что в структуре слоя присутствует цементит вторичный и цементит перлита.

Установлено [6], что термоциклическая обработка способствует измельчению и дроблению карбидных включений, а это ведет к увеличению числа зародышей аустенита при нагреве. Благодаря высокой скорости индукционного нагрева карбиды не успевают раствориться полностью, обеспечивая сохранение мелкого аустенитного зерна.

Сформированная мелкозернистая структура мартенсита отпуска позволила добиться улучшения механических свойств стали 65Г, в частности ударной вязкости, значение которой удалось повысить с 10 до 20 Дж/см² за 2 цикла нагрева и охлаждения. Излом образца имеет матовый серый цвет с вытянутыми волокнами, что характерно для вязкого излома.

Таким образом, благодаря циклическому нагреву при высокотемпературном диффузионном насыщении удалось добиться увеличения глубины диффузионного слоя на 17% относительно изотермического насыщения при равной продолжительности процесса. При ТЦО происходит значительное измельчение микроструктуры в диффузионном слое и в сердцевине образца. Термоциклирование после химико-термической обработки исправляет перегретую микроструктуру образцов в слое и в сердцевине металла, что способствует увеличению ударной вязкости, твердости.

По разработанным способам упрочнения была изготовлена опытная партия деталей, в которую входили крепежные элементы и оборотные долота. Задача испытаний заключалась в проверке эффективности повышения эксплуатационных характеристик готового изделия за счет применения мелкодисперсных структур, сформированных согласно разработанной схеме зонального упрочнения деталей корпусов плугов.

Испытания экспериментальной партии были проведены на Белорусской машиноиспытательной станции. Базой для определения эффективности упрочнения служили детали серийного производства РУП «Минский завод шестрен» и фирмы «Kverneland». Конструкция и геометрические размеры деталей были одинаковыми, отличия заключались в механических свойствах (табл. 1).

В ходе испытаний проводилась оценка показателей надежности упрочненных деталей на базе сельхозпредприятий Минского района на вспашке стерни и многолетних трав на торфяно-глеевых почвах влажностью 47...45% и средних суглинках влажностью 18...23%. Засоренность почвы камнями со средним диаметром 65 мм составила 0,6...1,4 шт/м². Условия

проведения испытаний в целом соответствовали требованиям СТБ 1388-2003.

Таблица 1 – Характеристика деталей

Оборотное долото	Материал	Микроструктура лезвийной части	Твердость лезвийной части, HRC	Обработанная площадь одним долотом, Га
РУП «МЗШ»	65Г	Троостит	45...50	17
Упрочненное РУП «МЗШ»	65Г	Легированный мартенсит	62...64	25
Kverneland	40ГР	Мартенсит	50...55	25

Интенсивность изнашивания оборотных долот и крепежных элементов определялась изменением линейных размеров за количество пройденных гектар. В ходе полевых испытаний наработка на одно долото составила от 17 до 25 га, а на болт 8–13 га. Анализ значений линейных размеров, являющихся выбраковочными признаками, показал, что износ упрочненных деталей происходит медленнее серийно выпускаемых в 1,4...1,8 раза согласно протоколу БелМИС № 18 Д8/1-2009 от 23 февраля 2009 г. Таким образом, результаты исследований и полевых испытаний позволили предложить технологии упрочнения деталей и внедрить на Минском заводе шестерен с экономическим эффектом от внедрения более 42 млн. руб. (Беларусь).

Выводы:

1. Разработан способ упрочнения крепежных элементов, локальной ЭХТО из порошков и закалка с индукционным нагревом, позволяющим получить износостойкие структуры на головке болта, а резьбовую часть оставить мягкой и пластичной, благодаря чему сохраняется класс прочности (заявка на изобретение «Болт» № а20091117 от 23.07.2009 г.).

2. Изучено влияние индукционного циклического нагрева в интервале температур 600...1100 °С на скорость формирования диффузионного слоя, при проведении процесса электрохимико-термического насыщения. Во время нестационарного процесса диффузии, за равный промежуток времени можно получить слой 340 мкм, что на 17% больше, чем в стационарном режиме. Если увеличивать интенсивность теплосмен и уменьшать время выдержки в аустенитной области, то происходит замедление формирования слоя. В этом случае кинетика приближалась к стационарному режиму, 25 мкм слоя за 1 цикл в течение 15 секунд выдержки.

3. Полевые испытания на Белорусской машиноиспытательной станции показали, что благодаря упрочнению деталей, выпускаемых Минским заводом шестерен, их износостойкость сравнялась с западными образцами «Kverneland». Установлено, что износостойкость упрочненных деталей выше серийно выпускаемых деталей в 1,5–1,8 раза, в зависимости от типа почвы.

1. Ткаченко, Г.А., Константинов, В.М./Электрохимико-термическая обработка крепежных элементов почвообрабатывающих машин / *Металлургия: Респуб. межвед. сб. науч. тр.* Вып. 31. – Минск: БНТУ, 2008. – С 358–371.
2. Метод термоциклической обработки металлических материалов / В.К. Федюкин. – Л.: Знание, 1979. – 24 с.
3. Диффузия по границам зерен и фаз / И. Каур, В. Густ. – М.: Машиностроение, 1991. – 448 с.
4. Неравновесные границы зерен в металлах. Теория и приложения / В.Н. Чувильдев. – М.: Физматлит, 2004. – 304 с.
5. Физические основы электротермической обработки металлов и сплавов / И.Н. Кидин. – М.: Metallurgia, 1969. – 376 с.
6. Гурьев, А.М., Ворошнин, Л.Г. Циклическое тепловое воздействие при термической и химико-термической обработке инструментальных сталей / *ФПСМ: АГТУ.* – Вып. № 3. – 2005. – С. 37–46.

УДК 620.22(07):631.3(075.8)

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СОЗДАНИИ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

Капцевич В.М., д.т.н., профессор; Толочко Н.К., д.ф.-м. н., профессор
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск

Современная сельхозтехника характеризуется наличием разнообразных систем автоматического управления, повышающих эффективность ее функционирования. В последние годы все больше внимания уделяется созданию так называемой интеллектуальной сельхозтехники, способной обеспечивать автоматическое управление своей работой путем соответствующего реагирования на изменения условий эксплуатации и технического состояния. Ее ведущими производителями являются фирмы John Deere (США), JCB (Великобритания), Bernard Krone Maschinenfabrik, Grimme Landmaschinenfabrik, Rauch Landmaschinenfabrik, Lemken, CNH Deutschland, CIAAS Vertriebsgesellschaft (Германия), Pöttinger (Австрия), ARAG (Италия) и др. Ниже приводится краткое описание некоторых образцов интеллектуальной сельхозтехники [1–4].

В тракторах применяется гидропневматическая подвеска колес, которая поддерживает установленную высоту кузова над землей независимо от нагрузки, а также равномерно распределяет нагрузку на колеса, создает оптимальные условия для работы шин на всех колесах, обеспечивает плавный ход и улучшает сцепные качества колес с почвой.

В косилках применяется гидропневматическая система снижения нагрузки на косилку с автоматической регулировкой опорного давления, ко-

торая поддерживает постоянное опорное давление элементов косилки при волнистом рельефе и варьирующейся скорости движения, что способствует улучшению адаптации косилки к рельефу при большой ширине захвата и большой массе.

В зерноуборочных комбайнах используется система регулировки скорости комбайна в соответствии с величиной потока убираемой массы. Система измеряет количество поступающей массы на жатке и подающем шнеке путем изменения натяжения приводного ремня, после чего задается определенная рабочая скорость машины, соответствующая оптимальным возможностям жатки. Если поток убираемой массы возрастает, то скорость движения комбайна снижается, и наоборот, она может возрастать, когда количество зерновых уменьшается. На пееезде или развороте натяжение приводного ремня автоматически ослабляется. Благодаря регулировке производительности предотвращается чрезмерная нагрузка на молотилку. Кроме того, в зерноуборочных комбайнах с помощью датчиков уровня наклона жатки по отношению к комбайну и связанных с ними регуляторов положения жатки обеспечивается поддержание заданной высоты среза на неровных полях при работе жатки на всю ширину.

В центрифугальных разбрасывателях удобрений с помощью встроенной метеостанции регистрируются текущие характеристики ветра (сила, направление) в зоне шлейфа разбрасывания, а с помощью механизма переключения изменяется частота вращения тарелок и точка сброса удобрений в зависимости от сорта удобрений, что позволяет снизить нежелательное влияние бокового ветра на качество работы разбрасывателей.

В измельчителях применяется система автоматического регулирования скорости тянущего трактора в зависимости от мощности вала благодаря применению ультразвукового сенсорного устройства, определяющего форму вала, и сенсора крутящего момента на измельчающем роторе. Подобным образом в рулонных пресс-подборщиках обеспечивается автоматическое регулирование скорости тянущего трактора в зависимости от загрузочной способности пресс-подборщика, а в картофелеуборочных машинах – в зависимости от скольжения ботвичной ленты и загрузки сепаратора.

В сошниках благодаря автоматическому регулированию давления на основе данных о его изменении, регистрируемых с помощью сенсора на заглубляющем ролике, обеспечивается заданная глубина укладки семян, что важно для их надежного прорастания.

В сушилках осуществляется автоматическое регулирование мощности на основе измерения таких показателей, как температура, влажность зерна и влажность воздуха.

При работе посевных агрегатов с катками большого диаметра, особенно на песчаных почвах, может происходить сдвиг почвы с образованием складок или поперечных валов. Во избежание этого проводится измерение

скорости движения агрегата и ее сравнение с числом оборотов катка. Если при образовании земельного наноса каток начинает пробуксовывать, включается антипробуксовочная система, в результате чего нагрузка временно переносится на задние колеса трактора и/или на ходовую часть навесного устройства, пока буксование не прекратится. Как следствие, обеспечивается равномерное заглабление и безаварийная работа с равномерной потребностью в тяговой силе. Подобная проблема имеет место в работе зерноуборочных комбайнов, которые, будучи снабженными приводом всех колес традиционной конструкции, испытывают значительные трудности при движении на склонах и на почвах со слабой несущей способностью, так как колеса могут пробуксовывать, сильно повреждая почву. Для решения этой проблемы при пробуксовке колес одного из мостов с помощью электрогидравлической регулировки происходит перераспределение крутящего момента на колеса с лучшим сцеплением с почвой. При этом различие размеров шин на осях учитывается электронной системой.

Существуют различные технические подходы к проектированию интеллектуальной сельхозтехники, основанные на применении различных по назначению и принципу действия автоматических систем управления, включая системы программно-логического управления. В последние годы, в связи с развитием точного земледелия, для управления работой сельхозтехники все шире используются спутниковые системы навигации, геоинформационные системы, а также специальные сенсорные и исполнительные системы.

Одним из наиболее перспективных направлений создания интеллектуальной сельхозтехники является применение интеллектуальных материалов и, соответственно, интеллектуальных устройств, изготавливаемых на их основе [5].

Интеллектуальные материалы (ИМ) – это разнообразные по химическому составу, структуре и агрегатному состоянию материалы, которые объединяет проявление свойств, значительно (обратимо или необратимо) изменяющихся в соответствии с изменением условий внешней среды или изменением их внутреннего строения. Такие материалы способны контролируемым образом реагировать на внешние или внутренние воздействия, обеспечивая тем самым возможность выполнения ими определенных функций и, как следствие, работоспособность изготовленных на их основе устройств в изменившихся условиях. Они также способны адаптироваться к новым условиям и самостоятельно регулировать степень своей реакции на новые условия в соответствии с уровнем их изменения.

ИМ по виду выполняемых функций, определяющих их практическое применение, подразделяются на два основных типа: пассивные и активные. Пассивные ИМ (материалы-сенсоры) способны реагировать на внешние или внутренние факторы, что позволяет использовать такие ИМ для

создания различных устройств контроля и индикации. Активные ИМ (материалы-актуаторы), реагируя на внешние или внутренние факторы, способны оказывать непосредственное влияние, соответственно, как на внешнюю среду, так и на свое внутреннее строение, что позволяет использовать такие ИМ для создания различных исполнительных устройств (регуляторов, преобразователей, приводных механизмов и т.п.). ИМ в ответ на действие внешних или внутренних факторов могут характеризоваться проявлением эффектов изменения размеров и формы, физических, физико-химических, химических или структурных свойств. В отдельную группу выделяются жидкофазные ИМ, которые могут особым образом изменять свое структурное состояние или характер своего поведения. Основные виды ИМ, особенности проявления их свойств и области их возможного применения (виды создаваемых на их основе устройств или деталей, перспективных для использования в сельхозтехнике) представлены в таблице 1.

Большое разнообразие ИМ открывает широкие возможности по их применению для создания всевозможных сенсорных и исполнительных устройств, отличающихся простотой конструкции, высокой надежностью, большими функциональными возможностями. Вместе с тем следует заметить, что специфическое распределение и уникальная интеграция сенсорных и исполнительных компонентов в интеллектуальных материалах и устройствах требуют при их разработке комплексного решения довольно сложных материаловедческих, конструкторских и технологических задач.

Таблица 1 – Свойства и применение интеллектуальных материалов

Виды ИМ	Особенности проявления свойств	Области применения
ИМ с эффектами изменения размеров и формы		
1	2	3
Пьезоматериалы (с обратным пьезоэффектом)	Деформирование образца под действием электрического поля	Микродвигатели, излучатели ультразвука
Магнитострикционные материалы	Деформирование образца при намагничивании	Микродвигатели, излучатели ультразвука
Термобиметаллические материалы	Деформирование образца при изменении температуры	Термостаты, устройства для защиты от перегрева или превышения силы тока, генераторы импульсов, реле времени, электрические переключатели, термометры, микродвигатели
Ауксегичные материалы	Отрицательный коэффициент Пуассона: увеличение поперечного сечения образца при растяжении и уменьшение при сжатии	Элементы крепежных соединений типа фиксаторов и заклепок, фильтрующие элементы

1	2	3
Нелинейные упругие материалы	Удлинение стержнеобразного образца при закручивании	Валы в прессовых соединениях типа вал-втулка
Материалы с эффектом памяти формы	Возвращение предварительно деформированного образца к первоначальной форме при нагреве	Саморазворачивающиеся конструкции, муфты и стопоры для соединения деталей, силовые элементы блокировочных устройствах, прессах, домкратах, приводные механизмы
Термобиметаллы	Деформирование образца при изменении температуры	Тепловые реле, электропредохранители, автоматы защиты электросетей
Электроактивные полимеры	Деформирование образца под действием электрического поля	Приводные механизмы, манипуляторы-схваты
Магнитоэластики	Деформирование образца под действием магнитного поля	Микродвигатели, уплотнители, приборы для измерения магнитных полей, датчики ускорений и вибраций, манипуляторы с мягким захватом, электромагнитные гасители колебаний
ИМ с особыми физическими свойствами		
Пьезоматериалы (с прямым пьезоэффектом)	Возникновение поляризации образца под действием механических напряжений	Датчики давления, ускорения, вибрации, уровня жидкостей, угла положения, приемники ультразвука
Акустоэлектрические материалы	Появление в проводнике постоянного электрического тока в замкнутой цепи или электрического напряжения на концах разомкнутого проводника при распространении в нем ультразвуковой волны	Приборы для преобразования и обработки сигналов, элементы электронных устройств
Магнитоупругие материалы	Изменение намагниченности магнетика под действием механических деформаций	Датчики малых деформаций в твердых телах, а также давлений жидкостей и газов
Термоэлектрические материалы	Возникновение термоэлектрических явлений, обусловленных взаимосвязью между тепловыми и электрическими процессами	Термоэлектрические генераторы, нагреватели, холодильники, датчики температуры
Тензорезистивные материалы	Изменение электрического сопротивления материала при деформировании	Датчики давления, силы, веса, деформации, крутящего момента, перемещения, ускорения, вибрации
Фотоэлектрические материалы	Испускание электронов под действием электромагнитного излучения	Фотоэлементы
Фоторезистивные материалы	Изменение электропроводности под действием электромагнитного излучения	Фотоэлементы

1	2	3
Магнитокалорические материалы	Изменение температуры при намагничивании или размагничивании во внешнем магнитном поле в адиабатических условиях	Холодильные устройства
Хромогенные материалы	Изменение окраски под действием различных факторов (света, электрического поля, температуры)	Светозащитные устройства, элементы оптоэлектронных устройств, устройства освещения
Люминесцентные материалы	Свечение, возбуждаемое различными факторами (светом, ионизирующим излучением, электрическим полем)	Устройства освещения
ИМ с особыми физико-химическими и химическими свойствами		
Самосмазывающиеся материалы	Выделение смазочной жидкости из пор материала на поверхность в зоне фрикционного контакта	Детали узлов трения
Самоохлаждающиеся материалы	Выделение охлаждающей жидкости из пор материала на поверхность при нагреве	Детали энергетических агрегатов
Самоочищающиеся материалы	Предотвращение отложения загрязнений на поверхности	Корпусные детали, остекленные
ИМ с особыми структурными свойствами		
Самодиагностирующиеся материалы	Самодиагностика собственного структурного состояния непосредственно в процессе эксплуатации	Детали, работающие в условиях разрушающих механических нагрузок
Самовосстанавливающиеся материалы	Самовосстановление целостности своей структуры в случае ее разрушения под действием разрушающих механических или тепловых факторов	Детали, работающие в условиях разрушающих механических нагрузок; электрические предохранители
Саморазрушающиеся материалы	Саморазрушение в случае несанкционированных действий или возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации	Защитные наклейки на корпусных деталях
Жидкофазные ИМ		
Неньютоновские жидкости	Изменение вязкости жидкости при ее течении в зависимости от градиента скорости	Моторные масла, вязкостные муфты, дисковые экструдеры
Электрореологические жидкости	Изменение вязкости жидкости под действием электрического поля	Рабочие тела электрически управляемых механических передаточных устройств
Магнитореологические жидкости	Изменение вязкости жидкости под действием магнитного поля	Рабочие тела магнитно управляемых механических передаточных устройств, финишная обработка поверхностей

1	2	3
Магнитные жидкости	Подверженность жидкости действию объемной силы, пропорциональной градиенту магнитного поля и вызывающей притяжение магнитной жидкости как целого в области с высокой напряженностью магнитного поля; суперпарамагнитная восприимчивость	Смазки, уплотняющие устройства

Список использованных источников

1. А.В. Ключков, А.Е. Маркевич, Ю.Н. Немировец. Инновации сельхозтехники на EIMA-2010 // Наше сельское хозяйство. – 2010.. – № 12. – С. 6–12.
2. Д.А. Демченко, В.Б. Ланский, С.А. Третьяков. Новые технологии в управлении работой сельхозтехники // Автоматизация в промышленности № 1/2009. – С. 1–7.
3. Agritechnica. Ганновер, ноябрь 2011 // Аграрное обозрение. – 2012. – № 1.
4. С. Ильин. Что такое «умные машины»? // Аграрник. 2011. – № 6. – С. 28–31.
5. К. Уорден. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение. – М.: Техносфера, 2006. – 224 с.

УДК 66.067.12

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ С ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРОЙ ПОР

*Капцевич В.М., д.т.н., профессор; Лисай Н.К., к.т.н., доцент;
Корнеева В.К., ст. преподаватель; Кусин Р.А., к.т.н., доцент;
Чугаев П.С., ст. преподаватель*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

Известно, что создание эффективных порошковых фильтрующих материалов (ПФМ) методами порошковой металлургии ограничено, с одной стороны, технологическими возможностями традиционных методов и приемов [1–3], а с другой – противоположными зависимостями основных эксплуатационных характеристик ПФМ от технологических параметров [1, 4, 5]. Например, противоречивость предъявляемого к ПФМ требования обеспечить одновременно высокую проницаемость и тонкость фильтрования объясняется противоположной зависимостью этих характеристик от размеров частиц порошка. Так, для получения ПФМ с высокой проницаемостью их необходимо изготавливать из порошков с частицами большего размера, что, в свою очередь, приводит к снижению тонкости фильтрования. В настоящее время накоплен значительный опыт по расширению технологических возможностей с целью достижения оптимального соче-

тания этих свойств, которые если и не устраняют полностью существующие ограничения, то существенно «смягчают» приведенное противоречие. В связи с этим целесообразно проанализировать потенциальные возможности новых методов получения ПФМ, направленных на создание материалов с повышенным комплексом свойств (одновременно высокими коэффициентами проницаемости и тонкости фильтрования).

Анализ известных способов получения ПФМ показывает, что имеется ряд технологических процессов и приемов, которые способствуют устранению в определенной степени указанного выше противоречия. В качестве примера приведем данные работы [6], согласно которым тонкость фильтрования 12 мкм может быть обеспечена, с одной стороны, ПФМ из порошка с размером частиц 280...360 мкм и пористостью 0,36, а с другой – из порошка 100...160 мкм с пористостью 0,55. Однако у последнего ПФМ проницаемость в 5 раз выше.

Одним из новых путей повышения свойств ПФМ является создание материалов с анизотропной структурой пор, обеспечивающих не поверхностное, а глубинное фильтрование. По данным различных исследований [7], 70...80% загрязнений, задерживаемых ПФМ с изотропной поровой структурой, удерживаются лишь поверхностным слоем, толщина которого составляет 2...4% от общей его толщины, что вызывает резкое возрастание сопротивления и быстрый выход его из строя.

Выполнение ПФМ с переменным порораспределением, у которого размеры пор уменьшаются в направлении фильтрации, приводит к более равномерному распределению загрязнителя по его объему, что увеличивает грязеемкость и срок его службы [8–11]. Тонкость фильтрования у такого материала соответствует слою с минимальными размерами пор, в то время как проницаемость является величиной интегральной и определяется структурой всего ПФМ [12].

Использование методов, основанных на пластическом деформировании спеченных заготовок, позволяет получать ПФМ, у которых размер пор и пористость изменяются в направлении фильтрования. Так, при изгибе пористой пластины по цилиндрической поверхности [13–16] в ее сечении возникают плавно изменяющиеся по толщине растягивающие и сжимающие окружные напряжения, обуславливающие соответствующее изменение пористости и размеров пор. Этот метод используется для получения ПФМ цилиндрических форм, в том числе и крупногабаритных. Дальнейшее развитие этот метод получил в предложенном способе [13–21] изгиба пористой пластины по поверхности двойной кривизны, в частности, по сферической поверхности. В этом случае, в отличие от описанного выше изгиба по цилиндрической поверхности, обеспечивается возможность регулирования порораспределения в более широких пределах.

Одним из возможных путей создания ПФМ с неоднородным порораспределением являются методы, основанные на осаждении мелких частиц в пористых средах путем пропускания газопылевого потока или газообразных металлических соединений, например, карбониллов [22], суспензий с мелкими частицами [23] или электролита [24]. В частности, предложены способы [25] получения ПФМ с переменной по сечению пористостью методом осаждения мелких частиц в предварительно сформованную заготовку путем нанесения на ее поверхность мелкого порошка, пропускания потока газа со стороны насыпанного порошка и последующего спекания. Для получения более эффективных материалов операцию осаждения мелких частиц необходимо осуществлять многократно [26]: предварительно с размером $0,15...0,25$ размера частиц материала заготовки и каждого последующего заполнения с размерами $0,45...0,55$ размера частиц предыдущего заполнения. Схема технологического процесса и микроструктура ПФМ, полученного этим методом, приведена на рисунке 1.

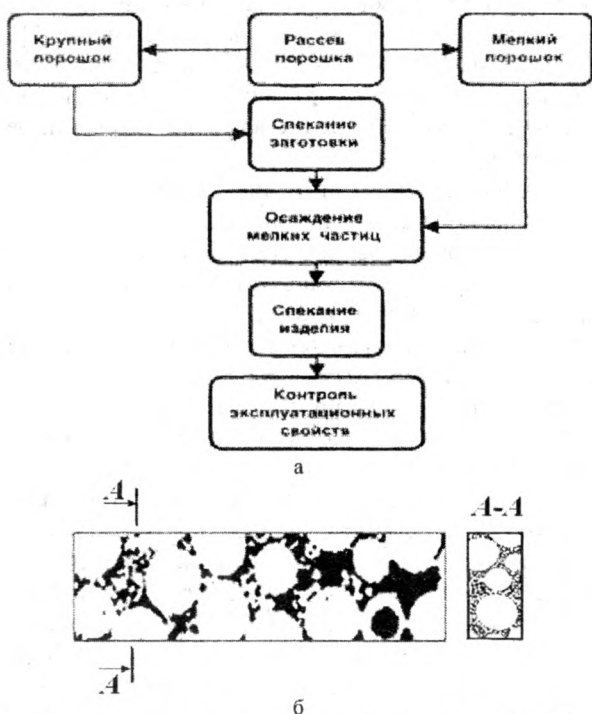


Рис. 1. Схема технологического процесса (а) и микроструктура ПФМ (б), полученного методом осаждения

Одним из наиболее распространенных ПФМ с неоднородной поровой структурой являются многослойные материалы, у которых каждый слой выполнен из порошков различного гранулометрического состава. Такие материалы имеют проницаемость, грязеемкость и срок службы намного выше по сравнению с однослойными [8–10]. Существует много способов изготовления многослойных материалов. Они различаются методом приложения давления, количеством прессуемых слоев, расположением слоев по отношению к оси прессования.

Широко распространен способ послойной засыпки и последующего спекания. Микроструктура двухслойного ПФМ, полученного этим методом из сферического порошка оловянисто-фосфористой бронзы, представлена на рисунке 2.

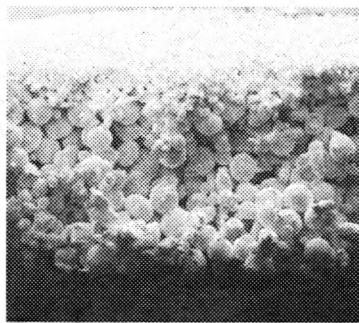


Рис. 2. Двухслойная структура ПФМ из сферического порошка оловянисто-фосфористой бронзы

На рисунке 3 приведены внешний вид и микроструктура двухслойных фильтрующих элементов, полученных методом сухого изостатического прессования. Данная технология позволяет получать многослойные ПФМ: прессование первого слоя порошка на оправку, затем напрессовка второго слоя на первый совместно с оправкой и т.д. Исследования изготовленных таким образом двухслойных материалов показали, что более тонкий слой из мелкого порошка, занимающий около 20% общей толщины ПФМ, гарантирует высокую тонкость фильтрования; при этом проницаемость фильтрующего элемента возрастает более чем на 20% по сравнению с проницаемостью ПФМ с такой же тонкостью фильтрования, но изготовленного из одного слоя порошка [27].

Одним из наиболее перспективных способов получения ПФМ с плавно изменяющимися размерами пор в направлении фильтрации являются методы, основанные на достигаемом на этапе формования эффекте сегрегации частиц порошка по размерам в направлении действия силы тяжести.

Эффективным и простым способом, реализующим этот эффект, является вибрационное формование при приложении к порошковым частицам вибрационных колебаний с ускорением $9,8...19,6 \text{ м/с}^2$ и частот продольных колеба-

ний 10...50 Гц [27]. В результате этого в полидисперсной порошковой засыпке наблюдается эффект разделения частиц порошка по размерам: крупные частицы поднимаются вверх, а мелкие опускаются вниз. Микроструктура ПФМ, полученного методом виброформования, представлена на рисунке 4.

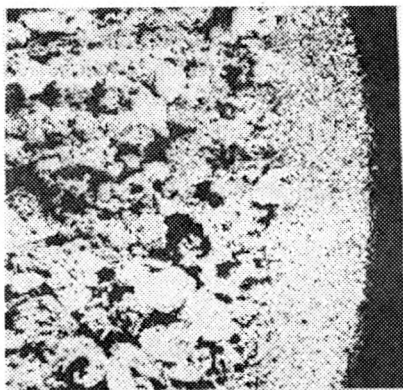


Рис. 3. Микроструктура двухслойных титановых ФЭ, полученных методом сухого изостатического прессования

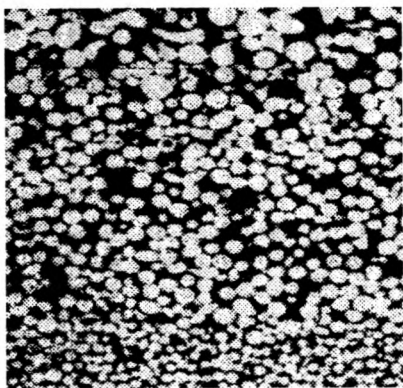


Рис. 4. Микроструктура ПФМ, полученного из полидисперсного порошка методом вибрационного формования

Рассмотренные методы изготовления ПФМ с градиентной структурой пор позволяют изготавливать ФЭ в виде дисков, пластин, листов и труб, элементов цилиндрической и сферической формы (табл. 1), которые могут быть непосредственно размещены в различных типах фильтрующих устройств. Кроме того, несколько таких элементов могут быть использованы одновременно в одной конструкции фильтра, повышая его производительность и грязеемкость и продляя срок службы.

Таблица 1 – Форма фильтрующих элементов с анизотропной структурой пор, получаемых различными методами

Методы изготовления ПФМ	Методы получения ПФМ с анизотропной структурой пор	Форма ФЭ
Спекание в состоянии свободной насыпки	Виброформование	Плоские элементы (пластины, диски)
	Пластическое деформирование	Трубы, цилиндрические и сферические элементы
Прессование и спекание	Послойное прессование в стальных пресс-формах	Плоские элементы (пластины, диски)
Сухое изостатическое прессование	Послойное прессование методом СИП	Трубы, в т.ч. с развитой поверхностью

Список использованных источников

- Капцевич, В.М. Создание эффективных методов регулирования порораспределения порошковых материалов для фильтрации жидкостей и газов / В.М. Капцевич. – Минск: БелНИИТИ, 1989. – 68 с.
- Витязь, П.А. Равномерность свойств спеченных проницаемых материалов и методы ее оценки / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич, С.В. Попко // Порошковая металлургия. – 1978. – Вып. 2. – С. 108–113.
- Витязь, П.А. Влияние структурных свойств пористых порошковых материалов на равномерность локальной проницаемости / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег и др. // Порошковая металлургия (Киев). – 1988. – № 9. – С. 44–45.
- Порошковая металлургия. Спеченные и композиционные материалы [пер. с нем.] / Под ред. В. Шатта. – М.: Металлургия, 1983. – 520 с.
- Шибряев, Б.Ф. Пористые проницаемые спеченные материалы / Б.Ф. Шибряев. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
- Гатушкин, А.А. Исследование фильтрующих свойств пористых материалов из несферических порошков / А.А. Гатушкин // Порошковая металлургия (Киев). – 1988. – № 9. – С. 49–54.
- Башта, Г.М. Машиностроительная гидравлика: справочное пособие / Г.М. Башта. – М.: Машгиз, 1963. – 696 с.
- Клячко, В.А. Очистка природных вод / В.А. Клячко, И.Э. Апелцин. – М.: Стройиздат, 1971. – 550 с.
- Кастальский, А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения / А.А. Кастальский, Д.М. Минц. – М.: Высшая школа, 1962. – 559 с.
- Горбачев, Е.А. Многослойный фильтр для безотстойного осветления воды / Е.А. Горбачев, А.В. Дворецкий, Н.Ф. Санкин // Водоснабжение и санитарная техника. – 1972. – № 8. – С. 6–9.
- Проскураков, В.А. Очистка сточных вод в химической промышленности / В.А. Проскураков, Л.И. Шмидт. – Ленинград: Химия, 1977. – 463 с.
- К вопросу регулирования поровой структуры спеченных проницаемых материалов / Современное развитие порошковой металлургии. – Нью-Йорк, Пристон, 1981. – Т. 12. – С. 871–877.
- Капцевич, В.М. Создание эффективных пористых порошковых материалов методом пластического деформирования: обзорная информация / В.М. Капцевич, Р.А. Кусин, А.А. Гуревич. – Минск: БЕЛНИИТИ и ТЭИ Госплана БССР, 1985. – 32 с.
- А.с. 772718 СССР. Способ изготовления спеченных пористых изделий / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1980. – №39.
- Витязь, П.А. Изменение порораспределения пористой пластины при пластическом изгибе / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич [и др.] // Порошковая металлургия. – Минск: Высшая школа, 1982. – Вып. 6. – С. 44–46.
- Витязь, П.А. Расчет изменения свойств при пластическом деформировании / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, Р.А. Кусин, А.А. Гуревич // Исследование и разработка теоретических

проблем в области порошковой металлургии и защитных покрытий: материалы Всес. конф. – Минск, 1983. – Ч. 2. – С. 107–110.

17. Скороход, В.В. Физико-металлургические основы спекания порошков // В.В. Скороход, С.М. Солонин. – М.: Металлургия, 1984. – 154 с.

18. А.с. 1184607 СССР. Способ получения пористых спеченных изделий / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1985. – № 38.

19. Витязь, П.А. Изменение свойств фильтрующих материалов в результате деформации изгибом спеченных заготовок / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег [и др.] // Порошковая металлургия (Киев). – 1989. – №4. – С. 54–57.

20. А.с. 1175527 СССР. Фильтрующий блок для жидкости / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1985. – № 32.

21. А.с. 1457960 СССР. Фильтр / В.М. Капцевич, А.Н. Сорокина, А.Е. Галкин [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1989. – №6.

22. Заявка № 54-116305 Японии. Пористый материал. Оpubл. 1979 г.

23. А.с. 624722 СССР. Способ изготовления спеченных пористых изделий / П.А. Витязь, В.К. Шелег, С.В. Попко, В.М. Капцевич // Открытия. Изобретения. – 1978. – №35.

24. А.с. 1082565 СССР. Способ изготовления спеченных пористых изделий / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1984. – №12.

25. А.с. 674317 СССР. Способ изготовления спеченных пористых изделий / П.А. Витязь, В.К. Шелег, С.В. Попко, В.М. Капцевич // Не подлежит опубликованию в открытой печати.

26. А.с. 1014657 СССР. Способ изготовления спеченных пористых изделий / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич [и др.] // Открытия. Изобретения. – 1983. – №16.

27. Валькович, И.В. Исследование свойств двухслойных пористых материалов из порошков сферической бронзы / И.В. Валькович, Р.А. Кусин, А.Н. Сорокина // Порошковая металлургия. – 1996. – №19. – С. 41–43.

УДК 631.3

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ И МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ СЕЛЬХОЗБОРУДОВАНИЯ

*Константинов В.М., д.т.н., зав. кафедрой; Астрейко Л.А., к.т.н.;
Булойчик И.А., аспирант*

УО «Белорусский национальный технический университет», г. Минск

Защита и сохранение в рабочем состоянии металлического фонда предприятий является важной проблемой, т.к. позволяет провести снижение всех видов затрат: трудовых, материальных и временных на обновление и восстановление различных металлических конструкций и изделий. Покрытия являются одним из самых доступных видов такой защиты. Цинк-содержащие покрытия являются наиболее дешевыми. Каждый метод цинкования в связи с определенным комплексом свойств получаемых покрытий, а также с конфигурацией обрабатываемых изделий имеет свою область применения. Однако в связи с возрастанием значения экологического фактора используемых процессов, а также их энергоемкостью в по-

следнее время активно обсуждается возможность полной или частичной замены гальванического и «горячего» методов альтернативными, например шерардизацией или термодиффузионным цинкованием [1].

Основными эксплуатационными характеристиками защитных покрытий являются антикоррозионные свойства, устойчивость к истиранию и высокая степень сцепления покрытия с поверхностью обрабатываемого изделия. Основным фактором, влияющим на комплекс получаемых свойств, является строение покрытия. Защитные цинковые покрытия можно разделить на две большие группы: диффузионные и недиффузионные [1, 2]. Диффузионные цинковые покрытия по сравнению с гальваническими и металлизационными (недиффузионными цинковыми покрытиями) имеют более прочную связь с защищаемым металлом, а постепенное изменение концентрации цинка по толщине покрытия обуславливает менее резкое изменение его свойств. Более высокая по сравнению с гальваническими и металлизационными цинковыми покрытиями твердость диффузионных цинковых покрытий обеспечивает им достаточно высокую сопротивляемость истиранию [3].

Термодиффузионное цинкование (ТДЦ) позволяет получать коррозионностойкие диффузионные слои на изделиях практически любых форм и размеров, является экологически безопасным и, в дополнение к этому, перспективно с точки зрения совершенствования технологических параметров процесса по отношению к общему циклу термической обработки упругих элементов. Особенностью данного метода цинкования является обеспечение диффузионного взаимодействия между насыщаемой поверхностью и насыщающим веществом, в результате чего происходит формирование интерметаллидных диффузионных слоев (рис.1), обладающих значительно более высокими эксплуатационными характеристиками по сравнению с покрытиями из чистого цинка.

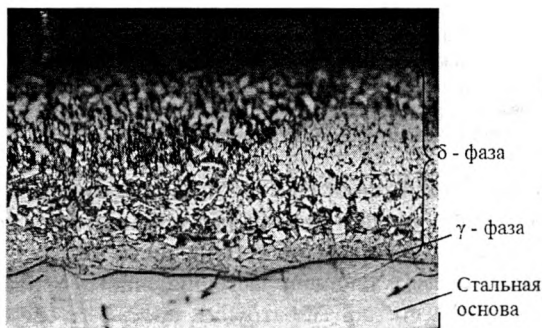


Рис. 1. Микроструктура цинкового диффузионного слоя, X500

В таблице 1 представлена сравнительная характеристика гальванических покрытий на основе цинка и диффузионных слоев, полученных способом термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах.

Таблица 1 – Свойства гальванических покрытий и диффузионных слоев, полученных способом термодиффузионного цинкования в порошковых насыщающих средах

Тип покрытия	Микротвердость (МПа)	Толщина слоя (мкм)	Температура формирования (°С)
Гальваника	300-380	3-30	15-25
ТДЦ	3360-5250	20-80	350-600

Следует также отметить и тот факт, что, в отличие от покрытий из чистого цинка, для интерметаллидных диффузионных слоев характерно замедление протекания коррозионных процессов во времени, что связано с формированием плотных защитных пленок на поверхности изделия, обеспечивающих дополнительную барьерную защиту от дальнейшего проникновения кислорода вглубь диффузионного слоя.

Были проведены коррозионные испытания стальных деталей с различными цинковыми покрытиями: соединительные патрубки, подвергнутые гальваническому цинкованию, штуцер термодиффузионно оцинкованный, соединительные элементы с накидной гайкой, подвергнутые горячему цинкованию и нанесению цинкнаполненной краски с предварительной обработкой детали (рис. 2).

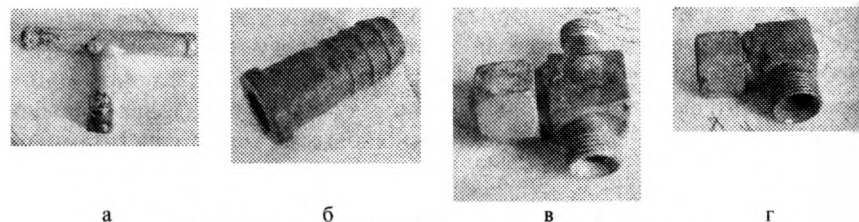


Рис. 2. Стальные образцы после коррозионных испытаний:

а – образец с цинковым покрытием, полученным гальваническим методом, после 200 ч. испытаний; б – образец с цинковым покрытием, полученным термодиффузионным методом; в – образец с цинковым покрытием, полученным методом оцинковывания в расплаве; г – образец с цинковым покрытием, полученным механическим методом

Результаты испытаний свидетельствуют о следующем. Образец с цинковым покрытием, полученным гальваническим методом, (рис. 2, а) после первого съема показал на торцах пятна основного металла без покрытия, при последующих съемах площадь незащищенного основного металла увеличилась с 2 до 60% по торцам патрубка, после 5-го съема – появились большие участки (до 50%) корродирующего основного металла на внутренней поверхности патрубка. Образец с цинковым покрытием, получен-

ным термодиффузионным методом, характеризуется поверхностью без следов коррозии основного металла, с продуктами коррозии цинка (рис. 2, б). Образец с цинковым покрытием, полученным методом горячего цинкования в расплаве, характеризуется поверхностью без следов коррозии основного металла, с продуктами коррозии цинка (рис. 2, в). Образец с цинковым покрытием, полученным нанесением цинкнаполненной краски, характеризуется основной поверхностью без следов коррозии основного металла, со сквозным питтингом над накидной гайкой (рис. 2, г).

Таким образом, ряд коррозионной стойкости покрытий по ухудшению можно расположить в следующей последовательности: термодиффузионные, «горячие», цинкнаполненная краска, гальванически нанесенные. Диффузионные цинковые покрытия характеризуются лучшими антикоррозионными свойствами. Полученные результаты позволяют рекомендовать их как наиболее функциональные для широкой номенклатуры стальных и чугунных изделий.

Список использованных источников

1. Астрейко, Л.А. Диффузионные цинковые покрытия, полученные в гидротермально обработанных порошковых средах / Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Минск, БНТУ, 2006.
2. Обзор рынка цинка и оцинкованной продукции / В.И. Полькин, Н.Л. Пономарева / <http://www.zdc.ru>. Некоммерческое партнерство «Центр по развитию Цинка».
3. Защитные цинковые покрытия: сопоставительный анализ свойств, рациональные области применения / Е. Проскуркин, ГП «НИТИ», Украина // Оборудование. – 2005. – № 3, 4.
4. ГОСТ 9.304-84. ЕСЗКС. Покрытия металлизационные. Обозначения, технические требования и методы контроля.
5. ГОСТ 9.308-85. ЕСЗКС. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Методы ускоренных коррозионных испытаний.
6. ГОСТ 9.908-85 ЕСЗКС. Металлы и сплавы. Метод определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.

УДК 621.539

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ЧУГУНА

*Дашков В.Н., д.т.н., профессор; Антонюшин Ю.Т., к.т.н., доцент;
Сокол В.А., студент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

Восстановление изношенных деталей сельхозтехники является эффективным мероприятием в подготовке и поддержании ее в исправном состоянии. Ремонт чугунных деталей представляет проблему и актуален для получения заданной твердости на обрабатываемых поверхностях.

При восстановлении чугунных деталей сельскохозяйственных машин процессы сварки и наплавки зачастую определяют ресурс работы как отдельных механизмов, так и конструкций в целом. Качество и эффективность восстановления связаны с развитием сварки и с использованием сварочных материалов.

Чугунные детали имеют высокую прочность на сжатие, отличаются надежной работой в условиях воздействия знакопеременных нагрузок, способны гасить вибрационные колебания [1]. В процессе их эксплуатации и ремонта выявляются дефекты, расположенные на поверхностях различного эксплуатационного назначения. В результате детали дорогостоящей сельскохозяйственной техники бракуются окончательно или условно до исправления дефекта.

Устранение дефектов в чугунных деталях производится, главным образом, наплавкой (заваркой), иногда пайко-сваркой и замазкой. Свариваемость зависит не только от свойств чугуна (химический состав, структура и т.д.), но и от способа и режимов наплавки, состава наплавочных материалов и других параметров. Чугун является трудно свариваемым материалом вследствие образования в шве хрупких и трудно обрабатываемых структур отбела и закалки, обусловленных высоким содержанием углерода, серы и фосфора в основном металле, склонности чугуна к образованию неравновесных фаз при кристаллизации, а низкая пластичность основного металла и зоны оплавления приводят к образованию трещин и пор. Трудности сварочных работ возрастают при изменениях структуры чугуна, вызванных длительным воздействием высоких температур, а также проникновением в него масел и продуктов сгорания горючего. Затруднения особенно возрастают при холодных способах наплавки. При горячей наплавке (предварительный нагрев детали) и при низкотемпературных процессах (пайка, пайко-сварка) образование указанных дефектов менее вероятно.

Для сварки и наплавки чугуна рекомендуются электроды на основе прутков чугунных ЭЧ-1, ЭЧ-2 и ЭВЧ-1, представляющие собой чугунный стержень и покрытие, обеспечивающее необходимые сварочно-технологические свойства электродов. Получающийся при этом наплавленный металл – чугун. При сварке этими электродами неблагоприятное влияние углерода в зоне шва уменьшается графитизацией. Если бы процесс графитизации прошел достаточно полно, углерода в связанном состоянии было бы мало и в металле шва образовалась бы мягкая феррито-перлитная структура. Заваренные детали следует медленно охлаждать в печи или с тепловой изоляцией ($30^{\circ}\text{C}/\text{ч}$). Недостатком указанных электродов является то, что в условиях сварки графитизация указанных участков металла шва почти не происходит. Наплавленный металл не имеет стабильных показателей по структуре (перлит различной степени дисперсности плюс феррит повышенной скорости охлаждения), твердость металла

шва НВ 190–260, а размеры и расположение графитовых включений неориентированные. Такой чугун непригоден для поверхностной закалки, при незначительных нагрузках в металле шва образуются трещины. Кроме того, при сварке сварные швы накладываются короткими участками (длинной не более 100–120 мм), вразброс, с перерывами для охлаждения шва и околошовной зоны до температуры 50–60 °С. Так как в состав чугунного прутка введен кремний (до 4,5%), эти электроды оказались малопригодными для сварки современных высокомарочных чугунов.

Для сварки и наплавки чугуна с пластинчатым и шаровидным графитом применяют электроды марки ЦЧ-4 [2], представляющие собой стержень из проволоки Св-08 с покрытием, содержащим 50–55% ванадия (сильнейший карбидообразующий элемент, образующий наиболее стойкие карбиды), который обеспечивает компенсацию неблагоприятного влияния углерода в зоне шва карбидообразованием, обеспечивающим получение мягкой основной металлической массы ферритоперлитной структуры. Наплавленный металл – легированная сталь. Недостатком электродов является то, что образующиеся карбиды располагаются внутри металлической массы металла шва (как графит), нарушая сплошность металла, что снижает его механические свойства; кроме того, ванадий – очень дорогой и дефицитный металл.

Для холодной дуговой сварки серого и ковкого чугуна в случаях, когда наплавленный металл должен обрабатываться резанием, применяют электроды на медноникелевой основе МНЧ-2 [3]. Характеристика дефекта – несквозные дефекты небольших и средних. Требования к наплавленному металлу – хорошая обрабатываемость, высокие показатели плотности и прочности. Показатели прочности и цвета наплавленного металла не являются главными. Металл шва – медноникелевый сплав. Электроды применяют для заварки литейных дефектов и на рабочих поверхностях, где местное повышение твердости недопустимо. Медь и никель не растворяют углерод и не образуют структур, имеющих высокую твердость после нагрева и быстрого охлаждения. Для изготовления электродов используют медно-никелевые сплавы: монель-металл, содержащий 63–75% Ni, 27–37% Cu, 2–3% Fe и 1,2–1,8% Mn; константан, содержащий 60% Ni и 40% Cu. Специальное покрытие обеспечивает перенос металла без брызг во всех пространственных положениях. Дугу поддерживать короткой, электрод вести не сильно наклоняя, шлак удалять, швы сразу проковывать. Недостатки электродов – их высокая стоимость и дефицитность, большая усадка, приводящая к образованию горячих трещин. Эти электроды не рекомендуется использовать для заварки трещин или сварки чугунных деталей, испытывающих нагрузки. Заварка же раковин небольшого размера дает положительный результат, т.к. наплавленный металл и зона сварки поддаются механической обработке.

В результате проплавления источником тепла основного металла углерод и другие примеси в значительном количестве переходят в сварной шов. Переход углерода не опасен, если наплавленный металл также представляет собой чугун. В этом случае необходимой и достаточной мерой для получения доброкачественных соединений является высокий предварительный подогрев изделия (так называемая горячая сварка чугуна).

При сварке чугуна сталью науглероживание шва крайне нежелательно, поскольку оно приводит к образованию в нем метастабильных структур, например, выделению цементита по границам зерен или распаду аустенита при охлаждении шва с мартенситным превращением. Это, в свою очередь, ведет к повышению твердости и резкому снижению пластичности металла шва, а следовательно, и к образованию трещин в соединениях.

Графитные включения в чугуне снижают его пластичность, и он часто не выдерживает значительных сварочных напряжений [1]. Образование неравновесных фаз в зоне сплавления снижает пластичность еще больше. Из-за низкой пластичности чугун боится резкого изменения напряженного состояния (при форсированных режимах сварки с последующим ускоренным охлаждением).

Рекомендуется предварительный подогрев заготовок до температуры не менее 550 °С. Температура нагрева изделия между проходами не менее 550 °С. Заваренные детали следует медленно охлаждать в печи или с тепловой изоляцией (30 °С/ч). Указанные меры, как правило, полностью исключают образование в чугунах обычного состава неравновесных фаз: цементита и ледебурита.

Из общего количества чугунных деталей следует выделить корпусные. Ремонтные предприятия Беларуси дефекты на чугунных корпусных деталях исправляют крайне редко.

Известны попытки ремонта материалами, содержащими 60–70% Ni и Cu. Их преимущество в высокой пластичности наплавленного металла, который не упрочняется даже при насыщении углеродом, так как последний не растворяется в никеле. Но эти материалы дорогие и дефицитные, отличаются низкой стойкостью наплавленного металла к образованию трещин, а технология не обеспечивает получение прочных и износостойких деталей.

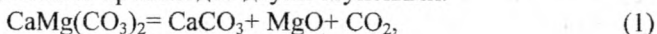
Эффективным способом исправления поверхностных дефектов чугунных деталей является наплавка электродом ЦЧ-4. Недостаток электрода в том, что образующиеся карбиды располагаются внутри металлической массы металла шва, нарушая сплошность металла, что снижает его механические свойства, а при механической обработке падает стойкость металлорежущего инструмента.

Цель работы – создание технологии и материалов для восстановления методом сварки и наплавки деталей, изготовленных из чугуна.

Из-за высокого содержания углерода и кремния в наплавленном металле при затвердевании в зоне шва и термического влияния могут образовываться трещины. Поэтому целесообразно снизить содержание этих элементов в шве, используя металлургические методы. Практически это осуществляется введением в состав электродного покрытия карбонатов. Наибольший интерес представляют такие карбонаты, как мел, мрамор CaCO_3 , магнезит MgCO_3 и доломит, представляющий их смесь. Под влиянием высокой температуры сварочного пламени происходит диссоциация карбонатов.

Расчет показывает, что в условиях сварки диссоциация углекислого кальция начинается при 910°C , углекислого магния – при 650°C .

Диссоциация доломита происходит двумя ступенями:



Расчет по уравнениям (1) и (2) показывает, что температура диссоциации 1-й ступени 748°C , 2-й ступени – 910°C . Таким образом, при температуре $700\text{--}900^\circ\text{C}$ начинается диссоциация карбонатов и зона сварочного шва насыщается углекислым газом. Высокая температура способствует разложению углекислого газа по реакции:



Расчеты показывают, что реакция (3) начинается при 3000°C . Высокие температуры сварочного пламени обеспечивают полную диссоциацию углекислого газа.

Расчет необходимого количества кислорода для окисления углерода и кремния показал, что расход кислорода не очень велик и существенно меньше, чем при продувке бессемеровской ванны ($50\text{--}60 \text{ см}^3/\text{г}$).

Идея разработки электрода основана на гипотезе удаления углерода из расплавленного металла окислением его в наплавочной ванне. Метод прост, не связан с большими затратами и с усложнением наплавочного процесса. Вместе с углеродом будет удаляться и кремний, повышенное содержание которого нежелательно из-за его отрицательного влияния на механические свойства.

Сварка чугуна предлагаемым электродом обеспечивает обрабатываемость металла сварного шва. Сварку следует производить на прямой полярности, так как температура анода сварочной дуги выше температуры катода, что обеспечивает более интенсивный нагрев изделия, чем при обратной полярности. При этом сварочная ванна охлаждается медленнее, что благоприятствует устранению твердых структурных составляющих. Кроме того, при этом углерод находится в виде иона C^{+4} , который под влиянием постоянного электрического поля перемещается к катоду [4].

Это означает, что при сварке на прямой полярности ионы углерода будут стремиться всплыть, удаляясь из зоны сплавления в верхние слои ванны, где они легко окислятся, в результате чего происходит снижение содержания углерода и кремния в металле шва. Сварка на прямой полярности обеспечивает благоприятную структуру зоны шва.

При высоком напряжении холостого хода сварочного трансформатора и малой длине сварочных кабелей возможна сварка переменным током.

Трудности сварочных работ неизмеримо возрастают в тех случаях, когда структура чугуна претерпела изменения, вызванные длительным воздействием высоких температур, проникновением масел и продуктов сгорания горючего и др. Практически каждый вид ремонта требует своего специфического подхода.

Процесс сварки, характеризуемый неравномерным нагревом и охлаждением различных участков, может способствовать увеличению внутренних напряжений и образованию трещин. Поэтому изделия сложной конфигурации при наличии разностенности перед сваркой следует подвергать термообработке для снятия внутренних напряжений. Нагрев должен производиться медленно, для равномерного прогрева всего объема отливки, со скоростью не выше 50–100 °С в час, в зависимости от сложности отливки. Выбор времени выдержки (3–5 часов) также зависит от сложности отливки. Чем выше температура, тем меньше время выдержки и тем эффективнее снимаются внутренние напряжения.

При нагреве чугуна происходит процесс снятия внутренних напряжений. Уже при 250–300 °С появляются заметные результаты, а при 500–550 °С внутренние напряжения почти полностью снимаются.

Для реализации технологии сварки и наплавки необходимо простейшее сварочное оборудование (сварочный трансформатор, сварочный выпрямитель).

Таким образом, определены технологические параметры сварки и разработан электрод для восстановления методом сварки и наплавки деталей, изготовленных из чугуна, апробация которых показала, что себестоимость восстановленных поверхностей деталей не превышает 18% стоимости новых.

Список использованных источников

1. Антонишин, Ю.Т. Пластическая деформация чугуна. – Минск: Наука и техника, 1990. – 158 с.
2. Сварочные материалы для дуговой сварки: Т.2: Под ред. Потапова Н.Н. – М.: Машиностроение, 1993. – 764 с.
3. Каталог АО Спецэлектрод «Электроды для ручной дуговой сварки, наплавки и резки». – М., 1999. – 209 с.
4. Антонишин, Ю.Т. Совершенствование технологии восстановления деталей и повышение их качества электродуговой наплавкой // Агропанорама. – 2005. – № 4. – С. 13–14.

СТРУКТУРА МЕТАЛЛА СВАРНОГО ШВА ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ЧУГУНА

*Дашков В.Н., д.т.н., профессор; Антонишин Ю.Т., к.т.н., доцент;
Лабушев Н.А., соискатель; Сокол В.А., студент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

Восстановление изношенных деталей сельхозтехники является эффективным мероприятием в подготовке и поддержании ее в исправном состоянии. Ремонт чугунных деталей представляет проблему и актуален для получения заданной твердости на обрабатываемых поверхностях.

Металл шва – это часть сварного соединения, которая в процессе сварки находилась в жидком состоянии. Структура такого металла зависит не только от химического состава, но и от условий кристаллизации и скорости охлаждения. Влияние многослойности сварного шва на структуру определяется соответствующим термическим влиянием, что следует учитывать при анализе структуры многослойного шва.

Структура металла шва. Пластины размером $250 \times 200 \times 15$ мм после отливки подвергали высокому отпуску (нагрев $720\text{--}750$ °С в течение часа с последующим охлаждением на воздухе для выравнивания структуры). После отпуска структура чугуна состояла из ферритоперлитной матрицы с крупными включениями графита.

Сверху в средней части пластины простругивали канавку шириной 9 мм и глубиной 5 мм, предназначенную для заварки, что моделировало сварку стыкового шва. Заварку производили электродом БЧ диаметром 4 мм, при силе тока 120–140 А на прямой полярности при скорости сварки 1–3–5 мм/с. Для изменения скорости охлаждения пластин, кроме изменения скорости сварки, применяли подогрев до 100–200 и 500 °С. Замер температуры производили погруженной в расплав термопарой. По полученным данным рассчитывали скорости охлаждения металла для характерных семи различных интервалов температур, представляющих наибольший интерес при исследовании структуры металла:

в интервале 1200–1100 °С при затвердевании жидкого металла происходит образование первичного графита;

в интервале 1200–700 °С металл находится в модификации $\gamma\text{-Fe}$, а скорость охлаждения оказывает влияние на процессы, происходящие в аустените;

в интервале 900–700 °С происходят эвтектоидные превращения и скорость охлаждения определяет тип образующейся структуры;

в интервале 1200–300 °С происходят практически все структурные превращения и скорость является средней;

в интервале 700–300 °С происходят послеперлитные превращения;

в интервале 700–5100 °С происходит образование и формирование перлитной структуры и верхнего бейнита;

в интервале 500–300 °С образуются нижний бейнит и игольчатые троостомартенситные структуры.

Установлено, что скорость охлаждения металла шва зависит от скорости сварки и температуры пластин. При этом изменение скорости сварки оказывает большее влияние, чем температура подогрева пластин.

Структура металла зоны термического влияния. Зона термического влияния представляет собой часть основного свариваемого чугуна, которая в процессе сварки нагревается теплом сварочного пламени. Отдельные участки этой зоны нагреваются до разных температур – от окружающей температуры до максимальной, но ни один участок зоны не нагревается до расплавления. Непосредственным источником тепла для нагрева металла зоны термического влияния является сварочная ванна – нагретый металл сварного шва. Поэтому температура металла зоны термического влияния неодинакова в направлении, перпендикулярном шву. Максимальную температуру нагрева имеют участки непосредственно соприкасающиеся со сварным швом (ванной), а температура других участков снижается по мере удаления от шва. В связи с этим структура металла зоны термического влияния – это структура свариваемого чугуна, подвергавшегося определенному тепловому воздействию.

Зная распределение температуры в зоне термического влияния и связав его с диаграммой состояния сплава Fe-C-Si, можно выделить характерные участки этой зоны [1]. Анализ структурных превращений участков зоны термического влияния показал, что наибольшее значение имеют участки, образующие при нагреве структуру аустенита, а также участок графитизации и сфероидизации карбидов и частичной сфероидизации первичного графита.

На структуру ферритоперлитных чугунов в зоне термического влияния влияет скорость охлаждения. При малых скоростях охлаждения – около десятка °С/с – структура представляет ферритоперлит, иногда перлитоферрит с пластинчатым графитом. При наличии в исходном чугуне малого количества более мелкого графита структура почти перлитная и графит частично сфероидизируется. При больших скоростях охлаждения может появиться мартенсит, который заметен на фоне крупных пластин графита. Подобные структуры и при торцовой пробе чугуна, только без сфероидизации графита. Это связано с воздействием на чугун при сварке высокотемпературного источника тепла, а при торцовой пробе нагрев производится в печи.

Улучшение структуры металла зоны сплавления. В зоне сплавления часто образуется структура чугуна (главным образом большое количество выделений цементита), из-за которой металл обладает низкими механическими свойствами. Так как цементит – твердая и хрупкая составляющая, то наличие его в сварном шве ухудшает качество сварного соединения. Наличие цементита обусловлено присутствием большого количества углерода. Если металл зоны сплавления – сталь, то наличие цементита вызвано повышенным содержанием углерода: образуется высокоуглеродистая заэвтектоидная сталь, а цементит выделяется в виде грубой сетки вокруг зерен перлита [2]. Если металл зоны сплавления – чугун, то наличие цементита вызвано пониженным содержанием в нем углерода: образуется низкоуглеродистый чугун, цементит которого не успел графитизироваться из-за низкой графитизирующей способности такого чугуна. В этом случае избыточный цементит образует структуру ледебурита (отбел). Именно такая форма выделения избыточного цементита чаще всего и наблюдается в зоне сплавления. Поэтому улучшение структуры металла зоны сплавления сводится к устранению в ней ледебурита.

В таблице 1 показано, что наиболее неблагоприятная форма выделений ледебурита наблюдается при больших скоростях охлаждения металла в интервале температур графитизации 1200–1000 °С. В доэвтектическом чугуне (скорость охлаждения 7,1–8 град/с) появляется игольчатый ледебурит, пронизанный иголками цементита. При этом колонии точечного графита вкраплены в ледебурит отдельными островками. При дальнейшем росте скорости охлаждения до 12 град/с ледебурит полностью исчезает и все поле шлифа заполняется точечным и частично завихренным графитом.

Таблица 1 – Характеристика структуры различных участков чугунных образцов

Тип структуры	Графитные выделения, их количество (% от исходного)	Металлическая основа
Исходный	Грубые, пластинчатые выделения, крупные	Мелкий перлит, местные выделения феррита преимущественно около пластин графита
1	Крупные пластины, около 60	Мелкозернистый, сорбитообразный перлит, местные скопления феррита
2	Тонкие, иногда мелкие скопления точечного графита, около 40	Мартенсит, местами мелкие скопления сорбитообразного перлита
3	Мелкие, разбросанные, иногда точечные, около 20	Аустенит (зерна и дендриты), местные вкрапления троостомартенсита
4	Очень мелкие, точечные, разбросанные, не более 2-3	Мелкие густые дендриты аустенита, троостомартенсит в междендритных областях

При непрерывном охлаждении заэвтектического чугуна не обнаружены образования ледебурита в широком диапазоне скоростей охлаждения. Основными структурными составляющими были дендриты аустенита и

графит различной формы. Это подтверждает, что образование ледебурита связано как со скоростью охлаждения, так и с химическим составом чугуна. Определено, что ледебурит появляется в части, которая при сварке находится в жидком состоянии, а в зоне термического влияния ледебурит не образуется. Его образование отмечено в части шва, нагреваемой до расплавления.

Скорость растворения графитовых пластин составляет около 20 мк/с. При скоростях сварки, когда сварочная ванна существует более 5 с, графит успевает полностью раствориться в металле, из-за чего в зонах термического влияния, расположенных на границе с жидким металлом, образуется аустенит, пересыщенный углеродом. Эти участки склонны к интенсивной графитизации, особенно при многослойной сварке, когда зона термического влияния подвергается повторному нагреву. На границе с жидким металлом углерод диффундирует в жидкость, что приводит к снижению концентрации углерода.

Таким образом, определено, что ферритная основа чугуна позволяет получать металл шва эвтектоидного типа. В нижней части шва образуется эвтектоидная сталь с сеткой избыточного цементита. Перлитная основа чугуна увеличивает выделение цементита в металле шва, что резко повышает его твердость. Подогрев металла при сварке почти не снижает твердость. Металл в нижней части шва можно улучшить, применяя большую скорость сварки (6–7 мм/с), избежав тем самым образования сетки избыточного цементита, получив металл шва с сорбитообразным перлитом эвтектоидной стали.

Список использованных источников

1. Антонишин Ю.Т. Пластическая деформация чугуна. – Минск: Наука и техника, 1990. – 158 с
2. Гиршович, Н.Г. Справочник по чугунному литью. – Л.: Машиностроение. 1998. – 758 с.

УДК 631.158

**ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ
ДЛЯ АПК УО «ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. П.О. СУХОГО»**

Попов В.Б., к.т.н., доцент

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

Преобразования в агропромышленном комплексе требуют нового подхода к подготовке инженеров для проектирования и эксплуатации сельскохозяйственной техники. Активное внедрение инновационных техноло-

гий в техническое обеспечение и технологии аграрного производства ставят перед производителями, агросервисом и учреждениями образования задачи, связанные с подготовкой и переподготовкой кадров для АПК. Главной задачей высшего и среднего специального образования является подготовка таких специалистов, которые по своим профессиональным качествам отвечали бы не только сегодняшним, но и завтрашним требованиям [1].

Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого считается признанным центром технического образования в регионе благодаря современной материально-технической базе, наличию высококвалифицированного профессорско-преподавательского состава, внедрению в образовательный процесс инновационных методов обучения, а также тесной связи образовательного процесса с наукой и производством. УО ГГТУ им. П.О. Сухого готовит специалистов и для АПК республики, в том числе по специальностям: 1-36 12 01 “Производство и проектирование с.-х. техники” со специализацией 1-36 12 01 01 “Производство и проектирование с.-х. техники для растениеводства” и 1-25 01 07 “Экономика и управление на предприятии” со специализацией 1-25 01 07 15 “Экономика и управление на предприятии АПК”.

Работодатели часто справедливо критикуют сегодняшнее высшее образование за излишний академизм, недостаточность практической подготовки и слабую связь с потребностями производства [2]. Поэтому университет рассматривает качество подготовки специалистов как приоритетную задачу и постоянно решает ее, приспособляясь к изменениям в демографии и условиям рыночной экономики. Под качеством подготовки молодого специалиста в области техники и экономики здесь понимается совокупность компетенций, знаний и навыков, приобретенных им за время обучения в вузе. Такой “багаж” позволяет молодому специалисту успешно профессионально реализовать полученные знания и навыки, а предприятию, на которое он был распределен, как следствие, успешнее конкурировать на рынке сбыта готовой продукции.

Кафедра “Сельскохозяйственные машины” была организована в 1986 г. для обеспечения инженерными кадрами в первую очередь ПО “Гомсельмаш” и за прошедшее время выпустила свыше 1100 подготовленных специалистов. Необходимость разработки нового подхода к подготовке современного инженера для проектирования с.-х. техники затронула все аспекты деятельности кафедры: научно-методическую, учебно-воспитательную и научно-исследовательскую работы, а также состояние материально-технической базы. Профессиональный уровень большинства преподавателей кафедры, имеющих базовое образование, а также опыт инженерной работы на производстве, соответствующие профилю подготовки и препода-

даваемым дисциплинам, позволяет осуществлять качественную подготовку специалистов.

В образовательном стандарте по специальности 1-36 12 01 появились новые для кафедры специальные дисциплины: “Основы проектирования сельскохозяйственной техники”, “Сельскохозяйственные машины”, “Технологии и техническое обеспечение производства и переработки с.-х. продукции”, а в образовательном стандарте по специальности 1-25 01 07 - “Инновационные технологии в отраслях АПК”. Недостаток или отсутствие учебных пособий по этим курсам был компенсирован разработкой соответствующих ЭУМКД. Спецкурсы по дисциплинам “Тракторы и автомобили”, “Средства автоматизации сельскохозяйственной техники”, “Эргономика и основы дизайна сельскохозяйственных машин”, “Отраслевая экология” были переработаны.

Современная с.-х. техника и технологическое оборудование для обеспечения качественного высокопроизводительного производства оснащаются разнообразными мехатронными устройствами и системами повышенной функциональной сложности, имеющими определенную специфику, отличающимися по устройству, особенностям работы и обслуживанию в условиях сельского хозяйства [3]. Поэтому существенному обновлению были подвергнуты такие курсы из блока дисциплин специализации, как: “Проектирование машин для уборки сельскохозяйственных культур” и “Проектирование мобильных энергетических средств”. В блоке дисциплин специализации появились новые курсы: “Автоматизированное проектирование с.-х. машин”, “Основы трибофатики”, “Гидропривод мобильных с.-х. машин”. Таким образом, большая часть закрепленных за кафедрой дисциплин (13 из 20) была в результате так или иначе переработана.

В решении вопросов методического обеспечения новых специальных дисциплин следует отметить регулярную поддержку со стороны декана агроинженерского факультета и заведующих кафедрами “Сельскохозяйственные машины”, “Основы научных исследований и проектирования”, “Эксплуатации машинно-тракторного парка” Белорусского государственного аграрного технического университета.

При изучении специальных дисциплин, выполнении курсовых работ и проектов, дипломных проектов постоянно используются средства вычислительной техники. В преподавании дисциплин “Математическое моделирование технических объектов и процессов”, “Основы проектирования сельскохозяйственной техники”, “Проектирование машин для уборки с.-х. культур” используются современные программные комплексы, например “КОМПАС”, “Интегрированная система прочностного анализа”, “Универсальный механизм”, что позволяет студентам овладеть основами компьютерного проектирования агрегатов и узлов уборочных и с.-х. машин. Занятия, как правило, проводятся в специализированных аудиториях вуза.

Филиал кафедры “Сельскохозяйственные машины” был организован в 2008 г. по соглашению с ОАО “Гомельоблагросервис” и является базой для проведения учебной и производственной практик, а также подбора материала для курсового и дипломного проектирования студентов, обучающихся по специальности 1-36 12 01 “Проектирование и производство с.-х. техники”. Руководители “Гомельоблагросервис” в качестве рецензентов дали ценные замечания по структуре, содержанию и методическому обеспечению учебных программ для таких дисциплин, как: “Сельскохозяйственные машины”, “Тракторы и автомобили”, “Гидропривод мобильных сельскохозяйственных машин”. Кроме того, ОАО “Гомельоблагросервис” обеспечило материально-техническую базу для проведения лабораторных и практических работ по вышеупомянутым дисциплинам.

В 2008-2012 гг. на базе филиала кафедры для студентов специальности “Проектирование и производство с.-х. техники”, завершивших 2-й курс обучения, была успешно проведена летняя производственная (эксплуатационная) практика. Студенты приняли активное участие в досборке мобильной с.-х. техники, поступающей для обкатки и последующего распределения по Гомельской области на профильные предприятия. Помимо этого осенью 2009 г. на базе филиала кафедры была проведена конструкторская практика для студентов сокращенной формы заочного обучения специальности 1-36 12 01с.

Общее направление научных исследований на кафедре “Сельскохозяйственные машины” – разработка методик расчета, алгоритмов и математических моделей для машин по уборке с.-х. культур с использованием новых информационных технологий. Основные направления прикладных исследований по кафедре: функциональный анализ и математическое моделирование механизмов и устройств уборочных машин, мобильных энергоносителей и с.-х. агрегатов; оптимизационный синтез механизмов и устройств уборочных машин, мобильных энергоносителей и с.-х. агрегатов; исследование напряженно-деформированного состояния деталей сложной конфигурации, механических конструкций машин и технических сооружений; обоснование и расчет технологических трактов и параметров рабочих органов уборочных машин; анализ применения интенсивных технологий возделывания с.-х. культур в агроклиматических условиях Республики Беларусь; исследование нестационарных процессов фрикционного тепловыделения и теплопереноса при трении фрикционных поверхностей; поверхностное и объемное упрочнение деталей машин порошковыми материалами посредством электроспекания; исследование тепловой нагруженности тормозов тягово-транспортных машин с целью повышения надежности их работы.

На кафедре “Сельскохозяйственные машины” организовано студенческое конструкторское бюро (СКБ) для опытно-конструкторской и научно-исследовательской работы студентов, магистрантов и аспирантов, выполняемой во внеучебное время. Цель организации СКБ – обеспечить подготовку студентов и магистрантов как высококвалифицированных специалистов, сформировать у них навыки выполнения научных исследований для решения как чисто научных, так и практических проблем. Деятельность СКБ осуществляется на основе ежегодно разрабатываемых руководителем СКБ планов опытно-конструкторской и научно-исследовательской работы с учетом календарных планов хозяйственных договоров с предприятиями.

Подготовка инженеров-конструкторов с.-х. машин по специальности “Проектирование и производство с.-х. техники” предполагает их специализацию по созданию зерно- и кормоуборочных машин, выпускаемых ПО “Гомсельмаш”. Проектирование мобильной с.-х. техники требует от будущих инженеров как специфических технических знаний, так и опыта по коллективной разработке сложных технических объектов.

Для решения этой комплексной проблемы кафедрой “Сельскохозяйственные машины” предусматривается разработка и внедрение в дисциплины специализации методик компьютерного проектирования с.-х. машин, а также обучения основам использования программных комплексов “Интегрированная система прочностного анализа” и “Pro-Engineer”.

В течение последних четырех лет закрепленные за кафедрой студенты младших курсов (первого и второго) весной посещают постоянно действующую выставку с.-х. техники, организованную на территории РУП “Гомсельмаш”, где знакомятся с новыми образцами уборочной техники. Для старшекурсников в День машиностроителя организуется посещение выставки новейших образцов уборочной техники ПО “Гомсельмаш”.

В начале прошлого учебного года ПО “Гомсельмаш” передал на кафедру “Сельскохозяйственные машины” четыре уборочные машины: самоходный зерноуборочный комбайн КЗС-8, серийную самоходную молотилку КЗС-10К, самоходный свеклоуборочный комбайн СКС-624 и косилку-плющилку ротационную КПР-9, агрегируемую с универсальным энергетическим средством “УЭС-2-250А” или трактором “Беларус-2522”. Их использование в качестве наглядных пособий позволило улучшить качество подготовки студентов по профилирующим дисциплинам.

В содержании программ производственных практик (эксплуатационной, конструкторской и преддипломной) также проведены инновационные изменения. Эксплуатационная практика проводится на филиале кафедры, организованном на базе Управления техническими центрами ОАО “Гомельоблагросервис”, где студенты имеют возможность не только познакомиться с с.-х. техникой, выпускаемой РУП “МТЗ”, ПО “Гомсель-

маш” и ОАО “Амкодор”, но и принять непосредственное участие в ее сборке перед отправкой в хозяйства.

С учетом курса на упрочение связи вуза с предприятиями роль двух последних практик для формирования у студентов инженерных качеств в настоящее время приобрела особую значимость. Например, за время конструкторской практики в РКУП “ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике” студенты выполняют индивидуальные задания, сформированные ведущими специалистами конструкторских отделов, и параллельно подбирают материал, необходимый для выполнения курсового проекта, связанного с модернизацией узлов и агрегатов выпускаемых ПО “Гомсельмаш” серийных машин. Работу студентов на практике курируют опытные инженеры, помогающие студентам приобрести навыки по разработке и оформлению конструкторской документации. Руководители структурных подразделений имеют возможность объективно оценить потенциал практиканта для решения вопроса о целесообразности его приглашения на преддипломную практику или даже предложить ему деловое сотрудничество – работу конструктором в течение последнего года обучения в вузе. Поэтапное усложнение задач по проектированию мобильной техники, решаемых студентами в производственных условиях, позволяет последовательно оценить их как потенциальных сотрудников, начиная с их конструкторской практики.

Время, отведенное на подготовку дипломного проекта, по утвержденному учебному плану составляет (вместе с преддипломной практикой) не более 4,5 месяцев, что, как правило, недостаточно для выполняемой в режиме компьютерного проектирования модернизации узла или агрегата серийной с.-х. машины. Причем предприятия настоятельно рекомендуют в ходе дипломного проектирования решать интересующие производство небольшие актуальные проблемы. Работа над дипломным проектом для студентов-бюджетников, решивших распределяться на данное предприятие, фактически совпадает с началом конструкторской практики, по результатам которой ведущие специалисты предприятия дают оценку инженерных способностей и профессиональных качеств студентов-практикантов, а также совместно с ними и руководителем практики очерчивают контуры будущего дипломного проекта.

Тематика дипломного проектирования по специальности 1-36 12 01 “Проектирование и производство с.-х. техники” достаточно широкая и позволяет индивидуально озадачить каждого студента, соблюдая интересы производства и учитывая направление научных исследований кафедры. Она охватывает шесть основных разделов: самоходные зерноуборочные комбайны, кормоуборочные машины, универсальные энергетические средства и комплексы на их базе, самоходные и навесные свеклоуборочные комбайны, прицепные картофелеуборочные комбайны, навесные и

прицепные косилки-плющилки. Кроме этого в дипломных проектах модернизируют льноуборочные комбайны, с.-х. машины для обработки почвы, а также исследуют возможность агрегатирования навесных машин, производимых ПО “Гомсельмаш”, с тракторами “Беларус”. С целью приближения учебного процесса к решению проблем эксплуатации сельскохозяйственной техники предприятие ОАО “Гомельоблагроссервис” передало на кафедру специальную литературу и секцию плуга оборотного.

Дипломные проекты, связанные с самоходными зерноуборочными комбайнами, представлены как модернизацией узлов и агрегатов серийной техники: КЗС-7, КЗС-10К, КЗС-1218, так и проектированием узлов для перспективных зерноуборочных комбайнов. Самоходные зерноуборочные комбайны – это наиболее сложные и потому трудоемкие в модернизации, а тем более и в разработке, мобильные машины, однако студенты справляются с решением поставленных перед ними задач [4]. Уровень их подготовки повысился и за последние 2 года средний балл по государственному экзамену составляет 7,45, а по дипломному проектированию – 7,71 балла. Уровень удачно защищенных ДП оценивается не только средней оценкой, но и количеством ДП, рекомендованных к внедрению, а таких за последние 2 года 13.

Таким образом, эффективность цепочки “конструкторская практика – курсовой проект – преддипломная практика – дипломный проект” за последние 4 года оправдала себя. Это подтверждается стабильным ростом спроса со стороны профильных предприятий республики, в том числе РКУП “ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике”, наготавливаемых кафедрой “Сельскохозяйственные машины” молодых специалистов.

Список использованных источников

1. Лабушев, Н.А. Кадровое обеспечение агротехнического сервиса / Н.А. Лабушев, В.Н. Трофимчик, Н.Н. Романюк, В.П. Миклуш // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организация технического сервиса в АПК / Доклады РНПК на 21-й Международной специализированной выставке “Белагро-2011”, Минск, 9 июня 2011 г. – С. 33–40.
2. Бойков, В.П. Подготовка инженерных кадров для решения задач развития тракторной техники / В.П. Бойков // Тракторы. Автомобили. Мобильные энергетические средства проблемы и перспективы развития / Доклады МНПК, Минск, 2009 г. – С. 27–33.
3. Шило, И.Н. О подготовке специалистов по эксплуатации электронных систем и устройств сельскохозяйственной техники / И.Н. Шило, А.И. Бобровник // Тракторы. Автомобили. Мобильные энергетические средства: проблемы и перспективы развития / Доклады МНПК, Минск, 2009 г. – С. 23–27.
4. Попов, В.Б. Инновации в подготовке инженеров по кафедре “Сельскохозяйственные машины” / В.Б. Попов, А.В. Голопятин // Проблемы современного образования в техническом вузе: материалы II НМК. – Гомель: УО ГГТУ имени П.О. Сухого, 10-11.11.2011 г. – С. 102–103.

АНАЛИЗ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПОДЛОЖКИ НА ВЕЛИЧИНУ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

Лойко В.А., к.т.н., доцент; Сёмин Е.В., ассистент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

На физико-механические свойства покрытия оказывает значительное влияние его микроструктура, формирование которой в свою очередь зависит также от технологических факторов – давления реакционного газа, температуры процесса и скорости осаждения. В работе [2] в зависимости от температуры процесса предлагается трехзонная модель структуры покрытия, показанная на рисунке 1.

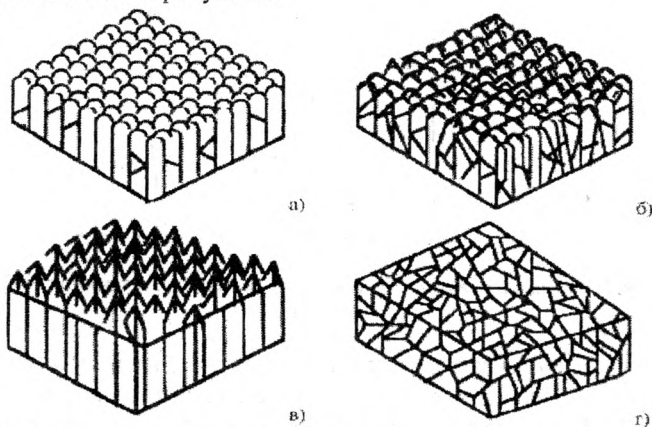


Рис. 1. Структурные зоны вакуумных конденсатов по классификации Мовчана – Демчишина: а – зона 1; б – зона Торнтона; в – зона 2; г – зона 3

При низких температурах подвижность атомов при осаждении на инструментальную подложку ограничена и структура покрытия является столбчатой, с коническими наростами и слабыми открытыми границами. Такая структура называется также «ботироидальной» и соответствует зоне 1. При увеличении температуры, хотя структура остается столбчатой, происходит более равновесное формирование покрытия, что ведет к его уплотнению и упрочнению межзеренных границ (зона 2). При дальнейшем увеличении температуры процесса структура покрытия приобретает морфологию равноосных зерен (зона 3). Переход между структурами разных зон происходит плавно. Формирование структуры зоны 2 связано с усилением поверхностной диффузии, а зоны 3 – объемной диффузии в по-

крытии. Модель, предложенная Мовчаном и Демчишиным, была впоследствии изменена с учетом влияния газовой среды, а затем – модифицирована Торнтоном, включившим в нее дополнительную переходную зону (зона Т), формирующуюся между зонами 1 и 2 и представляющую столбчатую структуру, сходную со структурой зоны 1, но с более мелкими волокнистыми кристаллитами и достаточно плотными границами, обеспечивающими хорошие механические свойства покрытия. Из вышесказанного следует, что в зависимости от функционального назначения покрытия необходимо стремиться к получению оптимальной структуры, обеспечивающей наилучший комплекс механических свойств. На рисунке 2 схематично показано изменение структуры покрытия в зависимости от температуры процесса и давления реакционного газа [2].

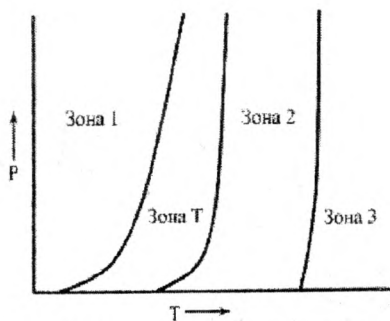


Рис. 2. Влияние температуры подложки Т и давления реакционного газа Р на структуру конденсата

В процессе конденсации покрытия в нем возникают остаточные напряжения. Возникновение внутренних напряжений в тонких пленках согласно [2, 4, 5], связано с различием коэффициентов термического расширения материалов подложки и покрытия, механизмом кристаллизации (поатомного осаждения, ионной бомбардировке) покрытия, механизмом непрерывного наращивания толщины покрытия, наличием закрепляющего приспособления.

При конденсации покрытия методами физического осаждения напряжения в покрытиях имеют не только разные значения, но даже и знаки. Так, согласно [2], в пленках, полученных методами испарения и осаждения, возникают растягивающие напряжения, а в пленках, полученных распылением, они сжимающие.

Напряжения сжатия являются более выгодными, так как позволяют повысить когезионную прочность и трещиностойкость покрытия. Однако сжимающие напряжения могут приводить к потере устойчивости слоя, в котором они действуют, и, кроме того, в зоне краевого эффекта они при-

водят к возникновению расслаивающих напряжений [3]. На величину внутренних напряжений влияют как химический состав покрытия, его структура, так и технологические параметры. Для пленок, осажденных методами распыления, повышение давления в камере, температуры и дополнительное распыление под небольшими углами приводят к снижению внутренних напряжений [3]. Величина остаточных напряжений зависит и от толщины покрытия.

Прочность напыленного покрытия и его сцепление с подложкой в значительной мере зависят от величины и знака остаточных напряжений. Поскольку покрытие и подложка обладают различными теплофизическими свойствами, даже при равномерном подогреве детали с покрытием в последнем возникнут напряжения. Процесс плазменного напыления вызывает возникновение нестационарных температурных полей в покрытии и подложке, поэтому в результате совместного охлаждения системы покрытие-подложка в покрытии возникнут усадочные сжимающие напряжения.

Напыленное покрытие рассматривается как сплошная среда в связи с невысокой пористостью покрытия. В первую очередь представляют интерес те остаточные напряжения, которые характеризуют покрытие как сплошную среду, так как именно они являются причиной разрушения покрытия. В этом случае расчеты можно вести на основе существующих теорий физики сплошной среды (сопротивление материалов, теория упругости, теория теплопроводности). Такие расчеты тем более оправданы, что для оценки свойств напыленных слоев обычно пользуются такими величинами, как предел прочности, модуль упругости, коэффициент теплопроводности и т.д. [6].

Чтобы рассчитать величину остаточных напряжений в покрытии необходимо знать распределение температур в детали в момент времени, соответствующий нулевым напряжениям в покрытии, т.е. в момент их образования.

Считая, что формирование температурных полей в системе покрытие-подложка осуществляется путем теплопроводности, задача распределения температурных полей математически может быть сформирована следующим образом:

$$C_1(T)\rho_1 \frac{dT(x,t)}{dt} = \frac{d}{dx} \left(\lambda_1(T) \frac{dT}{dx} \right), 0 < x < l(t_0), t_0 < t \leq x < t_k, \quad (1)$$

$$(T)\rho_2 \frac{dT(x,t)}{dt} = \frac{d}{dx} \left(\lambda_2(T) \frac{dT}{dx} \right), l(t_0) < x < l(t), t_0 < t \leq x < t_k, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} T(x, 0) &= T_0 \\ T(l(t_0), t) &= T(l(t_0), t) = 0, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\lambda_1(T) \frac{dT}{dx} \Big|_{x=0} = \lambda_2(T) \frac{dT}{dx} \Big|_{x=l}, \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} -\lambda_2 \frac{dT}{dx} \Big|_{x=l(t)} = q, \\ \lambda_1 \frac{dT}{dx} \Big|_{x=\infty} = 0. \end{array} \right\}, \quad (5)$$

где $T(x, t)$ – температура; C_i, ρ_i, λ_i – соответственно коэффициенты теплоемкости плотность и коэффициенты теплопроводности материала подложки и покрытия; q – величина теплового потока. Тепловое воздействие частиц покрытия на свободную поверхность подложки принимается эквивалентным разогреву этой поверхности тепловым потоком мощности q , t – время, x – пространственная координата.

Для решения задачи теплопроводности был использован конечно-разностный метод (метод сеток). Система уравнений аппроксимировалась следующей разностной схемой:

$$C_1(T) \rho_1 \frac{T^{\wedge} - T}{\Delta x} = \frac{1}{h} \left(\lambda_1'(T^{\wedge})_{i+1} \frac{T_{i+1}^{\wedge} - T_i^{\wedge}}{h_{i+1}} - \lambda_1'(T^{\wedge})_i \frac{T_i^{\wedge} - T_{i-1}^{\wedge}}{h_i} \right), \quad (6)$$

$$C_2(T) \rho_2 \frac{T^{\wedge} - T}{\tau} = \frac{1}{h} \left(\lambda_2'(T^{\wedge})_{i+1} \frac{T_{i+1}^{\wedge} - T_i^{\wedge}}{h_{i+1}} - \lambda_2'(T^{\wedge})_i \frac{T_i^{\wedge} - T_{i-1}^{\wedge}}{h_i} \right), \quad (7)$$

$$T(x, 0) = T_0, \quad (8)$$

$$-\lambda_2 \frac{T_N^{\wedge} - T_{N-1}^{\wedge}}{h_N} = q, \quad (9)$$

$$\lambda_1 \frac{T_1^{\wedge} - T_0^{\wedge}}{h_1} = 0. \quad (10)$$

Здесь для обозначения приближенного значения температуры используют то же обозначение:

$$\lambda'(T)_i = \frac{\lambda(T_i) + \lambda(T_{i-1})}{2}. \quad (11)$$

При расчете остаточных напряжений температурный градиент в направлении ширины образца не учитывается.

Рассмотрим процесс образования остаточных напряжений на поверхности покрытия и в слое, лежащем на глубине y (рис. 3). Температурное поле образца в любой момент времени можно рассчитать по формулам (6)–(9). Если толщина напыленного слоя растет в процессе нанесения покрытия, то моменту образования любого слоя соответствует вполне опре-

деленное температурное поле в образце $T(x, t)$. К концу процесса напыления поверхностные напряжения отсутствуют, а температурное поле имеет распределение $T(x, t)$.

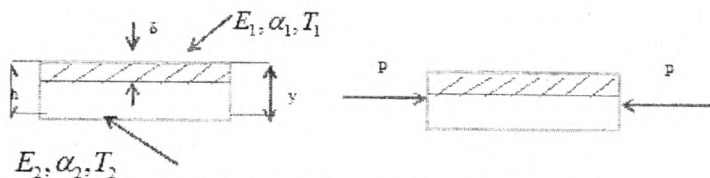


Рис. 3. Схема образования остаточных напряжений

Остаточные напряжения на поверхности покрытия возникают в результате охлаждения образца до температуры окружающей среды. Для их определения можно воспользоваться формулой, позволяющей вычислить температурные напряжения в полосе. Учитывая, что происходит охлаждение, получим следующее выражение для определения остаточных напряжений на поверхности покрытия:

$$\sigma_{op} = - \left[d_p T_p + \left(-\frac{P}{b} + \int_0^h E(y) \alpha(y) T(y) dy \right) \right] \cdot E_p, \quad (12)$$

$$\int_0^h E(y) dy$$

где α – коэффициент линейного расширения; E – модуль упругости при растяжении.

Индексом P обозначены величины, относящиеся к поверхности покрытия. Сила P соответствует реакции заделки при свободном расширении $P=0$.

Для определения остаточных напряжений в слое y (рис.3) можно воспользоваться следующими формулами:

а) при полном стеснении деформацией:

$$\sigma_{oy} = \alpha_1 E_1 T_y; \quad (13)$$

б) при свободном расширении:

$$\sigma_{oy} = (\alpha_1 T_y - \alpha_2 T C_2) E_1, \quad (14)$$

где $T C_2$ – средняя температура подложки.

При вычислении в качестве покрытия использовался $T_{10,5}(CH)_{0,5}$. В качестве подложки Fe .

$$\alpha_1 = 8,65 \cdot 10^{-6} \text{ } \kappa^{-1}; \quad \alpha_2 = 12,15 \cdot 10^{-6} \text{ } \kappa^{-1};$$

$$E_1 = 4,42 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \quad E_2 = 2,1 \cdot 10^{11} \text{ Па}.$$

Некоторые результаты расчетов остаточных напряжений в покрытии, полученном вакуумно-плазменным напылением при силе тока 80А, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость остаточных напряжений в покрытии от напряжения

Напряжение	200 В	150В	100В	50В
σ_{oy}	$1,9 \cdot 10^{-15}$	$1,7 \cdot 10^{-15}$	$1,4 \cdot 10^{-15}$	$1,1 \cdot 10^{-15}$

На основании предложенной модели и проведенных расчетов можно сделать вывод о принципиальной возможности уменьшения величины остаточных напряжений в покрытиях путем регулирования определенных параметров технологического процесс, влияющих на величину температурного поля системы покрытие-подложка.

Список использованных источников

1. Верещака, А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями / А.С. Верещака. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.
2. Хокинг, М. Металлические и керамические покрытия: получение, свойства и применение: пер. с англ / М. Хокинг, В. Васантасри, П. Сидки. – М.: Мир, 2000. – 518 с.
3. Барвинок, В.А. Управление напряженным состоянием и свойства плазменных покрытий / В.А. Барвинок. – М.: Машиностроение, 1990. – 384 с.
4. Палатник, Л.С. Механизмы образования и субструктура конденсированных пленок / Л.С. Палатник, М.Я. Фукс, В.М. Косевич. – М.: Наука, 1972. – 320 с.
5. Анциферов, В.Н. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: учебник для вузов / В.Н. Анциферов, Г.В. Бобров, Л.К. Дружинин. – М.: Металлургия, 1987. – 792 с.
6. Вакуумно-плазменные технологии в ремонтном производстве: монография / В.А. Лойко [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2007. – 192 с.: ил. ISBN 978-985-6770-84-8.

УДК 674:621.928.93

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ИЗ БИОМАССЫ МЕТОДОМ МИКРОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ И ВЛАЖНОГО ПРЕССОВАНИЯ

**Войтов В.А., д.т.н., проф., Бунецкий В.А., аспирант,
Кравцова Н.В., аспирант**

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, г. Харьков, Украина

В последние годы все более остро становится проблема, связанная с нехваткой традиционных источников энергии. Одним из актуальных и экономически выгодных направлений решения данной проблемы является изготовление из биомассы твердого топлива в виде брикетов или пеллет.

В качестве сырья, которое используется для производства брикетов или пеллет, можно использовать солому, отходы деревообрабатывающей промышленности, лузгу зерновых культур, риса, кукурузы, подсолнечника и т.д.

На сегодняшний день в Европе около 50% возобновляемых источников энергии производятся из биомассы, что составляет 4% от общего спроса энергетических ресурсов. В мире использование биомассы как топлива находится на четвертом месте после нефти, атомной и гидроэнергетики [1].

В Украине, по данным источника [2], при современном валовом сборе зерна на уровне 50 млн. т для энергетических целей может быть использовано до 24 млн. т соломы, а при увеличении валового сбора до 80 млн. т – эта цифра увеличится до 40 млн. т. Использование соломы в таких объемах позволит сэкономить от 4,5 до 14 млрд. м³ природного газа и уменьшить выбросы CO₂ в атмосферу приблизительно на 12–16 млн. т. В качестве сравнения следует отметить, что в Польше ежегодно используется около 25 млн. т соломы, эквивалентных 11,5 млн. т угля [2]. Таким образом, при изготовлении брикетов или пеллет из биомассы сельскохозяйственное производство Украины, как и большинства европейских стран, превращается из потребителя энергии в ее производителя.

Сельскохозяйственная биомасса, которая может использоваться как топливо, имеет ряд особенностей, которые отличаются от традиционных энергоресурсов.

Наиболее важной топливно-энергетической характеристикой биомассы является ее теплотворная способность, которая зависит от множества факторов: генетических особенностей энергетических растений, влияния окружающей среды, условий хранения, влажности. В таблице 1 приведена средняя теплотворная способность биомассы при влажности на уровне 20% [3].

В таблице 2 приведена сравнительная характеристика разных видов топлива и влияние влажности на теплотворную способность, а также содержание серы и золы [3].

Таблица 1 – Средняя теплотворная способность биомассы [3]

Название биомассы	Теплотворная способность, МДж/кг
Солома зерновых культур	10,5
Стебли кукурузы	12,5
Ветки плодовых деревьев	10,5
Стебли подсолнечника	12,5
Виноградная лоза	14,5

Таблица 2 – Сравнительная характеристика разных видов топлива [3]

Вид топлива	Влажность, %	Теплотворная способность, МДж/кг	Содержание серы, %	Содержание золы, %
Природный газ	–	35–38 МДж/м ³	0	0
Каменный уголь	–	15–25	1–3	10–35
Дизельное топливо	–	42,5	0,2	1,0
Мазут	–	42	1,2	1,5
Отходы дерева, щепа	40–45	10,5–12,0	0	2,0
Брикеты или пеллеты из дерева	7–8	14,8–16,5	0,1	1,0
Брикеты или пеллеты из соломы	8–10	12,5–14,8	0,2	4,0

Как следует из представленных данных таблиц 1 и 2 брикеты или пеллеты из отходов биомассы по теплотворной способности, а также содержанию серы и золы, могут выступать хорошей альтернативой традиционным ископаемым видам топлива.

При производстве брикетов или пеллет большое значение на стоимость конечной продукции оказывает начальная влажность сырья. Анализ технической литературы [3, 4, 5] показывает, что сушка сырья перед измельчением и прессованием занимает 34,2% общих затрат, поэтому исключив ее из технологического процесса при одновременном перераспределении энергии на измельчение и прессование можно добиться снижения энергозатрат на производство единицы продукции. Типовой технологический процесс производства брикетов и пеллет, который широко применяется в Западной Европе и Украине представлен на рисунке 1 [3].

Целью работы являлось обоснование путей снижения энергозатрат при производстве твердого топлива из биомассы с учетом ее реологических свойств.

Одним из путей снижения энергозатрат является применение влажного помола биомассы с последующим влажным прессованием, который позволяет исключить из технологического процесса энергозатраты на сушку материала перед прессованием. Технологический процесс увлажненного микроизмельченного прессования биомассы можно представить структурной схемой (рис. 2).

Модуль переработки, в который входит микроизмельчение, сбор пыли, увлажнение и прессования, представлен на рисунке 3.

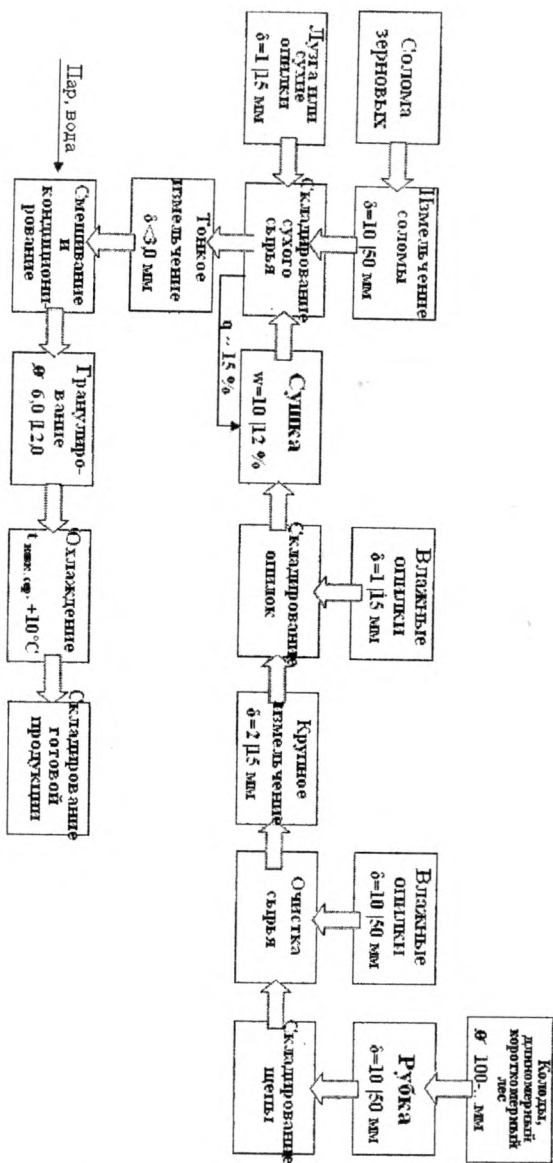


Рис. 1. Типовой технологический процесс получения твердого топлива



Рис. 2. Структурная схема увлажненного прессования

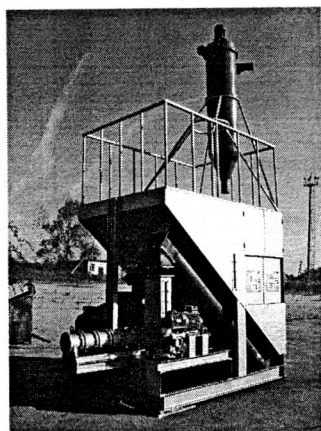


Рис. 3. Модуль переработки биомассы

По технологическому процессу увлажненного микроизмельченного прессования после предварительного измельчения биомассы с влажностью 20–30%, без применения сушки, выполняется тонкое измельчение. В качестве устройства для измельчения биомассы может выступать дезинтегратор [6]. Научные основы применения дезинтегратора для измельчения строительных материалов разработаны Й.О. Хинтом, однако для измельчения биомассы, имеющей влажность до 20%, например, соломы, используемый принцип удара – малоэффективен. Поэтому была разработана конструкция дезинтегратора [7], 3 D модель которого представлена на рисунке 4, где используются два принципа измельчения: удар и истирание одновременно. В начале измельчения в большей степени используется удар, на конечной стадии измельчения – в большей степени используется истирание.

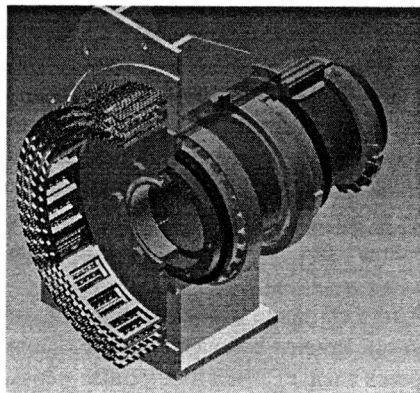


Рис. 4. 3 D модель дезинтегратора

При применении дезинтегратора для измельчения различных видов биомассы средний размер тонины составляет 70 мкм, при производительности 3,6 т/ч, при этом дезинтегратор потребляет мощность 18 кВт. Мелкоизмельченная и одновременно активированная биомасса с влажностью до 20% требует в 25 раз меньшей энергии при прессовании.

На сегодняшний день большинство топливных брикетов выпускается на механических прессах ударного типа («С.Ф.Нильсен», Дания), гидравлических («RUF», Германия) и шнековых прессах (Пини-Кей, Россия и страны СНГ). Оборудование «RUF» аналогично по стоимости и эксплуатационным характеристикам с ударно-механическими прессами «С.Ф.Нильсен», однако на нем получается менее плотный брикет, который имеет тенденцию к растрескиванию. Плотность брикетов фирмы «С.Ф.Нильсен» 1,2 кг/дм³, а брикетов «RUF» обычно находится в пределах 0,9–1 кг/дм³. Это обусловлено техническими ограничениями гидравлического способа прессования: пресс фирмы «RUF» работает под давлением 150 МПа, в то время как ударно-механический пресс фирмы «С.Ф.Нильсен» – 200 МПа.

Недостатком работы ударных и гидравлических прессов является то, что невозможно повлиять на реологические свойства влажной биомассы с целью активного сдвига одного слоя материала относительно другого, в результате чего происходит переход механической энергии в тепловую, что приводит к изменению структуры прессуемого сырья и превращения его в пластичную массу.

Для получения твердого топлива из влажной биомассы шнековые прессы являются наиболее перспективными, так как в них возможно реализовать (по всей длине шнека) значительные сдвиги слоев материала, что приведет к повышению температуры, размягчению и частичному расплаву биомассы, а следовательно, и снижению энергозатрат на прессование по

причине снижения динамической вязкости увлажненной и разогретой биомассы. По отношению к другим способам прессования шнековый способ позволяет получать наиболее плотный (до $1,4 \text{ кг/дм}^3$) и прочный брикет, что вместе с удобной для складирования формой и достаточно низкой ценой обуславливает отличные потребительские качества [8].

Шнековые прессы (экструдеры) могут быть различных типов: одно- и двухшнековые, одно- и двухуровневые; универсальные и специализированные, с осциллирующим (вдоль оси) и одновременно оборотным шнеком; с зоной дегазации и без нее; с вращением шнеков в одну и в противоположные стороны и т.п. [9–11].

Одношнековые прессы просты в изготовлении, относительно недорогие, есть возможность замены рабочего органа. Также к преимуществам одношнекового пресса следует отнести хорошее перемешивание и простоту в эксплуатации. К недостаткам – удовлетворительную загрузку (возможно образование застойных зон), а также отсутствие самоочистки: цилиндр очищается, а основа и стороны лопастей шнека – нет.

Преимущество двухшнекового пресса заключается в лучшем перемешивании, плавлении продукта и самоочистке. Но такие прессы потребляют на 20–50% больше энергии, а из-за сложности конструкции их стоимость на 60% выше, чем одношнековых. Также к недостаткам относятся трудоемкость в использовании и значительный износ рабочих органов, следовательно, использование двухшнековых прессов может быть целесообразным только в специальных случаях [11].

Ведущими фирмами, которые выпускают шнековые экструдеры, являются Wenger, Anderson, Sprout-Bauer, Pres-to-Lu Stoker Juel (США), Clextral, Crezoux-Loire (Франция), Weber, Walter (Германия), Pagani (Италия), Lalesse (Швейцария), Baker Perkins (Великобритания), Cincinnati, Pini+Kaj (Австрия), Toshiba, Takeuchi Machinery (Япония), Valon-Kone (Финляндия) и др. [9, 12].

В связи с повышенным спросом и конкуренцией технологии экструзии постоянно модернизируются и совершенствуются. На рынке сельскохозяйственного и пищевого машиностроения появились различные марки экструдеров [13]: КМЗ-2У, ПЭМ-2У; ПЭМ-2УТ; Е-150; Е-250; Е-500; Е-1000; УЭЗ-Ф-800У; ЭУ-500; НЭК-125х8С (40х5 В); Insta-Pro 2000R; ШТАК-50 (80); ЭКСПРО и др., имеющие различные технологические характеристики и возможности по эффективности переработки сырья.

По данным работы [14] мощность привода одношнекового экструдера определяется по формуле

$$P_a = \frac{\pi^2}{2} D^2 N h_2 p \cdot \operatorname{tg} \alpha + \pi^3 D^2 N^2 \eta L_2 \left(\frac{D}{h_2 \cos \alpha} + \frac{e}{\delta \operatorname{tg} \alpha} \right), \quad (1)$$

где D – внешний диаметр шнека; N – частота вращения; h_2 – глубина нарезки шнека; p – давление; α – угол наклона винтовой линии нарезки шнека; η – динамическая вязкость прессуемого материала; L_2 – длина шнека; e – толщина витка; δ – зазор между стенкой цилиндра и витком шнека.

Автор работы [14] указывает, что при точных расчетах второй член правой части формулы (1) нуждается в корректировке, которая связана с тем, что за счет интенсивного сдвига слоев материала в процессе прессования вязкость изменяется и не является константой.

Из формулы (1) следует, что динамическая вязкость прямо пропорциональна мощности одношнекового экструдера, т.е. для минимизации затрат энергии на прессование твердого топлива из биомассы динамическая вязкость материала должна быть минимальной.

Для определения реологических характеристик биомассы – скорости сдвига, напряжения сдвига и вязкости – используют ротационный вискозиметр с вращающимися цилиндрами, схема которого представлена на рисунке 5 [15]. В ротационном приборе материал помещают в зазор между цилиндрами с общей осью вращения. Внутренний цилиндр, с радиусом R_i , вращается с угловой скоростью ω , а внешний, с радиусом R_e , удерживается крутящим моментом M в покое.

По геометрическим размерам прибора, угловой скорости и крутящему моменту можно определить динамическую вязкость сдвига [15]:

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = \frac{M(R_e - R_i)}{4\pi^2 R_i L \omega} \quad (2)$$

Как следует из формулы (2), уменьшения динамической вязкости можно добиться увеличением скорости сдвига слоев материала внутри пресса, что можно реализовать различными конструктивными мерами, например, увеличивая частоту вращения шнека или его диаметр. Следовательно, изменяя частоту вращения шнека или его геометрические размеры, за счет вязкого трения в слоях материала, можно получать как увеличение температуры, так и уменьшение динамической вязкости.



Рис. 5. Схема ротационного вискозиметра с вращающимися цилиндрами

Несмотря на то, что существует большое количество работ по изучению реологических свойств различных материалов, в литературных источниках отсутствуют сведения об исследовании реологических свойств биомассы.

С целью выбора оптимальных параметров процесса экструзии растительного сырья на ротационном вискозиметре были проведены исследования по определению динамической вязкости согласно методике, приведенной выше. В качестве исследовательского сырья была выбрана древесная мука хвойных пород марки 250. Исследования проводились при относительной влажности продукта от 6 до 14% и в диапазоне температур 30–120 °С. Это обусловлено тем, что чрезмерное пересушивание сырья приводит к выпариванию природного полимера – лигнина, а при влажности сырья более 12% в зоне загрузки рабочего органа из-за высокой температуры формируется «паровая пробка», которая приводит к выстреливанию сырья из рабочего органа.

Полученные результаты исследований представлены в виде зависимости изменения скорости сдвига $\dot{\gamma}$, напряжение сдвига τ и динамической вязкости η при разной относительной влажности сырья и различных температурах.

Представленные на рисунках 6–8 зависимости свидетельствуют об уменьшении динамической вязкости биомассы при увеличении скорости сдвига и уменьшении напряжения сдвига, что подтверждает влияние реологических свойств прессуемой биомассы на энергозатраты и позволяет выбрать оптимальные параметры, необходимые для расчета режимов работы одношнекового экструдера.

Анализ полученных результатов позволяет утверждать, что оптимальными параметрами для проведения процесса прессования древесной муки является температура 80 °С и влажность 12%.

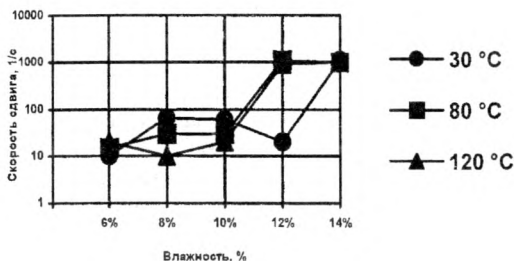


Рис. 6. Зависимость изменения скорости сдвига при разной влажности и температуре древесной муки

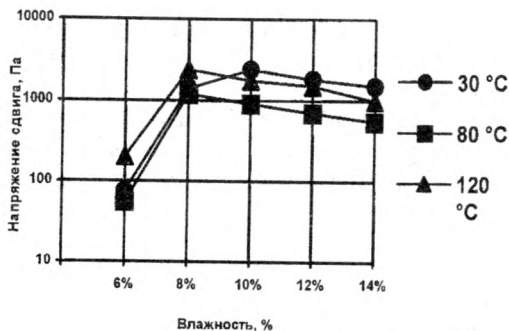


Рис. 7. Зависимость изменения напряжения сдвига при разной влажности и температуре древесной муки

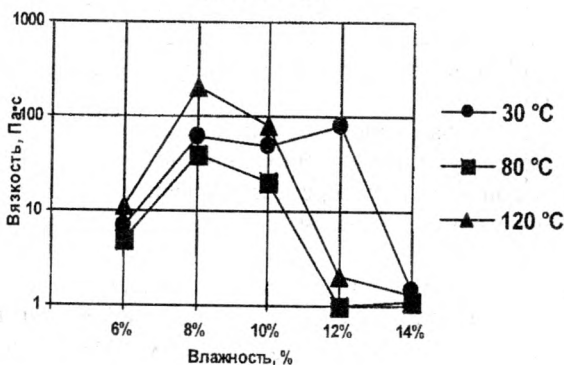


Рис. 8. Зависимость изменения динамической вязкости при разной влажности и температуре древесной муки

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что применение влажного помола биомассы с последующим влажным прессованием позволяют снизить энергозатраты при получении твердого топлива и в дальнейшем позволят оптимизировать процесс прессования.

Список использованных источников

1. Семірненко, Ю.І. Дослідження залежності щільності брикетів із соломи озимої пшениці від її характеристик / Ю.І. Семірненко, С.Л. Семірненко // Вісник СНАУ. – Випуск 1 (21). – 2010. – С. 86–91.
2. Титко, Р. Солома як джерело енергії / Р. Титко, В.М. Калініченко, Р.С. Кордубан, Н.М. Панченко // Вісник ХНТУСГ: Економічні науки. Вип. 104. – Харків: ХНТУСГ. – 2010. – С. 72–81.
3. Біопалива: Технології, машини, обладнання / В.О. Дубровін, М.О. Корчемний, І.П. Масло та інші. – К.: ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.

ПОДГОТОВКА СМЕСЕЙ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА

*Добышев А.С., д.т.н., профессор; Пузевич К.Л., ст. преподаватель;
Острейко А.А., ассистент*

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки*

На фоне всевозрастающего внимания к использованию возобновляемых источников энергии и, в частности, к производству из них биогаза и биоудобрений можно отметить, что только в нашей республике ежегодно из навозных стоков животноводческих ферм, комплексов и куриного помета птицефабрик имеется возможность получать около 2,5 млрд. м³ биогаза, что способствовало бы ежегодной экономии около 2,9 млн. т у. т., а также 256 тыс. т азотных, 43 тыс. т фосфорных и 287 тыс. т калийных удобрений, что могло составить 63, 33 и 73% их годового потребления соответственно [1].

Для использования данного потенциала и увеличения производительности биогазовых установок необходимо выявить и проанализировать причины, влияющие на этот процесс. Основными из них являются правильный подбор компонентов сырья, из которого производится биогаз и их подготовка.

Необходимость утилизации биомассы в сельском хозяйстве республики, где расходуется большое количество топлива и непрерывно растет потребность в высококачественных удобрениях, чрезвычайно высока. Известно около 60 разновидностей различных биогазовых технологий для ее переработки, в которых основное место отводится биогазовым установкам, представляющим собой герметически закрытую емкость, где при определенной температуре в анаэробных условиях происходит сбраживание собранного и подготовленного сырья с получением биогаза [2].

Данные технологии позволяют перерабатывать в биогаз любые виды органического сырья, такие как навоз (как плотный, так и жидкий), отходы пищевой промышленности, пищевые и кормовые остатки, барду, биомусор (коммунальные отходы и др.), энергетические растения (например, кукурузу, зерновые, подсолнечник, различные травы), а так же свеклу, силос и т.д. [3]. Однако наиболее эффективно использование биогазовых технологий для переработки отходов животноводческих и птицеводческих ферм предприятий АПК, так как они характеризуются постоянством потока отходов во времени и простотой их сбора.

Качество загружаемого в реактор биогазовой установки сырья характе-

ризуется влажностью, выходом биогаза на единицу сухого вещества и содержанием метана в биогазе. Влажность сырья должна быть не менее 85% в зимнее время и 92% в летнее время года [4], а выход биогаза зависит от вида используемого сырья и температуры процесса сбраживания.

Выход газа (табл.1) из биогазовой установки подсчитывается в литрах или кубических метрах на килограмм сухого вещества, содержащегося в сырье [4].

Таблица 1 – Выход биогаза и содержание в нем метана при использовании разных типов сырья

Тип сырья	Выход газа (м ³ /кг сухого вещества)	Содержание метана, %
<i>Навоз животных</i>		
КРС	0,250–0,340	65
Свиной	0,340–0,580	65–70
Птичий помет	0,310–0,620	60
Конский	0,200–0,300	56–60
Овечий	0,300–0,620	70
<i>Отходы хозяйства</i>		
Сточные воды, фекалии	0,310–0,740	70
Овощные отходы	0,330–0,500	50–70
Картофельная ботва	0,280–0,490	60–75
Свекольная ботва	0,400–0,500	85
<i>Растительные сухие отходы</i>		
Пшеничная солома	0,200–0,300	50–60
Солома ржи	0,200–0,300	59
Ячменная солома	0,250–0,300	59
Овсяная солома	0,290–0,310	59
Кукурузная солома	0,380–0,460	59
Лен	0,360	59
Конопля	0,360	59
Свекольный жом	0,165	
Листья подсолнечника	0,300	59
Клевер	0,430–0,490	
<i>Другое</i>		
Трава	0,280–0,630	70
Листва деревьев	0,210–0,290	58

При выборе сырья необходимо учитывать, что только из органической части сухой массы можно произвести метан [5]. Поэтому отношение сухой органической массы к общей массе является главным критерием для выбора составляющих смеси различных видов сырья. Органическое вещество состоит из протеина, жиров, а также легко и тяжело разлагаемых углеводов, процентным содержанием которых в сырье определяется выход газа и процент метана в нем. Максимальное его количество в биогазе получается из протеинов – 71%; жиры дают – 68%, а углеводороды – лишь 50% [6]. Поэтому, исходя из выхода газа, необходимо смешивать сырье с

высоким содержанием жиров и протеинов, таких как отходы зерна, свекла и картофель. В среднем выход газа из энергетических растений составляет 300 л метана на килограмм органического сухого субстрата с отклонениями до $\pm 30\%$. Наибольший выход метана с одного гектара посевной площади дают свекла и силосные сорта кукурузы. Он составляет более 6000 $\text{м}^3/\text{га}$ [6], поэтому силосная кукуруза на сегодняшний день является основной культурой для использования в биогазовых установках.

Смешивание различных видов сырья и его гомогенизация оказывают значительное влияние на увеличение производства биогаза (табл. 2). Так, при совместном использовании навоза КРС и помета птиц выход биогаза составил 0,528 $\text{м}^3/\text{кг}$, тогда как при использовании только навоза КРС не превышал значения 0,380 $\text{м}^3/\text{кг}$, а гомогенизация навоза КРС позволила повысить производство биогаза с 0,174 до 0,380 $\text{м}^3/\text{кг}$ [7].

Таблица 2 – Увеличение продукции биогаза при смешивании разных отходов

Отходы	Производство биогаза	Увеличение продукции, %
Навоз КРС + куриный	0,634	6,0
Помёт птицы	0,617	
Навоз КРС + куриный + свиной (1:0,5:0,5)	0,585	11,0
Свиной навоз	0,569	
Навоз КРС + птиц	0,528	6,0
Навоз КРС + свиной	0,510	7,0
Навоз КРС	0,380	
Навоз КРС + сосняки	0,363	5,0
Сосняки	0,277	

Таким образом, высокопитательные отходы, такие как жир, птичий помет, зеленая растительная масса (клевер, силос) необходимо загружать в смеси с навозом КРС, а применяемый навоз и помет должны быть свежими.

Значительное влияние на выход биогаза оказывает степень измельчения сырья: чем она больше, тем больше выход биогаза, так как бактериям легче и быстрее его разлагать. Помимо этого, его проще перемешивать, смешивать с другими видами сырья и подогревать без образования плавающей корки или осадка. Измельченное сырье влияет на количество произведенного газа через длительность периода брожения. Чем короче период брожения, тем лучше должен быть измельчен материал. Поэтому твердые материалы, особенно растительного происхождения, должны быть предварительно подготовлены с помощью режущих, разрывающих или плющильных устройств.

Уровень развития техники позволяет перерабатывать в сельскохозяйственных биогазовых установках субстраты с содержанием твердых веществ до 12%, при длине частиц волокнистых и стеблевидных твердых компонентов, не превышающей 30 мм [8].

Огромный потенциал отходов растениеводства, очистки и переработки зернового сырья остается в настоящий момент невостребованным. Для его измельчения и смешивания с твердой фракцией навоза перед подачей в реактор биогазовой установки нами предлагается специальная установка (рис. 1), в которой предварительно измельченное комбайном растительное сырье совместно с твердой фракцией навоза загружается в приемный бункер 1 и шнеком 14 подпрессовывается и подается к измельчителю ножевого типа.

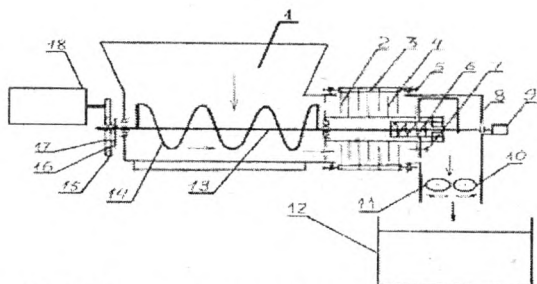


Рис 1. Схема предлагаемого измельчителя-смесителя:

1 – приемный бункер; 2 – неподвижные ножи; 3 – распорные шайбы; 4 – подвижные ножи; 5 – регулировочные болты; 6 – автомат отключения; 8 – откидная крышка с отверстием; 9 – конечный выключатель; 10, 11 – плющильные вальцы; 12 – жижесборник; 13 – вал; 14 – шнек; 15 – шкив; 16 – специальный поводок; 7, 17 – срезные шпильки; 18 – электродвигатель

В аппарате имеются подвижные 4 и неподвижные 2 ножи, между которыми размещены распорные шайбы 3 определенной толщины. Для перемещения блока неподвижных ножей предусмотрены регулировочные болты 5. От механических поломок ножи 2 и 4 предохраняет автомат отключения 6. Затем, измельченное до необходимой величины частиц сырье поступает на плющильные вальцы 10 и 11 с разной угловой скоростью вращения и в виде однородной кашеобразной массы подается в жижесборник 12 для дальнейшего смешивания миксерами с жидкой фракцией навоза и подачи насосами в реактор биогазовой установки.

Измельчающий аппарат приводится в работу электродвигателем 18 с помощью клиноременной передачи. Для защиты измельчителя от поломок на валу шнека 13 жестко закреплен специальный поводок 16 со срезной предохранительной шпилькой 17.

Регулировка степени измельчения сырья достигается изменением количества ножей режущего аппарата и угла установки лезвия первого подвижного ножа 4 аппарата относительно конца витка шнека 14.

Применение данной установки позволит измельчать отходы растениеводства, например, рапсовую солому и др., а также твердый, в том числе подстилочный, навоз с одновременным их смешиванием.

С учетом применения предлагаемого нами измельчителя-смесителя схема технологического процесса получения биогаза примет следующий вид (рис. 2).

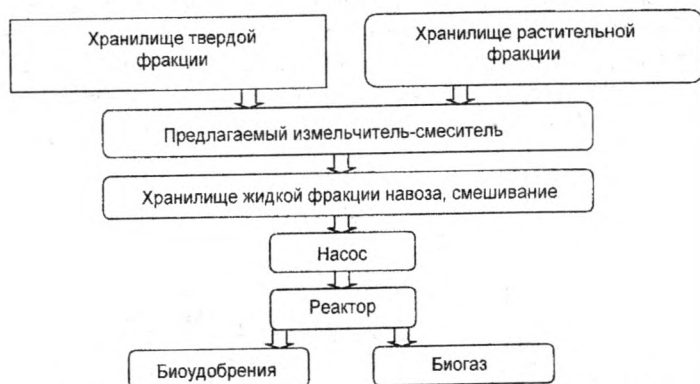


Рис. 2. Предлагаемая технологическая схема производства биогаза

Исходя из вышеизложенного, нами определен потенциал республики по переработке отходов растениеводства и животноводства для производства биогаза и биоудобрений, проведен анализ состава сырья и выявлены факторы и параметры, способствующие повышению выработки биогаза, уточнена схема технологического процесса его производства с применением предлагаемой нами установки для измельчения и смешивания отходов растениеводства и животноводства.

Список использованных источников

1. Белорусское сельское хозяйство. Ежемесячный научно-практический журнал. Биогазовые технологии – на службу сельскохозяйственному производству [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://agriculture.by/?p=566>. – Дата доступа: 16.03.2012.
2. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом (по материалам Международной выставки «SIMA-2007») / Под общей редакцией А.А. Ежевского, В.И. Черноиванова, В.Ф. Федоренко: Науч. ан. обзор. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 308 с.
3. BioEnergy. Сырье для производства биогаза [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: http://bio-energy.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=1002&Itemid=100. – Дата доступа: 20.03.2012.
4. Веденев, А.Г. ОФ «Флюид» Биогазовые технологии в Кыргызской Республике. / А.Г. Веденев, Т.А. Веденева, – Б.: Типография «Евро», 2006. – 90 с.
5. BIOGAS. Ежегодная конференция. Биогаз [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://www.biogasinfo.ru/about> – Дата доступа: 20.03.2012.
6. ВИЭ своими руками. Биогазовые установки. Практическое пособие. Вид и состав субстратов [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://futureenergy.ru/biogazovye-ustanovki-prakticheskoe-posobie-vid-i-sostav-substratov>. – Дата доступа: 20.03.2012.
7. Студенческий клуб «Альтернатива». Сборник научных трудов студентов России. Биогазификация органических отходов сельскохозяйственного производства [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://cs-alternativa.ru/text/1806/4>. – Дата доступа: 18.03.2012.
8. Биомасса как источник энергии: пер. с англ. / Под ред. С. Соуфера, О. Заборски. – М.: Мир, 1985. – 368 с., ил.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ПРИМЕНЕНИЕМ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ «ПЕНОЛ-1» И «ПЕНОЛ-2»

Акулович Л.М., д.т.н., профессор; Сергеев Л.Е., к.т.н., доцент;

Романова Т.К., к.т.н., доцент; Сенчуров Е.В., инженер;

Падаляк В.В., аспирант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

Известно, что поверхностно-активные вещества (ПАВ) значительно понижают сопротивление деформированию и разрушению тел в результате физической (обратимой) адсорбции. В этом заключается основной принцип эффекта П.А. Ребиндера [1]. Данный эффект происходит в результате образования на поверхности твердых тел тончайших пленок (на уровне молекулярных слоев) газов, паров или растворенных веществ либо их поглощением этой поверхностью. В первом случае при так называемой внешней адсорбции, благодаря адсорбированному слою уменьшается поверхностная энергия твердых тел, что приводит к облегчению выхода дислокаций. Деформирование этих тел обеспечивается пластифицированием поверхности и снижением предела текучести σ_T , а также коэффициента упрочнения λ :

$$\lambda = \frac{d\sigma}{d\varepsilon}, \quad (1)$$

где σ – напряжение; ε – деформация.

Отличительной особенностью эффекта П.А. Ребиндера является его действие только при совместном участии среды и определенного напряженного состояния поверхностного слоя. Наиболее сильно указанный выше эффект проявляется в условиях образования новых поверхностей, а также при наличии в твердом теле дефектов. Адсорбируемые ПАВ, стремясь покрыть всю поверхность тела, проникают в микроскопические трещины, мигрируя по их стенкам со скоростями, превышающими скорость всасывания жидкости в зазор. Когда молекулы ПАВ достигают мест, где ширина трещины равна размеру одной, двух молекул, адсорбционный слой своим давлением стремится расклинить эту трещину. Давление на стенки трещины у ее вершины может достигать до 10 ГПа [2]. Таким образом, деформация поверхностного слоя создает предпосылки для проявления расклинивающего действия, которое затем интенсифицирует саму деформацию. Следовательно, речь идет о принципе самоорганизации де-

формированных процессов, реализующихся на уровне очагов деформации, переходных областей и связей между ними [3].

Установлено, что применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) на основе ПАВ наиболее эффективно при отделочных операциях, когда лимитирующим показателем служит достигаемая шероховатость обрабатываемой поверхности [4]. Это подтверждается также их использованием при таком финишном методе обработки, как магнитно-абразивная обработка (МАО) [5]. Следует, однако, отметить, что термины смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) и СОТС в полной мере не характеризуют особенности данного метода. Специфическими особенностями технологии МАО являются, во-первых, незначительное тепловыделение в присутствии СОТС ($50\text{--}70^\circ\text{C}$) [6], во-вторых, превалирующими факторами служат их моющие и диспергирующие (режущие) свойства. Поэтому суть происходящих в зоне обработки процессов наиболее полно и точно можно отразить, введя понятия: рабочая жидкость (РЖ) и рабочая технологическая среда, включающая в себя два компонента – РЖ + ферроабразивный порошок (ФАП), РЖ + гибкие ферроабразивные волокна, РЖ + механические «щетки» в магнитном поле в присутствии ФАП, магнитореологические суспензии и жидкости [7].

Еще одной способностью МАО является механизм его функционирования, основанный на применении в качестве связующего элемента магнитного поля. В отличие от шлифования и других отделочных операций, действие которых базируется на жестком закреплении режущих зерен инструмента, процесс динамики резания при МАО характеризуется собственной неустойчивостью, обусловленной упругостью ферроабразивной «щеткой». Однако данная особенность МАО при использовании РЖ приводит к росту эффективности воздействия ПАВ. Это вызвано высокой степенью проникновения РЖ в зону диспергирования обрабатываемой поверхности детали. Наиболее ярким доказательством служит тот факт, что диапазон температур в рабочей зоне составляет, как указывалось выше, $50\text{--}70^\circ\text{C}$, а при работе без применения РЖ он достигает 400°C [7].

Интенсификация процесса МАО неразрывно связана с номенклатурой РЖ и их качественными характеристиками, такими как коррозионная агрессивность по отношению к черным и цветным металлам, водородный показатель pH, кислотное число, а также степень экологического воздействия на человека и окружающую среду. Поэтому требуется осуществлять постоянный анализ и отбор вариантов различных РЖ. Например, водные растворы триэаноламина $(\text{HOCH}_2\text{CH}_2)_3\text{N}$ и олеиновой кислоты $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$ с присадками в первом варианте глицерина, во втором – керосина. Они обладают высокими моющими и диспергирующими свойствами, но отличаются низким периодом стойкости в процессе МАО и, кроме того, образуют трудноудаляемый осадок на поверхности обработан-

ных деталей и оборудования. В то же время указанные выше составы достаточно широко используются в машиностроении и положительно себя зарекомендовали при других видах обработки [8]. Поэтому проявление физико-химических процессов в растворах ПАВ при наложении внешних магнитных полей при операции МАО требует проведения дальнейших исследований.

В настоящее время в результате совместной работы ФТИ НАН Беларуси и УкрНИИ НП «МАСМА», г. Киев, создан ряд составов, позволяющих осуществлять высокоэффективную обработку методом МАО различных материалов, среди которых могут быть представлены РЖ «Пенол-1» и «Пенол-2» ТУ 38.591218-90. Они применяются в виде 0,1–1% водных или водносолевых растворов для получения пенных промывочных систем.

Качественно новый состав концентрата данных РЖ представляет собой смесь на основе некоторых видов ПАВ, ингибиторов коррозии черных и цветных металлов и воды с определенным соотношением между указанными выше компонентами. Технология изготовления составов заключается в компаундировании исходного сырья при температуре не выше 50 °С. Их некоторые физико-химические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-химические характеристики СОТС «Пенол-1» и «Пенол-2»

Показатели	Состав СОТС	
	СинМА-1 и СинМА-2	Пенол-1 и Пенол-2
Вязкость кинематическая при 50 °С, сСт, не более	100	100
Устойчивость пены, см ³ , не более	100	200
рН раствора, не более	8,5–10	7–9,5

Примечание: рН для СинМА-1 и СинМА-2 показано для 3%-го раствора;
рН для Пенол-1 и Пенол-2 показано для 1%-го раствора.

Оценка эффективности обработки методом МАО различных материалов при использовании РЖ «Пенол-1» и «Пенол-2» производилась в сравнении с «СинМА-1» и «СинМА-2» ТУ 38.5901176-91 при следующих режимах и параметрах, которые стабилизировались на уровнях, обеспечивающих оптимальные условия процесса: магнитная индукция, $B=1$ Тл; скорость резания, $V_p=1$ м/с; скорость осцилляции, $V_o=0,2$ м/с; амплитуда осцилляции, $A=1,5$ мм; величина рабочего зазора, $\delta=1$ мм; коэффициент заполнения рабочего зазора, $K_z=1$; время обработки, $t=60$ с. Исследования осуществлялись на установке СФТ 2.150.00.000. В качестве ФАП применялся порошок легированной стали, марки 100 Ф5 ТУ 232-130-004-90 на основе сплава Fe-V; зернистость ФАП, $\Delta=160/200$ мкм. Образцами служили кольца подшипников № 984905 $D \times d \times l = 36 \times 29 \times 32$ мм, материал ШХ15 ГОСТ 801-78, 58-62 HRC и втулки $36 \times 34 \times 32$ мм, материал Д16 ГОСТ 21488-76.

Исходная шероховатость представленных образцов составляла $Ra_1=1,2-1,4$ мкм. Выходными показателями эффективности обработки являлись: а) достигаемая шероховатость поверхности деталей, Ra_2 , мкм; б) величина удельного съема материала, ΔG , мг/см²·мин. Измерение как исходной, так и достигаемой шероховатости поверхности производилось на профилографе-профилометре мод. «252-Калибр». Взвешивание деталей осуществлялось на весах аналитических ВЛА-200Г с точностью до 0,001 г. Результаты сравнительных исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Производительность и шероховатость поверхности при использовании в процессе МАО СОТС Пенол-1 и Пенол-2

Рабочая технологическая среда	Обрабатываемый материал			
	ШХ15		Д16	
	ΔG , мг/см ² ·мин	Ra_2 , мкм	ΔG , мг/см ² ·мин	Ra_2 , мкм
ФАП 100Ф5+СинМА-1	6,55	0,05	4,09	0,11
ФАП 100Ф5+СинМА-2	5,69	0,06	4,31	0,13
ФАП 100Ф5+Пенол-1	10,12	0,04	5,22	0,17
ФАП 100Ф5+Пенол-2	7,63	0,05	3,26	0,19

Применение рабочих жидкостей «Пенол-1» и «Пенол-2» позволяет повысить производительность магнитно-абразивной обработки стали ШХ15 в 1,5 раза с образованием равных показателей шероховатости поверхности деталей в сравнении с базовыми составами «СинМА-1» и «СинМА-2». При обработке сплава Д16 рабочие жидкости «Пенол-1» и «Пенол-2» могут быть полноценной заменой указанных выше базовых составов.

Список использованных источников

1. Лихтман, В.И. Физико-химическая механика металлов / В.И. Лихтман, В.Д. Шукин, П.А. Ребиндер. – М., 1962.
2. Гаркунов, Д.Н. Триботехника / Д.Н. Гаркунов. – М., 1989.
3. Макушок, Е.М. Самоорганизация деформационных процессов / В.И. Лихтман, В.Д. Шукин, П.А. Ребиндер. // Физико-химическая механика металлов. – М., 1962.
4. Гаркунов, Д.Н. Триботехника. М., 1989.
5. Макушок, Е.М. Самоорганизация деформационных процессов / Е.М. Макушок. – Минск, 1991.
6. Сакулевич, Ф.Ю. Роль смазывающее-охлаждающих жидкостей при магнитно-абразивной обработке / Ф.Ю. Сакулевич, Н.Я. Скворчевский. – Минск, 1981.
7. Ящерицын, П.И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах / П.И. Ящерицын, М.Л. Еременко, Е.Э. Фельдштейн. – Минск, 1988.
8. Скворчевский, Н.Я. Эффективность магнитно-абразивной обработки / Н.Я. Скворчевский, Э.Н. Федорович, П.И. Ящерицын. – Минск: Наука і тэхніка, 1991.

ОПТИМИЗАЦИЯ НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ В ПЕРЕМЕННОМ И ПОСТОЯННОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

*Акулович Л.М., д.т.н., профессор; Миранович А.В., инженер
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

В процессе работы большинство деталей сельскохозяйственной техники подвергается динамическим нагрузкам, абразивному износу и химическому воздействию внешней среды, вследствие чего они быстро теряют свои первоначальные качества [1, 2]. Известно, что основными способами восстановления деталей сельскохозяйственной техники являются: наплавка под слоем флюса и в среде защитных газов, вибродуговая наплавка, электроконтактная приварка [3]. При этом одним из рациональных способов повышения износостойкости посадочных поверхностей деталей автотракторной техники является наплавка в электромагнитном поле. Основными преимуществами наплавки являются: высокая прочность сцепления нанесенного слоя с основой, минимальное тепловыделение и расплавление материала основы, отсутствие деформации обрабатываемой детали и небольшие припуски на последующую механическую обработку, не оказывает влияния на основную структуру металла, отсутствие необходимости специальной предварительной подготовки обрабатываемых поверхностей, простота эксплуатации наплавочного оборудования, экологическая чистота, технологическая безопасность. Возможность осуществления процесса на одном оборудовании с финишной обработкой – магнитно-абразивной (МАО) [4, 5].

Известно, что одной из важнейших задач любого технологического метода является обеспечение заданных характеристик качества изделия наиболее производительным путем при минимальных затратах [6]. Отсюда следует заключение о необходимости использования двух критериев оптимальности: максимальной производительности и минимальной себестоимости. В данной работе с целью обеспечения заданных эксплуатационных и физико-механических свойств поверхностей деталей проведены исследования с применением метода на основе многопараметрической оптимизации режима наплавки с использованием детерминированного и стохастического подходов [7].

Анализ априорной информации и проведенные ранее исследования показали, что процесс наплавки в электромагнитном поле достаточно

полно описывается статистическими моделями второго порядка, полученными по матрице ЦКРУП [5]. В качестве параметров оптимизации наплавки износостойких покрытий взяты следующие параметры: производительность процесса Q (приращение массы покрытия) и относительная износостойкость покрытия ε . Испытания износостойкости образцов с покрытиями, полученными наплавкой и обработанных при оптимальных условиях и режимах процессов, проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 23.224-86 «Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей» на машине трения модели 2070 СМТ-1 по стандартной методике по схемам «диск-колодка» при сравнительной оценке износостойкости покрытий при трении скольжения.

Независимыми переменными приняты следующие факторы: плотность разрядного тока i , А/мм²; величина рабочего зазора δ , мм; скорость подачи S , мм/об; окружная скорость заготовки V , м/с; расход композиционного порошка q , г/с·мм². Постоянными взяты факторы: магнитная индукция в рабочем зазоре $B = 0,20$ Тл; размер зерен композиционного порошка $\Delta = 240 \dots 320$ мкм; расход рабочей жидкости $q = 2,3 \cdot 10^{-3}$ дм³/(с·мм²), СОЖ – 5%-й раствор товарного эмульсола Э2 в воде. Оптимальный технологический режим наплавки установкой с постоянными магнитами определяли для следующих порошков: ФБХ-6-2, Н70Х17С4Р4 и Fe-5%V.

Выбор вышеуказанных материалов для сравнения эффективности нанесения покрытий обусловлен тем, что сплав ФБХ 6-2 обеспечивает получение покрытий, сохраняющих высокую твердость, плотность и износостойкость до температуры, не превышающей 550 °С в сопряжениях пар трения; многокомпонентный композиционный порошок Н70Х17С4Р4 позволяет получить покрытия с достаточно высокой твердостью и высокими триботехническими свойствами; сплав Fe-5%V имеет небольшое количество легирующих компонентов и при наплавке образует устойчивые твердые карбиды ванадия с углеродом, а также упрочняет твердый раствор интерметаллидными фазами.

Экспериментальные исследования проводили на образцах из стали 45 ГОСТ 1050-88 (рис. 1), представляющих собой кольца с наружным диаметром 40,0 мм, внутренним – 16,0 мм и высотой 12,0 мм. Образцы подвергали нормализации и обрабатывали до шероховатости поверхности $Ra = 12,5$ мкм.

Степень влияния технологических факторов наплавки на параметры оптимизации Q и ε определяли по величине коэффициентов моделей (1) ... (6). Для этого из общей модели для параметра оптимизации составлялось уравнение регрессии с двумя переменными. При этом в уравнении аргументом служит один из факторов, а функцию отклика

выполняет параметр оптимизации. Оставшиеся факторы фиксируются на нулевом уровне.

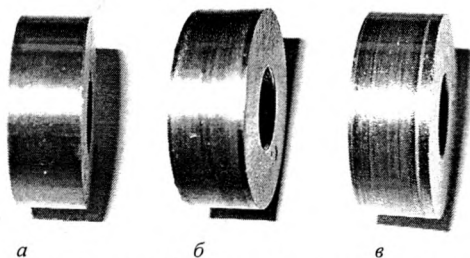


Рис. 1. Фотографии образцов из стали 45, использовавшихся при исследовании эксплуатационных свойств покрытий: а – до начала испытаний износостойкости; б – после приработки с образцом; в – после окончания

Многопараметрическую оптимизацию процесса наплавки в электромагнитном поле проводили по двум параметрам ($Y_1=Q$, $Y_2=\epsilon$). Для этого использовали комплексный показатель [5], в качестве которого была принята обобщенная функция желательности Харрингтона [6].

С учетом работ [4, 5] установили условия проведения эксперимента для получения статистических моделей нанесения износостойких покрытий наплавкой (табл. 1). Все опыты рандомизировались во времени при помощи таблицы случайных чисел.

Таблица 1 – Условия проведения опытов

Уровень факторов	Технологические факторы				
	i , А/мм ²	δ , мм	S , мм/об	V , м/с	q , г/(с·мм ²) $\cdot 10^{-3}$
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
Основной (0)	1,80	2,00	0,25	0,06	2,55
Верхний (+1)	2,20	2,50	0,35	0,08	3,00
Нижний (-1)	1,40	1,50	0,15	0,04	2,10
Звездная точка (+ α)	2,60	3,00	0,45	0,10	3,45
Звездная точка (- α)	1,00	1,00	0,05	0,02	1,65
Интервалы варьирования:					
основной	0,40	0,50	0,10	0,02	0,45
по α	0,80	1,00	0,20	0,04	0,90

Обработка результатов экспериментов, полученных по матрице ЦКРУП второго порядка, с использованием прикладных программ Mathcad 2002 и Excel пакета MS Office, работающих в среде Windows, позволила получить статистические модели, определяющие зависимости производительности процесса наплавки Q от технологических факторов.

$$Y_1=Q_{\text{ФБХ-6-2}}=223,936+1,214 \cdot X_1-0,412 \cdot X_2-1,610 \cdot X_3-2,015 \cdot X_4+0,712 \cdot X_5 \quad (1)$$

$$-5,102 \cdot X_1 X_2 + 0,108 \cdot X_1 X_3^* + 4,541 \cdot X_1 X_4 + 5,516 \cdot X_1 X_5 + 1,824 \cdot X_2 X_3 + \\ + 5,521 \cdot X_2 X_4 - 4,511 \cdot X_2 X_5 - 6,012 \cdot X_3 X_4 + 0,114 \cdot X_3 X_5 - 5,106 \cdot X_4 X_5 - \\ 0,986 \cdot X_1^2 - 0,514 \cdot X_2^2 - 0,313 \cdot X_3^2 - 0,603 \cdot X_4^2 - 0,997 \cdot X_5^2;$$

$$Y_1 = Q_{H70X17C4P4} = 218,375 + 0,986 \cdot X_1 - 0,403 \cdot X_2 - 1,384 \cdot X_3 - \\ - 1,987 \cdot X_4 + 0,298 \cdot X_5 - 3,858 \cdot X_1 X_2 - 0,101 \cdot X_1 X_3^* - 4,057 \cdot X_1 X_4 - 5,058 \cdot X_1 X_5 - \\ - 1,248 \cdot X_2 X_3 + 4,879 \cdot X_2 X_4 - 4,027 \cdot X_2 X_5 - 5,849 \cdot X_3 X_4 + 0,108 \cdot X_3 X_5 - \\ - 4,983 \cdot X_4 X_5 - 0,886 \cdot X_1^2 - 0,481 \cdot X_2^2 - 0,276 \cdot X_3^2 - 0,498 \cdot X_4^2 - 1,509 \cdot X_5^2; \quad (2)$$

$$Y_1 = Q_{Fe-5\%V} = 212,456 + 1,194 \cdot X_1 - 0,387 \cdot X_2 - 1,503 \cdot X_3 - 2,103 \cdot X_4 + 0,975 \cdot X_5 - \\ - 4,529 \cdot X_1 X_2 + 0,234 \cdot X_1 X_3 - 5,527 \cdot X_1 X_4 - 5,268 \cdot X_1 X_5 + 1,714 \cdot X_2 X_3 + \\ + 4,853 \cdot X_2 X_4 - 5,537 \cdot X_2 X_5 - 7,012 \cdot X_3 X_4 + 0,104 \cdot X_3 X_5 - 4,737 \cdot X_4 X_5 - \\ - 0,768 \cdot X_1^2 - 0,523 \cdot X_2^2 - 0,524 \cdot X_3^2 - 0,586 \cdot X_4^2 - 1,629 \cdot X_5^2. \quad (3)$$

Модели, определяющие характер зависимости относительной износостойкости покрытия ε от технологических факторов наплавки в электромагнитном поле для исследуемых порошков, представлены ниже.

$$Y_2 = \varepsilon_{ФБХ-6-2} = 2,137 + 0,165 \cdot X_1 + 0,028 \cdot X_2 - 0,187 \cdot X_3 - 0,091 \cdot X_4 - 0,035 \cdot X_5 + \\ + 0,151 \cdot X_1 X_2 - 0,655 \cdot X_1 X_3 + 0,158 \cdot X_1 X_4 - 0,177 \cdot X_1 X_5 - 0,315 \cdot X_2 X_3 + \\ + 0,068 \cdot X_2 X_4 - 0,144 \cdot X_2 X_5 - 0,181 \cdot X_3 X_4 - 0,075 \cdot X_3 X_5^* - 0,212 \cdot X_4 X_5 - \\ - 0,102 \cdot X_1^2 - 0,019 \cdot X_2^2 - 0,059 \cdot X_3^2 - 0,026 \cdot X_4^2 - 0,028 \cdot X_5^2; \quad (4)$$

$$Y_2 = \varepsilon_{H70X17C4P4} = 2,264 + 0,179 \cdot X_1 - 0,018 \cdot X_2 - 0,204 \cdot X_3 - 0,108 \cdot X_4^* - \\ - 0,047 \cdot X_5 + 0,187 \cdot X_1 X_2 - 0,655 \cdot X_1 X_3^* - 0,101 \cdot X_1 X_4 - 0,207 \cdot X_1 X_5 - \\ - 0,217 \cdot X_2 X_3 + 0,113 \cdot X_2 X_4 - 0,203 \cdot X_2 X_5 - 0,095 \cdot X_3 X_5 + 0,277 \cdot X_4 X_5 - \\ - 0,115 \cdot X_3 X_4 + 0,081 \cdot X_1^2 - 0,015 \cdot X_2^2 - 0,083 \cdot X_3^2 - 0,069 \cdot X_4^2 - 0,021 \cdot X_5^2^*; \quad (5)$$

$$Y_2 = \varepsilon_{Fe-5\%V} = 1,953 + 0,123 \cdot X_1 + 0,029 \cdot X_2 - 0,198 \cdot X_3 - 0,112 \cdot X_4^* - 0,031 \cdot X_5 + \\ + 0,114 \cdot X_1 X_2 - 0,571 \cdot X_1 X_3 + 0,119 \cdot X_1 X_4 - 0,091 \cdot X_1 X_5 - 0,266 \cdot X_2 X_3 + \\ + 0,081 \cdot X_2 X_4 + 0,203 \cdot X_2 X_5 - 0,193 \cdot X_3 X_4 + 0,014 \cdot X_3 X_5 + 0,217 \cdot X_4 X_5^* - \\ - 0,098 \cdot X_1^2 - 0,024 \cdot X_2^2 - 0,034 \cdot X_3^2 - 0,041 \cdot X_4^2 - 0,014 \cdot X_5^2^*. \quad (6)$$

Выявлено, что не все коэффициенты регрессии (1) ... (6) значимы с 95%-й доверительной вероятностью по критерию Стьюдента (* – коэффициент не значим). Также установлено, что математические модели адекватны при 5%-м уровне значимости по критерию Фишера. Таким образом, получены модели процесса наплавки (1) ... (6), которые позволяют установить степень влияния технологических факторов на параметры оптимизации и определить оптимальный режим наплавки покрытия.

Из анализа статистических моделей (1) ... (6) и данных таблицы 2 следует, что в порядке убывания значимости факторы по влиянию на исследуемые параметры можно расположить в следующие ряды:

$$Y_1 = Q: V \rightarrow S \rightarrow i \rightarrow q \rightarrow \delta; \quad Y_2 = \varepsilon: S \rightarrow i \rightarrow V \rightarrow q \rightarrow \delta.$$

Наибольшее влияние на производительность процесса наплавки Q оказывает окружная скорость заготовки V и скорость продольной подачи S . Далее в порядке убывания следуют плотность разрядного тока i , расход композиционного порошка q , величина рабочего зазора δ . На относительную износостойкость ϵ оказывает значительное влияние скорость продольной подачи, плотность разрядного тока i . Затем по степени значимости располагаются в ряд окружная скорость заготовки V , величина рабочего зазора δ и расход композиционного порошка q (табл. 2).

Исследованиями установлено, что влияние скоростей V и S на производительность процесса и относительную износостойкость самое большое из всех рассматриваемых технологических факторов, при изменении подачи в пределах от 0,05 до 0,25 мм/об и окружной скорости от 0,02 до 0,06 м/с они оказывают значительное влияние на эксплуатационные показатели. Однако при дальнейшем увеличении более 0,35 мм/об и 0,08 м/с происходит заметное ухудшение производительности процесса наплавки и относительной износостойкости. Оптимальными параметрами являются продольная подача и окружная скорость, при которых удовлетворяются следующие условия: $0,04 < V < 0,06$ м/с; $0,15 < S < 0,25$ мм/об.

Таблица 2 – Влияние технологических факторов на параметры наплавки в электромагнитном поле

Технологические факторы	Степень влияния факторов на параметры оптимизации, %					
	$Y_1=Q$			$Y_2=\epsilon$		
	ФБХ-6-2	H70X17 C4P4	Fe-5%V	ФБХ-6-2	H70X17 C4P4	Fe-5%V
Плотность разрядного тока, i	19,07	19,49	19,37	32,6	32,12	24,95
Величина рабочего зазора, δ	6,48	7,96	6,28	5,53	3,23	5,88
Скорость продольной подачи, S	25,30	27,35	24,39	36,96	36,69	40,16
Окружная скорость заготовки, V	31,67	36,27	34,13	17,98	19,42	22,71
Расход композиционного порошка, q	17,48	8,93	15,83	6,93	8,54	6,29

Плотность разрядного тока оказывает значительное влияние как на относительную износостойкость, так и на производительность процесса. Так, при увеличении плотности разрядного тока производительность возрастает, так как нагрев и расплавление цепочек-микроэлектродов порошка возрастает за счет преобразования электрической энергии в тепловую. Однако при превышении максимального значения плотности тока производительность снижается, так как согласно [5] повышается

вероятность возникновения электрического разряда у поверхности полусного наконечника из-за увеличения коэффициента передачи энергии. Оптимальные значения плотности разрядного тока i для исследуемых ферропорошков находятся в пределах $1,7 < i < 2,0$ А/мм².

Наиболее благоприятные значения расхода порошков, обеспечивающие наибольшую производительность и относительную износостойкость покрытия, следующие: $qQ_{\text{ФБХ-6-2}} = 2,81 \cdot 10^{-3}$ г/(с·мм²); $qQ_{\text{H70X17C4P4}} = 2,75 \cdot 10^{-3}$ г/(с·мм²); $qQ_{\text{Fe-5\%V}} = 2,73 \cdot 10^{-3}$ г/(с·мм²) и $q\epsilon_{\text{ФБХ-6-2}} = 2,92 \cdot 10^{-3}$ г/(с·мм²); $q\epsilon_{\text{H70X17C4P4}} = 2,85 \cdot 10^{-3}$ г/(с·мм²); $q\epsilon_{\text{Fe-5\%V}} = 2,84 \cdot 10^{-3}$ г/(с·мм²).

Исследованиями установлено, что при малых значениях рабочего зазора влияние последнего на эксплуатационные параметры незначительно. Объясняется это тем, что образуется большое количество цепочек-электродов за счет удержания постоянным магнитным полем порошка в рабочем зазоре.

Из приведенных данных следует, что значения расхода композиционных порошков отличаются незначительно. Рабочий зазор – технологический фактор, от которого зависит количество зерен порошка в цепочке-микроэлектроде и, следовательно, в определенной степени производительность и относительная износостойкость. Количество передаваемой энергии композиционному порошку и перенос материала порошка на обрабатываемую деталь вследствие этого снижается. При увеличении рабочего зазора снижаются производительность и износостойкость из-за большой длины цепочек-микроэлектродов. Анализ статистических моделей (1)...(6) показывает, что рабочий зазор находится в пределах $1,5 < \delta < 2,5$ мм.

С учетом ограничений технологических факторов наплавки, определены варианты режимов нанесения покрытий для исследуемых композиционных порошков (табл. 3–6). Обработку данных производили с использованием пакета прикладных программ Mathcad 2002 и Excel пакета MS Office, работающих в среде Windows. Приняли режим наплавки за оптимальный, который имеет наибольшую желательность.

Исследованиями установлено, что значения оптимальных режимов наплавки имеют незначительные отличия (табл. 6), а по некоторым факторам почти совпадают.

Таблица 3 – Поиск оптимального режима наплавки порошка ФБХ-6-2

Номер варианта	Кодированные значения варьируемых факторов					Значения параметров оптимизации		Желательность D
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y ₁	Y ₂	
1	-0,056	0,56	0,393	-0,141	-0,169	223,518	2,099	0,757
2	0,170	-1,106	-0,649	-0,139	1,030	235,475	2,196	0,856

Таблица 4 – Поиск оптимального режима наплавки порошка H70X17C4P4

Номер варианта	Кодированные значения варьируемых факторов					Значения параметров оптимизации		Желательность
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y ₁	Y ₂	
1	0,156	-0,962	-1,944	0,164	0,782	219,944	2,072	0,747
2	0,279	-1,119	-0,303	-0,231	0,702	223,583	2,306	0,863

Таблица 5 – Поиск оптимального режима наплавки порошка Fe-5%V

Номер варианта	Кодированные значения варьируемых факторов					Значения параметров оптимизации		Желательность
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y ₁	Y ₂	
1	-0,242	0,529	0,282	-0,135	-0,003	212,138	1,872	0,735
2	-0,436	0,425	0,263	-0,365	0,693	212,905	1,911	0,793

Таблица 6 – Оптимальные значения режима наплавки композиционных порошков

Исследуемый порошок	Оптимальные значения факторов				
	i, А/мм ²	δ, мм	S, мм/об	V, м/с	q, г/(с·мм ²)
ФБХ-6-2	1,87	1,55	0,185	0,057	2,95·10 ⁻³
H70X17C4P4	1,91	1,50	0,220	0,055	2,86·10 ⁻³
Fe-5%V	1,73	2,21	0,276	0,053	2,86·10 ⁻³

Таким образом, с помощью многопараметрической оптимизации и принятых ограничений для наплавки различных композиционных порошков можно рекомендовать следующий режим: $i = 1,73 \dots 1,91$ А/мм²; $\delta = 1,50 \dots 2,21$ мм; $S = 0,185 \dots 0,276$ мм/об; $V = 0,055 \dots 0,057$ м/с; $q = (2,86 \dots 2,95) \cdot 10^{-3}$ г/(с·мм²).

Список использованных источников

1. Вопросы земледельческой механики / Под ред. М.Е. Мазепуро. – Минск, 1963. – 354 с.
3. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учебник для вузов / И.И. Беркович [и др.]; под общ. ред. Д.Г. Громаковского. – Самара: СГУ, 2000. – 268 с.
4. Лялякин, В.П. Современные методы восстановления и упрочнения деталей машин / В.П. Лялякин. – М.: Машиностроение, 1988. – 42 с.
5. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицын [и др.]. – Минск: ФТИ НАНБ, 1997. – 416 с.
6. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Полоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.
7. Ящерицын, П.И. Планирование эксперимента в машиностроении / П.И. Ящерицын, Е.И. Махаринский. – Минск: Высшая школа, 1985. – 236 с.
8. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.

ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ УСПЕШНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

*Мисун Л.В., д.т.н., профессор; Гурина А.Н., ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

Успешность работы оператора мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) обеспечивается за счет досконального знания работником технологического процесса, требований производственной эксплуатации технического средства и техники безопасности, что в результате позволяет оператору предупреждать возникновение аварийной ситуации, правильно выделить из множества различных отклонений наиболее существенные и выбирать оптимальный режим работы. В данном случае речь идет о высоком техническом интеллекте.

Однако работа в напряженных условиях, когда современное средство механизации АПК характеризуется работой при высоких скоростных и силовых нагрузках, воздействием на работника движущихся и вращающихся элементов, вызывает у оператора повышенную психофизиологическую нагрузку, которая является неотъемлемой частью функционирования системы «оператор – машина – среда» («ОМС»). Высокий профессионализм оператора заключается в том, что, грамотно управляя техникой, он не попадает в аварийные ситуации, а при их возникновении мгновенно вмешивается и оперативно на них реагирует. В этот момент для эффективного управления техникой от оператора, помимо профессионализма, технического интеллекта и опыта работы, требуются высокие личностные качества, такие как скорость реакции, устойчивость внимания, координация движений, так как от своевременности, безошибочности и эффективности его действий зависит сохранность жизни людей и оборудования [1].

Профессиональную успешность и безопасность работника трактуют как пригодность к данной профессии, и с учетом результатов наших исследований, а также в других областях производственной деятельности человека (строительстве, на транспорте, металлургии) ее можно спрогнозировать на основе знания таких его психофизиологических показателей, как скорость реакции, устойчивость внимания и координация движений и некоторых других, определяемых по известным методикам [2–3] (табл. 1–2).

Таблица 1 – Профессионально значимые качества оператора мобильной сельскохозяйственной уборочной техники

Профессионально значимые качества	Свойства	Мотивация значимости
Технический интеллект	Уровень развития технического интеллекта	Необходимость понимания технологического процесса, устройства и принципа работы оборудования
Скорость реакции	Быстрота и точность выполнения действий	Необходимость строгого соблюдения режимов выполнения технологических операций
Устойчивость внимания	Устойчивость внимания. Избирательность и концентрация внимания	Необходимость постоянного внимания за соблюдением требований технологического процесса, переключения внимания с одного объекта на другой (измерительные приборы, инструмент)
Координация движений	Координированность телодвижений	Минимизация риска производственного травматизма
Зрительное восприятие	Точность глазомера	Выполнение функций слежения за состоянием подконтрольных объектов, измерение объектов деятельности без помощи инструментов и приборов
Эмоциональная устойчивость	Выдержанность, отсутствие нервного утомления	Высокая напряженность труда
Уровни ответственности	Нормативность поведения, деловая направленность	Высокая ответственность за безопасность других людей и материальные ценности

Таблица 2 – Тесты для оценки успешности и безопасности труда оператора мобильной сельскохозяйственной техники

Профессионально значимые качества	Тесты
Технический интеллект	Тест механической понятливости «Беннета»
Скорость реакции	Тест на скорость реакции
Устойчивость внимания	Тест Анфимова (корректирующая таблица)
Координация движений	Экспериментальные данные
Зрительное восприятие	Тест «Деление отрезка пополам»
Эмоциональная устойчивость	Тест «Айзенка»; тест «Кэттелла»
Уровни ответственности	Тест «Кэттелла»

Производственная деятельность оператора МСХТ связана с большим напряжением зрительного анализатора, наличием двигательной монотонии в условиях воздействия большого числа травмирующих (опасных) и вредных производственных факторов и может вызывать утомление работников. Поэтому в данном случае особое место должно отводиться изучению такого состояния оператора МСХТ, которое в конечном итоге вызывает рассеянность и ослабленность его внимания, понижение скорости двигательных реакций и, как следствие – снижение работоспособности и повышение травматизма. Поэтому рекомендуется определять психофизиологические факторы работников случайным образом в течение всего

рабочего дня. Основными факторами, влияющими на такое состояние оператора МСХТ, являются: скорость реакции, устойчивость внимания и координация движения. Для оценки влияния на операторов мобильной сельскохозяйственной техники вышеуказанных профессионально значимых факторов рекомендуются соответствующие тесты (см. табл. 2).

Следует отметить, что эффективность труда молодых операторов определяется прежде всего факторами, которые свойственны молодости. Так, например, скорость реакции для операторов до 30 лет имеет наибольшую величину, хотя по своим знаниям и опыту молодые, безусловно, уступают более опытным коллегам. Однако операторы в возрасте 30–45 лет характеризуются наиболее высокой стабильностью рассмотренных психофизических факторов. Операторы в этом возрасте эффективнее операторов других возрастных групп набирают знания и опыт в своей профессии. Дальнейшая возрастная динамика изменения профессиональной пригодности операторов определяется биологическим старением организма с соответствующим снижением психофизиологических факторов. Кроме того, было установлено, что в конце рабочей смены скорость реакции операторов МСХТ уменьшалась в среднем на 8 %, а устойчивость внимания – на 27 %. Заметное снижение устойчивости внимания объясняется утомлением оператора в конце рабочей смены и ростом нервно-эмоционального напряжения, в результате чего снижалась работоспособность и несколько повышалась вероятность производственного травматизма.

Для исследования влияния перечисленных выше факторов на профессиональную пригодность (успешность и безопасность) операторов МСХТ, а также установление ее зависимости от их скорости реакции, устойчивости внимания и координации движений была предпринята рандомизация, которая выражалась в том, что операторы, психофизиологические факторы которых исследовались (выборка из 20 человек), подбирались таким образом, чтобы их стаж и возраст случайным образом находились в интервале 2–35 лет и 19–55 лет соответственно.

Анализ полученных результатов исследований свидетельствует о том, что 80 % из числа операторов МСХТ (на примере ОАО «Гастелловское» Минского района) имеют показатель профессиональной успешности и безопасности 3,9–4,8 баллов, что характеризует таких работников, как «успешно пригодных» с высокой готовностью к безопасному выполнению работ. Остальные операторы МСХТ (20%), у которых оценка меньше 3,9 балла, но больше 2,8, относятся к категории «условно пригодных» специалистов, и если это новичок, только поступивший на работу, то у него могут быть трудности в процессе обучения профессиональным навыкам, а специалист, имеющий практический стаж работы, в сложной производственной ситуации может не справиться со своими обязанностями, принять

неверное решение и, как следствие, травмироваться. Поэтому на некоторое время его желательно перевести на выполнение менее сложной работы и дополнительно провести соответствующее обучение. При итоговой оценке менее 2,8 балла новичку нужно порекомендовать другую работу, а специалисту – комплекс мероприятий, включающий приобретение дополнительных профессиональных навыков для организации безопасного труда и эффективной работы [4].

Список использованных источников

1. Мисун, Л.В. Прогнозирование профессиональной успешности и безопасности операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л.В. Мисун, А.Н. Леонов, А.Н. Гурина, Ю.А. Орлова // Агропанорама. – 2012. – № 5. – С. 25–30.
2. Бодров, В.А. Психология профессиональной пригодности / В.А. Бодров. – М.: ПЕРСЭ, 2001. – 511 с.
3. Мисун, Л.В. Профессиональный отбор операторов мобильной сельскохозяйственной техники как метод предупреждения производственного травматизма в АПК // Л.В. Мисун, А.Н. Гурина, А.Л. Мисун // Агропанорама, 2011. – № 5. – С. 45–48.
4. Гурина, А.Н. Обоснование профессиональной успешности операторов мобильной сельскохозяйственной техники как показателя снижения производственного травматизма / А.Н. Гурина, В.Н. Дашков, Л.В. Мисун // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. тематич. сб. / РУП ННЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 348–353.

УДК 631.158:331.582:637.1.02

ОБОСНОВАНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СПК

Ковалёв И.Л., научный сотрудник

Государственное предприятие «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси», г. Минск

Насыщение животноводства сложным современным оборудованием обусловило необходимость создания специализированной инженерно-технической службы и ее производственной базы. В этой связи сложились различные формы и методы технического обслуживания и ремонта оборудования в животноводстве, в том числе децентрализованный – хозяйствами, централизованный – райагросервисами (райагропромтехниками) и комбинированный – райагропромтехниками и хозяйствами. Практика показала, что наибольшее распространение получила форма организации технического обслуживания ремонта машин и оборудования в животноводстве специалистами и средствами хозяйств и райагропромтехник, при которой ежедневное техническое обслуживание и несложные ремонты прово-

дятся хозяйствами, а периодическое техническое обслуживание и ремонт – райагропромтехникой. Такая форма техобслуживания животноводческой техники функционировала на протяжении многих лет, вплоть до 1992 г.

До распада Советского Союза в Белоруссии в обслуживании машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов было занято свыше 29 тыс. чел., в том числе 3,5 тыс. – это работники СТОЖ райсельхозтехник. В настоящее время в республике, с учетом развития животноводства, увеличения поголовья КРС, свиней и птицы, а также повышения уровня комплексной механизации путем реконструкции и нового строительства животноводческих ферм и комплексов, возникает необходимость увеличения примерно на 20–25% существующих на сегодня производственных мощностей ремонтных предприятий и организаций. Это увеличение мощностей потребует расширения производственных площадей мастерских, СТОЖ, фермерских пунктов и постов технического обслуживания (ПТО), что позволяет дополнительно создать 3,5–4,0 тыс. рабочих мест. Исходя из этого, создание инженерно-технической службы СПК по техническому обслуживанию и ремонту животноводческой техники в условиях трансформации экономики и постепенному переходу к рыночным условиям является весьма актуальным и требует установления научно обоснованных нормативов численности в зависимости от реальных объемов работ. Следовательно, отправной точкой для определения численности инженерно-технической службы в хозяйстве являются обоснованные объемы работ по техническому обслуживанию и ремонту на фермах.

Среди ученых и специалистов существуют различные точки зрения и подходы к определению объемов работ по техническому обслуживанию и ремонту на животноводческих фермах и комплексах. Одни предлагают определять трудоемкость технического обслуживания и ремонта оборудования для животноводства на 1000 ч наработки, другие – на 1000 гол. скота и птицы, третьи от количества обслуживаемых машин и оборудования. Все приведенные методы имеют свои преимущества и недостатки при расчетах.

Так, например, авторы [1] установили трудоемкость по отдельным группам машин исходя из 1000 ч наработки (табл. 1).

Таблица 1 – Трудоемкость технического обслуживания и ремонта оборудования для животноводства на 1000 ч

Оборудование	Трудоемкость, чел.-ч		
	технического обслуживания	текущего ремонта	Всего
Кормоприготовление	50	20	70
Кормораздатчики	30	20	50
Доильные установки	100	10	110
Навозоуборочные транспортеры	300	40	340
Вентиляционное	20	20	40

Представленные виды и группы оборудования в таблице 1 не охватывают весь существующий комплекс машин и оборудования по технологическим группам. Кроме того, при сопоставлении установленной трудоемкости с типовыми нормами трудозатрат по технологическим операциям погрешность составляет от 12 до 40%.

В свою очередь, авторы [2] предлагают использовать ранее разработанные в начале 80-х гг. прошлого столетия рекомендации ВНИИТИМЖа (табл. 2).

Таблица 2 – Среднегодовая трудоемкость технического обслуживания и ремонта машин оборудования животноводческих ферм и комплексов (по рекомендациям ВНИИТИМЖ)

Наименование	Среднегодовая трудоёмкость, приходящаяся на 1000 гол. скота, птицы, чел.-ч		
	Техническое обслуживание	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Машины и оборудование животноводческих ферм и комплексов:			
Крупного рогатого скота молочного направления	6150	1030	125
Крупного рогатого скота мясного направления	3614	869	100
Овцеводческих	307	169	16
Свиноводческих	192	123	16
Птицеводческих	23	19	3

Примечание. Трудоемкость включает также затраты труда на техническое обслуживание и ремонт технологического оборудования.

Следует отметить, что вышеизложенные методы вполне могут быть использованы для планирования на ближайшую и более отдаленную перспективу по определению объемов работ в целях обеспечения проектных решений при строительстве СТОЖ в райагросервисах и пунктов технического обслуживания (ПТО) в хозяйствах, а также для обоснования заявок на приобретение передвижных мастерских.

На мой взгляд, наиболее объективная оценка и расчеты по определению объемов работ отражена в публикациях [3,4,5,6], где в основу расчетов положено количество эксплуатируемых машин и оборудования на животноводческих фермах, комплексах и приведено к единому показателю – условной единице ремонта. Это позволяет определять объемы работ по техническому обслуживанию и ремонту машин и оборудования, как на стадии проектирования техники, так и в период ее эксплуатации. При этом нужно отметить, что сопоставляя полученные результаты по данной методике в вышеуказанных работах с типовыми нормами времени погрешность составляет 2–5%. Следовательно, данные нормативы применимы не только для обоснования численности персонала, но и для формирования затрат (цен) при взаиморасчетах за оказанные услуги по техническому об-

служиванию и ремонту машин, оборудования животноводства в хозяйствах.

В этой связи структура и нормативы численности инженерно-технических служб по эксплуатации техники обосновываются с учетом количества машин, оборудования и выполняемых объемов работ по техническому обслуживанию и ремонту хозяйствами и ремонтно-техническими предприятиями. Распределение объемов работ между хозяйством и райагропромсервисом осуществляется с учетом применения единицы сложности для определения затрат на техническое обслуживание и ремонт машин в животноводстве. После определения объемов работ проводится расчет численности рабочих, исходя из норматива обслуживания 70 усл. ед. оборудования одним слесарем. Трудоемкость обслуживания и ремонта одной условной единицы равна 27 чел.-ч. Приведем пример службы по эксплуатации машин в животноводстве, по данным СПК «Звенчатский» Климовичского района. В СПК на животноводческих фермах эксплуатируется 1212,0 усл. ед. оборудования.

При распределении объемов работ по техническому обслуживанию и ремонту между хозяйствами и ОАО «Климовичская ПМК спецсельмонтаж» (райагросервисом) установлено, что на хозяйства приходится 910 усл. ед. оборудования, или 75% от общего количества. Для их обслуживания необходимо иметь в хозяйстве 13 слесарей (910/70).

На основании расчетов предлагается создание участка эксплуатации машин и оборудования в СПК «Звенчатский» из 14 чел.: инженер, выездная бригада (2 слесаря-наладчика) и 11 слесарей, работающих непосредственно на закрепленных за ними фермах.

Структура и нормативы численности участка по эксплуатации машин и оборудования в животноводстве в СПК «Звенчатский» показаны на рисунке 1. При наличии свыше 1830 усл. ед. оборудования, взятого хозяйством на обслуживание и ремонт, необходимо создавать отдел по эксплуатации машин в животноводстве. Его возглавляет старший инженер по трудоемким процессам.

Научно обоснованная структура и численность персонала службы по обслуживанию техники в животноводческом СПК позволяет снизить потери рабочего времени слесарей на 15–18% и одновременно обеспечить нормативную техническую готовность машин и оборудования животноводческих ферм и комплексов на 98–99%.

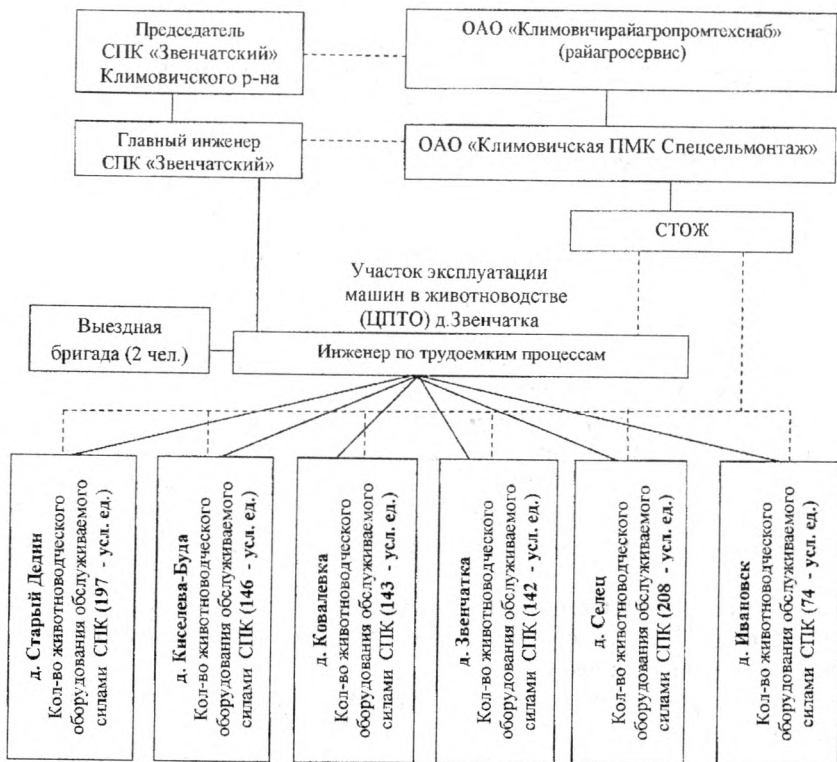


Рис. 1. Структура инженерно-технической службы СПК «Звенчатский» Климовичского р-на Могилевской обл.

Список использованных источников

1. Модернизация инженерно-технической системы сельского хозяйства / В.И. Черноиванов [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 412 с.
 2. Технический сервис машин и основы проектирования предприятий / М.И. Юдин [и др.]. – Краснодар: Советская Кубань, 2007. – 968 с.
 3. Ковалёв, Л. И. Рекомендации по совершенствованию структуры службы по эксплуатации животноводческого оборудования. – Минск: ВНИИТМЖ, 1988. – 28 с.
 4. Ковалёв, Л.И. Организационно-технологические основы технического обслуживания и ремонта машин в молочном скотоводстве. – Минск: БГАТУ, 2012. – 224 с.: – ISBN 978-985-519-530-7.
 5. Ковалёв, Л.И., Ковалёв И.Л. Совершенствование технического сервиса машин и оборудования в животноводстве / Л.И. Ковалёв, И.Л. Ковалёв //Тракторы и сельскохозяйственные машины. – Москва–2012. – № 11. – С.49–51.
- Ковалёв Л.И. Оптимизация численности персонала ремонтно-обслуживающих подразделений и предприятий животноводства / Л.И. Ковалёв, И.Л. Ковалёв // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – М.: Сельхозиздат. – 2013. – № 1. – С.40-49.

KRYTERIA I METODY DOBORU CIĄGNIKÓW I MASZYN DLA GOSPODARSTW ROLNYCH

¹Waldemar Izdebski, ²Jacek Skudlarski, ³Stanisław Zajac

¹Warsaw University of Technology,

²Warsaw University of Life Sciences-SGGW,

³State Higher Vocational School in Krosno

В статье представлены критерии и методы отбора тракторов и сельскохозяйственных машин.

Znaczenie prawidłowego doboru środków technicznych dla potrzeb gospodarstw rolnych podkreślało wielu autorów [Wójcicki, 1992; Tomaszewski, Lorencowicz, 1992; Olszewski, 1999].

Podstawowymi kryteriami doboru zestawu maszyn dla gospodarstw rolnych według Wójcickiego (1989) są: wielkość gospodarstwa, intensywność produkcji, specjalizacja gospodarstwa i jego organizacja, współpraca sąsiedzka i dostępność usług. Jednocześnie autor wymienia inne kryteria do których zalicza:

– kryteria prognostyczne – asortymentowe – związane z prognozą stanu techniczno-produkcyjnego gospodarstwa i ofertą rynku maszyn i ciągników pod kątem rozwiązań konstrukcyjnych.

– kryteria podażowo - popytowe – uwzględniające ceny produktów rolnych i techniki rolniczej

– kryteria produkcyjno-dochodowe – uwzględniające dochodowość gospodarstwa

– kryteria eksploatacyjno-ekonomiczne – podkreślające znaczenie dostatecznego wykorzystania rocznego maszyn i ciągników

Według Wójcickiego duże znaczenie dla racjonalnego rozwoju techniki rolniczej w gospodarstwach rolnych ma doskonalenie i upowszechnianie metod doboru zestawów maszyn i ciągników.

Znane dotychczas metody doboru sprzętu różnią się głównie zakresem zastosowania, stopniem dokładności oraz pracochłonności wyliczeń [Borek, 1986].

Metoda wskaźnikowa może mieć zastosowanie przy wstępnym rozeznaniu ogólnych potrzeb mechanizacji gospodarstwa oraz przy projektowaniu rozwoju mechanizacji w makro skali [Dolewka, Regulski, 1985].

Metoda czynnikowa pozwalająca uzyskać w porównaniu z metodą wskaźnikową bardziej dokładne wyniki przyjmuje do obliczeń pewne elementy organizacji pracy i warunków gospodarstwa [Dolewka, Regulski, 1985].

Bazująca na znajomości między innymi struktury zasiewów, zmianowania, technologii upraw metoda technologiczna nie nadaje się do projektowania w

skali makro (gmina, region), umożliwia za to precyzyjne zaprojektowanie parku maszynowego dla pojedynczego gospodarstwa rolnego [Michałek, 1999].

Przykłady zastosowania metody technologicznej prezentowane są w pracach między innymi Wójcickiego (1997), który bazując na wspomnianej metodzie stworzył modele rozwojowych gospodarstw rolnych oraz Michałka (1999), dla którego metoda technologiczna była podstawą do opracowania programu komputerowego i przeprowadzania szeregu symulacji mających na celu polepszenie dochodowości istniejących gospodarstw rolnych.

Metoda programowania liniowego polegająca na stworzeniu matematycznego modelu gospodarstwa pozwala uwzględnić m.in. minimalizację kosztów eksploatacji bądź zakupu sprzętu rolniczego, minimalizację liczby zatrudnienia, maksymalizację produkcji itp. [Borek, 1986; Bereszickij, Gorjaczew, 1999].

Należy jednak podkreślić, że metodami programowania liniowego realizuje się głównie planowanie perspektywiczne i nie można ich adaptować do sterowania procesem produkcyjnym w czasie rzeczywistym [Michałek, 1999].

Wspomniane metody pozwalają w mniej lub bardziej dokładnym stopniu ustalić niezbędną w gospodarstwie (regionie) liczbę maszyn, zarazem określić niezbędną moc ciągnika (ciągników).

Zagadnieniem doboru optymalnej mocy ciągnika dla gospodarstwa zajmowało się wielu badaczy.

Od strony podażyowo-popytowej zagadnienie to było tematem prac Krysztofiaka i Grzesia (1993), którzy uwzględniając kryterium zminimalizowania kosztów rocznej pracy ciągników opracowali typoszereg mocy ciągników dla potrzeb wybranej gminy.

Określenie popytu na moce ciągników w danym regionie lub kraju wymaga znajomości potrzebnej mocy w danym gospodarstwie.

Isense (1978) oraz Mathews (1982) jako główne kryteria doboru ciągnika dla gospodarstw rolnych wymieniają:

- rodzaj uprawy;
- rodzaj maszyn w gospodarstwie;
- rodzaj gleby;
- ilość pracy do wykonania w dekadach szczytowych;
- układ przeniesienia mocy;
- ergonomię i inne cechy konstrukcyjne.

Metodę doboru optymalnej mocy ciągnika przedstawia Carillon (1963) na podstawie wyników badań francuskich. Według tej metody optymalna moc ciągnika powinna wynosić:

- dla małych gospodarstw nie zatrudniających najmniejszej siły roboczej

$$N_{OPT} = 0,18 \cdot \sqrt{W}; \quad (1)$$

- dla dużych gospodarstw

$$N_{OPT} = 0,31 \cdot \sqrt{W}, \quad (2)$$

gdzie wartość W oznacza energetyczne zapotrzebowanie gospodarstwa, które w omawianej pracy zakłada się w wielokierunkowych gospodarstwach o typowym płodozmianie jako równe 900 do 1000 KWh na 1 ha powierzchni.

Inną metodę przedstawił Hunt-Donell (1963) minimalizując równanie na koszty energii, zarazem uwzględniając wydatek energetyczny na zabiegi polowe, transport oraz operacje w gospodarstwie.

$$N_{OPT} = \sum \frac{0,037 \cdot A_r \cdot P_{red}}{F_1 \cdot F_4 \cdot \eta_w} \cdot (F_g + \varepsilon_i \cdot F_u \cdot F_3) + \frac{F_g}{F_1 \cdot F_4} \cdot (0,68 \cdot L_i \cdot G_r + E_i \cdot G_r), \quad (3)$$

gdzie: P_{red} – zredukowany opór maszyny [kg/m.], A_r – roczna produkcja [ha], F_1 – roczna amortyzacja, F_3 – cena 1t plonu, F_u – oczekiwana wielkość plonu, η_w – współczynnik wydajności, ε_i – współczynnik o wymiarze 1/h uwzględniający część plonu traconą w wyniku opóźnienia operacji o 1 h, F_4 – cena ciągnika na jednostkę mocy, F_g – cena roboczogodziny w danej pracy, L_i – odległość z pola do gospodarstwa, G_r – roczna ilość przewozu i przerobu [t], E_i – zużycie energii na prace stacjonarne [KWh/t] (ładowanie obornika 0,2, młócenie 1,5 itp.).

Inną zależność umożliwiającą określenie optymalnej mocy przy uwzględnieniu harmonogramu upraw, właściwości gleby i warunków klimatycznych przedstawiają Isik i Sabanci (1993):

$$p_w = \sqrt{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \left[\frac{L_i \cdot w_i \cdot (LC + K_i \cdot Y_i \cdot V_i \cdot I_i) / (X_{oi} \cdot U_i \cdot I_i)}{(R_i \cdot FCF \cdot T_p)} \right]}, \quad (4)$$

gdzie: p_w – poziom niezbędnej mocy w gospodarstwie [kW], l – powierzchnia uprawianego pola [ha], LC – koszty robocizny [\$/h], K – współczynnik terminowości, Y – potencjalny plon [jednostka/ha], X_0 – współczynnik planowania okresu optymalnego [1], U – wykorzystany czas pracy z ogólnego czasu j -tej operacji, I – efektywny czas pracy w ciągu dnia [h/dzień], FCF – współczynnik rocznych kosztów stałych narzędzia [1], w – całkowite zapotrzebowanie energii na jednostkę powierzchni uprawianego pola [kWh/ha], R – współczynnik efektywności pracy ciągnika [1], T_p – cena ciągnika na jednostkę mocy [\$/kW], i – wskaźnik określający rodzaj operacji ($i=1,2,\dots,n$), j – wskaźnik określający rodzaj uprawy ($j=1,2,\dots,n$)

Założenia nowej metody doboru maszyn do produkcji rolniczej przedstawiono w pracy Skwarcza (2006). Istota tej metody polega na opracowaniu odpowiednich zależności wielowymiarowych między kosztami eksploatacji maszyn, nakładami energetycznymi oraz nakładami robociznymi

związanymi z ich wykorzystaniem od wydajności maszyn lub agregatów uprawowych.

Metoda została sprawdzona na przykładzie nawożenia mineralnego dla gospodarstw o różnym areale upraw roślin zbożowych z regionu środkowo-wschodniej Polski. Na podstawie badań własnych przeprowadzonych w tych gospodarstwach oraz wykorzystaniu bazy danych opisanej w poprzednim punkcie pracy, uzyskano dane umożliwiające uzyskanie równania (5). Równanie to opisuje zależność pomiędzy kosztami eksploatacji agregatów do nawożenia zbóż a wydajnością agregatu do nawożenia mineralnego, wielkością areалу uprawy zbóż, jednostkowymi nakładami robocizny oraz jednostkowymi nakładami energii mechanicznej [Skwarcz, 2006].

$$z = 20,23x + 1,385y + 23,76r - 0,495e - 2,667, \quad (5)$$

gdzie: z – koszt eksploatacji agregatu do nawożenia mineralnego [zł/ha], x – wydajność agregatu do nawożenia mineralnego [ha/h], y – wielkość areалу uprawy zbóż [ha], r – jednostkowe nakłady robocizny [rbh/ha], e – jednostkowe nakłady energii mechanicznej [kWh/ha].

Po wstępnym ustaleniu wydajności maszyn odpowiedniej dla warunków gospodarstwa, wyboru konkretnego zestawu ciągników i maszyn dokonuje się przy wykorzystaniu odpowiednio oprogramowanej bazy danych. Bazy takie zostały opracowane w Akademii Rolniczej w Lublinie [Siarkowski, Marczuk, 2005] oraz przez autora wspomnianej metody [Skwarcz, Marczuk, 2005].

W sytuacji szerokiej gamy maszyn i ciągników oferowanych przez różnych producentów znaczenia nabierają metody wybór maszyny (ciągnika) konkretnego producenta.

Selekcję maszyn umożliwiają proponowane przez Michalskiego i Ligiera (1997) metody oceny wartości użytkowej maszyn rolniczych z zastosowaniem charakterystyk techniczno -eksploatacyjno-ekonomicznych polegające na badaniu rzutu wektora opisującego dany obiekt techniczny na oś liczbową wyznaczoną przez wektor v .

Zaletą proponowanych przez autorów metod jest zobiektywizowanie oceny jakości na podstawie obliczonego jednego bezwymiarowego wskaźnika. Z kolei wadą uznanie wszystkich rozważanych charakterystyk maszyn za jednakowo ważne i nie uwzględnianie wpływu ich skali i zakresu zmian na wynik [Michalski, Ligier, 1997].

Metodą, która wymaga znajomości ważności parametrów techniczno-eksploatacyjnych względem siebie jest „zasada odrzucania najmniej korzystnych decyzji”, która prowadzi do stopniowego eliminowania pierwotnie założonych i możliwych do przyjęcia decyzji [Izdebski, 1999; Izdebski, Skudlarski, 2001].

W procesie wyboru marki i producenta ciągników rolniczych dla gospodarstw rolnych metoda ta wyróżnia trzy etapy dochodzenia do ostatecznych rozwiązań. W pierwszym etapie ze zbioru wszystkich możliwych

decyzji Y eliminowane są decyzje najbardziej niekorzystne, przez co zawęża się go do zbioru decyzji możliwych do przyjęcia (dopuszczalnych) $Y_d \subseteq Y$. Symbol \subseteq oznacza, że zbiór dopuszczalnych decyzji Y_d jest podzbiorem wszystkich możliwych decyzji Y , w niektórych przypadkach może się z nim pokrywać. W drugim etapie zbiór dopuszczalnych decyzji poprzez eliminowanie mało korzystnych decyzji ogranicza się do zbioru decyzji efektywnych $Y_e \subseteq Y_d$. W ostatnim etapie wyboru wyznacza się ostateczną (optymalną) decyzję Y^* ze zbioru decyzji efektywnych. Tę procedurę w sposób symboliczny można zapisać następująco:

$$Y \supseteq Y_d \supseteq Y_e \supseteq Y^* \quad (6)$$

Całkowitą liczbę możliwych do przyjęcia decyzji ogranicza się do poziomu decyzji dopuszczalnych, na podstawie analizy podstawowych ograniczeń. Dopuszczalnymi decyzjami nazywa się te decyzje, które spełniają podstawowe ograniczenia. W przypadku wyboru ciągnika dla wybranych gospodarstw w zbiorze decyzji dopuszczalnych znajdują się ciągniki spełniające podstawowe wymagania gospodarstwa zarówno pod względem mocy, jak i rozwiązań konstrukcyjnych, których parametry będą wystarczające do współpracy z maszynami o określonej wydajności, wykonujące założoną pracę w odpowiednim czasie.

Procedurę otrzymania podzbioru dopuszczalnych decyzji z całego zbioru możliwych decyzji, można wykonać drogą logicznego myślenia, lub formalnie za pomocą określonych obliczeń pozwalających na wyznaczenie niezbędnych parametrów ciągnika. W tym celu przydatne mogą być wspomniane wcześniej metody doboru sprzętu rolniczego (wskaźnikowa, technologiczna itp.) wykorzystujące informacje o warunkach gospodarstwa (struktura upraw, technologie produkcji itp.). W praktyce proces zawężania całkowitej liczby decyzji do dopuszczalnej zachodzi jeszcze na etapie formułowania wstępnych decyzji i dlatego też liczbę przyjętych decyzji można traktować jako zbiór decyzji dopuszczalnych.

Wykonanie określonej procedury polegającej na stopniowym eliminowaniu mało korzystnych decyzji jest warunkiem wyboru ostatecznej decyzji dlatego, że decyzja ostateczna Y^* znajduje się w zbiorze decyzji możliwych do przyjęcia. Stąd wynika wniosek, że w celu dalszego poszukiwania ostatecznej decyzji należy analizować tylko zbiór dopuszczalnych decyzji. Zawężanie liczby dopuszczalnych decyzji do zbioru decyzji efektywnych wykonuje się na podstawie analizy oczekiwań. Decyzję nazywa się efektywną jeżeli nie istnieje decyzja od niej bardziej efektywna. Zbiór efektywnych decyzji w literaturze często nazywa się zbiorem Pareto, lub zbiorem nie dominujących decyzji. W najprostszym przypadku jednego celu i jednego parametru, który ten cel charakteryzuje, zbiór efektywnych decyzji składa się z jednej decyzji, która jednocześnie jest decyzją ostateczną (optymalną) Y^* . W przypadkach kiedy

występuje kilka celów oraz parametrów według których porównuje się je, zbiór efektywnych decyzji z reguły zawiera więcej niż jedną decyzję, a często zawiera znaczną część zbioru dopuszczalnych decyzji lub nawet się z nim pokrywa. Można zatem stwierdzić, że w skrajnych przypadkach otrzymanie zbioru efektywnych decyzji faktycznie nie zmniejsza zbioru dopuszczalnych decyzji. Zwykle jednak zbiór efektywnych decyzji jest częścią zbioru dopuszczalnych decyzji i zawiera więcej niż jedną decyzję. Liczbowo stopień zmniejszenia liczby dopuszczalnych decyzji do zbioru decyzji efektywnych charakteryzuje współczynnik możliwości wyboru γ :

$$\gamma = \frac{m_d - m_e}{m_d - 1}, \quad (7)$$

gdzie: m_d – liczba decyzji dopuszczalnych, m_e – liczba efektywnych decyzji.

Wszystkie decyzje w zbiorze efektywnych decyzji są bardzo podobne, dlatego też trudno wskazać, która z nich jest optymalną.

Istnieje kilka metod za pomocą których można wyznaczyć zbiór efektywnych decyzji, do nich można zaliczyć między innymi: metodę bezpośredniego porównywania i metodę wielokryterialnego wyboru. Metodę bezpośredniego porównywania można zastosować w przypadkach małej liczby decyzji i małej liczby parametrów, które je charakteryzują. Jeżeli m_d oznacza liczbę dopuszczalnych decyzji i q liczbę parametrów według których porównuje się te decyzje, to należy przeprowadzić $m_d(m_d - 1)q/2$ porównań.

Metoda wielokryterialnych porównań jest bardzo przydatną i wygodną metodą do wyznaczania efektywnych decyzji ze zbioru decyzji dopuszczalnych. Zakładając zbiór dopuszczalnych decyzji $Y_d = (Y_1, \dots, Y_m)$ i liczbę parametrów charakteryzujących te decyzje y_1, y_2, \dots, y_q , jako parametry charakteryzujące dobór określonego typu i marki ciągnika rolniczego mogą występować: moc silnika, moc uciągu, wskaźnik masa/moc, cena, itd. Dla każdej i -tej decyzji wyznacza się wektor znaczenia parametrów $(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iq})$. Zgodnie z zasadą Pareto jedna decyzja Y_i jest bardziej odpowiednia od następnej Y_j , jeżeli spełniony jest warunek wektorowy „nie gorsza”:

$$(y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{iq}) \geq (y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jq}). \quad (8)$$

Spełnienie warunku wektorowego „nie gorsza” oznacza spełnienie nierówności:

$$y_{ih} \geq y_{jh}, \\ y_{il} \geq y_{jl} \quad (h \neq l, h, l = 1, 2, \dots, q). \quad (9)$$

Wyrażenie y_{ih} oznacza preferencję h – tego parametru i – tej decyzji.

Wyznaczenie ostatecznej decyzji jest ostatnim etapem procesu wyboru ciągnika dla gospodarstwa rolnego. Zgodnie z przedstawionymi cechami zbioru efektywnych decyzji, ostatecznej (optymalnej) decyzji należy poszukiwać w zbiorze tych decyzji. Dowolnie wybrana decyzja ze zbioru efektywnych decyzji jest decyzją nie dominującą w porównaniu z pozostałymi z tego zbioru, to

znaczy jest nie gorsza od każdej pozostałej. W związku z powyższym, jeżeli nie ma możliwości uzyskania dodatkowych informacji pozwalających na wyznaczenie optymalnej decyzji ze zbioru efektywnych decyzji, nawet z pomocą dodatkowych środków i czasu pracy, wybór dowolnej decyzji ze zbioru efektywnych powinien zapewnić zadawalające efekty wynikłe z zastosowania tych ciągników w gospodarstwie.

Dodatkowe informacje pozwalające na wyznaczenie optymalnej decyzji ze zbioru efektywnych można otrzymać na podstawie:

– bezpośredniego uszeregowania tych decyzji według przewidywanych efektów pracy;

– oceny i uszeregowania efektywnych decyzji według przewidywanych efektów pracy wykonanych przez ekspertów z tej branży.

Najbardziej efektywnym rozwiązaniem pozwalającym na wyznaczenie ostatecznej (optymalnej) decyzji może być założenie o liniowości funkcji wyboru optymalnej decyzji:

$$F(\alpha_{is}) = \sum_{s=1}^q K_s \alpha_{is}, \quad (10)$$

gdzie: α_{is} – współczynnik efektywności podejmowanych decyzji, i – numer decyzji ze zbioru efektywnych decyzji, q – liczba ocenianych parametrów, n – numer ocenianego parametru, K_s – współczynnik istotności danego parametru.

Optymalną decyzję (odpowiedni ciągnik) wyznacza minimalna wartość funkcji wyboru:

$$Y^* \Leftarrow \min_i \sum_{s=1}^d K_s \alpha_{is}, \quad (11)$$

gdzie: i – numer decyzji ze zbioru efektywnych decyzji.

Istotne znaczenie w tym etapie ma znajomość wartości współczynnika K_s określającego w sposób liczbowy istotność (ważność) danego parametru względem innych parametrów charakteryzujących ciągnik. Jego wartość może być wyznaczona przy wykorzystaniu metody ekspercko-matematycznej [Jevlanow, 1981, Skudlarski, 2002].

1. Bereszickij J. Ju., Gorjaczew W., 1999: Optimizacja sostava maszynno traktornovo parka s isplzovaniem celocislennogo lineijnowo programirovanija. Mechanizacja i Elektryfikacja Selskiego Chozjastwa nr 1 str 23-26.

2. Borek T., 1986: Optymalizacja doboru ciągników i maszyn rolniczych. Roczniki Nauk Rolniczych t 76-C4 str 121-131.

3. Carillon R. 1963: La puissance optimum du tracteur dans l'exploitation agricole. Le genie rural nr 3 str 119-121 i 167.

4. Dolewka L., Regulski S., 1985: Eksploatacja maszyn tom II. PWRiL, Warszawa

5. Hunt-Donnel R., 1963: Efficient field machinery selection. Agricultural Engineering nr 2 str. 78-79 i 88.

6. Isensee von E., 1978: Kriterien zur Auswahl der Schleppergrose. Landtechnik, nr 11 str 506-508.

7. Isik A., Sabanci A., 1993: A computer model to select optimum sizes of farm machinery and power for mechanization planning. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*. Vol. 24 nr 3 str 68-72.
8. Izdebski W., 2000: Wpływ czynników techniczno-organizacyjnych na efektywność kombajnowego zbioru ziół. *Problemy Inżynierii Rolniczej*, Nr 2, str 95-102.
9. Izdebski W., Skudlarski J., 2001: Dobór kombajnów zbożowych dla gospodarstw rolnych na podstawie analizy parametrów techniczno-ekonomicznych. *Problemy Inżynierii Rolniczej* nr 1 str 91-97.
10. Jevlanov L. G., 1981: *Osnovy teorii prinatija reszenij*. ANH ZSRR, Moskwa.
11. Krysztofiak A., Grześ Z., 1993: Badania popytu na ciągniki i optymalizacja struktury ich podaży dla wybranej gminy. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* z. 408.
12. Michalski R., Lipiński A., 1992: Zasady modernizacji technicznej gospodarstw indywidualnych. Konferencja „Problemy Techniki Rolniczej i Leśnej” 16-17 września 1992, SGGW, Warszawa str 346-349.
13. Michałek R., 1999: Uwarunkowania technicznej rekonstrukcji rolnictwa. PTIR, Kraków.
14. Olszewski T., 1999: Otworzyć oczy na koszty mechanizacji. *Top Agrar Polska* nr 12 str 22-23.
15. Siarkowski Z., Marczuk A. 2005: Dobór urządzeń do nawożenia organicznego. *Inżynieria Rolnicza* nr 14 str. 317-322.
16. Skwarcz J., Marczuk A. 2005. The selection of machines for mineral fertilization. II. International Scientific Conference. „Information Technologies and Control Engineering in Management of Production Systems. Czeska Zemledelska Univerzita, t. 1, s. 231- 237. Praga.
17. Skwarcz J., 2006: Założenia nowej metody doboru maszyn do produkcji rolnej. *Inżynieria Rolnicza* nr 13 str. 423-428.
18. Tomaszewski K., Lorencowicz E., 1992: Kierunki racjonalnej eksploatacji maszyn w gospodarstwach chłopskich. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* z.403 str. 57-65
19. Wójcicki Z., 1997: Dobór i wykorzystanie środków technicznych oraz kosztów produkcji w rozwojowych gospodarstwach rodzinnych. IBMER, Warszawa.

ELR 631.173.6

WPŁYW OBSŁUGI POSPRZEDAŻNEJ CIĄGNIKÓW I MASZYN ŚWIADCZONEJ PRZEZ PRODUCENTÓW NA EFEKTYWNOŚĆ PRODUKCJI ROLNEJ

¹Waldemar Izdebski, ²Jacek Skudlarski, ³Michał Zabost, ⁴Stanisław Zajac

¹Warsaw University of Technology, ²Warsaw University of Life Sciences-SGGW, ³Agricultural magazine “AGROmechanika. Technika w gospodarstwie”, ⁴State Higher Vocational School in Krosno

В статье представлено влияние послепродажного обслуживания тракторов и машин на эффективность производства в сельском хозяйстве. Очень важным фактором, влияющим на рентабельность производства, считается выполнение агротехнических работ в агротехнические сроки. Выполнение работ в хозяйстве в агротехнические сроки в большой степени зависит от эффективности послепродажного обслуживания.

Efektywność produkcji rolniczej rozumiana jako stopień zaspokojenia oczekiwanych potrzeb (wysokość plonu, jakość produktów rolnych) w odniesieniu do poniesionych nakładów finansowych uzależniona jest od wielu czynników w tym również od efektywności pracy ciągników i maszyn. Ta natomiast

przejawia się przede wszystkim kosztami eksploatacji, których udział w kosztach produkcji roślinnej w polskich warunkach sięga poziomu 40-60% [Muzalewski, Olszewski, 2000].

Użytkowanie ciągników i maszyn pociąga za sobą nie tylko wydatki na ich eksploatację. Awarie ciągników i maszyn powodują przestoje w pracy a te mogą generować straty finansowe zależnie od długości przestoju. Wielkość tych strat odniesiona do całościowych kosztów produkcji może stanowić miernik efektywności pracy parku maszynowego pod kątem jego niezawodności oraz efektywności systemu obsługi po sprzedażnej świadczonej przez producenta.

W produkcji roślinnej przestoje powodować mogą straty plonu zwłaszcza jeżeli opóźnienie prac wywołanych przestojami przekroczy optymalne terminy agrotechniczne.

Dostępna literatura, zarówno polska jak i zagraniczna wymienia wiele prac zawierających doniesienia z badań polowych w różnych ośrodkach badawczych dotyczących strat na skutek opóźnienia prac. Prace te dotyczą głównie skutków opóźnienia siewu oraz zbioru roślin. Natomiast publikacje dotyczące skutków opóźnienia pozostałych zabiegów m.in. skutków opóźnienia zabiegów ochrony chemicznej czy nawożenia mineralnego mimo bogatej literatury dotyczącej np. terminów nawożenia i stosowanych dawek nawozów czy też skuteczności zastosowanych pestycydów występują marginalnie.

Publikacje dotyczące skutków opóźnienia siewu czy zbioru różnią się wynikami badań nawet przy podobnym opóźnieniu. Różnice te wynikają przede wszystkim z właściwości odmian poszczególnych gatunków (wrażliwość na opóźnienia zabiegów) oraz warunków pogodowych, których wpływ na straty plonu jest bardziej odczuwalny niż technologii produkcji czy też warunków glebowych [Noworolnik, 1989, Mazurek, Sułek, 1997]. I tak na przykładzie opóźnień siewu pszenicy ozimej o 10 dni w badaniach Zrychty i Noworolnika (1999) nie odnotowano znacznego spadku plonu, natomiast w badaniach Kusia i Jończyka (1997) spadek plonu wyniósł 7-13% zaś w badaniach Mazurka i Podolskiej (1995) osiągnął poziom 25%. Opóźnienie siewu pszenicy ozimej o 20 dni w badaniach wymienionych autorów powodowało straty plonu od 30 do 60%.

Podobne rozbieżności dostrzeżono w przypadku żyta. Na przykład Szempliński i inni (2001) w swoich badaniach przy opóźnieniu siewu o 14 dni odnotowali spadek plonu od 4% do 19% zależnie od kompleksu glebowego. Jończyk i Kuś (1998) natomiast przy podobnym opóźnieniu odnotowali w roku 1990 spadek plonu żyta o ok. 6%. Jednakże w innych latach doświadczeń autorzy nie odnotowali istotnych spadków. Grabiński i Mazurek (1995) prowadząc badania w latach 1990-1994 nad żytem wykazali, że w przypadku odmian wrażliwych na termin siewu siew opóźniony o 10 dni powodował spadek plonu o ok. 20% zaś o 20 dni o ok. 42%.

Różnice te mają swoje odbicie w wynikach finansowych z produkcji. W analizach przeprowadzonych przez Skudlarskiego (2007) zależnie od poziomu cen opóźnienie siewu pszenicy ozimej o 10 dni przy minimalnych stratach odnotowanych w badaniach powodowało stratę finansową wynoszącą od 27,5 do 33,5 euro/ha zaś opóźnienie o 20 dni pociągało stratę od 102 do 125 euro/ha. W przypadku maksymalnych strat odnotowanych w badaniach 10 dniowe opóźnienie powodowało stratę finansową od 51 do 62 euro/ha, zaś opóźnienie o 20 dni stratę od 118 do 143 euro/ha. Starty te powodowały że zysk z produkcji zależnie od opóźnienia i wielkości strat plonu wynosił na poziomie cen w roku 2005 od 8,37 do 99 euro/ha i był niższy od zysku w sytuacji bez strat plonu (127 euro/ha), zaś na poziomie cen z roku 2006 wynosił on od 87 do 198 euro/ha (zysk bez strat 231 euro/ha).

Wyżej przedstawione wyniki badań pozwalają stwierdzić, że problem strat plonu na skutek opóźnienia prac jest problemem złożonym. Opóźnienia prac spowodowane przestojami ciągników lub maszyn na które wpływ ma efektywność działania systemu obsługi technicznej nie zawsze będą powodować znaczne straty. Tym bardziej, że w warunkach polskiego rolnictwa istnieją rezerwy czasowe, które jak dowodzą badania Zająca i inn. (2007) wynoszą zależnie od okresu agrotechnicznego od 4 do 7 dni. Inaczej mówiąc przestój 4-7 dniowy nie spowoduje pojawienia się strat. Wnioski te nasuwają refleksję nad potrzebą wysokiej niezawodności ciągników i maszyn, do której dążą producenci z Europy Zachodniej i USA. Tym bardziej, że wraz ze wzrostem niezawodności następuje wzrost ceny maszyny. Potwierdzają to badania białoruskie na przykładzie białoruskich kombajnów, których cena gdyby zachodziła potrzeba wydłużenia okresu pomiędzy awariami do 120 godzin (z obecnych 100 godzin) wzrosłaby z poziomu 132 589 do 251 453 USD [Bojko i inn., 2008].

W opinii autora w sytuacji istnienia rezerwy czasowej nie powodującej strat plonu opłacalne może być zastosowanie ciągników bardziej awaryjnych ale tańszych pod warunkiem sprawnie działającego systemu obsługi technicznej w skład którego wchodzi zakłady serwisowe producentów i sieci zaopatrzenia w części zamienne, prywatne warsztaty naprawcze oraz sklepy z częściami zamiennymi. Ciągniki takie mimo wyższego wskaźnika kosztów napraw a nawet wyższego zużycia paliwa mogą generować niższe koszty produkcji co wykazały przeprowadzone przez autora analizy [Skudlarski, 2005a].

Wykonanie prac agrotechnicznych w gospodarstwie rolnym, w ściśle określonych terminach, wymaga utrzymania gotowości technicznej parku maszynowego na oczekiwanym poziomie sprawności. Ze strony producenta może być ona utrzymana przez realizację tak działań jak [Varnakov, Bałaszova, 1995]:

– doskonalenie konstrukcji, zwiększającej jej niezawodność i łatwość dostępu do zespołów i części maszyny (ciągnika);

– poprawę organizacji i doskonalenie technologii obsługi i napraw sprzętu rolniczego;

– obniżenie ryzyka dla klienta poprzez gwarancję jakości wyrobu.

Drugi z wymienionych kierunków działań związany jest z rozszerzeniem sfery usług serwisowych, racjonalizacją systemu zabezpieczenia w części zamiennej oraz wydłużeniem wykorzystania maszyny po naprawie [Varnakov, Bałaszova, 1995]:

Udział producenta we wsparciu gotowości technicznej sprzętu rolniczego w okresie jego eksploatacji, często wpływa na decyzję rolnika o zakupie wyrobu określonego producenta. Dlatego, w warunkach gospodarki wolnorynkowej, na rynku ciągników i maszyn rolniczych wygrywają te firmy, które lepiej zorganizowały serwis techniczny, zarówno w okresie gwarancji, jak i późniejszym okresie eksploatacji sprzętu rolniczego. Działania producentów w tym zakresie nazywane są zabezpieczeniem zaplecza eksploatacji, którego znaczenie wzrasta wraz ze wzrostem złożoności konstrukcji maszyny [Stopałow, 2004]. Stopałow (2004) wskazuje, że zagraniczni producenci sprzętu rolniczego przywiązują znacznie więcej uwagi do zabezpieczenia zaplecza eksploatacji, niż do cechy niezawodność wyrobu, która jest dominująca w fazie sprzedaży i może przyczynić się do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej.

Ważność obsługi technicznej jest odczuwalna zwłaszcza w przypadku załamania się tego systemu. Świadczą o tym krajowe doświadczenia i innych państw z Europy Wschodniej, gdzie załamanie się systemu serwisowego spowodowało istotne straty w produkcji rolnej [Rasskazov 1997, Dokunihin, 2001], zaś jego poprawa przyniosła zauważalne korzyści [Czernoivanov 1997].

Poprawienie funkcjonowania obsługi technicznej jest korzystne dla producenta nie tylko ze względu na możliwość zachęcenia do zakupu określonej marki wyrobu, ale również ze względu na fakt, że przynosi ona długookresowe korzyści finansowe dla producenta. Stwierdzono bowiem [Internet1], że każdy dolar zainwestowany w obsługę techniczną ciągników i maszyn rolniczych przynosi dwa razy większy dochód, niż dolar zainwestowany w ich produkcję. Wynika to z tego, że cena kompletu części zamiennych wchodzących w skład ciągnika lub maszyny jest od dwu (w starszych typach) do nawet pięć razy (w nowoczesnych konstrukcjach) wyższa niż cena nowego wyrobu z fabryki [Konkin, 1999].

Inną przyczyną znaczenia obsługi technicznej jako usługi świadczonej przez producenta jest wzrost częstotliwości awarii ciągników rolniczych. Niemieckie badania [Top Agrar, 2002], przeprowadzone w latach 1996-2001 wykazały, że nowoczesne, lepiej wyposażone ciągniki ulegały częściej awariom, niż ciągniki wprowadzone na rynek przed kilkoma laty. Z badań tych wynika, że średnia liczba napraw przypadająca na 1000 godzin pracy ciągnika zwiększyła się z 1,7 do 3,1, a czas jego przestoju wydłużył się z 2,3 do 3,9 dni. W przeliczeniu na

koszty, stanowiło to równowartość odpowiednio 195 i 247 euro na 1000 godzin pracy ciągnika.

W opinii naukowców (Stopałow, 2004) awarie ciągników i maszyn rolniczych nie są krytycznym ogniwem ich użytkowania, jeżeli mogą być szybko usunięte i starannie wykonane pod względem jakości. Stąd obserwowane tendencje rozwoju usług w zakresie obsługi technicznej świadczonej przez producenta. Ważnym zagadnieniem pozostaje jednak poziom tych usług, zaspokajający potrzeby użytkowników sprzętu rolniczego. W dostępnej literaturze brak jest opisu metod, pozwalających na ocenę usług w zakresie obsługi technicznej, uwzględniających korzyści użytkownika.

Ważnym aspektem jest wyróżnienie kryteriów oceny poziomu obsługi technicznej z pozycji klienta. Kuniukov (2005) proponuje by uwzględniać kryteria ilościowe (np. koszty i czas wykonania usługi) oraz jakościowe (m.in. kompetencje i kwalifikacje pracowników służb serwisowych, uczciwość i rzetelność wykonania usługi oraz troskę o dobro klienta).

W opinii autora najważniejszym kryterium oceny poziomu obsługi technicznej parku maszynowo-ciągnikowego powinna być jej efektywność, rozumiana jako możliwość uzyskania gotowości do pracy sprzętu rolniczego na oczekiwanym poziomie sprawności technicznej, przy możliwie jak najniższych kosztach obsługi technicznej, będących sumą wydatków na naprawy i przeglądy techniczne oraz strat finansowych wywołanych przestojami ciągników i maszyn rolniczych.

Efektywność obsługi technicznej zależy od wielu czynników. Badania przeprowadzone z wykorzystaniem metody ekspercko - matematycznej [Skudlarski, 2002] wykazały, że o efektywności obsługi technicznej ciągników rolniczych decyduje 20 czynników techniczno-organizacyjnych (tab. 1) [Skudlarski, 2005b]. Ich pogrupowanie na przedziały ważności (tab. 2) pozwala stwierdzić, że dla ciągników rolniczych o najważniejszym przedziale (nr I w tab. 2), którego wpływ na efektywność ich obsługi technicznej sięga około 27% (wpływ wszystkich przedziałów sumuje się do 100%), znajdują się takie czynniki jak: ceny oryginalnych części zamiennych, czas usuwania awarii oraz jakość użytych części zamiennych [Skudlarski, 2005b]. Wysoką istotnością charakteryzują się również czynniki skupione w przedziale wyższym od średniego (nr II), a mianowicie: doświadczenie i kwalifikacje zawodowe pracowników służb serwisowych, dostęp do punktów zaopatrzenia w najbardziej niezbędne części zamienne oraz oferta tych punktów. Przedział średni (nr III) oraz niższy od średniego (nr IV) skupiają pozostałe czynniki wymienione w tabeli 1.

Tabela 1 – Czynniki techniczno-organizacyjne wpływające na efektywność systemu obsługi technicznej

C 21 – jakość usług świadczonych przez serwis	
C 311	Czas usuwania awarii przez służby serwisowe, uwzględniający czas ich przybycia na miejsce awarii (od chwili jej zgłoszenia), czas oczekiwania na naprawę w warsztacie oraz na zamówione części zamienne
C 312	Jakość (trwałość) użytych do naprawy części zamiennych
C 313	Długość okresu gwarancji na dany ciągnik
C 314	Kwalifikacje i przygotowanie zawodowe pracowników ekip remontowych
C 22 – cena usług serwisowych	
C 321	Koszty robocizny wykonanej naprawy lub przeglądu
C 322	Koszty materiałowe (części zamienne, oleje, smary)
C 323	Koszty dojazdu na miejsce awarii
C 324	Koszty transportu ciągnika do placówki serwisowej (w przypadku naprawy ciągnika w punkcie serwisowym)
C 23 – dostęp do punktów serwisu i warsztatów naprawczych	
C 331	Liczba i położenie (odległość, warunki dojazdu) autoryzowanych stacji serwisowych
C 332	Wyposażenie pojazdów specjalistycznych-mobilnych warsztatów pracy i zakres prac naprawczych do wykonania przy wykorzystaniu tychże pojazdów
C 333	Liczba i położenie (odległość, warunki dojazdu) warsztatów naprawczych nie wchodzących w skład serwisu producenta, ale dokonujących napraw pogwarancyjnych ciągników
C 334	Zakres usług warsztatów naprawczych nie wchodzących w skład serwisu producenta, ale dokonujących napraw pogwarancyjnych ciągników
C 24 – dostęp i zaopatrzenie w części zamienne	
C 341	Położenie i warunki dojazdu do punktu sprzedaży oferującego najbardziej niezbędne części zamienne i płyny eksploatacyjne (oleje, smary)
C 342	Oferta i poziom zaopatrzenia punktów sprzedaży oferującego najbardziej niezbędne części zamienne
C 343	Położenie i warunki dojazdu do punktu sprzedaży oferującego części zamienne ulegające rzadszym uszkodzeniom
C 344	Oferta i poziom zaopatrzenia punktów sprzedaży oferującego części zamienne ulegające rzadszym uszkodzeniom
C 25 – ceny części zamiennych	
C 351	Ceny części zamiennych oryginalnych (fabrycznych)
C 352	Ceny części zamiennych nieoryginalnych (zamienników)
C 353	Ceny części zamiennych regenerowanych
C 354	Koszty regeneracji zużytej części zamiennej lub wymiany (nowa za starą)

Zródło: opracowanie własne.

Analiza wspomnianych czynników, a zwłaszcza tych najważniejszych, pozwala stwierdzić, że efektywność obsługi technicznej powinna być wyrażana w postaci kosztów, lecz nie tylko kosztów przeglądów i napraw [Muzalewski, 1999, Bruhn, 2002], ale również i innych kosztów wynikających z przestoju sprzętu rolniczego, np. strat plonu.

Same koszty napraw nie mogą być jedynym wskaźnikiem efektywności obsługi technicznej świadczonej przez producenta sprzętu rolniczego. Koszty owych napraw mogą być duże, ale awarie mogą zdarzać się rzadko i być szybko usuwane, i w efekcie czas przestoju nie będzie długi. Sytuacja może być też

odwrotna, dlatego nie można pomijać start wynikających z przestoju ciągnika lub maszyny. Na problem ten zwrócił uwagę Kuszniarev (2005), który przedstawił metodykę określania strat na skutek przestoju w okresie gwarancji. Stwierdził on, że starty te zależą od okresu w jakim następuje przestój, czasu trwania przestoju, a przede wszystkim od długości dopuszczalnego okresu na wykonanie prac. Jeżeli starty dotyczyć będą produkcji roślinnej, to zależą one również od gatunku rośliny, rentowności jej uprawy, wielkości oczekiwanego plonu, wpływu zabiegu na wielkość plonu itp.

Tabela 2 – Przedziały ważności czynników

Oznaczenie przedziału	Oznaczenie celów zaliczonych do przedziału	Wpływ danego przedziału na efektywność obsługi technicznej, [%]	Wartość średnia czynnika w przedziale, [%]
I	C 311, C 312, C 351	27,09	9,03
II	C 314, C 341, C 342	19,47	6,49
III	C 313, C 321, C 322, C 331, C 332, C 334	28,95	4,83
IV	C 323, C 324, C 333, C 343, C 344, C 352, C 353, C 354	24,48	3,06

Źródło: badania własne.

Zróznicowanie wielkości strat na skutek przestojów a tym samym strat finansowych na stan dzisiejszy nie daje jednoznacznej odpowiedzi czy wystarczający będzie ciągnik zawodny ale tańszy czy potrzeba ciągnika o wysokiej niezawodności ale już droższego.

Z pewnością praca ciągników i maszyn wymagać będzie efektywnego systemu obsługi świadczonej przez producenta.

Poprawienie jej funkcjonowania jest korzystne dla producenta nie tylko ze względu na możliwość zachęcenia do zakupu określonej marki wyrobu, ale również ze względu na fakt, że przynosi ona długookresowe korzyści finansowe dla producenta.

1 Bojko Ł. I., Bojko T.W., Goman A.M., Baran O.A., 2008: Metodologia opredelenija racionalnych norm nadezhnosti zernouborocznego kombajna. Doklady międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji „Energosberegajushchije tehnologii i tehničeskije sredstva v selkoshozjastvennym proizvodstve” 12-13 VI 2008 cz.1 str. 55–60.

2 Bruhn I., 2000: Reparaturkosten von Traktoren und Mahdreschern. Landtechnik Jg. 55 nr 5 str. 354, 361.

3 Czernoivanov W. J., 1997: Sostajanie i perspektivy reformirovanija remontno obsluziwajuszcziej bazy APK. Miechanizacja i Elektryfikacja Selskiego Chozjastva nr 7 str. 2-3.

4 Dokunihin W.Z., 2001: Organizacja technicznej obsługi maszyn w przedsiębiorstwie rolniczym. Wykład pracownika Państwowego Uniwersytetu Agroekologicznego Ukrainy w Żytomierzu wygłoszony w dniu 16.10.2001 na Wydziale Inżynierii Produkcji SGGW w Warszawie.

5 Grabiński J., Mazurek J., 1995: Plonowanie i struktura plonu nowych rodów żyta w warunkach różnych terminów siewu. Biuletyn IHAR nr 195/196 str. 337-340.

6 Internet1: Usługi predostavljajemyje zarubieżnymi firmami-producentami potrebitielam traktorov i sh. mashin. <http://www.agronet.ru/commerce/monitoring/uslugi.htm>.

- 7 Konkin J.A. 1999: Techničeskij servis w APK: problemy i puti ich reszenija. Traktory i Selskochozjastwiennyje Masziny nr 1 str 2–5.
- 8 Kunienkov P.P., 2005: Lingvisticzeskij podchod pri monitoringie udovletvorennosti uslugami techničeskogo servisa uborocznoj techniki. Nauczno-techničeskaja Konferencija „Sovremennyje problemy maschinostrojennija i vysokich tehnologij” Rostov na Donu tom II str.172-176
- 9 Kusznarijev L.I., 2005: Zaszczita prav poterbiteli pri postojie techniki v garantijnyj period. Traktory i Selskochozjastwiennyje Masziny nr 2 str 35–36.
- 10 Kuś J., Jończyk K., 1997: Oddziaływanie wybranych elementów agrotechniki na plonowanie pszenicy ozimej. Fragmenta Agronomica (XIV) nr 3 str. 4–16.
- 11 Mazurek J., Podolska G., 1995: Plon i cechy struktury plonu odmian i rodów pszenicy ozimej w zależności od terminu siewu. Biuletyn IHAR nr 194 str. 63–69.
- 12 Mazurek J., Sulek A., 1997: Wpływ głównych czynników agrotechnicznych na plon i cechy struktury plonu nowych odmian pszenicy jarej. Biuletyn IHAR nr 204 str. 75–80.
- 13 Muzalewski A., 1999: Koszty eksploatacji maszyn. Wskaźniki eksploatacyjno-ekonomiczne maszyn i ciągników stosowanych w gospodarstwach indywidualnych. IBMER, Warszawa.
- 14 Muzalewski A., Olszewski T., 2000: Ekonomiczno-organizacyjne aspekty zespołowego użytkowania maszyn stosowanych w gospodarstwach indywidualnych. IBMER, Warszawa.
- 15 Noworolnik K., 1989: Wpływ terminu siewu na plon ziarna odmian jęczmienia jarego i jego strukturę, Biuletyn IHAR, T. 169 str. 177–181.
- 16 Pilszczikow L.M., Jeremiejew Sz. A., 1997: Techničeskij servis w APK Tatarstana. Miechanizacja i Elektryfikacja Selskogo Chozjastva nr 11 str. 5–6.
- 17 Rasskazov M. Ja., 1997: Osnovnyje principi formirovanija remontno-obsluzivajuszczej bazy APK w usloviach rynka. Miechanizacja i Elektryfikacja Selskogo Chozjastva nr 5 str. 5–8.
- 18 Skudlarski J., 2002: Wpływ parametrów techniczno- eksploatacyjnych na efektywność pracy ciągników rolniczych. Rozprawa doktorska. Wydział Inżynierii Produkcji, SGGW, Warszawa.
- 19 Skudlarski J., 2005a: Koszty produkcji w gospodarstwie rolnym przy zastosowaniu wybranych ciągników rolniczych. Acta Scientiarum Polonorum. Technika Agraria. Inżynieria Rolnicza nr 4 (2) str. 41-47.
- 20 Skudlarski J., 2005b: Povyszenije effektivnosti servisnowo obsluzivanija selskochozjastvennyh traktorov dla umińszennija zatrat v proizvodstvie selskochozjastvennej produkciji. Visnik Charkivskogo Nacionalnogo Techničnogo Universitetu Silskogo Gospodarstva im. Petra Vasilenka. Mechanizacija Silskogospdarskogo Virobnictva. Charkiv, Vypusk 41 str. 107–113.
- 21 Skudlarski J., 2007: Stoppages oftractors and machines resulting from their failure as a reason if increase in plant production costs. Visnik Harkivskogo Nacionalnogo Tehnicznego Universitetu Silskogo Gospodarstva im. Petra Vasilenka. Mehanizacija silkogospodarskokogo virobnictva. Vypusk 59 tom 2 str. 188-194.
- 22 Stopašov S.G., 2004: Nadieznost techniki i imidz jejo izgotovitiela. Traktory i Selskochozjastvennyje Masziny nr 1 str. 9-12.
- 23 Szempliński W., Szule J., Budzyński W., 2001: Reakcja czasu na czynniki agrotechniczne. Pamiętnik Puławski Z 128 str. 241–243.
- 24 Varnakov V.V., Bałaszova, O.M., 1995: Ekspertnyj metod sertyfikacji remontno obsluzivajuschih prepriatij. Miechanizacja i Elektryfikacja Selskogo Chozjastva nr 1 str. 4–7.
- 25 Top Agrar, 2002: Hohere-anfalligkeit. Nr 5 str.93.
- 26 Zając S., Izdebski W., Kusz D., 2007: Dopuszczalne przestoje ciągników z powodu awarii w wybranych okresach agrotechnicznych. Motrol nr 9 str. 193–199.
- 27 Zrychta M., Noworolnik K., 1999: Plonowanie pszenicy ozimej w zróżnicowanych warunkach siedliskowych pól produkcyjnych. Pamiętnik Puławski Z 118 str. 472–474.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ДИСПЕРГИРОВАННОЙ КОРМОСМЕСИ ДЛЯ СВИНЕЙ НА ОСНОВЕ ПЛЮЩЕНОГО ЗЕРНА

Червяков А.В., к.т.н., доцент; Крупенин Ю.А.; Крупенин П.Ю.
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки

Первостепенной задачей для сельскохозяйственных предприятий является снижение себестоимости и энергоемкости животноводческой продукции.

В структуре себестоимости свинины затраты на корма составляют до 70%. Это объясняется тем, что большинство сельскохозяйственных предприятий, имея собственную кормовую базу, вынуждены передавать фуражное зерно на переработку предприятиям комбикормовой промышленности.

Выходом из сложившейся ситуации является организация хранения и переработки зернофуража непосредственно в хозяйствах. Среди существующих технологий хранения и переработки фуража особое место, с точки зрения экономии энергозатрат, занимает технология консервирования плющеного зерна.

Плющенное зерно хорошо вписывается в технологию кормления крупного рогатого скота, однако его применение для кормления свиней имеет ряд трудностей.

Нами было установлено, что более 90% плющеного зерна не удовлетворяет зоотехническим требованиям к размеру частиц корма (максимальный размер частиц 1 мм) [1], следовательно, плющенное зерно с влажностью 30–35% необходимо измельчать. Выполнить данную задачу традиционными методами с использованием молотковых дробилок или центробежно-роторных измельчителей не представляется возможным, поскольку для них максимальная влажность измельчаемого сырья не должна превышать 17–22% [1, 2].

Еще одной проблемой, сдерживающей применение плющеной кукурузы для кормления свиней, является повышенное содержание в ней патогенной микрофлоры и микотоксинов, возникающее при неблагоприятных условиях консервирования и хранения (неоптимальная влажность зерна, атмосферные осадки, доступ кислорода к плющеному зерну при его хранении, повреждение укрывающих материалов и т.п.). Наличие в кормах патогенов, микотоксинов и антипитательных веществ отрицательно сказывается на продуктивности и здоровье животных, в

следствие чего корма обязаны подвергаться углубленной обработке перед скармливанием [3], поскольку кормление животных кормами низкого качества не позволяет в полной мере использовать генетический потенциал продуктивности свиней-гибридов по среднесуточному привесу на откорме 800...900 г [4]. В настоящее время свиноводческие предприятия получают среднесуточные привесы в 500...550 г, что составляет 60–70% от потенциально возможных.

В связи с вышесказанным необходимо использовать новые методы переработки влажного плющеного зерна при приготовлении кормовых смесей на основе концентратов для кормления свиней.

Для решения поставленной данной задачи нами было предложено использовать процесс диспергирования кормовых смесей в кавитационном измельчителе-диспергаторе. В процессе диспергирования кормов происходит измельчение компонентов кормовой смеси, гомогенизация, разогрев и уничтожение патогенной микро- и макрофлоры, что повышает доступность и переваримость питательных веществ.

Данные результаты достигаются за счет комбинированного механического, гидродинамического и кавитационного воздействия на кормовую смесь.

Особое внимание необходимо обратить на кавитационную обработку кормосмеси, поскольку именно за ее счет корм приобретает качественно новые свойства. Данный тип обработки формируется совокупностью мелкомасштабных пульсаций давления и воздействием кинетической энергии кумулятивных струек, образующихся при схлопывании кавитационных пузырьков. Внутри схлопывающегося пузырька протекает адиабатический процесс, при этом на конечном этапе схлопывания происходит локальное повышение давления до 100 МПа и температуры – до 1000 °С, образуется ультразвуковая ударная волна [5], которая способна разрушать не только частицы зерна, но и оболочки микроорганизмов, производить инактивацию антипитательных веществ (ингибиторы трипсина, фермент уреазы), разрывать молекулы сложных веществ, таких как крахмал и клетчатка, до простых сахаров.

Учитывая вышеизложенное, нами предложена технология производства жидких кормовых смесей на основе плющеного зерна для условий свиноводческого комплекса на 108 тыс. гол.

В соответствии с разработанной технологией, производство кормовых смесей состоит из 3-х этапов (рис. 1):

I – приготовление комбикорма-концентрата и жидкого корма (мешанки) на его основе с использованием стандартного оборудования;

II – консервирование плющеной кукурузы и ее диспергирование;

III – смешивание между собой продуктов, полученных на I-м и 2-м этапах.

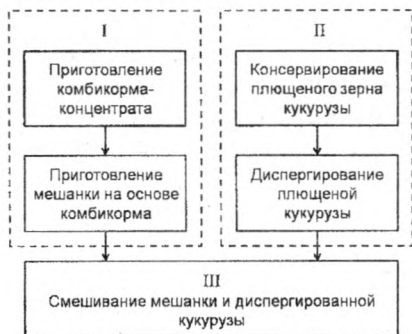


Рис. 1. Блок-схема технологии производства кормовых смесей

Для производственных испытаний технологии диспергирования кормовых смесей в ОАО «Совхоз-комбинат «Сож» Гомельского района была создана экспериментальная линия диспергирования плющеной кукурузы (рис. 2), содержащая кормоприготовительный бак 3 емкостью 6 м³ с системой перемешивания 4, кавитационный измельчитель-диспергатор 5, трубопроводы и запорную арматуру 6.

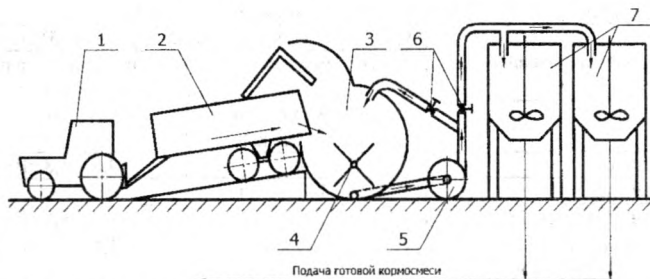


Рис. 2. Технологическая схема линии диспергирования плющеной кукурузы:
 1, 2 – транспортное средство МТЗ-1221+МТТ-9; 3 – кормоприготовительный бак; 4 – система перемешивания; 5 – кавитационный измельчитель-диспергатор; 6 – запорная арматура; 7 – кормосмесительные ванны

Технологический процесс приготовления корма начинается с предварительного заполнения бака определенным количеством воды, включается система перемешивания и кавитационный измельчитель-диспергатор, после чего производится загрузка плющеной кукурузы.

В процессе приготовления кормосмесь влажностью 70–80%, состоящая из кукурузы и воды, циркулирует по контуру бак – измельчитель-диспергатор – бак, подвергаясь комбинированной механической, гидродинамической и кавитационной обработке. По окончании процесса диспергирования кормосмесь приобретает однородную гомогенную структуру.

Готовая диспергированная кормовая смесь подается измельчителем-диспергатором в стандартные кормосмесительные ванны 7, где в нее добавляется комбикорм-концентрат специальной рецептуры, обогащенный белково-витаминными и минеральными добавками. После перемешивания кормовая смесь подается по системе кормопроводов в свинарники для кормления животных.

Для определения эффективности измельчения плющеного зерна кавитационным измельчителем-диспергатором нами проведен гранулометрический анализ плющеной кукурузы без обработки и после диспергирования. Установлено, что содержание фракции с размером частиц менее 1 мм увеличивается более чем в 8 раз, по сравнению с плющеной кукурузой без обработки. Таким образом, диспергирование позволяет значительно улучшить гранулометрический состав кормосмеси и приблизить его к нормативному [1].

Сравнительный анализ энергозатрат на подготовку к скармливанию 1 т зерна 15% влажности по традиционной технологии и при использовании комбинации технологий плющения и диспергирования показан в таблице 1.

Таблица 1 – Удельные энергозатраты на приготовление кормов

Наименование операции	Удельные энергозатраты на 1 т зерна 15% влажности	
	традиционная технология	экспериментальная технология
Сушка зерна	15...18 кг жидкого топлива + 2,0...2,2 кВт·ч	–
Плющение зерна	–	3,5...5,8 кВт·ч
Измельчение зерна	12...14 кВт·ч/т	–
Диспергирование плющеного зерна	–	6,6...8,8 кВт·ч
Смешивание измельченного зерна с водой (приготовление кормосмеси)	1,8...2,1 кВт·ч	1,8...2,1 кВт·ч
Суммарные энергозатраты	15...18 кг жидкого топлива + 15,8...18,3 кВт·ч	11,9...16,7 кВт·ч
Экономия энергозатрат		15...18 кг жидкого топлива

Ссылаясь на проведенный анализ, можно заключить, что технология плющения позволяет производить консервирование зерна с влажностью 25–40% с удельным расходом электроэнергии 3,5...5,8 кВт·ч/т [6], при этом полностью исключаются затраты топлива и электрической энергии на сушку, которая является необходимой при хранении фуража традиционным методом. Каждая тонна зерна, законсервированная по технологии плющения, экономит до 18 кг дизельного топлива или до 26 м³ природного газа [6, 7].

Необходимо отметить, что процесс диспергирования направлен не только на измельчение зерна, но и на его структурное изменение на кле-

точном уровне, что обеспечило увеличение среднесуточных привесов в группе откорма с 550...570 до 650...680 г.

Применение технологии кавитационного диспергирования кормовых смесей в ОАО «Совхоз-комбинат «Сож» позволило предприятию увеличить величину среднесуточных привесов свиней на 14–23%, а также получить эффект от экономии топлива при замещении операции сушки зерна на операцию плющения.

Список использованных источников

1. Техническое обеспечение процессов в животноводстве / В.К. Гриб [и др.]; под ред. В.К. Гриба. – Минск: Беларуская навука, 2004. – 831 с.
2. Сыроватка, В.И. Разработка рабочих органов для измельчения семян рапса и фуражного зерна / В.И. Сыроватка, Н.С. Сергеев // Агрожурнал МГАУ [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://agromagazine.msau.ru/content/8/11/sirovatka2%20.doc>. – Дата доступа: 20.03.2009.
3. Шаршунов, В.А. Биохимические и биофизические предпосылки для внедрения технологий углубленной переработки сырья при производстве комбикормов / В.А. Шаршунов, А.В. Червяков, С.В. Курзенков [и др.] // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1999. – № 2. – С. 6–10.
4. Шейко, И.П. Состояние и пути совершенствования научного обеспечения отраслей животноводства / И.П. Шейко // Жывёлагадоўля і ветэрынарная медыцына. Вестці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2008. – № 1. – С. 68–72.
5. Маргулис, М.А. Звукохимические реакции и сонолюминисценция / М.А. Маргулис. – М.: Химия, 1986. – 288 с.
6. Вальцовые мельницы Murska // Aimo Kortteen Konepaja [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://www.murskabiopacker.fi/ru>. – Дата доступа: 20.03.2009.
7. Зерносушилки А1-ДСП-50, ДСП-25, ДСП-20, ДСП-10 // ЗАО "Агромаш" [Электронный ресурс]. – 2004. – Режим доступа: http://www.agromash-nn.ru/prod/zerno_sush/stats/. – Дата доступа: 20.03.2009.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Импортозамещение в производстве сельскохозяйственной техники, оборудования и запасных частей – одно из наиболее важных направлений деятельности организаций РО «Белагросервис».....	4
	<i>Лабушев Н.А.</i>	
2	Состояние и пути повышения эффективности использования машинно-тракторного парка в хозяйствах республики.....	9
	<i>Маринич Л.А., Самосюк В.Г., Клыбик В.К., Володкевич В.И.</i>	
3	Вторичный рынок сельскохозяйственной техники как важный резерв обновления машинно-тракторного парка сельскохозяйственных товаропроизводителей	12
	<i>Сайганов А.С.</i>	
4	Особенности организации фирменного технического сервиса тракторов «Беларус» на внутреннем и внешних рынках.....	18
	<i>Миклуш В.П., Сайганов А.С., Барташевич Л.В., Барташевич А.Л.</i>	
5	Снижение энергетических и повышение агротехнических показателей работы комбинированного агрегата на базе плуга.....	30
	<i>Добышев А.С., Пузевич К.Л.</i>	
6	Обработка почвы универсальными комбинированными агрегатами.....	34
	<i>Клименко В.И., Привалов Ф.И., Петровец В.Р.</i>	
7	Особенности использования комбайнов при уборке зерна кукурузы.....	36
	<i>Клочков А.В., Гусаров В.В., Арешко Д.М.</i>	
8	Возделывание сельскохозяйственных культур комбинированным агрегатом с внесением КАС и пестицидов в корнеобитаемую зону растений.....	40
	<i>Добышев А.С., Пузевич К.Л., Горностаев Ю.О., Скакун Н.И.</i>	
9	Совершенствование сепарирующей способности элеватора картофелеуборочной машины.....	45
	<i>Шило И.Н., Романюк Н.Н., Клавсуть П.В.</i>	
10	Плуг-удобритель для внутривспашечного внесения минеральных удобрений при обработке почвы	52
	<i>Шило И.Н., Романюк Н.Н., Агейчик В.А.</i>	
11	Ленточные конвейеры с увеличенным углом наклона	58
	<i>Шило И.Н., Романюк Н.Н., Сашко К.В.</i>	
12	Технологические и технические решения проблемы дифференцированного внесения туков в условиях рискованного земледелия	64
	<i>Нукешев С.О.</i>	
13	Систематизация технологических параметров машин для полевой сушки скошенных трав.....	70
	<i>Пиуновский И.И., Петровец В.Р., Греков Д.В.</i>	
14	Анализ эффективности применения отечественных зерноуборочных комбайнов.....	72
	<i>Михайловский Е.И., Михайловский В.Е.</i>	
15	Совершенствование конструкции штанги опрыскивателя для клюквенных посадок промышленной плантации.....	77
	<i>Агейчик В.А., Мисун А.Л.</i>	

16	Учет реологических свойств биомассы для снижения энергозатрат при производстве твердого топлива методом микронизмельчения и влажного прессования.....	80
	<i>Войтов В.А., Кравцова Н.В., Бунецкий В.А.</i>	
17	Модернизация вакуумных водокольцевых насосов.....	85
	<i>Добьшев А.С., Нащинцев А.И.</i>	
18	Диагностические признаки качества регулировки терморегулирующего вентиля.....	88
	<i>Миклуш В.П., Колончук М.В., Колончук М.В.</i>	
19	Оценка трибологических и эксплуатационных свойств рабочих жидкостей на основе растительных масел.....	96
	<i>Войтов В.А., Кравцов А.Г.</i>	
20	Перспективы применения растительных масел для эксплуатации двухтактных двигателей внутреннего сгорания.....	105
	<i>Войтов В.А., Сысенко И.И.</i>	
21	Автоматизация проектирования единичных технологических процессов.....	110
	<i>Козорез А.А.</i>	
22	К оценке эксплуатационной надежности тракторов «Беларус-3022».....	115
	<i>Подшиваленко И.Л., Хитрюк В.А., Гайдуков В.А., Недосеко М.А., Езапенко М.В., Клыбик В.К.</i>	
23	Определение количества запасных частей для оперативного устранения отказов кормоуборочных комплексов.....	121
	<i>Миклуш В.П., Круглый П.Е.</i>	
24	Технологические процессы восстановления деталей и их оптимизация	125
	<i>Ярошевич В.К., Гурский А.С.</i>	
25	Особенности диагностирования электронных систем управления автомобилей.....	132
	<i>Ярошевич В.К., Гурский А.С.</i>	
26	Применение импульсного закалочного охлаждения жидкостью для упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости.....	138
	<i>Бетень Г.Ф., Анискович Г.И., Щерба А.В.</i>	
27	Опыт магистерской подготовки научно-производственных кадров в области упрочняющих технологий.....	146
	<i>Константинов В.М.</i>	
28	Повышение долговечности деталей почвообрабатывающих плугов энергосберегающей нитроцементацией.....	149
	<i>Константинов В.М., Ткаченко Г.А.</i>	
29	Перспективы применения интеллектуальных материалов при создании сельхозтехники.....	156
	<i>Катцевич В.М., Толочко Н.К.</i>	
30	Методы получения порошковых фильтрующих материалов с градиентной структурой пор.....	162
	<i>Катцевич В.М., Лисай Н.К., Корнеева В.К., Кусин Р.А., Чугаев П.С.</i>	
31	Повышение коррозионной стойкости деталей и металлоконструкций сельхозоборудования.....	168
	<i>Константинов В.М., Астрейко Л.А., Булойчик И.А.</i>	
32	Ремонт и восстановление деталей, изготовленных из чугуна.....	171
	<i>Дашков В.Н., Антонович Ю.Т., Сокол В.А.</i>	

33	Структура металла сварного шва деталей, изготовленных из чугуна.....	177
	<i>Дашков В.Н., Антонишин Ю.Т., Лабушев Н.А., Сокол В.А.</i>	
34	Особенности подготовки инженерных кадров для АПК в УО «Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого».....	180
	<i>Попов В.Б.</i>	
35	Анализ теплового режима подложки на величину остаточных напряжений.....	187
	<i>Лойко В.А., Семин Е.В.</i>	
36	Перспективные технологии получения твердого топлива из биомассы методом микроизмельчения и влажного прессования.....	192
	<i>Войтов В.А., Бунецкий В.А., Кравцова Н.В.</i>	
37	Подготовка смесей органического сырья для производства биогаза.....	202
	<i>Добьшнев А.С., Пузевич К.Л., Острейко А.А.</i>	
38	Повышение эффективности магнитно-абразивной обработки применением смазочно-охлаждающих технологических средств «ПЕНОЛ-1» и «ПЕНОЛ-2».....	207
	<i>Акулович Л.М., Сергеев Л.Е., Романова Т.К., Сенчуров Е.В., Падаляк В.В.</i>	
39	Оптимизация наплавки износостойких покрытий в переменном и постоянном электромагнитных полях.....	211
	<i>Акулович Л.М., Миранович А.В.</i>	
40	Оценка профессиональной успешности и безопасности труда оператора мобильной сельскохозяйственной техники.....	218
	<i>Мисун Л.В., Гурина А.Н.</i>	
41	Обоснование численности инженерно-технической службы по эксплуатации животноводческого оборудования в СПК	221
	<i>Ковалёв И.Л.</i>	
42	Kryteria i metody doboru ciągników i maszyn dla gospodarstw rolnych.....	226
	<i>Waldemar Izdebski, Jacek Skudlarski, Stanisław Zajęc</i>	
43	Wpływ obsługi posprzedażnej ciągników i maszyn świadczoney przez producentów na efektywność produkcji rolnej.....	233
	<i>Waldemar Izdebski, Jacek Skudlarski, Michał Zabost, Stanisław Zajęc</i>	
44	Технология приготовления диспергированной кормосмеси для свиней на основе плющеного зерна.....	241
	<i>Червяков А.В., Крупенин Ю.А., Крупенин П.Ю.</i>	

Научное издание

Современные проблемы освоения
новой техники, технологий, организации
технического сервиса в АПК

Доклады Международной
научно-практической конференции
на 22-й Международной специализированной выставке
«Белагро-2012», г. Минск, 8 июня 2012 г.

Компьютерная верстка Е.В. Сенчуров
Корректор А.К. Шашок

Подписано в печать 15.05.2013. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 14,43. Уч.-изд. 15,10. Тираж 150 экз. Заказ 36.

Издатель: Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
ЛИ № 02330/0552984 от 14.04.2010.
Пр-т Независимости, 99-2, 220023, Минск.

Отпечатано с оригинал-макета заказчика.
Полиграфическое исполнение:
Государственное предприятие «Институт системных
исследований в АПК НАН Беларуси».
Ул. Казинца, 103, 220108, Минск.