

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,  
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ  
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

**ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ  
В ТЕХНОЛОГИЯХ И МЕХАНИЗАЦИИ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

Сборник научных трудов

Выпуск 7

Горки  
БГСХА  
2022

УДК 001.895:[631.152:657.1.011.54]

ББК 40.7

И66

Редакционная коллегия:

В. В. Гусаров (гл. редактор),

А. Е. Кондраль (отв. за выпуск),

В. В. Азаренко, В. Н. Босак, А. Н. Карташевич,

В. Р. Петровец, Л. Я. Степук, В. А. Шаршунов,

О. В. Гордеенко, В. И. Коцуба, К. Л. Пузевич

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *В. С. Астахов*;

доктор технических наук, профессор *Л. В. Мисун*

**И66** **Иновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства:** сб. науч. тр. / редкол.: В. В. Гусаров (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2022. – Вып. 7. – 296 с.

ISBN 978-985-882-234-7.

Представлены результаты научных исследований в области механизации сельскохозяйственного производства.

Для научных сотрудников, преподавателей, студентов и практических работников АПК.

УДК 001.895:[631.152:657.1.011.54]

ББК 40.7

**ISBN 978-985-882-234-7**

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2022

## Секция 1. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 331.45

### ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ РАБОТЕ С ПЕСТИЦИДАМИ И УДОБРЕНИЯМИ

М. П. АКУЛИЧ, ст. преподаватель  
О. В. МАЛАШЕВСКАЯ, ст. преподаватель  
Н. В. КЛОЧКОВА, ассистент  
Н. В. УЛАХОВИЧ, зав. лабораторией  
В. Н. БОСАК, д-р с.-х. наук, профессор

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

**Введение.** Агропромышленный комплекс относится к отраслям экономики, которые характеризуются целым рядом специфических особенностей, в том числе в области охраны труда и пожарной безопасности при работе с удобрениями, агрохимикатами и пестицидами (средствами защиты растений) [3–5, 7, 9–14].

**Основная часть.** Гигиена и безопасность труда, предотвращение загрязнения окружающей среды при применении, перевозке и хранении пестицидов, агрохимикатов и удобрений обеспечиваются максимальной механизацией и автоматизацией трудоемких и опасных работ, способов внесения пестицидов, агрохимикатов и минеральных удобрений, соблюдением нормативных правовых актов, регулирующих обращение с пестицидами, агрохимикатами и минеральными удобрениями, а также природоохранных мероприятий и требований технической документации на пестициды, агрохимикаты и минеральные удобрения [1–3, 5–7, 12, 13].

При использовании пестицидов, агрохимикатов и минеральных удобрений, в том числе в условиях личных подсобных хозяйств, должны соблюдаться меры безопасности, установленные правовыми актами и (или) указанные на тарных этикетках и (или) в рекомендациях по применению конкретных видов пестицидов (средств защиты растений), агрохимикатов и минеральных удобрений.

Работники, непосредственно участвующие в организации и выполнении работ по применению, перевозке и хранению пестицидов, агрохимикатов и минеральных удобрений (постоянно или временно), проходят гигиеническое обучение и обязательные медицинские осмотры.

Работа с пестицидами, агрохимикатами и минеральными удобрениями осуществляется с использованием соответствующих средств индивидуальной защиты (СИЗ), указанных в тарной этикетке и (или) рекомендациях по применению конкретных видов пестицидов, агрохимикатов и минеральных удобрений.

К работам с использованием пестицидов, агрохимикатов и минеральных удобрений, а также на обработанные ими площади не допускаются беременные женщины, дети и подростки.

Во время выполнения производственных операций на рабочих местах запрещено употреблять алкогольные напитки, курить (потреблять) табачные изделия, снимать СИЗ, принимать пищу.

Для отдыха и приема пищи работников организуются специальные площадки с наветренной стороны обрабатываемой площади и других мест применения пестицидов, агрохимикатов и минеральных удобрений. Площадки для отдыха и приема пищи оборудуются аптечкой первой медицинской помощи, бачком питьевой воды, умывальником, мылом, индивидуальными полотенцами.

Все работы по применению пестицидов (средств защиты растений) регистрируются в специальном журнале учета применения пестицидов на посевах, в садах, теплицах, при протравливании семян за подписью руководителя работ и должностных лиц организаций, где проводились указанные работы.

На границе участков, обрабатываемых и обработанных пестицидами, агрохимикатами и минеральными удобрениями, должны быть выставлены единые знаки безопасности с надписью «Обработано пестицидами, агрохимикатами и минеральными удобрениями» на расстоянии в пределах видимости от одного знака до другого, которые должны контрастно выделяться на окружающем фоне и находиться в поле зрения людей, для которых они предназначены. Знаки убираются только после окончания срока ожидания до уборки урожая и срока ожидания до выхода людей на обрабатываемые участки.

Руководители работ обязаны обеспечить оповещение населения, собственников (владельцев) пасек близлежащих населенных пунктов, на границе с которыми размещаются подлежащие обработке площади, о запланированных работах (за 4–5 суток) через средства массовой информации (радио, телевидение, газеты, глобальная компьютерная сеть Интернет), объявления в населенных пунктах.

В целях обеспечения безопасности продукции пчеловодства обработку участков следует проводить в поздние часы путем опрыскивания

наземной аппаратурой, при этом после предварительного оповещения через средства массовой информации за 4–5 суток о сроках, зоне и характере действия запланированных к использованию пестицидов и агрохимикатов собственник (владелец) пасеки (по договоренности – иное лицо) должен вывезти ульи не менее чем на 5 км от обрабатываемых участков или изолировать пчел на срок, указанный в Государственном реестре.

Использование пестицидов, агрохимикатов и минеральных удобрений не должно приводить:

- к превышению гигиенических нормативов содержания в сельскохозяйственной продукции остаточных количеств пестицидов (средств защиты растений), токсичных и опасных метаболитов и соединений, радионуклидов, стойких органических загрязнителей и других;

- появлению в объектах окружающей среды патогенной микрофлоры, жизнеспособных яиц гельминтов, опасных для человека, цист патогенных кишечных простейших, энтерококков и других опасных биологических агентов.

Уровни опасных и вредных факторов на рабочих местах при обращении с пестицидами не должны превышать установленные нормативы [3, 5, 12, 13].

Постоянное хранение пестицидов, агрохимикатов и минеральных удобрений допускается в специально предназначенных для этих целей помещениях (стационарных складах), которые должны содержаться в чистоте и своевременно ремонтироваться, в неповрежденной таре.

В организациях, осуществляющих сезонные работы по защите растений, допускается хранение пестицидов, агрохимикатов и минеральных удобрений в небольших количествах (достаточных для непрерывной работы по защите растений в сельскохозяйственных организациях в течение вегетационного сезона) в заводской упаковке с четкой маркировкой, в сезонных складах для проведения весенне-осенних полевых работ. Пестициды, агрохимикаты и минеральные удобрения отпускаются потребителям в количествах, соответствующих планам работ на один день. По окончании работы неиспользованные остатки вместе с тарой возвращаются на склад.

**Заключение.** Хранение, перевозка и применение пестицидов (средств защиты растений), агроメリорантов и удобрений следует осуществлять в строгом соответствии с требованиями охраны труда, что исключит случаи производственного травматизма и профессиональных заболеваний на производстве.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко, А. С. Требования охраны труда при работах на сушилках льновоороха / А. С. Алексеенко, В. Н. Босак, М. В. Цайц // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 314–316.
2. Босак, В. М. Забяспячэнне бяспекі жыццядзейнасці ў аграпрамысловым комплексе / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамнянкова // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2022. – С. 76–77.
3. Босак, В. Н. Обеспечение безопасности при работе с пестицидами и удобрениями / В. Н. Босак // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 396–399.
4. Босак, В. Н. Ответственность за несоблюдение требований охраны труда / В. Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2014. – С. 20.
5. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.
6. Босак, В. Н. Оценка условий труда – основа снижения уровня профессиональных рисков / В. Н. Босак, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2012. – С. 4.
7. Босак, В. Н. Требования охраны труда в различных отраслях АПК / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, Т. В. Сачивко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 9–12.
8. Ключкова, Н. В. Управление охраной труда в АПК Республики Беларусь / Н. В. Ключкова, В. Н. Босак // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 195–197.
9. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
10. Пожарная безопасность в сельском хозяйстве / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 209 с.
11. Смяянович, О. Ф. Особенности известкования в Республике Беларусь / О. Ф. Смяянович, В. Н. Босак // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК. – Минск: БГАТУ, 2014. – Ч. 2. – С. 120–124.
12. Улахович, Н. В. Особенности мероприятий по охране труда при работе с удобрениями и агроメリорантами / Н. В. Улахович, В. Н. Босак // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 99–100.
13. Швецкова, С. И. Требования охраны труда при применении удобрений и пестицидов в защищенном грунте / С. И. Швецкова, В. Н. Босак // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки, 2020. – С. 89–91.
14. Швецкова, С. И. Тушение пожаров на складах агрохимикатов и удобрений / С. И. Швецкова, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 64–65.

*Аннотация.* Приведены основные требования охраны труда при работе с пестицидами (средствами защиты), агроメリорантами и удобрениями в сельскохозяйственном производстве.

*Ключевые слова:* охрана труда, сельское хозяйство, пестициды, агроメリранты, удобрения.

## КОНТАМИНАЦИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ИХ ОЧИСТКИ

А. Д. БАЙБОТАЕВА<sup>1</sup>, докторант

Г. Д. КЕНЖАЛИЕВА<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент

В. Н. БОСАК<sup>2</sup>, д-р с.-х. наук, профессор

<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет

им. М. Ауэзова, Шымкент, Республика Казахстан

<sup>2</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Загрязнение биосферы, в том числе контаминация почв тяжелыми металлами, в настоящее время во многом происходит вследствие активной антропогенной деятельности в различных отраслях экономики (промышленность, энергетика, транспорт, сельское хозяйство). Повышенная концентрация вредных веществ в различных экосистемах негативно сказывается как на здоровье человека, так и общей экологической ситуации [6–9].

Существуют различные методы очистки загрязненных почв, одним из перспективных среди которых является биоиндикация и биоремедиация [1–5, 10–12].

**Основная часть.** Для определения степени загрязнения почв тяжелыми металлами были отобраны почвенные образцы в различных регионах южной части Республики Казахстан (табл. 1).

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в почве, мг/кг

Объект	Pb	Cd	Zn	Cu	As
Дендропарк г. Шымкент	4,0	1,0	10,0	–	–
Вскрышные породы при добыче бурых углей (Ленгерское месторождение)	461	10	871	62	0,59
АО «ПК Южполиметалл» (г. Шымкент)	1287	37	7164	344	0,68
ПДК	32,0	0,5–1,0	23	23	2,0

В результате исследований установлено, что содержание тяжелых металлов в почвах дендропарка г. Шымкент не превышало ПДК, действующих в Республике Казахстан. В почвах промышленных зон отмечалось многократное превышение содержания тяжелых металлов в почве (кроме мышьяка).

Для изучения эффективности биологической очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами, в почвенные образцы Ачисайского месторождения добавляли дождевых червей, за которыми проводили ежедневное наблюдение. Для эксперимента отбирали виды почвенных червей, которые непосредственно встречали в почвах вблизи Ачисайского месторождения (*Aporrectodea caliginosa*, *Allolobophora trapezoids*, *Aporrectodea rosea*, *Lumbricus foetida*).

В ходе лабораторного эксперимента отмечено, на 4–5-й день произошло существенное изменение цвета дождевых червей. На 6-й день всех червей изъяли и провели повторное изучение содержания тяжелых металлов в почве (табл. 2).

Таблица 2. Динамика содержания химических элементов в почве Ачисайского месторождения, мг/кг

Pb	Ca	Al	Zn	As
<b>До проведения лабораторного опыта</b>				
18,87	3,50	0,08	116,00	0,64
<b>После проведения лабораторного опыта</b>				
12,40	1,20	0,07	87,60	0,47

Изучение содержания отдельных химических элементов в почве Ачисайского месторождения (Туркестанская область Республики Казахстан) показало, что применение дождевых червей снизило содержание свинца с 18,87 до 12,4 мг/кг, кальция – с 3,50 до 1,20, алюминия – с 0,08 до 0,07, цинка – с 116 до 87,6, мышьяка – с 0,64 до 0,47 мг/кг почвы.

Исследование дождевых червей установило, что химические элементы преимущественно накапливались в их внутренних органах и способствовали изменениям пищеварительной системы.

**Заключение.** Контаминация промышленных регионов почв южной зоны Республики Казахстан тяжелыми металлами делает необходимым разработку мероприятий по их мониторингу и очистке от загрязняющих веществ.

Среди различных методов очистки почв от тяжелых металлов перспективным является использование биологических методов с применением местных видов дождевых червей, который позволяет существенно снизить уровень накопления тяжелых металлов в почвах промышленных регионов.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Байботаева, А. Д. Применение метода биоиндикации для оценки содержания тяжелых металлов / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 57–59.
2. Байботаева, А. Д. Разработка устройства для учета люмбрицид в почве / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 6–8.
3. Байботаева, А. Д. Распространение люмбрицид в почвах юга Казахстана и перспективы их применения / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 17–19.
4. Байботаева, А. Д. Тяжелые металлы в почвах урбанизированных территорий / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2019. – № 4. – С. 126–130.
5. Биоиндикационная роль люмбрицид при оценке почв юга Казахстана / А. Байботаева [и др.] // Вестник Казахского национального технического университета им. К. И. Саптаева. – 2020. – № 2. – С. 19–24.
6. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 356 с.
7. Заурбеков, Т. Т. Асбест и асбестовые изделия: характеристика, безопасность и перспективы / Т. Т. Заурбеков, К. С. Досалиев, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 23–25.
8. Проблемы и перспективы производства асбестовых изделий / К. С. Досалиев, В. Н. Босак, Ж. Алтыбаев, Т. Т. Заурбеков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 74–77.
9. Сулейменов, Н. М. Состав и пожароопасность рудничных газов / Н. М. Сулейменов, Ш. К. Шапалов, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 50–53.
10. Тяжелые металлы в почве и их воздействие на окружающую среду / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак, З. М. Керимбекова // Fundamental and applied science – 2019. – Sheffield: Science and Education LTD, 2019. – P. 21–25.
11. Тяжелые металлы и влияние дождевых червей на почву / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак, А. С. Наукенова // Fundamental and applied science – 2019. – Sheffield: Science and Education LTD, 2019. – P. 29–33.
12. Influence of Heavy Metals on the Environment and Methods of Soil Bioremediation Control / A. D. Baibotayeva [et al.] // International Journal of Engineering Research and Technology. – 2020. – V. 13, Nr. 6. – P. 1120–1125.

*Аннотация.* Применение биологических методов биоиндикации и биоремедиации является одним из перспективных направлений в разработке и усовершенствовании методов очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами.

*Ключевые слова:* биоиндикация, биоремедиация, тяжелые металлы, дождевые черви, почва.

## ДОСВЕД МІЖНАРОДНАГА СУПРАЦОЎНІЦТВА КАФЕДРЫ БЯСПЕКІ ЖЫЦЦЯДЗЕЙНАСЦІ

В. М. БОСАК, д-р с.-г. навук, прафесар

УА «Беларуская дзяржаўная сельскагаспадарчая акадэмія»,  
Горкі, Рэспубліка Беларусь

**Уводзіны.** Бяспека жыццядзейнасці ахоплівае шэраг накірункаў, у тым ліку тэхнаферную бяспеку, радыяцыйную бяспеку, экалагічную бяспеку, харчовую бяспеку, энергетычную бяспеку і г. д. [1–3, 9, 15, 20, 21, 23–25, 29, 30, 34].

Паспяховаму выкананню вучэбнай, вучэбна-метадычнай і навуковай дзейнасці ў вышэйшай школе па пытаннях бяспекі жыццядзейнасці садзейнічае развіццё і ўмацаванне міжнароднага супрацоўніцтва ў дадзенай галіне [13, 16, 22].

**Асноўная частка.** Кафедра бяспекі жыццядзейнасці УА БДСГА ажыццяўляе актыўнае міжнароднае супрацоўніцтва з вядучымі замежнымі навучальнымі і навуковымі ўстановамі па праблемах бяспекі жыццядзейнасці (Аўстрыя, Вялікабрытанія, Германія, Індыя, Казахстан, Нідэрланды, Польшча, Расія, Узбекістан, Украіна, Чэхія, Швейцарыя) [22].

За апошнія 5 гадоў супрацоўнікі кафедры БЖД прадставілі 59 дакладаў на замежных навуковых канферэнцыях і апублікавалі 86 работ у навуковых часопісах і зборніках (табліца).

### Публікацыі кафедры БЖД у замежных выданнях

Паказчыкі	Гады				
	2017	2018	2019	2020	2021
Навуковыя артыкулы ў часопісах і зборніках	5	6	7	7	7
у т. л. артыкулы ў БД Scopus / Web of Science	1	2	1	1	2
Матэрыялы канферэнцый	7	18	16	6	7
Даклады на канферэнцыях	10	18	17	6	8

Найбольшая актыўнасць у галіне міжнароднага супрацоўніцтва кафедры БЖД адзначана ў Германіі, Казахстане і Расіі.

Міжнароднае супрацоўніцтва з нямецкімі калегамі ажыццяўляецца перш-наперш па пытаннях харчовай і экалагічнай бяспекі па такіх накірунках, як удзел у сумесных навуковых праектах з публікацыяй іх вынікаў, выступленне з дакладамі на навуковых канферэнцыях з публікацыяй у нямецкіх выданнях, даследаванне нямецкага вопыту з публікацыяй адпаведных матэрыялаў у беларускіх выданнях, прыцягненне вядучых нямецкіх навукоўцаў для рэцэнзавання вучэбна-метадычных і навуковых работ [4–8, 11, 12, 17–19, 31, 36].

З расійскімі партнёрамі дыялог ідзе па пытаннях тэхнасфернай, экалагічнай і харчовай бяспекі, у тым ліку па праблемах падрыхтоўкі спецыялістаў па ахове працы і бяспекі жыццядзейнасці [10, 14].

З казахстанскімі калегамі актыўнае міжнароднае супрацоўніцтва таксама ажыццяўляецца па пытаннях тэхнасфернай, экалагічнай і харчовай бяспекі. Асаблівае месца ў міжнародным супрацоўніцтве паміж кафедрай БЖД УА БДСГА і Рэспублікай Казахстан займае падрыхтоўка кадраў вышэйшай кваліфікацыі для нашых казахстанскіх патнёраў сумесна з вядучымі казахстанскімі навукоўцамі.

Доктар сельскагаспадарчых навук, прафесар В. М. Босак ажыццяўляе навуковае кансультаванне дактарантаў Паўднёва-Казахстанскага дзяржаўнага ўніверсітэта імя М. Ауэзава па спецыяльнасці 6D073100 – Бяспека жыццядзейнасці і ахова навакольнага асяроддзя:

– К. С. Дасаліева (тэма дысертацыі «Даследаванне ўплыву структуры аўтамабільных дарог «земляное пакрыццё – асфальтабетон» на бяспеку жыццядзейнасці пры эксплуатацыі», дысертацыя паспяхова абаронена ў 2018 г.);

– А. Д. Байбатаевай (тэма дысертацыі «Распрацоўка тэхналогіі біяіндыкацыі і біярэмедыяцыі глебаў г. Шымкент, забруджаных цяжкімі металамі (As, Pb, Cd)», навуковая стажыроўка А. Д. Байбатаевай на базе УА БДСГА адбылася з 27 лістапада па 26 снежня 2019 г.);

– Н. М. Сулейменава (тэма дысертацыі «Ацэнка эндагеннай пажарнай небяспекі на вугальных шахтах па складу газаў у руднічнай атмасферы», навуковая анлайн-стажыроўка Н. М. Сулейменава на базе УА БДСГА адбылася з 20 красавіка па 20 траўня 2020 г.);

– Т. Т. Заурбекава (тэма дысертацыі «Распрацоўка ўтылізацыі вытворчага пылу прадпрыемства па выпуску валакніста-цэментных вырабаў з мэтай зніжэння яго ўплыву на навакольнае асяроддзе»,

навуковая анлайн-стажыроўка Т. Т. Заурбекава на базе УА БДСГА паспяхова прайшла з 19 красавіка па 19 траўня 2021 г.).

Асноўныя вынікі сумесных беларуска-казахстанскіх навуковых даследаванняў апублікаваны ў вядучых замежных часопісах, якія ўваходзяць у БД Scopus і Web of Science, навуковых часопісах і зборніках Рэспублікі Беларусь і Рэспублікі Казахстан, выданнях УА БДСГА [2, 26–28, 32, 33, 35, 37, 38].

**Заклучэнне.** Развіццё міжнароднага супрацоўніцтва паміж кафедрай БЖД УА БДСГА і замежнымі вышэйшымі навучальнымі і навуковымі ўстановамі садзейнічае развіццю вучэбных і навуковых сувязяў як непасрэдна кафедры БЖД, так і УА «Беларуская дзяржаўная сельскагаспадарчая акадэмія» і Рэспублікі Беларусь.

#### ЛІТАРАТУРА

1. Антоник, М. И. Особенности почвенных условий дубовых насаждений юго-западной части Беларуси / М. И. Антоник, В. Н. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2016. – С. 44.
2. Байботаева, А. Д. Разработка устройства для учета люмбрицид в почве / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 6–8.
3. Балакир, М. В. Почвенные условия в еловых насаждениях искусственного происхождения в условиях Беларуси / М. В. Балакир, В. Н. Босак // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 4-2. – С. 161–164.
4. Босак, В. М. Асаблівасці падрыхтоўкі магістрантаў у вышэйшых навучальных установах Беларусі і Германіі / В. М. Босак, А. А. Босак // Веснік Палескага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя грамадскіх і гуманітарных навук. – 2010. – № 1. – С. 28–31.
5. Босак, В. М. Асаблівасці правядзення прыёмнай кампаніі ў ВНУ Беларусі / В. М. Босак // Перспективы развития высшей школы. – Гродно: ГГАУ, 2014. – С. 31–32.
6. Босак, В. М. Асаблівасці рэфармавання сістэмы адукацыі Рэспублікі Беларусь ва ўмовах далучэння да Балонскага працэсу / В. М. Босак, А. А. Босак // Перспективы развития высшей школы. – Гродно: ГГАУ, 2013. – С. 325–326.
7. Босак, В. М. Інтэрнцыялізацыя вышэйшай школы Германіі: прыклад універсітэта Хаэнхайм / В. М. Босак, А. А. Босак // Евразия: межкультурное взаимодействие в экономическом и образовательном пространстве. – Минск: БГЭУ, 2017. – С. 61–63.
8. Босак, В. М. Падрыхтоўка ў аспірантуры і абарона дысертацыі: досвед вышэйшай школы Германіі / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка // Перспективы развития высшей школы. – Гродно: ГГАУ, 2020. – С. 145–148.
9. Босак, В. Н. Агроэкологические аспекты использования органических отходов производства / В. Н. Босак, С. Л. Максимова, О. Н. Марцуль // Техника и технология защиты окружающей среды. – Минск: БГТУ, 2011. – С. 35–37.
10. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 356 с.

11. Босак, В. Н. Вступительная кампания в вузы Республики Беларусь: проблемы и решения / В. Н. Босак // Высшая школа: проблемы и перспективы. – Минск: РИВШ, 2009. – С. 10–12.
12. Босак, В. Н. Качество образования и Болонский процесс: опыт университета Хознхайм / В. Н. Босак // Проблемы и основные направления развития высшего технического образования. – Минск: БГТУ, 2016. – С. 5–6.
13. Босак, В. Н. Международное сотрудничество в высшей школе Республики Беларусь / В. Н. Босак, А. А. Босак // Перспективы развития высшей школы. – Гродно: ГГАУ, 2010. – С. 17–19.
14. Босак, В. Н. Нормативное обеспечение охраны труда в сельском хозяйстве Республики Беларусь / В. Н. Босак // Трансформация промышленной безопасности и охраны труда на производстве. – Орел, 2022. – С. 28–31.
15. Босак, В. Н. Организация защиты населения и объектов от чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь / В. Н. Босак // Дальневосточная весна – 2014. – Комсомольск-на-Амуре: КНАГТУ, 2014. – С. 19–22.
16. Босак, В. Н. Организация научной деятельности в высшей школе Республики Беларусь / В. Н. Босак, А. А. Босак // Перспективы развития высшей школы. – Гродно: ГГАУ, 2011. – С. 29–30.
17. Босак, В. Н. Подготовка специалистов АПК в Германии: опыт университета Хознхайм / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, И. Е. Жабровский // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК. – Минск: БГАТУ, 2016. – С. 101–104.
18. Босак, В. Н. Проблемы эффективного использования легких почв в Германии / В. Н. Босак // Почвенные исследования и применение удобрений. – Минск: БелНИИПА, 1997. – Вып. 24. – С. 128–133.
19. Босак, В. Н. Русско-немецко-белорусский словарь по почвоведению и агрохимии / В. Н. Босак, А. А. Босак. – Минск, 1999. – 430 с.
20. Босак, В. Н. Экологическое образование в аграрных вузах Республики Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Охрана окружающей среды – основа безопасности страны. – Краснодар: КубГАУ, 2022. – С. 639–641.
21. Букреев, Е. Г. Особенности модернизации технологического процесса производства творога / Е. Г. Букреев, В. Н. Босак // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 356–357.
22. Великанов, В. В. Международное сотрудничество УО БГСХА – казахстанский вектор / В. В. Великанов, С. А. Носкова, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 212–215.
23. Влияние органоминерального удобрения на деятельность почвенных фосфатмобилизирующих микроорганизмов и разработка оптимальных составов удобрительных композиций / О. Б. Дормешкин [и др.] // Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефтегазовой и пищевой промышленности. – Ташкент: ТХТИ, 2021. – С. 174–175.
24. Гетьман, В. В. Отношение граждан Республики Беларусь к страхованию жизни и здоровья / В. В. Гетьман, Е. Д. Богдан, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы. – Минск, 2016. – С. 44–45.
25. Домненкова, А. В. Возобновляемые источники энергии в Беларуси / А. В. Домненкова, В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2021. – С. 71.

26. Досалиев, К. С. Использование техногенных отходов в дорожном строительстве / К. С. Досалиев, К. Т. Жантасов, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 20–22.

27. Заурбеков, Т. Т. Асбест и асбестовые изделия: характеристика, безопасность и перспективы / Т. Т. Заурбеков, К. С. Досалиев, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 23–25.

28. Использование техногенных отходов для дорожной одежды коробчатого типа / К. Т. Жантасов [и др.] // Труды БГУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 170–175.

29. Кривоноженкова, Е. А. Производство зерна в Республике Беларусь в контексте продовольственной безопасности / Е. А. Кривоноженкова, В. Н. Босак // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси. – Пинск: ПолесГУ, 2010. – С. 132–133.

30. Руско, О. А. Состояние и перспективы развития СПК «Почапово» Пинского района / О. А. Руско, В. Н. Босак // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы. – Пинск: ПолесГУ, 2008. – С. 59–60.

31. Сачивко, Т. В. Ботанический сад Университета Хоэнхайм: история и современность / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2020. – № 1. – С. 168–170.

32. Сулейменов, Н. М. Состав и пожароопасность рудничных газов / Н. М. Сулейменов, Ш. К. Шапалов, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 50–53.

33. Шапалов, Ш. К. Оценка устойчивости сортов пшеницы к листовой бурой ржавчине / Ш. К. Шапалов, В. Н. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 443–445.

34. Юшко, Е. А. Экономическая эффективность внутрихозяйственной промышленной переработки молока / Е. А. Юшко, В. Н. Босак, В. С. Тонкович // Устойчиво развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы. – Пинск: ПолесГУ, 2010. – С. 251–252.

35. Age-resistant varieties of spring wheat to leaf rust (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici* Rob. ex. *Eriks et Henn*) / Sh. K. Shapalov [et al.] // News of the National Academy of Science of the Republic of Kazakhstan. Series of Agricultural Science. – 2015. – V. 6, Nr. 30. – P. 86–92.

36. Does soil organic matter in mollic horizons of central/east European floodplain soils have common chemical features? / Th. Rennert [et al.] // Catena. – 2021. – Vol. 200. – P. 105–192.

37. Numerical simulation modeling of temperature distribution in the process of coal self-heating in the mined-out spaces / N. M. Suleymenov [et al.] // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2021. – V. 2 (446). – P. 167–173.

38. Recognition of stages of emergence and development of the endogenous fire in coal mines / V. N. Bosak [et al.] // Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2018. – V. 3 (373). – P. 107–112.

*Аннотация.* Приведены результаты международного сотрудничества кафедры БЖД УО БГСХА в сфере обеспечения безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества.

*Ключевые слова:* безопасность жизнедеятельности, международное сотрудничество, сельское хозяйство.

## ОЦЕНКА РИСКОВ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

С. В. ЖИЛИЧ, ст. преподаватель

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Одной из отличительных особенностей системы управления охраной труда, которая соответствует требованиям национального стандарта СТБ 18001, является то, что указанная система базируется на процедуре идентификации опасностей и оценки рисков. Что же понимается под идентификацией опасностей и оценкой рисков?

Система управления охраной труда – часть общей системы управления организацией, обеспечивающая управление рисками в области охраны труда, охраны здоровья и безопасности труда, связанных с деятельностью организации [6].

В целях снижения производственного травматизма в соответствии с Законом Республики Беларусь «Об охране труда» работодатель обязан обеспечить идентификацию опасностей, оценить профессиональные риски, подготовить и реализовать мероприятия по снижению рисков с проведением анализа их эффективности [3, 10].

**Основная часть.** В широком смысле слова риск выражает возможную опасность, вероятность нежелательного события. Применительно к проблеме безопасности жизнедеятельности таким событием может быть ухудшение здоровья или смерть человека, авария или катастрофа технической системы или устройства, загрязнение или разрушение экологической системы, гибель группы людей или возрастание смертности населения, материальных ущерб от реализовавшихся опасностей или увеличения затрат на безопасность. Опасности могут быть реализованы в форме травм или заболеваний только в том случае, если зона формирования опасностей (ноксосфера) пересекается с зоной деятельности человека (гомосфера). В производственных условиях – это рабочая зона и источник опасности (один из элементов производственной среды) [5].

Оценка производственного риска в Беларуси проводится на основе общепринятых мировых подходов, а также на результатах выполненных научных разработок. Следует отметить, что в настоящее время существует три направления, по которым проводят оценку рисков.

Если говорить о первом направлении, то следует подчеркнуть, что это направление связано с исследованиями производственной среды в конкретных организациях под руководством служб охраны труда, а также на данных, полученных в ходе проведения аттестации рабочих мест. Такой подход позволяет провести предварительную оценку производственного риска или рассчитать потенциальный риск.

Два других направления скорее медицинские. Они связаны с анализом уже произошедших явлений негативного характера в состоянии здоровья работников. Основываются эти направления на результатах проведенных медицинских осмотров и данных о заболеваемости. По результатам этих направлений рассчитывается фактический производственный риск.

Как уже было отмечено, существует большое число методик оценки производственного риска. Они производятся и по показателям здоровья, и по степени зависимости болезни от работы по относительному риску. Также существует подход оценки исходя из стажа работы. Но основным недостатком большинства перечисленных методик является то, что оценка может быть произведена только после того, как произойдет достаточное число профессиональных заболеваний. И, прежде всего, в социальном плане такой подход нельзя признать приемлемым, так как он противоречит общей идее гуманизации труда [7].

Для оценки производственного риска используют количественную оценку опасных вредных производственных факторов, которые сравнивают с нормативными значениями. Решая проблему количественной оценки каждого из факторов, влияющих на условия труда, нельзя игнорировать проблему интегрального воздействия всех факторов условий труда на работника. Учитывая необходимость обобщенности оценки условий труда с учетом всех факторов требуется разработка методики сведения частных показателей условий труда по каждому фактору к единому обобщенному показателю.

Что касается предложенных методик обобщенной оценки качества производственной среды, то следует отметить, что большинство из них основаны на определении среднего воздействия по всем изученным факторам. Но так как многолетние исследования по охране труда подтверждают, что должно учитываться влияние всех факторов, не дает основание считать такой подход убедительным.

Проанализировав, можно сделать вывод, что работа по оценке рисков и определению мер управления должна начинаться с



идентификации опасностей, выявив и описав опасности можно приступить непосредственно к оценке риска на тех рабочих местах, на которых уже были зафиксированы те, или иные опасности. А оценив риск, необходимо обеспечить его ранжирование – упорядочение в зависимости от полученных значений. И далее, с учетом рангов обеспечить разработку и реализацию тех или иных мероприятий, направленных на снижение значения риска и на его полное устранение. Оценки рисков, сделанные в одной организации по одной и той же методике для одной и той же работы или профессии разными специалистами, зачастую отличаются. Это свидетельствует о значительной роли субъективного фактора в такой оценке. Организация должна установить, внедрить и выполнять процедуры для постоянной идентификации опасностей, оценки рисков и определения необходимых мер управления [9].

Идентификация опасностей и оценка рисков должны представлять собой процесс значительно более глубокого исследования всех возможных вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса с тем, чтобы выявить, в каких ситуациях они могут нанести вред здоровью работающего и насколько серьезным может быть этот вред.

Иногда отдельные карты идентификации опасностей и оценки риска не охватывают даже опасностей и вредностей, для которых предусмотрены меры по защите работающих и инструкции по охране труда, то есть результаты оценки рисков и инструкции по охране труда никак не связаны между собой. Результаты идентификации опасностей и оценки связанных с ним рисков должны быть в полной мере учтены при разработке либо уточнении содержания инструкций по охране труда. Данные, взятые из карт аттестации рабочих мест по условиям труда для составления карт идентификации опасностей и оценки риска не охватывают полного массива факторов, предопределяющих риск повреждения здоровья. Поэтому, как и при аттестации рабочих мест по условиям труда, идентификация опасностей и оценка рисков должны осуществляться после приведения условий труда к нормативным требованиям, при соблюдении работающими требований безопасности и гигиены труда, а также технологических требований по организации рабочего места [1, 2].

Исследование опасностей и оценку риска нельзя проводить в организациях, где нарушаются требования по охране труда, например такие, как:

- на оборудовании, где проводится оценка риска, отсутствуют заземление, ограждения вращающихся частей машин;
- у работающих отсутствуют средства индивидуальной защиты;
- работающие выполняют работу в состоянии алкогольного или наркотического опьянения;
- неисправны системы освещения рабочих мест;
- имеются другие подобные грубейшие нарушения требований безопасности труда.

Проблемой в рассматриваемых методиках является вопрос о величине приемлемого или допустимого риска. В отличие от аттестации рабочих мест по условиям труда, где для оценки условий труда предписывается применять государственные гигиенические нормативы, при оценке рисков показатель его приемлемости организация устанавливает сама. Зачастую величина допустимого риска устанавливается исходя из объема выделяемых ресурсов на охрану труда. Таким искусственным приемом создается иллюзия благополучия в деятельности по охране труда [4, 8, 11–13].

**Заключение.** Проанализировав особенности известных методик, можно сделать вывод о том, что ни одна из них не может отобразить все стороны воздействия производственных факторов, влияющих на здоровье работников.

Все приведенные методики объединяет наличие субъективизма в оценке риска повреждения здоровья работающего. Поэтому вопрос оценки рисков в производственных условиях является актуальным и требует досконального изучения и проведения исследований.

Наиболее приемлемым вариантом для оценки профессиональных рисков на рабочих местах является сочетание субъективных (экспертная оценка) и объективных подходов.

Основой объективного подхода должна стать оценка условий труда на каждом рабочем месте с выявлением вредных и опасных производственных факторов, увязанная с последствиями нарушения состояния здоровья занятых на этих рабочих местах работников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аттестация рабочих мест по условиям труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 24 с.
2. Босак, В. Н. Анализ результатов аттестации рабочих мест по условиям труда рабочих основных профессий на рубках леса / В. Н. Босак, И. Т. Ермак, А. К. Гармаза // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2016. – С. 9.
3. Босак, В. Н. Оценка условий труда – основа снижения уровня профессиональных рисков / В. Н. Босак, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2012. – С. 4.

4. Ермак, И. Т. Гигиеническая оценка влияния микроклимата на условия труда при производстве древесностружечных плит / И. Т. Ермак, А. К. Гармаза, В. Н. Босак // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2015. – № 2. – С. 206–209.
5. Жилич, С. В. Назначение и область применения методики анализа и прогноза рисков травмирования на рабочем месте / С. В. Жилич // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск : БГАТУ, 2021. – С. 212–214.
6. Жилич, С. В. Порядок учета и управления рисками травмирования / С. В. Жилич // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск : БГАТУ, 2021. – С. 219–222.
7. Жилич, С. В. Формирование организационной культуры безопасности, как составляющая предупреждения профессиональных рисков / С. В. Жилич // Техногенная и природная безопасность. – Саратов: ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2021. – С. 117–121.
8. Ладик, Б. Р. Шумовое воздействие на работающих при производстве древесностружечных плит / Б. Р. Ладик, И. Т. Ермак, В. Н. Босак // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2012. – № 2. – С. 219–221.
9. Мисун, Л. В. Исследование риска заболеваний работников предприятий агросервиса от воздействия опасных и вредных производственных факторов / Л. В. Мисун, С. В. Жилич, М. А. Брынза // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – С. 43–47.
10. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
11. Пути снижения травматизма при валке деревьев / А. Е. Кондраль [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – № 5. – С. 98–102.
12. Сачивко, Е. В. Идентификация опасностей и оценка производственных рисков / Е. В. Сачивко, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 95–96.
13. Чернушевич, Г. А. Прогностические аспекты оценивания профессионального риска здоровья работающих (на примере ОАО «Ивацевичдрев») / Г. А. Чернушевич, В. В. Перетрухин // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2012. – № 2. – С. 215–218.

*Аннотация.* Проведен анализ методик оценки риска здоровья работающих в производственных условиях. Рассмотрена идентификация опасностей, оценка профессиональных рисков, порядок подготовки и реализации мероприятий по снижению рисков. Оценка рисков представляет собой процесс значительно более глубокого исследования всех возможных вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса для выявления, в каких ситуациях они могут нанести вред здоровью работающего и насколько серьезным может быть этот вред.

*Ключевые слова:* риск, методики оценки, производственная среда, идентификация опасностей.

## ТРЕБОВАНИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АПК: ИЗМЕНЕНИЯ В ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ

А. Е. КОНДРАЛЬ, канд. техн. наук, доцент  
В. Н. БОСАК, д-р с.-х. наук, профессор  
М. В. ЦАЙЦ, ст. преподаватель  
В. В. ПУЗЕВИЧ, ассистент

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

**Введение.** В Республике Беларусь в среднем ежегодно возникает около 40 тыс. пожаров и аварий, вследствие которых погибает примерно 1000 человек и более 16 тыс. травмируется. Пожары наносят также значительный ущерб национальной экономике, поэтому защита от пожаров проводится в общегосударственном масштабе и является важнейшей обязанностью каждого гражданина [1–19].

**Основная часть.** Основой правового обеспечения, регулирующей деятельность по пожарной безопасности в Республике Беларусь, являются:

– Закон Республики Беларусь от 15 июня 1993 г. № 2403-ХП «О пожарной безопасности» с изм. и доп.;

– Декрет Президента Республики Беларусь от 23 ноября 2017 г. № 7 «О развитии предпринимательства» (Приложение «Общие требования пожарной безопасности к содержанию и эксплуатации капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений и иных объектов, принадлежащих субъектам хозяйствования») [4, 13].

В целях обеспечения пожарной безопасности в различных отраслях экономики, в том числе в агропромышленном комплексе, и выполнения положений Декрета № 7 от 23.11.2017, Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь разработало и утвердило ряд новых постановлений:

– Об установлении формы плана эвакуации людей при пожаре: постановление МЧС Республики Беларусь от 20.04.2018 № 21;

– Инструкция о порядке хранения веществ и материалов: постановление МЧС Республики Беларусь от 26.04.2018 № 24;

– Об установлении требований к содержанию общеобъектовой инструкции по пожарной безопасности: постановление МЧС от 28.04.2018 № 28;

– Об оформлении наряда-допуска на проведение огневых работ на временных местах: постановление МЧС Республики Беларусь от 02.05.2018 № 29 и утвержденная данным постановлением «Инструкция о порядке оформления наряда-допуска на проведения огневых работ на временных местах»;

– Об утверждении программ пожарно-технического минимума: постановление МЧС Республики Беларусь от 02.05.2018 № 30;

– Об утверждении Инструкции о порядке проверки состояния наружного и внутреннего противопожарного водоснабжения: постановление МЧС Республики Беларусь от 15.05.2018 № 34;

– Об установлении норм оснащения объектов первичными средствами пожаротушения: постановление МЧС Республики Беларусь от 18.05.2018 № 35;

– Инструкция о порядке подготовки работников по вопросам пожарной безопасности и проверки их знаний в данной сфере: постановление Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 22.05.2018 № 36.

Деятельность внештатных пожарных формирований (пожарная команда, пожарная дружина, пожарно-техническая комиссия) и их задачи изложены в постановлении Совета Министров Республики Беларусь от 18.05.2020 № 296 «О внештатных пожарных формированиях».

**Заключение.** Разработка нормативного правового обеспечения в области пожарной безопасности и выполнение ее требований, изложенных в законодательных актах, относятся к приоритетным мерам по обеспечению пожарной безопасности в АПК Республики Беларусь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности человека. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 97 с.

2. Босак, В. Н. Новое в законодательстве о внештатных пожарных формированиях / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2021. – С. 168–170.

3. Босак, В. Н. Обеспечение пожарной безопасности на объектах АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак, М. С. Петроченко // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы. – Минск: КИИ, 2015. – С. 58.

4. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Выш. шк., 2019. – 317 с.

5. Кошман, А. И. Особенности ликвидации лесных пожаров / А. И. Кошман, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы. – Минск: КИИ, 2014. – С. 164–165.

6. Кошман, А. И. Требования пожарной безопасности в лесном хозяйстве / А. И. Кошман, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы. – Минск: КИИ, 2013. – С. 173.

7. Лесные пожары в Беларуси: материальный ущерб и опасные факторы пожара / А. К. Гармаза [и др.] // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2017. – № 2. – С. 322–327.
8. Меры безопасности и поведение людей в условиях лесного пожара / В. И. Руденик [и др.] // Проблемы обеспечения безопасности людей при пожаре и взрыве. – Минск: КИИ, 2015. – С. 21–23.
9. Натынчик, Т. Г. Параметры молниезащиты комбикормового цеха / Т. Г. Натынчик, В. Н. Босак // Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций. – Минск: Промбытсервис, 2013. – С. 101–103.
10. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
11. Пенязь, С. А. Обеспечение пожарной безопасности на линиях по доработке семян / С. А. Пенязь, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы. – Минск: КИИ, 2016. – С. 83–84.
12. Первичные и технические средства тушения пожаров / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 30 с.
13. Пожарная безопасность в сельском хозяйстве / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 209 с.
14. Поступление радионуклидов в растения и опасность их распространения при тушении лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения / И. Т. Ермак [и др.] // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 23.
15. Сачивко, И. Д. Обеспечение пожарной безопасности при лесных пожарах / И. Д. Сачивко, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы. – Минск: КИИ, 2016. – С. 91–92.
16. Сулейменов, Н. М. Состав и пожароопасность рудничных газов / Н. М. Сулейменов, Ш. К. Шапалов, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизациях сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 50–53.
17. Швецкова, С. И. Тушение пожаров на складах агрохимикатов и удобрений / С. И. Швецкова, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 64–65.
18. Numerical simulation modeling of temperature distribution in the process of coal self-heating in the mined-out spaces / N. M. Suleymenov [et al.] // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2021. – V. 2 (446). – P. 167–173.
19. Recognition of stages of emergence and development of the endogenous fire in coal mines / V. N. Bosak [et al.] // Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2018. – V. 3 (373). – P. 107–112.

*Аннотация.* Важным компонентом обеспечения пожарной безопасности в агропромышленном комплексе Республики Беларусь является своевременная разработка соответствующих нормативных правовых актов, а также строгое их соблюдение при выполнении работ в растениеводстве, животноводстве и вспомогательных отраслях.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность, нормативное правовое обеспечение, сельское хозяйство.

## ПРОБЛЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА И ПРОФЗАБОЛЕВАНИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Е. В. КУЛАКОВА, канд. техн. наук, доцент  
О. А. УСОВА, магистрант

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет  
имени Н. В. Парахина»,  
Орел, Российская Федерация

**Введение.** Агропромышленный комплекс (АПК) включает все отрасли хозяйства, которые принимают участие в производстве сельскохозяйственной продукции, ее переработке и доведении конечного продукта до потребителя. Главная задача АПК заключается в обеспечении страны продуктами питания, а также некоторыми другими товарами народного потребления.

Центральным звеном АПК является сельское хозяйство – важнейшая отрасль, которая определяет жизненный уровень населения, его благосостояние, продовольственную безопасность страны. По оценке Э. Тоффлера и Х. Тоффлера сельское хозяйство является фундаментальной основой общественного прогресса в экономике и социальном развитии.

Сельское хозяйство в отличие от других отраслей экономики, в том числе и с точки зрения безопасности, имеет свои специфические особенности, которые заключаются в следующем:

- основным средством производства здесь является земля, которая пространственно ограничена, ничем незаменима и при правильном использовании обладает способностью увеличивать плодородие;
- производство сельскохозяйственной продукции распространено на большой территории, которая различна по природно-климатическим условиям;
- в технологических процессах применяется значительное количество разнообразных вредных и опасных производственных факторов, действующих на работников и их здоровье;
- созданный продукт чаще всего является промежуточным и участвует снова в перерабатывающих отраслях промышленности;
- занятость в сельском хозяйстве носит сезонный характер;
- сельскохозяйственное производство подвержено повышенным рискам и характеризуется тяжестью и напряженностью труда на полях и фермах [1–3].

Условия труда работников, которые заняты в сельском хозяйстве остаются неблагоприятными, об этом свидетельствуют данные официальной статистики. Доля сотрудников, которые работают во вредных и опасных условиях труда составляет практически третью часть от общего количества сотрудников, занятых в отрасли [1, 2].

**Основная часть.** Число погибших в сельском хозяйстве России ежегодно составляет несколько сотен человек, здесь нет отраслей, в которых показатель по травматизму с тяжелым исходом имел бы благоприятные тенденции. Наиболее тяжелое положение сложилось в растениеводстве, животноводстве, ремонте и техническом обслуживании машин. На две основные отрасли производства – растениеводство и животноводство приходится почти половина всех производственных травм [7].

Анализ причин травматизма в сельском хозяйстве за последние года показывает, что основной причиной травм являются недостатки в обучении безопасным методам труда. При допуске к работе без обучения работник не получает начальных представлений о безопасных приемах работы [4].

При низком качестве обучения работники в силу ограниченных знаний и самоуверенности своими действиями иногда создают опасные ситуации с травматическими последствиями.

Например, плохо обученные работники имеют значительное число несчастных случаев, связанных с превышением скорости движения мобильных агрегатов, нарушением правил обгона, запуском двигателя с включенной передачей. Ситуации: наезд и опрокидывание, захват вращающимися деталями оборудования – наиболее типичные для этой группы работников.

Сопоставление недостатков в обучении по отраслям показывает, что наиболее неблагополучно с вопросами допуска к работе без обучения в животноводстве. Число несчастных случаев по причине отсутствия обучения в животноводстве в 1,8 раза выше, чем в растениеводстве, в 5,7 раза выше, чем при ремонте и техническом обслуживании машин, в 9,3 раза выше, чем в строительстве.

Указанные недостатки частого допуска работников к работе без обучения присущи работникам следующих профессий и специальностей:

– в животноводстве: скотник, фуражир, доярка (выполняющая операции вручную), ветврач (ветфельдшер), чабан, конюх, гуртовщик (пастух);



- в растениеводстве: полевод, машинист прицепных уборочных машин, прицепщик на обслуживании сельхозмашин, агроном;
- при ремонте и техническом обслуживании машин и оборудования: инженер по эксплуатации МТП, водитель легкового автомобиля, инженер по механизации трудоёмких процессов, инженер по охране труда;
- работники электротехнических и теплотехнических специальностей: кочегар котельной, электромонтер, слесарь-электрик.

Наиболее низкий уровень качества обучения безопасным приемам труда наблюдается у работников при ремонте и техническом обслуживании. Число несчастных случаев по этой причине при техническом обслуживании и ремонте выше, чем в растениеводстве в 1,2 раза, чем в животноводстве – в 2,2 раза и в строительстве почти в 10 раз [5, 6].

Во многих организациях отсутствуют должности специалистов по охране труда и эти обязанности, как правило, возложены на руководителя или его заместителя. Нет должной ответственности работодателей, руководителей и других должностных лиц за состояние охраны труда, производственной и технологической дисциплины. По данным Роспотребнадзора, только 3,5 % объектов сельского хозяйства отвечают санитарно-гигиеническим требованиям (против 13 % в целом по экономике).

Важно отметить, что 2/3 профессиональных заболеваний работников АПК выявляются при личном обращении к врачу. Это свидетельствует о том, что ежегодные медицинские осмотры работников, особенно животноводов и механизаторов, не проводятся, а финансовые вопросы решаются за счет здоровья работников.

Высокая профзаболеваемость в сельском хозяйстве также связана со сложными условиями труда на предприятиях, где наблюдается большой процент ручного труда, отсутствие отопления в производственных помещениях и работа в неблагоприятном климате.

По мнению экспертов, потери предприятий от повышенной заболеваемости работников при сложившихся условиях труда оцениваются не менее чем на 25 в общем ущербе. Поэтому системно улучшая условия труда, можно ожидать аналогичного снижения заболеваемости и связанных с ней потерь.

**Заключение.** Сельское хозяйство на протяжении последних нескольких лет по-прежнему остается одним из наиболее травмирующих видов экономической деятельности.

Показатели травматизма в сельском хозяйстве по данным Росстата хотя и снижаются за последние годы, однако остаются в 1,4 раза выше среднего показателя по всем видам экономической деятельности в Российской Федерации. По распределению травмированных и распределению пострадавших с летальным исходом сельское хозяйство находится на 4 месте, с небольшим отставанием от строительства. Высоким остается уровень профессиональной заболеваемости и выхода на пенсию по инвалидности в связи с этими заболеваниями. Большинству работников группа инвалидности устанавливается в возрасте 30–49 лет.

Безопасность и охрана труда должны рассматриваться как основная цель любого предприятия, обеспечивающая сохранение жизни, здоровья, трудоспособности, а также коммерческого успеха.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алибекова, И. В. Экспресс мониторинг условий и безопасности труда / И. В. Алибекова, К. С. Лактионов. – Орел: ОГАУ, 2016. – 180 с.
2. Анализ состояния условий труда на предприятиях АПК как фактор безопасности производственной деятельности / М. А. Садовников [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 3 (47). – С. 74–77.
3. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеев, М. П. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.
4. Кулакова, Е. В. Повышение безопасности работников совершенствованием системы обучения охране труда / Е. В. Кулакова, К. С. Лактионов. – Орел: ОГАУ, 2016. – 182 с.
5. Кулакова, Е. В. Роль преподавателя в подготовке квалифицированных специалистов / Е. В. Кулакова // Охрана труда 2014: современные тенденции и перспективы развития. Орел: ОГАУ, 2014. – С. 178–181.
6. Новые подходы к совершенствованию системы охраны труда для работников АПК / Ю. Г. Шестаков [и др.] // Вестник ОрелГАУ. – 2013. – № 1. – С. 213–216.
7. Яковлева, Е. В. О состоянии производственного травматизма в АПК и путях его снижения / Е. В. Яковлева, Е. В. Кулакова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2017. – № 2 (34). – С. 93–98.

*Аннотация.* Описаны особенности сельскохозяйственного производства, которое является центральным звеном агропромышленного комплекса. Особое внимание уделено проблеме производственного травматизма и профзаболеваний в сельском хозяйстве.

*Ключевые слова:* сельское хозяйство, условия труда, производственный травматизм, профзаболевания.

## УЛУЧШЕНИЕ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ ПУТЕМ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В КОРМОПРИГОТОВИТЕЛЬНОМ ЦЕХУ

А. В. МАШКАРИНА, магистрант  
Е. В. ЯКОВЛЕВА, канд. с.-х. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет  
имени Н. В. Парахина»,  
Орел, Российская Федерация

**Введение.** В современных условиях кормопроизводство и кормоприготовление выделяют в самостоятельную отрасль со специфическим технологическим процессом и условиями труда, которые могут оказывать влияние на состояние здоровья работающих, характер и уровень их заболеваемости [2, 3, 6, 7].

Приготовление комбикормов включает следующие процессы: дробление, сушку, экструдирование, тепловую обработку зерна и компонентов, дозирование, смешивание, гранулирование (брикетирование). Для этих операций используются различные машины, механизмы, транспортеры, шнеки и др. Всю работу по приготовлению и отпуску кормосмесей выполняют операторы и работники кормоцехов, на которых могут воздействовать вредные производственные факторы.

Ухудшению состояния здоровья оператора кормоцеха может способствовать повышенная запыленность воздуха рабочей зоны, которая обусловлена наличием органической пыли, выделяющейся в процессе приготовления сухих сыпучих кормов, измельчения зерна. Величина предельно допустимой концентрации (ПДК) зерновой пыли равна  $4 \text{ мг/м}^3$  [1, 4, 5].

**Основная часть.** Неудовлетворительная работа аспирационных систем, как правило, связана с устаревшими методиками расчета, в которых не учитывались инжекционные свойства самотечного оборудования. Например, на насыпной лоток ленточного конвейера производительностью 20 т/час количество воздуха по аспирированию определялось по советскому справочнику  $180 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В действительности, в зависимости от длины, высоты самотека, транспортирующего продукт в насыпной лоток, это справочное значение не всегда обеспечивало необходимое санитарным нормам обеспыливание, потому что не полностью учитывалась дополнительная транспортировка воздуха в зависимости габаритов и геометрии само-

течного оборудования, а также аэродинамические связи между само-течным и технологическим оборудованием, влияющие также на общее необходимое количество аспирируемого воздуха. Также не учитывались оптимальные габариты и местоположение пылеприемников.

Разгрузка сухих пылеуловителей и транспортировка пыли связаны с дополнительным пылением, что требует устройства местных отсосов. Поэтому процесс разгрузки и транспортировки пыли следует механизировать с обеспечением максимальной герметизации устройств пылеудаления.

Наиболее эффективными способами уменьшения пылевыделений являются гидрообеспыливание и гидроподавление. В качестве увлажнительных устройств применяются пневмораспылители. Степень увлажнения зависит от физико-химических свойств материалов. При проектировании увлажнительных устройств необходимо иметь технологические данные о допустимой конечной влажности материала.

В цехах дробления и помола проводят мокрую уборку пыли с полов, стен и оборудования, а также влажную уборку помещений. При недопустимости применения для уборки воды или размещении оборудования в неотапливаемых помещениях допускается пневматическая система пылеуборки.

Целью применения усовершенствованной конструкции вентиляции, путем встроенного увлажнителя-распылителя, является осаждение зерновой пыли в кормоприготовительных цехах, что позволяет снизить запыленность рабочей зоны и тем самым уменьшить заболеваемость рабочих.

Пневматический распылитель, содержащий круглый корпус с цилиндрической и конической частями, коллекторную полость, образованную круглым корпусом и соосной с ним втулкой, соединенной со сверхзвуковым эжектором, со штуцером и каналом подвода рабочего газа, расположенными соосно оси втулки и круглому корпусу, со штуцером и каналом подвода распыляемой жидкости, расположенными перпендикулярно осям втулки и круглого корпуса, отличающийся тем, что в узкой части конфузорного канала сверхзвукового эжектора выполнено не менее двух сквозных отверстий, равнорасположенных по окружности.

Между круглым корпусом и наружным конусом сверхзвукового эжектора, в месте соединения наружной цилиндрической и внутренней конической поверхностей, установлена перфорированная перегородка со сквозными отверстиями, равнорасположенными по окружности.

**Заключение.** Применение скрубберов на основе пористых вращающихся распылителей, обеспечивающих монодисперсный регулируемый распыл жидкостей, позволит существенно снизить потери продукта, уменьшить стоимости вспомогательных процессов и оборудования, а также минимизировать ущерб, наносимый окружающей среде. Предлагаемая конструкция вентиляционной системы со встроенным пневматическим распылителем позволяет снизить запыленность при выполнении технологического процесса, сократить возможность пожаровзрывоопасность производственного помещения, тем самым улучшить условия труда работников кормоприготовительного цеха.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аттестация рабочих мест по условиям труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 24 с.
2. Бацукова, Н. Л. Вредные производственные факторы на комбикормовых и кормоприготовительных производствах сельского хозяйства / Н. Л. Бацукова // Я – специалист по охране труда. – 2015. – № 3. – С. 33–40.
3. Босак, В. Н. Совершенствование технических приемов обеспечения безопасности при производстве комбикормов / В. Н. Босак, В. Г. Андруш, Т. Г. Натынчик // Инновационные технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства. – Рязань: РГАТУ, 2014. – С. 54–56.
4. Гармаза, А. К. Микроклимат в животноводческих помещениях – важный резерв увеличения продуктивности сельскохозяйственного производства / А. К. Гармаза, И. Т. Ермак, В. Н. Босак // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 272–274.
5. Исследование микроклимата в рабочей зоне / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 23 с.
6. Рамзаев, А. В. Влияние автоматизации на улучшение условий труда при приготовлении кормов / А. В. Рамзаев, И. В. Созаев, Д. С. Любимый // Инновационные технологии, экономика и менеджмент в промышленности. – Волгоград, 2021. – С. 110–111.
7. Ярунина, Ю. Г. Условия труда работников сельского хозяйства / Ю. Г. Ярунина, Е. В. Яковлева // Техносферная безопасность в АПК. – Орел, 2018. – С. 76–81.

*Аннотация.* Приведены условия труда работников кормоприготовительного цеха, выявлены вредные и опасные факторы в цехе, предложена конструкция вентиляционной системы с встроенным пневматическим распылителем, которая позволяет снизить запыленность при выполнении технологического процесса и сократить возможность пожаровзрывоопасность производственного помещения.

*Ключевые слова:* условия труда, вредные факторы, вентиляция, аспирационная система, обеспыливание.

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОГРУЗКЕ, РАЗГРУЗКЕ И ПЕРЕВОЗКЕ СЫПУЧИХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ**

Ал-й Л. МИСУН, магистр техн. наук

А. Г. КУЗНЕЦОВ, магистр техн. наук

Ал-р Л. МИСУН, магистр техн. наук

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Для многих сельскохозяйственных предприятий погрузка, разгрузка и перевозка сыпучих сельскохозяйственных грузов является повседневной деятельностью, которая сопряжена с риском получения работниками травм [1–4]. Выполнение вышеуказанных операций производится с помощью специальных технических средств, а также и самосвалов, эксплуатируемых в сельском хозяйстве. При этом необходимо уделять приоритетное внимание безопасности работы самосвалов, так как имеются вращающиеся механизмы этих технических средств. Для выполнения сельскохозяйственных работ самосвал должен быть в исправном техническом состоянии, поэтому важно регулярно проводить его техническое обслуживание. Перед тем, как загрузить груз, необходимо убедиться, что самосвал стоит на устойчивой почве. Серьезное значение в обеспечении безопасности ведения работ имеет длина платформы самосвала, так как чем она длиннее, тем легче его опрокинуть. В этой связи стоит отметить, что при разгрузке самосвала идеально подходят плотно утрамбованный грунт или гравий.

**Основная часть.** Погрузка, разгрузка и перевозка сыпучих сельскохозяйственных грузов – это действия, которые повышают вероятность получения производственных травм на рабочем месте. Эти травмы могут варьироваться от незначительных до серьезных. Травмированные работники создают финансовые и операционные проблемы для сельскохозяйственного предприятия. Обеспечение безопасности, осведомленности и вовлеченности работников во время проведения сельскохозяйственных работ поможет снизить риск получения травм.

Одним из важных направлений в погрузке, разгрузке и перевозке сыпучих сельскохозяйственных грузов является осведомленность о техническом состоянии самосвала. Работники должны убедиться, что

он остановлен, заторможен и стабилизирован, прежде чем будут предприняты какие-либо другие действия. Попытка разгрузки подвижного самосвала, является серьезным нарушением техники безопасности, и может быть самым быстрым путем к серьезным или даже смертельным травмам, которых можно легко избежать, просто проявив терпение. При погрузке сыпучих сельскохозяйственных грузов не должно быть опасностей, которые могут привести к травмам.

Для повышения производственной безопасности при эксплуатации самосвалов в сельском хозяйстве предлагается использовать предохранительное устройство для кузова самосвала, содержащее шарнирно закрепленный опорный стержень, один конец которого выполнен с возможностью взаимодействия с ловителем, установленным на раме и выполненным в виде упоров, при этом на конце опорного стержня, взаимодействующего с ловителем, жестко закреплен вал, на котором установлено с возможностью вращения фигурное колесо и жесткая пружина между боковой контактной поверхностью фигурного колеса и внутренней стороной опорного стержня (рис. 1) [5].

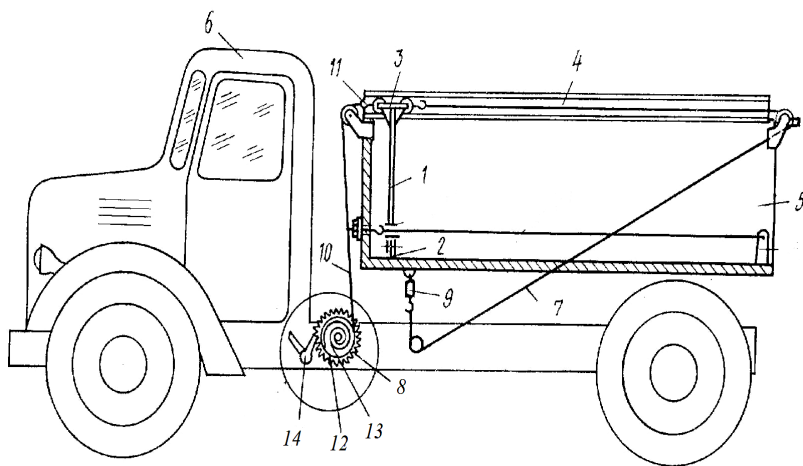


Рис. 1. Предохранительное устройство для кузова самосвала сельскохозяйственного назначения:

- 1 – скребок; 2 – резиновый шпатель; 3 – каретка; 4 – направляющая; 5 – кузов;  
 6 – самосвал; 7 – трос; 8 – храповик; 9 – талреп; 10 – трос;  
 11 – крюк; 12 – барабан; 13 – пружина; 14 – собачка

Фигурное колесо взаимодействует с направляющей, выполненной в виде разностороннего уголка, на концах которой жестко закреплены, с одной стороны, подъемник в виде срезанного параллелепипеда, а с другой – концевой ограничитель, выполненный в виде уголка, имеющего срез под острым углом, который направлен в сторону фигурного колеса. Последний элемент, имеющий три рабочие поверхности, – выполненные ступенчато по убывающей от боковой контактной поверхности фигурного колеса, взаимодействующего с жесткой пружиной. Переводная рабочая поверхность крайней ступени, обращенная к направляющей, выполнена под острым углом, а острый угол концевой ограничителя равен острому углу переводной рабочей поверхности крайней ступени фигурного колеса. На валу с возможностью вращения с двух сторон напротив ловителя установлены шайбы.

**Заключение.** Предлагаемое техническое устройство направлено на снижение травмоопасных ситуаций в сельскохозяйственном производстве от придавливания водителей кузовом самосвалов при ремонтных и погрузочно-разгрузочных работах или в случае отказа работы гидравлического подъемника.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.
2. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
3. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
4. Охрана труда при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог / В. А. Шаршунов [и др.]. – Минск: Мисанта, 2021. – 642 с.
5. Устройство для очистки кузова самосвала: патент № 863438 Российской Федерации на изобретение; заявл. 18.05.2008; опубл. 29.06.2011.

*Аннотация.* Предложено техническое устройство, направленное на снижение травмоопасных ситуаций от придавливания водителей кузовом самосвалов при ремонтных, разгрузочных работ, или в случае отката за работы гидравлического подъемника.

*Ключевые слова:* производственная безопасность, водитель, травмоопасная ситуация, кузов самосвала, фигурное колесо.



## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОПАДАНИЯ ПОСТОРОННИХ ПРЕДМЕТОВ ПОД ПЕДАЛЬНЫЙ УЗЕЛ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор  
В. П. ИВАНОВ, д-р техн. наук, профессор  
В. Л. МИСУН, инженер

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** В процессе эксплуатации и обслуживания мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) периодически случаются ситуации, когда в силу стечения ряда обстоятельств под педали МСХТ попадают посторонние предметы, которые затрудняют управление техническим средством и могут способствовать снижению производственной безопасности [1–4]. Поэтому важнейшим моментом перед эксплуатацией МСХТ является закрепление в кабине всех предметов, а также вспомогательного оборудования в строго отведенных местах, чтобы они не подвергали опасности оператора МСХТ.

Особое внимание следует обратить на ситуации, когда различные предметы, попадая под ноги оператора МСХТ, блокируют педали. Так, рабочие инструменты, падая в зону работы с педалями, могут полностью или частично заблокировать педаль тормоза или сцепления. Отсюда возникают затруднения оперативно среагировать работником на травмоопасную ситуацию. Встречаются случаи, когда и напольные коврики нестандартного размера также представляют опасность, образуя складки или сдвигаясь в зону работы педалей, что может привести к их блокировке. Также управлению МСХТ может помешать неудобная обувь оператора, а также находящиеся посторонние предметы на панели кабины МСХТ. Последнее обстоятельство рассеивает внимание оператора, а может частично закрывать обзор. Рекомендуется не ставить на панели острые и тяжелые предметы, так как во время экстренного торможения это может создать травмоопасную ситуацию. Именно поэтому в кбинах МСХТ для хранения имеются вспомогательного оборудования специальные отделения.

**Основная часть.** В качестве предлагаемого технического решения для повышения производственной безопасности при управлении МСХТ, предлагается использовать устройство для предотвращения

попадания посторонних предметов под pedalный узел управления МСХТ, содержащее основной корпус устройства для предотвращения попадания внешнего объекта в пространство под pedalный узел с присоединенными к нему боковыми панелями, выполненными как упругий элемент, характеризующийся упругой деформацией и расположенный между нижней поверхностью pedalного узла и внутренней поверхностью пола МСХТ (рис. 1).

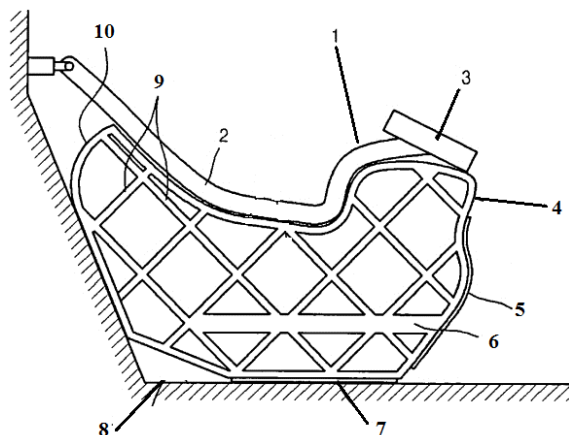


Рис. 1. Устройство для предотвращения попадания посторонних предметов под pedalный узел МСХТ:

- 1 – pedalный узел; 2 – рычаг педали;
- 3 – педаль во время работы двигателя МСХТ; 4 – основной корпус;
- 5 – элемент предотвращения истирания; 6 – ребро жесткости;
- 7 – соединительный элемент; 8 – внутренняя поверхность пола кабины МСХТ;
- 9 – внутренний элемент pedalного узла;
- 10 – элемент поверхности пола кабины МСХТ

Устройство препятствует своим расположением вхождению в пространство под рычаг педали внешнего объекта во время движения МСХТ. При этом основной корпус закреплен к внутренней поверхности пола МСХТ и выполнен из одного упругого материала, а внутренний ее элемент содержит ребро жесткости в виде пластинчатой составляющей, входящей в контакт с ногой оператора МСХТ, что предотвращает возможность возникновения травмоопасной ситуации при выполнении сельскохозяйственных работ.

Боковые панели надежно закрывают внутренние полости основного корпуса от попадания воды, грязи и пыли. При экстренном торможении, нажимая на педаль происходит быстрая деформация основного корпуса. Верхние же части боковых панелей незначительно проседают лишь в следствии деформации закрепленных на основном корпусе нижних частей. Расположенные между специальными перегородками внутренние полости боковых панелей обнажаются и получают возможность сообщаться с внешним пространством, в результате чего воздух через них свободно выходит из внутренних полостей основного корпуса и не препятствует дальнейшему опусканию педали. По окончании процесса торможения и возвращения педали в первоначальное положение боковые панели снова надежно закрывают внутренние полости основного корпуса от попадания посторонних элементов.

**Заключение.** Предложено техническое решение для повышения производственной безопасности при управлении МСХТ, что практически исключает попадание посторонних предметов под pedalный узел управления МСХТ, и способствует предотвращению возникновения травмоопасной ситуации при выполнении сельскохозяйственных работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Выш. шк., 2019. – 317 с.
2. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
3. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
4. Охрана труда при строительстве и эксплуатации автомобильных дорог / В. А. Шаршунов [и др.]. – Минск: Мисанта, 2021. – 642 с.

*Аннотация.* Предложено техническое устройство для повышения производственной безопасности при управлении МСХТ, исключения попадания посторонних предметов под pedalный узел управления МСХТ, что в комплексе способствует повышению показателя безопасности управления технологическим процессом.

*Ключевые слова:* мобильная сельскохозяйственная техника, травмоопасная ситуация, pedalный узел, оператор, безопасность.

## ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ МИКРОКЛИМАТА В КАБИНЕ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор  
В. Н. ДАШКОВ, д-р техн. наук, профессор  
И. Н. МИСУН, инженер

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Во время работы на оператора, управляющего мобильной сельскохозяйственной техникой (МСХТ), действуют различные опасные и вредные производственные факторы, что сказывается на безопасности выполнения технологического процесса [1, 3, 4].

При рациональной организации рабочей смены период устойчивой работоспособности оператора МСХТ должен составлять не менее 75 % рабочего времени в первой половине смены и около 65 % – во второй, а период вработываемости не должен превышать 40 минут в начале и 20 минут после обеденного перерыва. Оператор МСХТ связан с возможным воздействием на него вредных и опасных производственных факторов. Нередко его работа протекает при неблагоприятных производственных условиях, повышенной запыленности воздуха рабочей зоны и требует больших физических усилий. Воздействие же пыли на организм человека приводит к снижению защитных сил и резервных возможностей организма. Поэтому обеспечение требуемого микроклимата в кабине МСХТ является достаточно важной задачей.

Известно, что устройства искусственного микроклимата МСХТ должны отвечать требованиям простоты их конструкции и невысокой стоимости изготовления. Кроме того, эти устройства должны обеспечивать расчетные условия при постоянно меняющихся режимах работы мобильной сельскохозяйственной техники, в различное время дня и периоды года. Так, в условиях повышенной запыленности, при отсутствии (или неисправности) системы вентиляции в кабине МСХТ, запыленность воздуха в кабине МСХТ может значительно превышать требуемое нормативное значение (ПДК воздуха рабочей зоны). Частичное же снижение запыленности воздуха в кабине МСХТ достигается за счет естественной вентиляции и, ведет к увеличению скорости движения воздуха и накоплению в ней пыли. Также ранее проведенными исследованиями установлено, что большое значение для формирова-

ния уровня запыленности воздуха в кабине МСХТ имеет ее герметизация. Эти моменты еще раз подчеркивают, что разработка технических устройств для защиты от запыленности в кабине при использовании естественной вентиляции весьма актуальна. Для минимизации влияния теплового воздействия на работоспособность оператора, запыленности рабочей среды нами предлагаются инженерно-технические устройства.

**Основная часть.** Для нормализации микроклимата в кабинах МСХТ, очистки воздуха от пыли и вредных веществ, содержащихся в воздухе рабочей зоны, предлагается техническое решение (рис. 1).

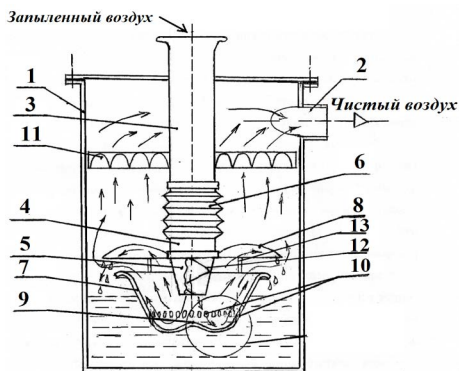


Рис. 1. Устройство для очистки воздуха от пыли и вредных веществ в кабинах МСХТ:

- 1 – корпус; 2 – тангенциальный вывод; 3 – осевой ввод; 4 – патрубок; 5 – сопло;  
6 – сильфон; 7 – коническая емкость; 8 – брызгоотражатель; 9 – дно;  
10 – канал перфорации; 11 – кассета фильтра; 12 – спираль; 13 – стержень

При движении МСХТ в направлении против ветра запыленность воздуха зоны дыхания в кабине бывает максимальной, при движении агрегата за ветром – наоборот. Запыленность воздушной среды в кабине МСХТ может превышать допустимую величину при предпосевной подготовке почвы, севе, скирдовании соломы и др. В таких случаях предлагается использовать организационно-техническое решение, заключающееся в очистке приточного воздуха от пыли и вредных веществ в кабине МСХТ, а также способствующее повышению степени улавливания мелкодисперсной пыли [2].

Предлагаемое устройство содержит основной корпус с тангенциальным выводом для чистого воздуха. Сверху от корпуса осевой ввод

выполнен для загрязненного воздуха в виде трубы, соединенной с контактным элементом, включающим подсоединенные к трубе последовательно расположенные сверху вниз друг с другом брызгоотражатель и резиновый сильфон. Брызгоотражатель выполнен в виде фартука выпуклой формы. Внутренняя же боковая поверхность сопла имеет угол 45°, а в качестве поступающей орошающей жидкости раствор эфирных масел хвой. Когда уровень входа жидкости в каналы выше, то обеспечивается длительный период эффективной работы устройства на ограниченном объеме орошающей жидкости. При этом эфирные масла хвой наполняют воздух внутри кабины МСХТ мельчайшими частицами, несущими электрический заряд (аэрозолями), оказывающими благотворное влияние на организм оператора, снимают состояние утомления и усталости, что способствует повышению производительности труда.

**Заключение.** Предложено техническое решение для очистки приточного воздуха от пыли и вредных веществ в кабине МСХТ, повышении степени улавливания мелкодисперсной пыли, что способствует повышению работоспособности оператора МСХТ и повышению производительности труда.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование микроклимата в рабочей зоне / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 23 с.
2. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – Москва: Дрофа, 2003. – С. 141–142.
3. Мисун, Л. В. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, И. Н. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2021. – 218 с.
4. Михайлов, В. А. Обеспечение нормируемых параметров микроклимата в тракторных кабинах / В. А. Михайлов // Тракторы и сельхозмашины. – 1990. – № 1. – С. 18–21.

*Аннотация.* Предложено техническое решение для улучшения условий труда в кабине МСХТ путем очистки воздуха от пыли и вредных веществ, что способствует поддержанию требуемого микроклимата в кабине мобильной сельскохозяйственной техники.

*Ключевые слова:* мобильная сельскохозяйственная техника, микроклимат, производственная среда, запыленность воздуха, оператор, безопасность

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЗНАКОВ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Т. В. МОЛОШ, канд. техн. наук, доцент  
С. А. КОРЧИК, ст. преподаватель  
Ю. В. СИНЯК, магистрант

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** В связи с ростом технической оснащенности и энерговооруженности, возрастают требования к обеспечению безопасности сельскохозяйственного производства. Эффективной мерой снижения травматизма на производстве, обеспечения выполнения требований охраны труда и пожарной безопасности является применение знаков безопасности [1–8].

**Основная часть.** Использование знаков безопасности в трудовой деятельности на рабочих местах и технических средствах в целях предотвращения несчастных случаев, обеспечения пожарной безопасности, охраны здоровья осуществляется достаточно широко во всех отраслях экономики и в общественных зонах.

Применение знаков безопасности регламентируется государственными, отраслевыми и локальными правовыми актами. В значительной части межотраслевых и отраслевых правил по охране труда, межгосударственных и государственных стандартов, технических кодексов установившейся практики, строительных норм и правил, правил устройства и безопасной эксплуатации различных машин и оборудования, инструкций по охране труда содержатся требования по применению знаков безопасности [4].

Назначение знаков безопасности состоит в обеспечении однозначного понимания определенных требований, касающихся безопасности, сохранения жизни и здоровья людей, снижения материального ущерба, без применения слов или с их минимальным количеством. Предупреждающие знаки относятся к группе основных знаков безопасности, которые содержат однозначное смысловое выражение требований по обеспечению безопасности.

Предупреждающий знак определяется как знак, представляющий общее предупреждающее сообщение, полученное путем комбинации

цвета и геометрической формы, который при добавлении графического символа представляет конкретное предупреждающее сообщение.

Предупреждающие знаки безопасности применяются и указывают на отдельные источники потенциальной опасности при производственной, общественной и иной хозяйственной деятельности людей на производственных, общественных объектах и в иных местах, где необходимо обеспечение безопасности.

Знаки безопасности применяются для привлечения внимания людей, находящихся на производственных, общественных объектах и иных местах, к опасности, опасной ситуации, предостережения в целях избегания опасности, сообщения о возможном исходе в случае пренебрежения опасностью, предписания или требования определенных действий, а также для сообщения необходимой информации.

Применение знаков безопасности, в том числе предупреждающих, на производственных, общественных объектах и в иных местах, исходя из условий обеспечения безопасности, возлагаются на работодателя или администрацию организации.

Места размещения (установки) и размеры предупреждающих знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах и т. п. устанавливаются в конструкторской документации на изделие. Размещение (установку) предупреждающих знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах осуществляет организация-изготовитель. При необходимости, дополнительное размещение (установку) предупреждающих знаков безопасности на оборудовании, машинах, механизмах, находящихся в эксплуатации, может проводить эксплуатирующая их организация.

Внешний вид знака безопасности должен обеспечить быстрое привлечение внимания к объектам и (или) ситуациям, влияющим на безопасность и здоровье человека, а также восприятие и понимание его специального информационного сообщения.

Общепринятой в системах стандартов безопасности труда (ССБТ) геометрической формой предупреждающих знаков является равнобедренный треугольник с закругленными внешними углами. Сигнальным цветом предупреждающих знаков является желтый цвет. Цвет контрастный сигнальному – черный. Черным цветом выполняется кайма и изображаются графические символы. Доля желтого сигнального цвета от общей площади знака регламентируется и должна составлять не менее 50 %. При разработке предупреждающих знаков безопасности должны использоваться рекомендуемые комбинации сигнального цве-



та, контрастного цвета и геометрической формы. Желтый цвет является общепринятым международным сообществом сигнальным цветом, смысловым значением которого является предупреждение, предостережение о возможной опасности.

При необходимости, дополнительная информация к предупреждающему знаку о мерах по обеспечению безопасности в виде текста и (или) графических символов может использоваться с помощью описания или разъяснения смыслового значения знака безопасности.

Дополнительную информацию рекомендуется размещать на отдельном дополнительном знаке – табличке к основному предупреждающему знаку или включать как часть в комбинированный или составной знак. Для дополнительного знака целесообразно использовать сигнальный цвет основного предупреждающего знака – желтый, а в качестве контрастного цвета – черный.

Дополнительные знаки при их отдельном обособленном размещении могут располагаться ниже, выше, слева или справа от основного знака безопасности. Данное размещение дополнительного знака определяется наличием возможности его разместить на объекте в зоне наибольшей видимости, конструктивными особенностями и т. п.

Очевидно, что размерные характеристики дополнительного знака при его комбинации с предупредительным знаком должны обеспечивать единое гармоничное структурное построение. Размеры предупреждающих знаков безопасности для оборудования, машин и механизмов должны соответствовать установленным значениям.

Графический символ знака определяется как визуально воспринимаемое изображение с определенным значением, используемое для передачи информации независимо от языка.

Соответствие дизайна символа применительно к конкретной ситуации или аналогичным ситуациям имеет определяющее значение для их визуального восприятия и понимания.

При разработке символа к знаку безопасности необходимо учитывать специфику его применения – предназначен для передачи информации на рабочих или общественных местах.

Отличительной особенностью разработки символов к знакам безопасности, применяемых в общественных местах, является то, что они используются для передачи информации, понимание которой не зависит от того, являются ли лица, которым предназначена данная информация, специалистами или имеют ли они профессиональную подготовку.

Символы опасности для предостережения об опасных материалах и местах должны быть легко распознаваемы. Общепринятое применение символов опасности осуществляется на основе решений соответствующих международных организаций, законов и организаций по стандартизации.

Графические символы знаков безопасности должны отображать информацию в целях обеспечения безопасности с помощью изобразительных средств и дополняться, при необходимости, деталями для обозначения опасности или расширения области применения знака; условно изображать характерные опознавательные признаки различных объектов, опасные и вредные факторы.

При разработке графических символов необходимо руководствоваться различными принципами, такими как: определенному смысловому значению символа должно соответствовать только одно графическое изображение, необходимо сводить варианты символов с похожим изображением к одному символу с тем, чтобы исключить возможность дезинформирования; символы, имеющие различные смысловые значения, не должны быть похожими; не допускается нарушать естественные пропорции графического изображения.

Расположенный знак безопасности должен быть хорошо виден на окружающем его фоне при естественном и (или) искусственном освещении; не отвлекать внимания и не создавать неудобств при выполнении людьми своей профессиональной или иной деятельности; не загромождать проход, проезд; расположен в непосредственной близости от объекта, к которому он относится; не загромождаться посторонними предметами и сам по себе не представлять опасности.

Расстояние между одноименными знаками безопасности указывающих местонахождение эвакуационного выхода, пожарной техники и (или) автоматики, не должно превышать 60 м.

Применение знаков безопасности, в том числе относящихся к группе предупреждающих, на производственных, общественных объектах и в иных местах не заменяет необходимости проведения организационных и технических мероприятий по обеспечению условий безопасности, использования средств индивидуальной и коллективной защиты, обучения и инструктажа по охране труда [4].

**Заключение.** Анализируя существующую отечественную нормативную базу, регламентирующую разработку и применение предупреждающих знаков безопасности, можно отметить, что она не в полной

мере отвечает современным требованиям безопасности сельскохозяйственного производства.

Номенклатуры существующих предупреждающих знаков безопасности недостаточно для обеспечения быстрого привлечения внимания к объектам и (или) ситуациям, влияющим на безопасность и здоровье человека. Необходима разработка мер для повышения эффективности зрительного восприятия и осмысления предупреждающих знаков безопасности, сообщения о возможном исходе в случае пренебрежения опасностью.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 312 с.
2. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Выш. шк., 2019. – 317 с.
3. Босак, В. Н. Требования охраны труда в различных отраслях АПК / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, Т. В. Сачивко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 9–12.
4. ГОСТ 12.4.026-2015. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний. – Введ. 2018-04-01. – Минск: Госстандарт, 2017. – 86 с.
5. Насибулина, Б. М. Опасности производственной среды и способы защиты от них / Б. М. Насибулина, Е. Г. Локтионова, Т. Ф. Курочкина. – Москва: КНОРУС, 2016. – 174 с.
6. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
7. Пожарная безопасность в сельском хозяйстве / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 209 с.
8. Швяцкова, С. І. Знакі бяспекі і колеры сігнальныя: характарыстыка і ўмовы выкарыстання / С. І. Швяцкова, В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки, 2020. – С. 143–144.

*Аннотация.* В условиях сельскохозяйственного производства в связи с ростом его технической оснащенности и энергоемкости возрастают требования к повышению безопасности выполняемых работ. Одними из мер профилактики производственного травматизма является применение знаков безопасности.

В представленном материале рассмотрены актуальные проблемы повышения эффективности применения знаков безопасности для профилактики производственного травматизма.

*Ключевые слова:* знаки безопасности, эффективность применения, сельскохозяйственное производство, травматизм.

## **ВЛИЯНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

Е. И. ПОДАШЕВСКАЯ, ст. преподаватель  
Т. В. МОЛОШ, канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** При выполнении механизированных работ в сельскохозяйственном производстве на операторов действует целый ряд разнообразных факторов производственной среды, которые в совокупности определяют состояние условий труда, влияющих на состояние травматизма и возникновение профессиональных заболеваний [1–4].

Технические факторы отражают уровень автоматизации и механизации производственных процессов; рациональную организацию рабочего места и др. Эргономические факторы характеризуют установление соответствия скоростных, энергетических, зрительных, голосовых и других физиологических возможностей человека в рассматриваемом технологическом процессе; снижение нервно-эмоциональных напряжений и физиологических нагрузок. В связи с этим изучение психологических механизмов надежности оператора является важной задачей для создания безопасных условий труда работающих.

**Основная часть.** Операторы мобильных сельскохозяйственных машин работают в специфических условиях: широкая линейка разнообразной сельскохозяйственной техники; разнообразие видов деятельности и технологических приемов; рост энергоемкости и функциональность машин; необходимость выполнения работ на значительных пространствах нередко в предельно сжатые сроки; электрификация, механизация и компьютеризация машин и оборудования; отсутствие четкого ежедневного ритма работ; работа в неблагоприятных с гигиенической точки зрения условиях; воздействия целого комплекса производственных вредностей, часто превышающих нормативные допустимые значения; работа в вынужденной позе со значительным статическим и динамическим нервно-мышечным напряжением часто при нерациональном режиме труда и отдыха с различной степенью занятости, тяжести и напряженности труда в разное время года и др.

Необходимость постоянного управления, контроля и наблюдения за работой машины вызывает нервно-эмоциональное напряжение в трудовой деятельности операторов мобильных сельскохозяйственных машин и способствует увеличению заболеваний центральной нервной и сердечно-сосудистой системы. Сложная производственная обстановка и внештатные ситуации, возникающие при выполнении транспортно-технологических процессов в сельском хозяйстве, отрицательно сказываются на показателе утомления операторов и, в то же время, требуют от них достаточных знаний, навыков и умений для безопасного управления машинами.

Чем опасней внештатная ситуация, тем сильнее нервно-психическое напряжение операторов и больше требуется от него эмоциональной устойчивости, своевременных и безошибочных действий. Если сложнее, мощнее и быстрее машина, тем выше нервно-психическое напряжение и эмоциональное возбуждение оператора при управлении ей и опаснее его ошибки.

Анализ множества ошибочных действий операторов мобильных машин, приводящих к авариям, показал, что 50 % из них происходит в связи с отсутствием учета психологического показателя, 22 % – психофизического, 6 % – физиологического, 19 % – гигиенического и 3 % – антропометрического.

Поэтому можно отметить, что на безопасность транспортно-технологических процессов существенно влияют факторы психики операторов сельскохозяйственной техники – психические процессы и свойства личности, формирующие его психофизиологические состояния. Следует учитывать данные факторы при проведении отбора операторов мобильных сельскохозяйственных машин, в том числе с применением профессиограммы, которая учитывает психологические качества, желательные для эффективного выполнения профессиональной деятельности и профессионального роста, преодоления экстремальных ситуаций. Сюда относятся: профессиональные притязания, профессиональная самооценка; эмоции, психические состояния, эмоциональный облик; удовлетворенность человека процессом и результатом труда и др.

В заключении к профессиограмме целесообразно указать возможные пути профессионального обучения и переобучения, повышения квалификации и переквалификации, переориентации в рамках данной профессии [4].

При разработке сельскохозяйственной техники проектировщики должны располагать предварительными спецификациями машинных

компонентов и описаниями работ оператора, некоторыми алгоритмами его управляющих действий, данными о временной нагрузке человека, об уровне сложности отдельных задач. На этом этапе инженерный психолог должен оценить, в какой мере оператор способен с помощью избранной аппаратуры выполнить возложенные на него функции [3].

**Заключение.** Повышение безопасности труда операторов сельскохозяйственных машин может быть достигнуто путем исследования закономерностей влияния элементов системы «человек – машина – среда» на безопасность ее функционирования и совершенствованием этих элементов. Изучение психологических механизмов надежности оператора является важной задачей для создания безопасных условий труда работающих.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Значение человеческого фактора в обеспечении безопасности труда / В. Н. Босак, И. Е. Жабровский // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 294–298.
2. Босак, В. Н. Требования охраны труда в различных отраслях АПК / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, Т. В. Сачивко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 9–12.
3. Мунипов, В. М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. – Москва: Логос, 2001. – 356 с.
4. Смирнов, Б. А. Инженерно-психологическое и эргономическое проектирование / Б. А. Смирнов, Ю. И. Гулый. – Харьков: Гуманитарный Центр, 2010. – 380 с.

*Аннотация.* Выполнение механизированных работ в сельскохозяйственном производстве связано с воздействием на операторов факторов производственной среды, которые определяют состояние условий труда, влияющих на состояние травматизма и возникновение профессиональных заболеваний работающих. Выявление возможных причин производственных несчастных случаев, профессиональных заболеваний на основе изучения психологических механизмов надежности оператора и разработка мероприятий и требований, направлено на создание безопасных условий труда работающих.

*Ключевые слова:* условия труда, безопасность, оператор, сельскохозяйственные машины, психология.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т. В. САЧИВКО, канд. с.-х. наук, доцент  
В. Н. БОСАК, д-р с.-х. наук, профессор

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

**Введение.** В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС в Республике Беларусь радиоактивному загрязнению цезием-137 с плотностью выше  $37 \text{ кБк/м}^2$  ( $1 \text{ Ки/км}^2$ ) подверглось более 1,8 млн. га сельскохозяйственных угодий (около 20 % их общей площади), что потребовало разработки комплекса мероприятий по их реабилитации и постепенному вовлечению в хозяйственный оборот [1–16].

**Основная часть.** В отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС произошли существенные изменения по уровню и площадям радиоактивного загрязнения земель. В связи с этим ведущими научными учреждениями Республики Беларусь предложены новые нормативные материалы по ведению сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами землях.

К основным новым нормативным материалам по ведению сельскохозяйственного производства относятся:

– Рекомендации по эффективному использованию почв с высокими параметрами перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растениеводческую продукцию / Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск, 2019. – 76 с.;

– Рекомендации по применению органических удобрений на загрязненных радионуклидами пахотных землях в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2020. – 28 с.;

– Методика крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И. М. Богдевич [и др.]. – Минск, 2020. – 45 с.;

– Рекомендации по эффективному использованию загрязненных радионуклидами эрозионноопасных земель / Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск, 2021. – 32 с.;

– Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск, 2021. – 144 с.

– Рекомендации по оптимизации возделывания сельскохозяйственных культур в почвенно-радиоэкологических условиях Гомельской и Могилевской областей / Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск, 2021. – 83 с.

В рекомендациях по эффективному использованию почв с высокими параметрами перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растениеводческую продукцию предложен комплекс мероприятий по снижению накопления радионуклидов в товарной продукции.

В рекомендациях по применению органических удобрений на загрязненных радионуклидами пахотных землях в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС изложены основные результаты научных исследований по эффективности применения органических удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на радиоактивно загрязненных землях. Производству предложена система применения органических удобрений, обеспечивающая бездефицитный баланс гумуса почв, повышение урожайности сельскохозяйственных культур и снижение накопления в продукции радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  для ведения рентабельного производства в условиях радиоактивного загрязнения.

В «Методике крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» изложены требования, предъявляемые к проведению крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель, порядок утверждения и согласования результатов.

Рекомендации по эффективному использованию загрязненных радионуклидами эрозивноопасных земель разработаны с целью оптимизации использования эрозивноопасных земель, находящихся в сельскохозяйственном землепользовании на территории радиоактивного загрязнения. В рекомендациях приведены данные по радиоактивному загрязнению и эродированности почв сельскохозяйственных земель. Приводятся рекомендации по размещению сельскохозяйственных культур в зависимости от плотности загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  и целевого назначения растениеводческой продукции (пищевые, кормовые и технические цели). Описываются принципы формирования севооборотов и структуры посевов на основе подбора сельскохозяйственных культур с разной почвозащитной способностью.

Представлены рекомендуемые севообороты и соотношение культур для разных агротехнологических групп эрозивно-опасных земель, а



также системы обработки эродированных почв, загрязненных радионуклидами.

Рекомендации по оптимизации возделывания сельскохозяйственных культур в почвенно-радиоэкологических условиях Гомельской и Могилевской областей разработаны с целью оптимизации размещения и возделывания сельскохозяйственных культур в почвенно-радиоэкологических условиях Гомельской и Могилевской областей. В рекомендациях приведена оценка радиологической и агрономической пригодности почв для возделывания основных сельскохозяйственных культур на территории радиоактивного загрязнения Гомельской и Могилевской областей. Построены картограммы удельного веса почв, пригодных под различные сельскохозяйственные культуры по административным районам. Приводятся рекомендации по размещению культур в зависимости от плотности загрязнения почв  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  и целевого назначения растениеводческой продукции.

Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы являются переработанным и дополненным изданием «Рекомендаций по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012–2016 годы». Рекомендации регламентируют порядок ведения производства на загрязненных радионуклидами землях и являются методической основой для производства продуктов питания с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней.

**Заключение.** Разработка и внедрение в производство новых рекомендаций по ведению сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами землях в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС обеспечит получение нормативно чистой продукции растениеводства и животноводства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. М. Забяспячэнне радыяцыйнай бяспекі ў аграпрамысловым комплексе / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 20.
2. Босак, В. М. Забяспячэнне бяспекі жыццядзейнасці ў аграпрамысловым комплексе / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамнянкова // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2022. – С. 76–77.
3. Босак, В. Н. Нормативно-правовое обеспечение радиационной безопасности в Республике Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // 30 лет после Чернобыльской катастрофы. Роль союзного государства в преодолении ее последствий. – Горки: БГСХА, 2015. – С. 249–252.

4. Босак, В. Н. Обеспечение продовольственной безопасности регионов, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Развитие агропромышленного производства и сельских территорий. – Новосибирск, 2016. – С. 70–74.
5. Босак, В. Н. Обеспечение радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Дальневосточная весна – 2016. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2016. – С. 131–133.
6. Босак, В. Н. Организация защиты населения и объектов от чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь / В. Н. Босак // Дальневосточная весна – 2014. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2014. – С. 19–22.
7. Босак, В. Н. Особенности нормативно-правового обеспечения радиационной безопасности в Республике Беларусь / В. Н. Босак, И. Т. Ермак, О. Ф. Смянович // Дальневосточная весна – 2015. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2015. – С. 249–252.
8. Босак, В. Н. Особенности проведения йодной профилактики / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2018. – С. 25.
9. Босак, В. Н. Проведение радиационного контроля в Республике Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Система управления экологической безопасностью. – Екатеринбург: УрФУ, 2018. – С. 234–236.
10. Использование радиационных технологий в сельском хозяйстве / А. В. Домненкова [и др.] // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2022. – С. 86–89.
11. Кошман, А. И. Правовые вопросы обеспечения гражданской обороны в Республике Беларусь / А. И. Кошман, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы. – Минск: КИИ, 2012. – С. 314–315.
12. Поставка древесного топлива с соблюдением норм и правил обеспечения радиационной безопасности А. В. Домненкова [и др.] // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2022. – С. 83–85.
13. Сачивко, Т. В. Мероприятия по обеспечению радиационной безопасности в сельском хозяйстве / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 46–49.
14. Сачивко, Т. В. Новые рекомендации по ведению сельского хозяйства на территории радиоактивного загрязнения / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак, А. В. Домненкова // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2022. – С. 78–79.
15. Сачивко, Т. В. Особенности мероприятий по обеспечению радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь / Т. В. Сачивко, Ю. В. Азаренко, В. Н. Босак // 30 лет после Чернобыльской катастрофы. Роль союзного государства в преодолении ее последствий. – Горки: БГСХА, 2015. – С. 189–193.
16. Сачивко, Т. В. Правовое обеспечение радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 166–169.

*Аннотация.* Представлен анализ новых рекомендаций по ведению сельского хозяйства и получению нормативно чистой продукции растениеводства и животноводства в отдаленный после аварии на Чернобыльской АЭС период.

*Ключевые слова:* радиационная безопасность, поступление радионуклидов, сельское хозяйство, растениеводство, животноводство.

## ЭРГОНОМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Н. Г. СЕРЕБРЯКОВА, канд. техн. наук, доцент

Т. В. МОЛОШ, канд. техн. наук, доцент

Е. И. ПОДАШЕВСКАЯ, ст. преподаватель

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Одними из мер, направленных на повышение технического уровня и эффективности использования сельскохозяйственной техники, особое место занимает повышение безопасности и эргономичности машин. Обеспечение здоровых и безопасных условий труда операторов позволяет ускорить решение социальных и экономических задач в сельскохозяйственном производстве, повысить производительность труда, сохранить и привлечь трудовые ресурсы, а также повысить конкурентоспособность на мировом рынке [1, 4, 6].

**Основная часть.** Совершенствование сельскохозяйственной техники путем повышения ее энергонасыщенности, увеличения рабочих скоростей при выполнении технологических операций и проведения многооперационных работ зависит от ряда факторов: структуры деятельности человека при работе на машине, пространственно-компоновочного решения рабочего места, факторов, генерируемых машиной в рабочую зону, эргономических характеристик машины и ее элементов [2].

Охарактеризовать уровень безопасности и эргономичности машин и определить степень оптимизации в системе «человек – машина – среда» (СЧМС) возможно на основе комплексной оценки уровня безопасности и эргономичности.

Следует рассматривать особенности труда и профессиональной деятельности человека как субъекта операторской деятельности при взаимодействии с техникой; принципы и методы создания СЧМС, обеспечивающие требования эргономичности техники, безопасной жизнедеятельности и условий труда пользователей, проблемы коммуникативного и информационного взаимодействия оператора или группы операторов с техническими средствами при применении информаци-

онных технологий; эргономические проблемы проектирования профессиональной деятельности человека.

При проектировании современных сельскохозяйственных машин следует учесть не только надежно и качественно выполняемые возложенные на них функции, но также трудовые затраты и средства на их изготовление, на обучение обслуживающего их персонала, соотнося эти показатели с тем эффектом, который будет давать применение такой техники, с ожидаемым на них спросом [5].

Создаваемые системы должны быть пригодны для быстрого и гибкого приспособления к выполнению новых задач, возникающих в связи с изменением внешних и внутренних условий их функционирования.

Следовательно, при разработке и создании техники необходимо ориентироваться не только на достижение уже имеющихся целей, разрешение существующих задач, но и на прогнозирование новых условий и вариантов их действия, перспектив их дальнейшего использования. При этом надо учитывать, что ошибки, допущенные при проектировании, отсутствие отдельных целей, факторов, особенностей работ – могут приводить к большим потерям материального и социального порядка.

В связи с этим проектирование сложных систем представляет собой многоступенчатую задачу, включающую в себя ряд крупных проблем: научное исследование целей, возможностей, условий, перспектив и прочих факторов, определяющих выбор, создание и применение данной системы; выбор на основе этих данных принципа и структуры, удовлетворяющих предъявляемым к ней требованиям; проектно-конструкторские разработки и изготовление системы; эксплуатация сельскохозяйственной техники.

Для создания безопасных условий труда операторов мобильной техники в СЧМС можно выделить две подсистемы: «человек» и «машина». Подсистема «машина» может рассматриваться в связи с подсистемой «человек» или наоборот. Определение ведущей подсистемы осуществляется исходя из конкретных условий решаемой задачи.

При анализе проблемы создания современной СЧМС можно рассматривать в виде отдельных аспектов такие задачи, как техническое, инженерно-психологическое и художественное проектирование. С точки зрения системотехнического подхода, такое разделение проблемы проектирования системы следует понимать как чисто условное, поскольку эти задачи тесно связаны между собой.

Если в теоретическом плане, при соответствующих допущениях, в какой-то мере еще возможно рассматривать эти аспекты раздельно, то в практическом рассматривается единый процесс системотехнического проектирования. Такое проектирование основано на учете сложной совокупности требований человека, управляющего системой, в сочетании с требованиями технического, экономического и прочих порядков, возможно в настоящее время при посредстве методов системотехники.

В связи с этим одной из причин создания инженерной психологии является появление машин, способных выполнять некоторые интеллектуальные человеческие функции (мышления, управления, организации). Это обстоятельство привело к тому, что в целом ряде задач возможности человека и машины в современной системе стали соизмеримы, в связи с чем возникла проблема распределения функций между человеком и машиной.

Вместе с тем были выделены существенные различия между человеком и машиной как компонентами системы, показывающими, что проблема распределения функций должна рассматриваться и как техническая, и как психологическая.

На современном этапе, когда в основе производства и транспорта стали системы или комплексы машин, оптимальные распределения функций рассматриваются как распределение функций контроля и управления. Особенности этих систем – средства автоматизации с все более высокой степенью интеллектуализации.

Распределение функций между человеком и машиной осуществляется на ранних стадиях проектирования, когда отсутствует большинство данных о работе системы и о деятельности в ней человека. К тому же необходимые для этого характеристики в свою очередь зависят от избранного варианта распределений функций.

Поэтому распределение функций оказывается многошаговым процессом, включающим в себя этап предварительного распределения и ряд последовательных коррекций этого варианта, осуществляемых уже по ходу дальнейшего проектирования [7, 8].

Наличие в рассматриваемой СЧМС человека и отсутствие строгих априорных описаний его действий уже само по себе предопределяет своеобразие процесса проектирования подобных систем. В настоящее время они проектируются методами последовательных приближений, когда на каждом последующем шаге проектирования проверяется соответствие полученных результатов заданным требованиям и на осно-

ве подобных проверок вносятся коррективы в предшествующие шаги. Поэтому такой процесс проектирования определяют, как многопетлевую структуру с обратными связями, гибко приспособленную к решаемым задачам на различных стадиях проектирования.

Согласно общепринятым стандартам, проектирование СЧМС осуществляется посредством следующих обязательных этапов, отражающих циклический характер этого процесса: разработка технического задания; разработки технического предложения; разработки эскизного проекта; разработки технического проекта; разработки рабочей документации, включающий изготовление опытных образцов и их испытание [3].

Характерной особенностью создания СЧМС является тот факт, что после формального завершения процесса ее проектирования, в условиях эксплуатации – продолжается «доводка» такой системы. Это обусловлено целым рядом причин.

Во-первых, при ее проектировании отсутствовали строгие алгоритмические описания «человеческого фактора», а в процессе сравнительно кратковременных эксплуатационных испытаний системы уточнить все эти характеристики, как правило, полностью не удается.

Во-вторых, в процессе эксплуатации происходит развитие системы: изменяются отдельные ее характеристики и связи в машинных компонентах (в результате приработки, износа и пр.), с приобретением новых навыков, накоплением опыта изменяются и операторы.

Следует отметить, что в процессе такой «доводки» особенно велика роль эргономиста. Все несоответствия и недостатки в работе системы, обнаруженные в процессе ее эксплуатации, в каждом случае ему следует анализировать с позиций: являются ли их первопричиной машинные компоненты или человек, а также изучать влияние эксплуатационных факторов на функциональное состояние операторов и их деятельность. Его деятельность начинается с логического анализа чертежей и лабораторных экспериментов до участия в эксплуатации серийных систем; от использования интуитивных соображений и субъективных суждений, до применения сложных математических моделей и строгих экспериментальных методик.

**Заключение.** Системное улучшение качества сельскохозяйственной техники, с точки зрения безопасности и эргономичности, возможно только на основе комплексной оценки уровня качества машин при их разработке, изготовлении и эксплуатации. Комплексная оценка должна объективно характеризовать уровень безопасности и эргоно-

мичности машин и определять степень оптимизации функционирования СЧМС, т. е. то оптимальное функциональное состояние работающего, которое формируется у него, когда средства труда и условия труда соответствуют его функциональным возможностям. Такая оценка уровня безопасности и эргономичности сельскохозяйственной техники должна базироваться на единых научно обоснованных принципах и методах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Значение человеческого фактора в обеспечении безопасности труда / В. Н. Босак, И. Е. Жабровский // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 294–298.
2. Вайнштейн, Л. А. Эргономика / Л. А. Вайнштейн. – Минск: БГУИР, 2018. – 370 с.
3. Голопятин, А. В. Эргономика и основы дизайна сельскохозяйственных машин / А. В. Голопятин. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2013. – 93 с.
4. Мероприятия по улучшению состояния охраны труда в организациях АПК / А. С. Алексеенко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 40 с.
5. Мунипов, В. М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды / В. М. Мунипов, В. П. Зинченко. – Москва: Логос, 2001. – 356 с.
6. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
7. Серебрякова, Н. Г. Эргономика производственных систем / Н. Г. Серебрякова, Т. В. Молош, Е. И. Подашевская. – Минск: БГАТУ, 2021. – 168 с.
8. Смирнов, Б. А. Инженерно-психологическое и эргономическое проектирование / Б. А. Смирнов, Ю. И. Гулый. – Харьков: Гуманитарный Центр, 2010. – 380 с.

*Аннотация.* Обеспечение здоровых и безопасных условий труда операторов сельскохозяйственной техники возможно только на основе комплексной оценки уровня качества машин при их разработке, изготовлении и эксплуатации. Следует рассматривать особенности труда и профессиональной деятельности человека как субъекта операторской деятельности при взаимодействии с техникой; принципы и методы создания системы «человек – машина – среда», обеспечивающие требования эргономичности техники, безопасной жизнедеятельности и условий труда работающих.

*Ключевые слова:* эргономика, оператор, проектирование, безопасность, сельскохозяйственная техника, машины, условия труда.

## **ОСОБЕННОСТИ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ И ТЕРРИТОРИЙ ОТ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

М. В. ЦАЙЦ, ст. преподаватель  
А. А. ГЛУШКОВСКАЯ, студент  
В. М. БЫЧКОВСКАЯ, студент

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

**Введение.** Обстановка в современном мире характеризуется возрастающим количеством стихийных бедствий, катастроф, войн, террористических актов, а также чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые имеют тяжелые последствия. Ресурсы, затрачиваемые на ликвидацию последствий ЧС, значительно превышают расходы, выделяемые на обеспечение безопасности. Тенденция к постоянному росту масштабов ЧС природного и техногенного характера приводит к все более негативному влиянию на социально-экономическое развитие страны. В этой связи процесс снижения риска бедствий требует переосмысления и переориентации в сторону его управления [2–8, 10–12].

Для Республики Беларусь ежегодные потери в сельском и лесном хозяйстве, топливном комплексе, энергетике, транспортном и строительном секторе, отрасли связи и жилищно-коммунальной сфере от связанных с погодными условиями бедствий составляют в среднем 1 % ВВП, в целом от погодных явлений зависит более 40 % ВВП [11].

Для достижения условий устойчивого развития государства путем повышения безопасности граждан и общества необходимо осуществить правовое развитие Национальной платформы снижения риска возникновения ЧС и сформировать государственную систему гражданской защиты, обеспечивающую защиту населения и территорий от ЧС [2–4].

**Основная часть.** Правовое регулирование общественных отношений в области защиты населения и территорий от ЧС всегда относилось к числу приоритетных национальных задач, непосредственное исполнение которых возлагалось на первых лиц органов власти.

Правовое регулирование отношений по защите населения и территорий в чрезвычайных ситуациях – это совокупность норм и правил, устанавливаемых законодательно с помощью нормативных правовых



актов, регулирующих отношения в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций.

Правовое регулирование защиты населения и территорий от ЧС отвечает следующим признакам [1, 9]:

- правовое регулирование в рассматриваемой сфере является разновидностью социального регулирования;

- имеет целенаправленный характер – нацелено на упорядочение общественных отношений, их охрану и защиту, вытеснения и блокировки деструктивных форм проявления поведения и деятельности субъектов права, стимулирования социального развития;

- с помощью правового регулирования отношения между субъектами приобретают определенные правовые формы, имеющие изначально государственно-властный характер. Специфика правового регулирования защиты населения и территорий от ЧС заключается, с одной стороны, в указании видов и объема гарантированного возможного поведения и, с другой стороны, в предписании видов и объема должного поведения;

- правовое регулирование носит конкретный характер, потому что всегда связано с реальными отношениями;

- правовое регулирование имеет целенаправленный характер – направлено на удовлетворение законных интересов субъектов права;

- правовое регулирование осуществляется с помощью правовых средств, обеспечивающих его эффективность (в качестве правовых средств выступают нормы и принципы права, правоприменительные акты, договоры, юридические факты, субъективные права, юридические обязанности, запреты, льготы, меры поощрения и наказания, акты реализации прав и обязанностей и т. д.);

- правовое регулирование гарантирует доведение норм права к их выполнению.

Правовое регулирование отношений в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций основывается на общепризнанных принципах и нормах международного права и осуществляется законами и иными нормативными правовыми актами Республики Беларусь, декретами, указами Президента Республики Беларусь, постановлениями Совета Министров Республики Беларусь, нормативными правовыми актами министерств, иных республиканских органов государственного управления.

Основы порядка организации защиты населения и территорий от ЧС природного и техногенного характера, а также от опасностей, воз-

никающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, определены:

– Международными договорами и соглашениями:

«Соглашение о взаимодействии в области предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (заключено в г. Минске 22.01.1993).

«Соглашение об обмене информацией о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, об информационном взаимодействии при ликвидации их последствий и оказании помощи пострадавшему населению» (республики бывшего СССР).

– Конституцией Республики Беларусь 1994 года, где гарантированы права граждан на благоприятную среду обитания, на защиту имущественных интересов физических и юридических лиц и др.

– государственным законодательством:

Законодательной основой защиты населения и территорий от ЧС военного и мирного времени служат два основных закона:

– «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 5 мая 1998 г. № 141-З. Настоящий Закон регулирует отношения в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, являющиеся в современных условиях важнейшей частью обеспечения безопасности. Он определяет общие организационно-правовые нормы в области защиты граждан РБ, иностранных граждан и лиц без гражданства, находящихся на территории РБ, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах Республики Беларусь или ее части, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей среды от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

– «О гражданской обороне» от 27 ноября 2006 г. № 183-З. Данный закон направлен на определение правовых основ гражданской обороны в Республике Беларусь, полномочий государственных органов, иных организаций, прав и обязанностей граждан в этой сфере, а также сил, привлекаемых для решения задач гражданской обороны.

Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 10 апреля 2001 г. № 495 «О Государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» определяет принципы построения, состав сил и средств, порядок выполнения задач и взаимодействия основных элементов, а также решает иные вопросы функционирования

государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20 февраля 2020 г. № 102 «О контроле радиоактивного загрязнения» определяются цели, задачи, принципы и требования к организации и осуществлению контроля радиоактивного загрязнения в связи с катастрофой на Чернобыльской АЭС, порядок функционирования системы контроля радиоактивного загрязнения, взаимодействия субъектов, входящих в ее состав, и представления информации о результатах контроля радиоактивного загрязнения.

В развитие этих законодательных актов и нормативных документов, в целях реализации их требований разработано, принято и действует большое количество подзаконных нормативных правовых документов, определяющих все стороны данной проблемы.

Однако в нормативном правовом регулировании на уровне субъектов типичными являются такие проблемы, как: несвоевременная актуализация норм регионального законодательства; раздробленность подзаконного регулирования; отсутствие регламентации по отдельным вопросам, требующим правового регулирования.

Дальнейшее правовое развитие Национальной платформы направлено на совершенствование организационно-правовых рамок управления риском бедствия. Необходим четкий курс, план, компетентность, ориентиры и координация на уровне отдельных субъектов Национальной платформы и между ними, а также участие соответствующих заинтересованных сторон.

Для достижения этой цели «Национальной стратегией по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы» предусмотрено: совершенствование и укрепление действенных механизмов защиты от ЧС; внедрение экономических механизмов управления рисками.

Поскольку принцип построения, наличие общих черт в структуре и функционировании гражданской обороны (ГО) и государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (ГСЧС), то создание государственной системы гражданской защиты является одним из основных направлений.

**Заключение.** Таким образом, сложившееся законодательное обеспечение вопросов защиты населения и территорий от ЧС требует своего совершенствования в рамках обозначенных вопросов. В Беларуси постепенно формируется единая нормативная правовая база в области

защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а также опасностей, возникающих при ведении военных действий или вследствие этих действий, в которой четко прослеживаются основные направления государственной политики в данной области.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андриченко, Л. В. Проблемы правового регулирования на региональном уровне защиты населения и территорий от ЧС / Л. В. Андриченко, Е. К. Назаренко // Технологии техносферной безопасности. – 2015. – № 5 (63). – С. 206–210.

2. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 312 с.

3. Безопасность жизнедеятельности человека. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 97 с.

4. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 356 с.

5. Босак, В. Н. Организация защиты населения и объектов от чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь / В. Н. Босак // Дальневосточная весна – 2014. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2014. – С. 19–22.

6. Действия команды защиты животных при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций / М. В. Цайц [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 34 с.

7. Действия сводной команды объекта по организации и проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ / М. В. Цайц [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 43 с.

8. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность / Г. А. Чернушевич [и др.]. – Минск: БГТУ, 2021. – 260 с.

9. Малышева, И. С. Правовое регулирование защиты населения и территорий от ЧС / И. С. Малышева, А. А. Селезнев // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2014. – № 1. – С. 338–340.

10. Мисун, Л. В. Безопасность деятельности человека / Л. В. Мисун, В. В. Азаренко, А. Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2018. – 140 с.

11. Национальная стратегия по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь на 2019–2030 годы. – Минск, 2018. – 44 с.

12. Пожарная безопасность в сельском хозяйстве / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 209 с.

*Аннотация.* Приведены основные действующие в Республике Беларусь нормативные правовые акты в области защиты населения и объектов от чрезвычайных ситуаций, а также гражданской обороны. Намечены пути совершенствования и развития единой правовой базы путем создания государственной системы гражданской защиты.

*Ключевые слова:* гражданская оборона, защита населения, чрезвычайная ситуация, правовое регулирование, гражданская защита.

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ РАБОТНИКОВ

Е. В. ЯКОВЛЕВА, канд. с.-х. наук, доцент

А. С. ФРОЛОВ, аспирант

Ю. С. ВАСИЛЬЕВА, магистрант

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет  
имени Н. В. Парахина»,  
Орел, Российская Федерация

**Введение.** Анализ причин производственного травматизма и профессиональной заболеваемости свидетельствует о том, что весьма часто причиной несчастных случаев со смертельным исходом или тяжелыми последствиями, аварий и профзаболеваний является некомпетентность в области охраны труда руководящих работников, которые по долгу службы обязаны заниматься превентивными (профилактическими) мерами по недопущению указанных негативных явлений и несут ответственность за обеспечение безопасности производственной деятельности [8].

Обучение охране труда – одно из важнейших направлений профилактики производственного травматизма. Поэтому одной из актуальнейших проблем системы управления охраны труда на предприятиях становится проблема обучения руководителей, специалистов, работников организаций в системе дополнительного образования с целью обновления теоретических и практических знаний в связи с повышением требований к уровню квалификации и с необходимостью освоения новых способов решения профессиональных задач [1, 2, 4].

**Основная часть.** Исследования этой проблемы и опыт практической работы позволили выявить основные противоречия в практике обучения руководящих работников безопасности и охране труда в системе дополнительного образования между:

- развитием современного производства и низким уровнем знаний руководителей в области охраны труда;
- необходимостью обучения руководящих работников безопасности и охране труда и недостаточной разработанностью содержания, методического обеспечения обучения по охране труда в системе дополнительного образования.

Для анализа деятельности обучаемого в процессе обучения используется математическая модель, представляющая обучаемого в виде

двухрежимного объекта управления, режим работы которого определяется характером процесса усвоения или контроля знаний [5].

Исследуемые процессы описаны в виде дифференциальных уравнений с неопределенными коэффициентами:

$$y'(t) = \begin{cases} T_0^{-1}U(t) - T_0^{-1}y(t), & 0 < U(t) - y_0 \leq U_{\text{пор}}; \\ 0, & U(t) - y_0 > U_{\text{пор}}; U(t) - y_0 < 0; \end{cases} \quad (1)$$

$$y'(t) = \begin{cases} T_k^{-1}U(t), & y \geq U_{T_i}; \frac{y(t)}{T_K^{-1}U(1)} \neq 1; \\ 0, & y < U_{T_i}; \end{cases} \quad (2)$$

где  $T_0$  и  $T_k$  – коэффициенты, отражающие индивидуальные способности обучаемого в соответствующем режиме работы и влияние внешней среды;  $y_0$  – начальный уровень знаний обучаемого;  $U(t)$  – управляющее воздействие (обучающий материал, тексты);  $U_{\text{пор}}$  – пороговый уровень сложности обучающего материала, который способен воспринимать обучаемый;  $U_j$  – минимальный уровень сложности тестирующего материала;  $y_{(t)}$  – текущий уровень состояния знаний.

График управления обучением в режимах усвоения и контроля знаний при использовании многоуровневой обучающей программы, полученные с использованием данной модели, приведены на рис. 1, где  $T_{pi}$  – время перевода обучаемого с  $i$ -го на  $(i + 1)$  уровень,  $T_{Fi}$  – время контроля на  $i$ -м уровне.

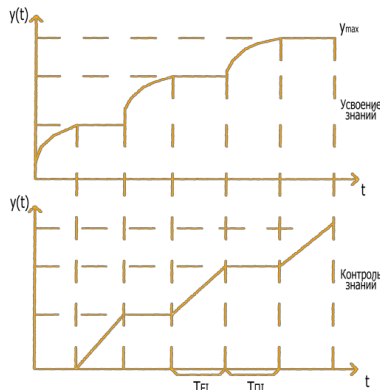


Рис. 1. График управления обучением в режимах усвоения и контроля знаний

Предметом исследования является разработка мультимедийной системы обучения и предоперационного экспресс-контроля, позволяющая проводить и контролировать обучение работника независимо от его местонахождения при помощи ноутбука, планшета или смартфона. Отличительной чертой этой программы является демонстрация видеороликов, что делает ее уникальной среди подобных программ, представленных сегодня на рынке.

Внедрение мультимедийной системы предоперационного экспресс-контроля в Орловской области проходит на предприятиях АПК АО ОПХ «Красная звезда» и ЗАО «Куракинское» [6].

Применение мультимедийной системы предоперационного экспресс-контроля предполагает ее использование работниками на предприятиях АПК Орловской области, после прохождения ими первичного инструктажа, в качестве проверки усвоения полученных знаний. Специалист по ОТ предоставляет полный доступ к программе непосредственному руководителю работ, который проводит первичный инструктаж и проверку знаний работника при помощи данной программы. Также использование мультимедийной системы предоперационного экспресс-контроля возможно при выдаче наряд-допуска на выполнение определенных работ, для которого необходимо проведение целевого инструктажа.

В качестве примера рассмотрим использование модели обучаемого при планировании проведения занятий (рис. 2).

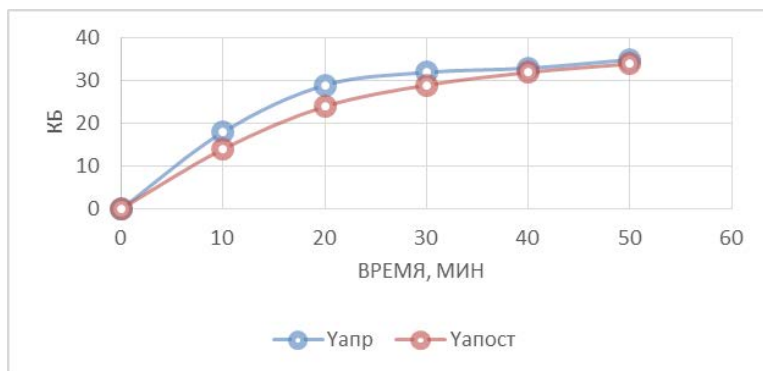


Рис. 2. Схема алгоритма обучения

По оси абсцисс, отложено время (в минутах), по оси ординат – объем предоставленного учебного материала  $Y_{\text{апр}}$  и объем усвоенного учебного материала  $Y_{\text{апост}}$  в Кб [7].

Данные кривые были построены следующим образом. Группе ИТР было предложено внимательно прочитать в течении 2 мин текст. Средний объем прочитанного текста составил 3.55 Кб, исходя из этого был определен первоначальный объем предоставляемого учебного материала, причем обучение проводилось незнакомым нормативно-техническим актам. После каждых 10 мин обучения проводился контрольный опрос, в результате которого определялся уровень усвоения учебного материала и значения коэффициента  $T_0$  – времени усвоения одного Кб информации (в минутах), на основании которых рассчитывался объем учебного материала на последующие 10 минут обучения.

График, отражающий изменение среднего значения коэффициента  $T_0$  (для группы ИТР), представлен на рис. 3.

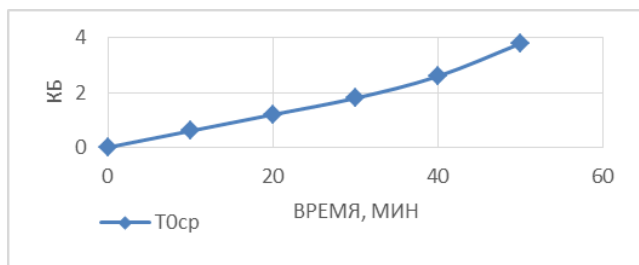


Рис. 3. График изменения среднего значения  $T_0$

Полученные кривые были использованы при планировании хода проведения занятий для данной группы ИТР. При этом по сравнению с группой ИТР, планирование занятий, для которых проводилось эмпирически, время обучения было снижено на 20 %.

Выполняя итоговое тестирование, слушатели закрепляют полученные в процессе обучения знания и навыки, запоминают ситуацию, предложенную в вопросе, и смогут применить новые знания и навыки в своей профессиональной деятельности. При тестировании выбор слушателем неправильного ответа всегда сопровождается видеороликом, который позволяет выявить и запомнить свою ошибку на практическом примере. Наличие в обучающей системе таких видеороликов помогает закрепить полученные знания. Результаты выполнения те-



стирования конкретного слушателя в обучающей системе представлены в виде ведомости выполнения тестирования, доступного только для руководителя организации. Данные ведомости в обязательном порядке предоставляются комиссии по проверке знаний [8].

Суть проекта является логическим продолжением исследований оценки условий труда работников и разработки комплекса организационно-технических мероприятий, выполненных сотрудниками и студентами кафедры «Техносферная безопасность».

На примере производств АПК разработан прототип мультимедийной тестовой системы предоперационного экспресс-контроля корректности усвоения материала целевого инструктажа перед выполнением работ по наряду-допуску, требующих осуществления специальных организационных и технических мероприятий, а также постоянного контроля за их производством: огневые работы на временных рабочих местах, работы на крыше зданий, в резервуарах, колодцах, подземных сооружениях.

На примере внедрения в сельскохозяйственные предприятия Орловской области мультимедийной системы предоперационного экспресс-контроля, позволяющей проверить и оценить профессиональные знания работника перед его трудовой деятельностью, было показано снижение уровня производственного травматизма [3].

Снижения уровня травматизма на предприятии можно добиться, подходя к решению проблемы комплексно. Используя нашу систему предоперационного экспресс-контроля, работодатель будет уверен в том, что охрана труда на его предприятии – это четкий и отлаженный механизм, позволяющий сохранить жизнь и здоровье его работников.

Мультимедийной система предоперационного экспресс-контроля прошла апробацию и внедрена в одном из сельскохозяйственных предприятий Орловской области.

Анализ эффективности и качества обучения показал, что каждый слушатель, обучающийся по данной системе, что позволило интенсифицировать процесс обучения за счет использования специальным образом разработанных средств обучения, предусматривающих четкий отбор и структуризацию учебного материала, а также автоматизацию контроля знаний.

**Заключение.** Таким образом, адаптация производится по двум параметрам: состоянию знаний обучаемого и скорости усвоения материала (варьируются следующие параметры: объем учебного материала и

длительность его показа, а также время и степень контроля обучаемого).

Проведенный анализ результатов опыта, приобретенного при внедрении предоперационного экспресс контроля за обучением, показал, что интерес к современным образовательным технологиям в области охраны труда растет как у обучающих организаций, так и у работодателей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Особенности подготовки специалистов по охране труда в Республике Беларусь / В. Г. Андруш, В. Н. Босак // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК. – Минск: БГАТУ, 2016. – С. 69–74.

2. Босак, В. Н. Охрана труда и безопасность жизнедеятельности: перспективы преподавания / В. Н. Босак, И. Е. Жабровский, Т. В. Сачивко // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 142–145.

3. Бухтиярова, В. Ю. Обучение и контроль по охране труда как показатель профилактики травматизма / В. Ю. Бухтиярова, Е. В. Яковлева // Техносферная безопасность в АПК. – Орел, 2018. – С. 8–15.

4. Переподготовка и повышение квалификации по охране труда: опыт БГСХА / В. Н. Босак [и др.] // Перспективы развития высшей школы. – Гродно: ГГАУ, 2021. – С. 338–341.

5. Приходченко, Е. И. Психолого-педагогические условия внедрения инновационных методов в обучение охране труда / Е. И. Приходченко, В. В. Мельникова // Инновационные перспективы Донбасса. – Донецк, 2020. – С. 255–260.

6. Фролов, А. С. Система предоперационного экспресс-контроля (СПЭК) V1.0 / А.С. Фролов, Е.В. Яковлева // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ; RU 2019612033, 08.02.2019. Заявка № 2019610801 от 29.01.2019.

7. Шадрина, Е. В. Об опыте внедрения дистанционной формы обучения по охране труда / Е. В. Шадрина, Г.Н. Ильвес, С. С. Сергеева // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6. – С. 30–35.

8. Яковлева, Е. В., Программное обеспечение обучения по охране труда на предприятиях АПК / Е. В. Яковлева, Е. В. Кулакова, А. С. Фролов // Безопасность жизнедеятельности. – 2019. – № 4 (220). – С. 7–12.

*Аннотация.* Приведена система обучения работников, повышения безопасности труда и построение математической модели обучаемого. Предложена автоматизированная программа обучения и показан принцип контроля за допуском к работе.

*Ключевые слова:* обучение охране труда, математическая модель обучаемого, алгоритм обучения.

## Секция 2. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

УДК 631.67.03: 631.413.3

### ИЗМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ВОДЫ ПРИ ОМАГНИЧИВАНИИ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

А. В. КЛОЧКОВ, д-р техн. наук, профессор  
О. Б. СОЛОМКО, канд. с.-х. наук, доцент

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

**Введение.** Вода – одно из самых загадочных веществ, и на сегодняшний день нет четкого научного представления о структуре и свойствах воды. В случае магнитного воздействия на воду происходят процессы, которые традиционная наука зачастую объяснить не может [1, 2].

Магнитное поле влияет непосредственно на структуру ассоциатов воды (рис. 1). Это может привести к деформации водородных связей или перераспределению молекул воды во временных ассоциативных образованиях, которое также влечет за собой изменение физико-химических характеристик процессов, протекающих в ней [3].

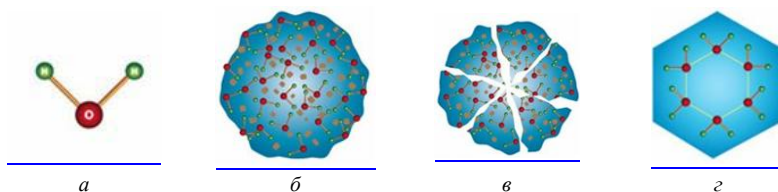


Рис. 1. Изменение структуры ассоциатов воды под действием магнитного поля:  
а – структура молекулы; б, в – ассоциаты; г – изменение структуры  
под действием магнитного поля

Накоплены экспериментальные данные, доказывающие эффективность применения магнитного поля при осуществлении различных физико-химических процессов. Зафиксированы изменения структурных, оптических, кинетических, магнитных свойств воды. Молекулы воды, их ассоциаты, гидратированные ионы совершают тепловые колебания. При воздействии на эту систему переменным магнитным по-

лем возможен резонанс с определенной группой молекул (ассоциатов), сопровождаемый деформацией связи, изменением структурной характеристики системы [4].

После воздействия на воду магнитного поля омагниченная вода становится более структурированной, чем вода обычная. В ней увеличивается скорость химических реакций и кристаллизации растворенных веществ, интенсифицируются процессы адсорбции, улучшается коагуляция примесей и выпадение их в осадок.

Согласно динамической теории омагничивания, поток вязкой жидкости сводится, с молекулярно-кинетической точки зрения, к трансляционному движению ионов и молекул воды в направлении движения приложенной силы. Считают жидкость механической системой, которая состоит из независимых частиц (ионов) и молекул воды, которые находятся в тепловом движении. На заряженные примеси, движущиеся в потоке воды под действием магнитного поля, действует сила Лоренца, которая пытается изменить траекторию движения этих частиц – закручивает вокруг магнитных линий. Возникает макроскопический поток воды: всю массу нейтральных молекул воды «тянет» одновременно множество низкомолекулярных катионов и анионов, причем источником энергии служит энергия электрического поля, а магнитное поле выполняет управляющие функции. Таким образом, под действием магнитного поля за счет эффекта Холла существенную роль играют электрические поля, вызванные электрическим зарядом поверхности раздела фаз и суммарным объемным зарядом ионов [5, 6].

Омагниченную воду успешно используют в сельском хозяйстве. Например, пятичасовое замачивание семян свеклы в магнитной воде заметно повышает урожай. Полив магнитной водой стимулирует рост и урожайность различных сельскохозяйственных культур [7].

Электропроводность является комплексным показателем, определяющим изменение свойств воды после магнитной обработки [8]. При этом практически важным является достижение требуемого технологического эффекта относительно простыми техническими средствами.

**Основная часть.** Задача проведенных исследований заключалась в определении возможностей использования перемешивания воды в магнитном поле для достижения требуемого технологического эффекта за возможно короткое время. При проведении опытов в пластиковый сосуд заливали 700 мл водопроводной воды, и с использованием электропривода вращали в ней роторный смеситель с частотой 230 и 260 об/мин. Внизу сосуда располагался постоянный ферритовый маг-

нит с максимальной индукцией 17,8–24,3 мТл, который ориентировали поочередно полюсами N и S в сторону омагничиваемой воды. Электропроводность с интервалом в 1 минуту замеряли поверенным кондуктометром МАРК-630 (рис. 2).

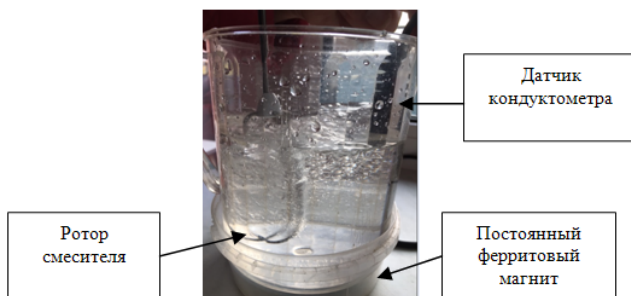


Рис. 2. Оборудование для проведения экспериментальных исследований

Измерения показали, что неподвижная вода без действия магнитного поля в течение 5 минут сохраняла постоянную электропроводность в пределах 623–624 мкСм/см (рис. 3).

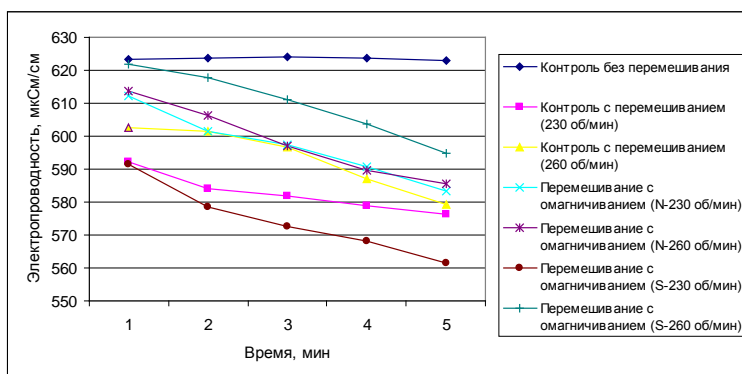


Рис. 3. Динамика электропроводности воды при различных вариантах перемешивания и магнитного воздействия

В контрольных вариантах с перемешиванием воды электропроводность за время опыта снижалась на 15,6–23,2 мкСм/см и была более значительной при повышенной частоте вращения ротора.

При перемешивании воды в поле действия магнита снижение электропроводности было более значительным и составляло 27,0–29,9 мкСм/см (рис. 4).

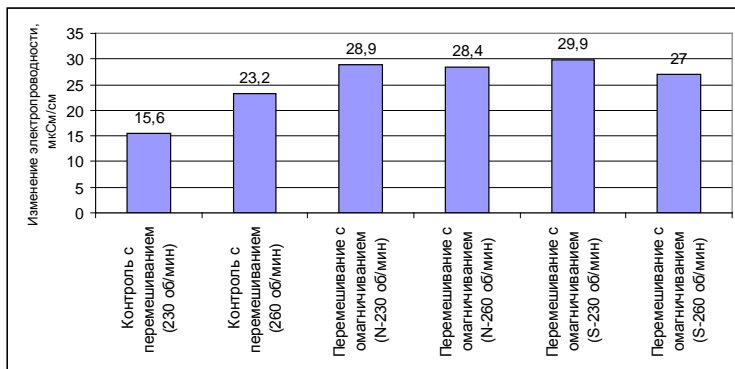


Рис. 4. Максимальное изменение электропроводности воды при различных вариантах перемешивания и магнитного воздействия за 5 минут

В итоге в сравнении с перемешиванием без действия магнитного поля электропроводность воды снижалась на 16–92 %. Влияние частоты вращения смесителя в исследованных пределах 230–260 об/мин не оказывало на процесс значительного влияния, хотя заметно проявилась в контрольных вариантах перемешивания без действия магнитного поля. Исследованные варианты ориентации магнита полюсами N и S также не выявили значительных преимуществ по действию на электропроводность.

**Заключение.** Для активизации магнитного воздействия на воду целесообразно проводить ее перемешивание. При этом дополнительное воздействие магнитным полем в 17,8–24,3 мТл за относительно короткое время (5 минут) в исследуемом объеме воды (700 мл) обеспечивает снижение электропроводности на 16–92 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кузнецова, С. Ю. Магнитные свойства воды / С. Ю. Кузнецова // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 10. – С. 49–51.

2. Зацепина, Г. Н. Физические свойства и структура воды / Г. Н. Зацепина. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1998. – 184 с.

3. Анализ процессов, обуславливающих влияние магнитного поля на структуру и свойства воды / В. А. Власов [и др.]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-protsessov-obuslavlyayuschih-vliyanie-magnitnogo-polya-na-strukturu-i-svoystva-vody>

4. Воздействие электромагнитного излучения КВЧ - и СВЧ - диапазонов на жидкую воду Л. Д. Гапочка [и др.] // Вестник МГУ. Серия. Физ. астрон. – 1994. – Т. 35, № 4. – С. 71–76.

5. <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=9082>.

6. <http://labprice.ua/ru/stati/vliyanie-magnitnogo-polya-na-svoystva-vody>

7. Новицкий, Ю. И. Действие постоянного магнитного поля на растения / Ю. И. Новицкий, Г. В. Новицкая; ответственный редактор член-корреспондент РАН Вл. В. Кузнецов; Российская академия наук, Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева. – Москва: Наука, 2016. – 350.

8. Классен, В. И. Омагничивание водных систем / В. И. Классен. – Москва: Химия, 1973. – 239 с.

*Аннотация.* Электропроводность является комплексным показателем, определяющим изменение свойств воды под влиянием магнитной обработки. Актуальной задачей является быстрое достижение требуемого технологического эффекта относительно простыми техническими средствами. Активизацию магнитного воздействия на воду путем перемешивания при воздействии магнитным полем в 17,8–24,3 мТл за относительно короткое время обеспечило снижение электропроводности на 16–92 %.

*Ключевые слова:* свойства воды, электропроводность, омагниченная вода, перемешивание.

УДК 621.318.2(031):631.67.03

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОМАГНИЧИВАНИЯ ВОДЫ ФЕРРИТОВЫМ И НЕОДИМОВЫМ МАГНИТАМИ**

А. В. КЛОЧКОВ, д-р техн. наук, профессор

О. Б. СОЛОМКО, канд. с.-х. наук, доцент

А. А. ЕМЕЛЬЯНЕНКО, В. С. ЧЕРНИКОВ, магистранты

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

**Введение.** Для омагничивания воды и других сельскохозяйственных растворов могут использоваться различные типы магнитов. Их свойства определяются характеристиками размагничивающего участка петли магнитного гистерезиса материала магнита: чем выше остаточ-

ная индукция и коэрцитивная сила, тем выше намагниченность и стабильность магнита [1–5].

Постоянный магнит – изделие из магнитотвердого материала с высокой остаточной магнитной индукцией, сохраняющее состояние намагниченности в течение длительного времени. Постоянные магниты изготавливаются различной формы и применяются в качестве автономных (не потребляющих энергии) источников магнитного поля.

Материал, из которого изготовлен постоянный магнит, определяет его свойства: чем выше коэрцитивная сила, и чем выше остаточная магнитная индукция, тем сильнее и стабильнее магнит.

Коэрцитивная сила (от латинского *coercitio* – «удерживание») – это значение напряжённости магнитного поля, необходимое для полного размагничивания ферро- или ферритмагнитного вещества. Таким образом, чем большей коэрцитивной силой обладает конкретный магнит, тем он устойчивее к размагничивающим факторам.

По типу взаимодействия материалов с магнитным полем различают:

- ферромагнетики – материалы, которые обычно и считаются магнитными, эти материалы могут сохранять намагниченность и стать постоянными магнитами;
- ферритмагнетики сходны с ферромагнетиками, но слабее их;
- парамагнетики – такие вещества, как платина, алюминий и кислород, которые слабо притягиваются к магниту;
- диамагнетики – вещества, намагничивающиеся против направления внешнего магнитного поля (углерод, медь, вода и пластики), отталкиваются от магнита.

Наибольшее практическое применение получили неодимовые и ферритовые постоянные магниты. Редкоземельные неодимовые магниты (неодим-железо-бор) изготавливаются прессованием или литьем из интерметаллида. Преимуществами неодимовых магнитов являются высокие магнитные свойства, а также невысокая стоимость. В связи со слабой коррозионной устойчивостью обычно покрываются медью, никелем или цинком. Неодимовые магниты на сегодняшний день востребованы в различных отраслях и представляются наиболее перспективными. Сплав неодим-железо-бор позволяет создавать магниты для различных устройств. Высокая коэрцитивная сила порядка 1000 кА/м и остаточная намагниченность порядка 1,1 Тл, позволяют магниту сохраняться на протяжении многих лет. За 10 лет неодимовый магнит теряет лишь 1 % своей намагниченности, если температура его в усло-



виях эксплуатации не превышает +80 °С (для некоторых марок – до +200 °С). Таким образом, лишь два недостатка есть у неодимовых магнитов – хрупкость и низкая рабочая температура.

Ферритовые магниты хоть и отличаются хрупкостью, но обладают хорошей коррозионной стойкостью, что при невысокой цене делает их наиболее распространенными. Такие магниты изготавливают из сплава оксида железа с ферритом бария или стронция. Данный состав позволяет материалу сохранять свои магнитные свойства в широком температурном диапазоне – от –30 °С до +270 °С. Ферритовые магниты имеют коэрцитивную силу порядка 200 кА/м и остаточную магнитную индукцию порядка 0,4 Тл. В среднем ферритовый магнит может прослужить от 10 до 30 лет.

**Основная часть.** Цель исследований заключалась в определении степени влияния на омагничиваемую воду неодимового и ферритового магнитов со сходными параметрами магнитной индукции (таблица) при различных вариантах перемешивания воды в магнитном поле.

**Основные параметры исследованных магнитов**

Виды магнитов	Диаметр, мм		Масса, г	Магнитная индукция, мТл	
	наружный	внутренний		максимальная	на расстоянии 10 мм
Неодимовый	50,0	24,0	56,0	218,0–220,0	19,3–21,7
Ферритовый	75,0	28,0	222,0	17,8–24,3	13, 2–23,8

Следует отметить, что максимальная магнитная индукция неодимового магнита была значительно выше (в 9–12 раз), чем у ферритового. При этом на удалении от плоскости магнита на 10 мм разница в показателях индукции была уже незначительной.

При проведении опытов в пластиковый сосуд заливали 700 мл водопроводной воды, и с использованием электропривода вращали в ней роторный смеситель с частотой 230 и 260 об./мин. Внизу сосуда располагали исследуемые магниты, которые ориентировали поочередно полюсами N и S в сторону омагничиваемой воды. Электропроводность с интервалом в 1 минуту активного перемешивания измеряли поверенным кондуктометром МАРК-630 в пятикратной повторности с последующим расчетом среднего значения. Затем сравнивали динамику изменений электропроводности по вариантам опытов с использованием неодимового и ферритового магнитов.

Измерения показали, что неподвижная вода без действия магнитного поля в течение 5 минут сохраняла постоянную электропроводность (мкСм/см) в пределах:

594,4–596,4 – для серии опытов с неодимовым магнитом;

623,0–623,5 – для серии опытов с ферритовым магнитом.

В контрольных вариантах с перемешиванием воды электропроводность (мкСм/см) за время опыта снижалась на:

23,6–24,2 – неодимовый магнит;

15,6–23,2 – ферритовый магнит.

При перемешивании воды в поле действия магнита снижение электропроводности (мкСм/см) было более значительным и составляло (рис. 1):

28,6–47,7 – неодимовый магнит;

27,0–29,9 – ферритовый магнит.

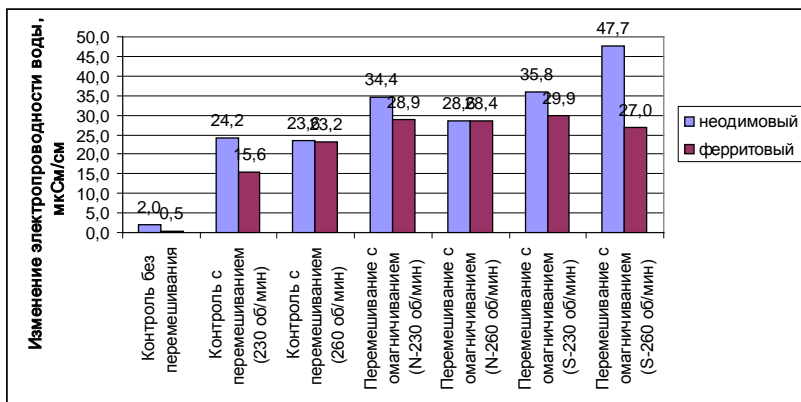


Рис. 1. Изменение электропроводности воды в исследованных вариантах опытов при использовании неодимового и ферритового магнитов

Результаты проведенных исследований показывают, что без проведения перемешивания за время 5 минут электропроводность изменяется незначительно (на 0,5–2,0 мкСм/см). Дополнительное воздействие магнитного поля снижает электропроводность воды на 18–202 % при использовании неодимового магнита, и на 16–92 % при работе с ферритовым магнитом в сравнении с вариантами перемешивания без действия магнитного поля.

Влияние частоты вращения смесителя в исследованных пределах 230–260 об/мин не оказывало на процесс заметного влияния.

Увеличение степени воздействия отмечено при ориентации магнита полюсом S в сторону воды и повышенных оборотах смесителя.

**Заключение.** Перемешивание воды в зоне действия магнитного поля обеспечивает снижение ее электропроводности на 16–202 %. Применение неодимового магнита позволило получить более высокие результаты воздействия. Ориентация полюсов и обороты ротора при перемешивании не оказывали на процесс существенного воздействия. Неодимовый магнит имеет значительно меньшие габариты и массу.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вонсовский, С. В. Магнетизм. Магнитные свойства диа-, пара-, ферро-, антиферро- и ферромагнетиков / С. В. Вонсовский. – Москва: Наука, 1971. – 132 с.

2. Клочков, А. В. Разработка устройства к опрыскивателю для омагничивания воды / А. В. Клочков, А. Е. Маркевич, А. А. Емельяненко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 58–62.

3. Новицкий, Ю. И. Действие постоянного магнитного поля на растения / Ю. И. Новицкий, Г. В. Новицкая; ответственный редактор член-корреспондент РАН Вл. В. Кузнецов; Российская академия наук, Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева. – Москва: Наука, 2016. – 350.

4. Савельев, И. В. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика: курс общей физики / И. В. Савельев. – Москва: Наука, 1978. – 480 с.

5. Савельев, И. В. Электричество и магнетизм: курс общей физики / И. В. Савельев. – Москва: Астрель/АСТ, 2004. – Т. 2. – 336 с.

*Аннотация.* Для омагничивания воды могут применяться неодимовые и ферритовые магниты. Их сравнительные испытания проведены с определением изменения электропроводности воды при различных вариантах воздействия. Перемешивание воды в зоне действия магнитного поля обеспечивает снижение ее электропроводности на 16–202 %. Применение неодимового магнита позволило получить более высокие результаты воздействия. Ориентация полюсов и обороты ротора при перемешивании не оказывали на процесс существенного воздействия. Неодимовый магнит имеет значительно меньшие габариты и массу.

*Ключевые слова:* неодимовый магнит, ферритовый магнит электропроводность, омагничивание воды.

## ПАРАМЕТРЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕМЯН С ОТРАЖАТЕЛЬНЫМИ ПЛАСТИНАМИ В СОШНИКАХ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕЯЛКИ

А. С. АНИЩЕНКО, ст. преподаватель  
А. В. КЛОЧКОВ, д-р техн. наук, профессор  
В. А. ГЕРМАКОВСКИЙ, студент

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

**Введение.** Устанавливаемые в сошниках рядового посева мундштуки на выходе из семяподающих патрубков оказывают непосредственное влияние на равномерность распределения семян в рядке [1–3]. Их воздействие в значительной мере определяется подачей зерна высевальным аппаратом сеялки. Высевальные аппараты катушечного типа подают семена порциями. Это вызывает неравномерность распределения семян по длине бороздки.

Порционность посева, создаваемая высевальным аппаратом, несколько сглаживается семяпроводом на пути движения семян. Однако семяпровод не обеспечивает требуемой равномерности зернового потока. Если высевальный аппарат подает зерна равномерно, то семяпровод, наоборот, может оказать даже отрицательное влияние. Все это приводит к тому, что не достигается точное распределение семян. Поэтому выравниватели потока семян с отражательными пластинами предлагается разместить в сошниках пневматической сеялки.

**Основная часть.** Семена из семенного ящика пневматической сеялки подаются высевальными аппаратами в семяпроводы, и дальнейшее их движение происходит под действием сил веса и воздушного потока. Из семяпровода семена поступают в рабочее пространство сошника. Характер движения зерен внутри сошника, их распределение, скорость и ускорение семян в конце траектории движения зависят от формы отражательной поверхности, площади ее поперечного сечения и угла постановки.

В результате взаимодействия зерна отражаются и, рассеиваясь, падают в бороздку, или же скатываются по отражательной поверхности. В обоих случаях равномерность распределения и характер движения семян определяются параметрами отражателей. Распределение зерен на поверхности поля после отражения является функцией целого ряда

переменных, временами совершенно случайных, действующих на каждом отдельном отрезке времени.

Для определения траектории движения семян при взаимодействии с отражательной пластиной была выполнена серия опытов, которые проводились на лабораторной установке, состоящей из пневматической системы объемного высева, штатива, на кронштейне которого закреплялся патрубок сошника агрегата АППМ-6 с отражательной пластиной, которая устанавливалась под различным углом. Опыты проводились для отражательных пластин из разных материалов: металл, пластмасса, резина.

Семена из сошникового патрубка попадали на поверхность отражательной пластины, отскакивая от которой, в последующем рассеивались. Патрубок (рис. 1) устанавливался так, чтобы его нижняя часть была расположена под углом  $\delta = 46^\circ$  к горизонтали (угол соответствует конструкции базового сошника). Скорость воздушного потока составляла 3 м/с. Движение семян фиксировалось при помощи скоростной видеосъемки с частотой 240 кадров в секунду. В дальнейшем на полученный видеоматериал накладывалась миллиметровая сетка и, с помощью компьютерной программы QuickTime, покадрово фиксировалось перемещение семян до и после отражательной пластины. Траекторию движения семян переносили на рабочий стол чертежно-конструкторского редактора «Компас-3D», где в последующем определяли угол падения семян  $\alpha$  и угол отражения  $\beta$ . В процессе проведения опытов изменялся угол установки пластины  $\gamma$  (угол между плоскостью выходного отверстия патрубка и плоскостью отражательной пластины). Каждый опыт повторялся 10 раз.

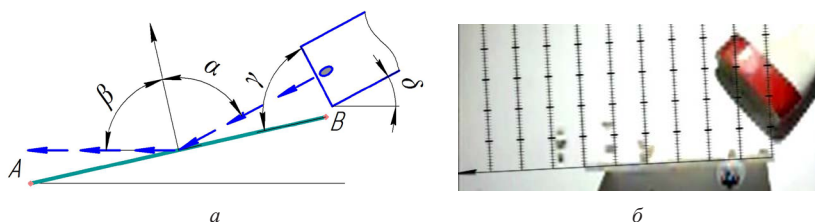


Рис. 1. Взаимодействие семян с отражателем:  
а – схема траектории движения; б – фотокадр с фиксацией положения семян

Согласно Н. С. Яковлеву [4], угол падения семян на пластину  $\alpha$  и угол их отражения от пластины  $\beta$  связаны между собой соотношением:

$$\operatorname{tg} \alpha = k \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

где  $k$  – коэффициент восстановления при ударе о пластину.

Определив экспериментально углы  $\alpha$  и  $\beta$  и подставив их в вышеупомянутое выражение, можно найти значения коэффициента  $k$ . Средние значения коэффициентов восстановления представим в виде графика (рис. 2).

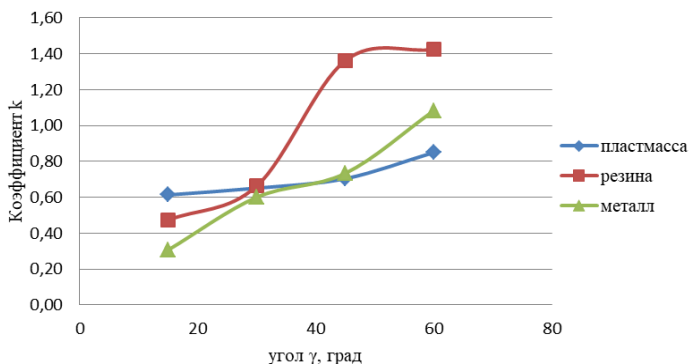


Рис. 2. Зависимость коэффициента восстановления  $k$  от угла  $\gamma$

Анализируя график, можно отметить, что в результате опытов определены значения коэффициента восстановления  $k$  и что он изменяется в широких пределах с тенденцией увеличений при росте угла  $\gamma$ , особенно при использовании резиновой отражательной поверхности.

**Заключение.** Разработана методика определения коэффициента восстановления семян при ударе о поверхность отражательной пластины. Значение коэффициента восстановления семян варьируется в широких пределах, так как семена зерновых культур имеют форму эллипсоида, и в зависимости от положения зерна на плоскости характер его последующего движения будет различным.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анищенко, А. С. Сравнительные исследования вариантов устройств для повышения продольной равномерности распределения семян при посеве / А. С. Анищенко, А. В. Ключков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2018. – Вып. 3. – С. 37–41.

2. Анищенко, А. С. Эффективность использования устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка / А. С. Анищенко, О. В. Гордеенко, В. В. Гусаров, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 54–57.

3. Сошник пневматической сеялки: пат. 12717 У Респ. Беларусь, МПК А 01D 65/00 (2006.01) / А. В. Клочков, А. С. Анищенко; заявители: Клочков А. В., Анищенко А. С. – № u20210063 заявл. 2021.03.25; опубл. 2021.08.02 // Афіцыйны бюлетэнь / Нацыянальны цэнтр інтэлектуальнай уласнасці. – 2014. – № 1. – С. 145.

4. Яковлев, Н. С. Определение коэффициента восстановления скорости семян при ударе о рассекающий сошник / Н. С. Яковлев // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2015. – № 1. – С. 101–105.

*Аннотация.* Приведены результаты исследований по изучению закономерности отражения семян при их ударе о различные наклонные поверхности. Установлено, что значение коэффициента восстановления семян варьируется в широких пределах.

*Ключевые слова:* продольная равномерность, коэффициент восстановления, отражательная пластина.

УДК 632.08:632.982

## СНОС ПРИ ВНЕСЕНИИ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ ПЕСТИЦИДОВ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО УПРАВЛЕНИЕМ

О. В. ГОРДЕЕНКО<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент

Г. А. ГРУША<sup>1</sup>, аспирант

И. С. КРУК<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Спрос на продукцию растениеводства и ожидание максимальной урожайности приводят к более интенсивным методам ведения сельского хозяйства во всем мире. Культурные растения энергично подвергаются нападению травоядных насекомых и других вредителей, таких как фитопатогены и моллюски. По факту потери из-за вредителей и болезней составляют около 35 % на поле и 14 % при хранении, что дает общие потери около 50 % сельскохозяйственных культур ежегодно (без учета потерь от сорняков). Генетически и биологически сорняки легко адаптируются к различным условиям возделывания,

вторгаются в посевы и конкурируют с ними, а также вызывают быстрое распространение болезней и вредителей сельскохозяйственных культур. Потенциальные потери урожая только от 40 наиболее вредоносных сорняков могут составлять 30 % и более [1, 2].

В этом аспекте важным элементом современных технологий возделывания сельскохозяйственных культур является защита растений от вредителей, болезней и сорняков.

Защита растений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур основывается на профилактических и истребительных мерах. Первые направлены на недопущение их появления, вторые – на уничтожение уже появившихся вредителей, возбудителей болезней и сорной растительности.

**Основная часть.** Феноменальный прогресс в борьбе вредителями, болезнями и сорняками сельскохозяйственных культур был достигнут с появлением синтетических пестицидов, что привело к значительному усовершенствованию сельскохозяйственных технологий и повышению эффективности растениеводства.

Однако с появлением самих пестицидов при их использовании появилась проблема сноса. Снос пестицидов определяется как физическое перемещение капель рабочего раствора воздухом во время опрыскивания от объекта обработки в сторону [1–4].

Химические вещества, распыляемые для борьбы с вредителями, болезнями и сорняками на полях, в садах, парках и заповедниках, вокруг промышленных объектов и домов могут сноситься, нанося ущерб окружающей среде (угнетение других растений на соседних полях, загрязнение грунтовых вод, гибель пчел, птиц, рыбы и др.). Исследованиями доказано, что в зависимости от условий опрыскивания снос препаратов может достигать 90 %, что приводит к уменьшению эффективности проводимых мероприятий на 35–55 % [3–5].

Снос не всегда удается исключить или полностью контролировать, но его можно снизить до минимума, соблюдая определенные требования.

Погодные условия (скорость и направление ветра, относительная влажность и температура, атмосферная стабильность и инверсия) – важнейший фактор, оказывающий влияние на распределение распыленной рабочей жидкости. Чем больше ветер, тем дальше будет снесена капля от объекта обработки. Чем больше капля, тем меньше на нее влияет ветер и тем быстрее она падает. Однако сильный ветер может сносить и крупные капли, поэтому опрыскивание при скорости ветра



выше 3–4 м/с запрещается. Относительная влажность и температура также имеют свое влияние на снос. При падении поверхность капли испаряется, уменьшается размер и вес капли, что приводит к уменьшению скорости падения и соответственно к сносу (таблица).

**Продолжительность жизни капель различного диаметра  
и пройденный ими путь в зависимости  
от температуры и влажности воздуха [2]**

Диаметр капель, мкм	Температура +20 °С, влажность 80 %		Температура +30 °С, влажность 50 %	
	продолжительность жизни, с	пройденный путь, м	продолжительность жизни, с	пройденный путь, м
50	14	0,5	4	0,15
100	57	8,5	16	2,4
200	227	136,5	65	39,0

При работе опрыскивателей величина сноса определяется не только размером капель, скоростью и направлением ветра, но и высотой установки распылителей над обрабатываемым объектом. Мелкие капли могут сноситься на большие расстояния. Например, теоретическое расстояние, которое пролетит капля размером 400 микрон при падении с высоты 3 метра при скорости ветра 1,5 м/с, будет 2,5 метра, а для капли размером 20 микрон расстояние будет 300 метров (рис. 1).

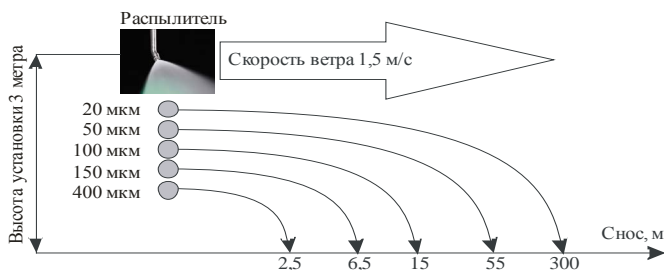


Рис. 1. Снос капель различного диаметра [5]

В факеле распыленной жидкости всегда присутствуют от 7,5 до 15,0 % капель диаметром менее 80 мкм. Капли данного класса легко сносятся из зоны обработки даже при скорости ветра менее 1 м/с.

Особенно важно предотвратить снос при ленточном опрыскивании, поскольку незначительное смещение факела за пределы защитной зо-

ны растений в междурядье оказывает существенное влияние на эффективность проводимых мероприятий.

Один из путей снижающий снос – не проводить опрыскивание при температуре выше 25 °С и влажности ниже 30 %, а также избегать образования мелких капель (150 микрон и меньше), используя специальные распылители, работа которых основана на принципе *Ventury*. При использовании данных распылителей в процессе образования капель в них добавляются пузырьки воздуха, что приводит к увеличению их размеров. При использовании данного типа распылителей наличие мелких капель (менее 80 мкм) в факеле распыла практически не бывает. Если исключить такие капли невозможно, то необходимо использовать опрыскиватели с системой принудительного воздушного осаждения капель (рис. 2, а), с электростатической системой распыливания (рис. 2, б) либо с использованием ветрозащитных устройств (рис. 2, в).



Рис. 2. Системы, снижающие снос рабочих растворов при опрыскивании:  
а – система принудительного воздушного осаждения капель; б – электростатическая система распыливания; в – ветрозащитные устройства

**Заключение.** Переменные, влияющие на снос распыления, представляют собой комбинацию факторов: погодные условия, физические свойства рабочего раствора, тип распылителя и его рабочие параметры. Практически во всех ситуациях, самый важный фактор, влияющий на снос – размер капли. Мелкие капли (<150 мкм), как правило, обеспечивают более равномерное покрытие, однако имеют тенденцию сноситься, поскольку они падают медленно, испаряются и уносятся легче даже при слабом ветре. Поэтому необходимо оградить факел распыла от прямого воздействия ветра применением ветрозащитных устройств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Клочков, А. В. Снижение потерь пестицидов при опрыскивании: монография / А. В. Клочков, П. М. Новицкий, А. Е. Маркевич. – Горки: БГСХА, 2017. – 230 с.
2. Крук, И. С. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей: монография / И. С. Крук, Т. П. Кот, О. В. Гордеенко. – Минск: БГАТУ, 2015. – 284 с.
3. Spray drift and pest control from aerial applications on soybeans. [Электронный ресурс] // <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n3p493-501/2017>. – Дата обращения: 10.09.2021.
4. Evaluation of Drift-Reducing Nozzles for Pesticide Application in Hazelnut (*Corylus avellana* L.) [Электронный ресурс] // <https://www.mdpi.com/journal/agriengineering>. – Дата обращения: 02.09.2021.
5. Проблема сноса пестицидов, ее причина и решение. [Электронный ресурс] // <https://t-i-t.com.ua/problema-znesennya-pestitsidv-yiyi-prichini-ta-rshennya/>. – Дата обращения: 03.09.2021.

*Аннотация.* Движение капель рабочего раствора пестицидов по воздуху за пределы обрабатываемой площади определяется как снос. Снос нежелателен по экономическим причинам, охраны окружающей среды и безопасности. По этой причине применение пестицидов должно производиться очень осторожно, используя современные методы и технические средства.

*Ключевые слова:* пестицид, капли, ветер, снос, ветрозащитное устройство.

УДК 631.394.2

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА КАМЕРНЫХ ПРОТРАВЛИВАТЕЛЕЙ СЕМЯН**

С. С. ШКУРАТОВ, ст. преподаватель  
А. В. КЛОЧКОВ, д-р техн. наук, профессор

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

**Введение.** Продовольственная безопасность страны – одна из важнейших составляющих ее национальной безопасности. Основой продовольственной безопасности являются объемы производства и запасы качественного зерна [1, 2].

К важнейшим факторам, определяющим объемы производства и качество урожая зерновых культур, относится подготовка семян к посеву, где основной технологической операцией выступает протравливание семян защитно-стимулирующими препаратами.

Исследования показывают, что качественное протравливание семян зерновых культур способствует увеличению урожайности до 8,7 % зерна в зависимости от культуры, используемого препарата и формируемого урожая [3].

**Основная часть.** Современные технологии возделывания зерновых культур включают в себя протравливание семян, которое относится к предпосевной обработке семян. Оно является одним из наиболее необходимых и эффективных мероприятий по защите растений и проводится для обеззараживания семян от возбудителей болезней, передающихся через семенной материал, предохранения семян во время хранения, защиты высеянных семян и их проростков от плесневых заболеваний при неблагоприятных условиях во время прорастания, ослабления отрицательного действия травматических повреждений семян за счет активизации их защитных свойств, повышения энергии прорастания семенного материала и их полевой всхожести, стимулирования роста и развития будущих растений [4].

Качество протравливания зависит от множества факторов, связанных с состоянием посевного материала, характеристикой протравителя и его препаративной формы, конструктивно-технологической схемы машины для протравливания.

Для получения хороших результатов при протравливании одно из первых мест, по важности, занимает степень покрытия обработанного материала отдельными каплями распыла. Чем больше капле попало на единицу площади ( $\text{см}^2$ ), тем лучше эффект. Мелкие капли быстрее проникают в растительную ткань и более токсичны для инфекций [5].

Вторым из основных факторов, определяющих качество обработки семенного материала, наравне с дисперсностью распыленной рабочей жидкости, является равномерное покрытие ею поверхности семян.

В протравливателях камерного типа большая часть потока протравителя осажается на внутренней стороне потока семян, что ведет к неравномерности их покрытия препаратом, время обработки незначительно [6].

Самым простым способом увеличения равномерности покрытия семян протравителем – уменьшение подачи зерна в камеру протравливания. Но в условиях больших объемов производства это не допусти-

мо, так как снижается производительность. Поэтому вторым способом является разработка распределяющего устройства, которое будет обеспечивать равномерный и разуплотненный поток семян, подающийся в зону действия протравителя.

Исходя из вышесказанного, была изготовлена лабораторная установка, которая позволит исследовать кольцевой поток семян, сходящий с распределительного диска, а также предложена конструкция распределительного диска с прорезями (рис. 1), что позволит обеспечить разуплотнение потока зерна.

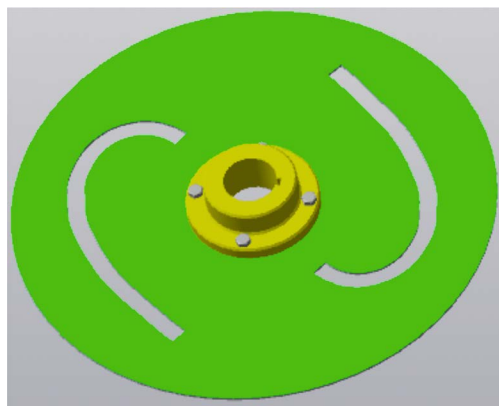


Рис. 1. Распределительные диски с прорезями

Такая конструкция распределительного диска обеспечит прохождение части семян через прорези при движении по поверхности, а часть будет сходиться с наружного края диска, тем самым увеличивая скважность потока семян.

По предварительным результатам исследований было установлено, что размер ширины прорези находится в пределах от 9 до 15 мм [7]. Данные размеры получены без учета действия центробежной силы на семена, находящиеся на диске, поэтому необходимо проведение серии лабораторных опытов по определению оптимальных параметров распределительного диска (диаметр, форма прорезей, частота вращения и т. д.).

**Заключение.** Важными факторами, влияющими на качество протравливания, являются степень и равномерность нанесения протравителя на поверхность семян. Наибольшее распространения получили

камерные протравливатели семян, основным недостатком которых является малая скважность потока семян, сходящих с распределительного диска. Исследования в данном направлении актуально и требует дальнейших проведенных лабораторных опытов по определению параметров распределительного диска с прорезями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфора-М, 2016. – 336 с.
2. Кривоноженкова, Е. А. Производство зерна в Республике Беларусь в контексте продовольственной безопасности / Е. А. Кривоноженкова, В. Н. Босак // Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси. – Пинск: ПолесГУ, 2010. – С. 132–133.
3. Салахов, И. М. Разработка и обоснование параметров пневмомеханического протравливателя семян зерновых культур: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / И. М. Салахов. – Казань, 2014. – 161 с.
4. Хасанов, Э. Р. Обоснование конструктивно-технологических параметров протравливателя семян зерновых культур / Э. Р. Хасанов // Вестник ОрелГАУ. Сельскохозяйственное оборудование и техника. – 2017. – № 2 (65). – С. 106–113.
5. Результаты исследования работы спирально-винтового устройства для обеззараживания зерна / Ю. М. Исаев [и др.] // Достижения техники и технологий в АПК: сборник статей Международной научно-практической конференции, посвященный памяти Почетного работника высшего профессионального образования, Академика РАН, доктора технических наук, профессора Владимира Григорьевича Артемьева / Ульяновский ГАУ. – Ульяновск, 2018. – С. 86–94.
6. Кубеев, Е. И. Повышение эффективности технологического процесса предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур за счет совершенствования методов и технических средств нанесения искусственных оболочек: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Е. И. Кубеев. – Санкт-Петербург, 2015. – 348 с.
7. Клочков, А. В. Обеспечение равномерности распределения семян в камере протравливания / А. В. Клочков, С. С. Шкуратов // Конструирование, использование и надёжность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Брянский ГАУ, 2018. – С. 30–37.

*Аннотация.* Представлена конструкция распределительного диска с прорезями камерного протравливателя семян. Установлены факторы, влияющие на качество протравливания. Описан технологический процесс работы предлагаемой конструкции диска.

*Ключевые слова:* протравливатель семян, распределительный диск, камера протравливания, скважность потока.

**Секция 3. МЕХАНИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА  
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

УДК 631.332.925:665.7.038.2

**МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОТСЕИВАЮЩЕГО  
ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ТОРФА  
КАВИТАЦИОННЫМ ДИСПЕРГАТОРОМ  
В ПРОЦЕССЕ ЭКСТРАКЦИИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ**

А. М. КУЛИК, магистрант  
П. Ю. КРУПЕНИН, канд. техн. наук, доцент  
С. В. КУРЗЕНКОВ, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** В современных условиях работы отрасли растениеводства одним из сдерживающих факторов роста урожайности сельскохозяйственных культур является несбалансированное применение минеральных удобрений, в связи с чем в растениеводческой практике одним из приоритетных направлений становится применение инновационных агрохимических препаратов для регуляции роста растений. К ним относятся и препараты на основе гуминовых кислот.

Гуминовые кислоты представляют собой группу темных гумусовых кислот, растворимых в щелочах. Их биологическая активность обусловлена сложной молекулярной структурой, включающей азот, фосфор, калий и ряд микроэлементов (цинк, железо молибден, медь). Транспортная, регуляторная и протекторная функции гуминовых кислот обеспечивают их высокую эффективность при использовании в качестве удобрений и стимуляторов роста растений [1].

Сырьем для получения гуминовых кислот являются органогенные породы, такие как торф, уголь, сапрпель и горючие сланцы [2]. По критериям доступности и себестоимости гуматсодержащего сырья для Республики Беларусь наиболее перспективным видом сырья является торф [3]. Беларусь занимает второе место по уровню добычи торфа, уступая лишь Финляндии. Общие запасы торфа в республике оцениваются в 4 млрд. т, из которых для промышленной разработки пригодны 800 млн. т, т. е. порядка 20 % [3].

Способы экстракции гуминовых кислот из сырья напрямую связаны с химическими свойствами этих веществ и, в частности, с их растворимостью в щелочах. Наиболее доступными реагентами для выщелачивания гуминовых кислот являются гидроксиды натрия и калия.

Поскольку на эффективность растворения гуминовых кислот влияют температура, размер частиц и другие факторы, то логично предположить, что при проведении этого процесса химические методы воздействия рационально сочетать с физическими методами воздействия на исходное сырье. К наиболее перспективным физическим методам такого воздействия можно отнести механогидравлическую обработку роторными кавитационными аппаратами [4]. При этом следует отметить, что в научной литературе отсутствует информация о характере и степени влияния отдельных факторов на выход гуминовых кислот при комбинировании процесса выщелачивания с кавитационной обработкой торфа.

**Основная часть.** Для определения влияния факторов создана лабораторная установка, состоящая из роторного кавитационного диспергатора с номинальной подачей 20 м<sup>3</sup>/ч, соединенного подводящим и отводящим трубопроводами с баком объемом 50 л.

Диспергатор представлял собой роторный кавитационный аппарат, состоящий из корпуса, внутри которого установлены ротор и статор с каналами прямоугольного поперечного сечения. Вращение ротора обеспечивалось трехфазным асинхронным электродвигателем с номинальной мощностью 11 кВт и частотой вращения 2900 об/мин. Подача обрабатываемого материала из бака в диспергатор производилась самовсасыванием за счет установки лопастей во внутренней полости ротора.

Методика проведения эксперимента заключалась в следующем. В баке приготавливали порцию водо-торфяной смеси массой 45 кг. Массу порции торфа рассчитывали по формуле:

$$m_{\text{т}} = \frac{m_{\text{с}}}{X_{\text{т}} \cdot (M + 1)}, \quad (1)$$

где  $m_{\text{с}}$  – масса порции водо-торфяной смеси, кг;

$X_{\text{т}}$  – долевое содержание сухого вещества в торфе;

$M$  – соотношение массы воды и сухого вещества в суспензии (модуль смеси).

Массу порции воды определяли разностью:

$$m_{\text{в}} = m_{\text{с}} - m_{\text{т}}. \quad (2)$$



Массу порций воды и торфа определяли взвешиванием на электронных настольных весах Масса-К МК-32.2-А22 с ценой деления 0,005 кг. Предварительное смешивание смеси в баке лабораторной установки проводили спиральным миксером.

Запускали диспергатор и через определенные интервалы времени производили отбор проб в химические стаканы объемом 1 л. Время между отборами проб рассчитывали по формуле:

$$\tau = \frac{m_c \cdot i_{ц}}{Q_d \cdot \rho_c}, \quad (3)$$

где  $i_{ц}$  – количество циклов обработки;

$Q_d$  – подача диспергатора, м<sup>3</sup>/с;

$\rho_c$  – плотность водо-торфяной суспензии, кг/м<sup>3</sup>.

Плотность водо-торфяной суспензии определяли по выражению:

$$\rho_c = \rho_v + (\rho_t - \rho_v) X_c, \quad (4)$$

где  $\rho_v$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_t$  – плотность органического вещества торфа, кг/м<sup>3</sup>;

$X_c$  – содержание сухого вещества в суспензии.

Массу нетто отбираемых проб суспензии определяли с помощью электронных весов Масса-К МК-32.2-А22 с ценой деления 0,005 кг.

Массу навески гидроксида калия (КОН) подлежащую загрузке в химические стаканы рассчитывали по формуле:

$$m_{\text{КОН}} = \frac{X_{\text{КОН}} \cdot m_n \cdot (1 - X_c)}{(1 - X_{\text{КОН}})}, \quad (5)$$

где  $X_{\text{КОН}}$  – долевая концентрация КОН в жидкой среде суспензии;

$m_n$  – масса пробы суспензии, кг.

Массу навески КОН отмеряли взвешиванием на прецизионных весах Radwag WLC 0,6/B1 с ценой деления 0,0001 кг.

Добавления навески КОН в отобранные пробы водо-торфяной суспензии проводили после их предварительного нагрева до 55 °С на водяной бане. После смешивания КОН с пробами в химических стаканах устанавливали необходимую температуру нагрева водяной бани. Для контроля фактической температуры суспензии в стаканах использовали термодатчик ТДЛ-1000-06 рН-метра рН-150МИ. По достижении заданной температуры суспензии запускали секундомер и обеспечивали выдержку стаканов в водяной бане в течение 45 минут при перио-

дическом перемешивании. По истечении времени выдержки стаканы извлекали из водяной бани, охлаждали и переливали суспензию в тару для последующей отправки в лабораторию биогеохимии ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси».

Программа эксперимента предполагала оценку значимости таких факторов, как долевая концентрация КОН (кодированное обозначение  $X_1$ ), количество циклов обработки ( $X_2$ ), соотношение сухого вещества и жидкости – гидромодуль ( $X_3$ ), температура суспензии в ходе реакции выщелачивания ( $X_4$ ), среда проведения кавитационной обработки суспензии ( $X_5$ ). Установление границ варьирования указанных факторов проводили как на основе анализа априорной информации, так и эмпирически. Варьирование значений исследуемых факторов осуществлялось на двух уровнях: верхнем (+) и нижнем (-).

Пределы значений концентрации гидроксида калия установлены в ходе анализа научной литературы [5], по результатам которого нижний уровень варьирования фактора  $X_1$  приняли равным 0,01 долевой концентрации КОН в жидкой фазе суспензии, верхний – 0,02.

Согласно имеющимся научным данным, количество циклов обработки торфяной суспензии в роторно-импульсном аппарата оказывает существенное значение на эффективность процесса экстрагирования гуминовых веществ. Например, увеличение количества циклов обработки с 10 до 40 повышает концентрацию свободных гуминовых кислот с 5–13 до 10–20 кг/м<sup>3</sup> [4]. В связи с тем, что в ходе первых 10 циклов обработки преимущественно экстрагируются вещества, находящиеся на поверхности частицы торфа и близлежащих порах, принято решение в эксперименте установить нижнюю границу фактора  $X_2$  равной 20 циклам обработки. Верхнюю границу зафиксировали на уровне 50 циклов. Данное решение обусловлено отсутствием научных данных о сравнении эффективности работы роторно-импульсного аппарата при обработке суспензии торфа в водной (нижний уровень фактора  $X_5$ ) и щелочной (верхний уровень  $X_5$ ) средах.

Соотношение твердой фазы и экстрагента оказывает двоякое влияние на эффективность химических методов получения гуминовых веществ. С одной стороны, большее количество жидкости повышает долю извлекаемых веществ, с другой – увеличивает расход реагентов и требует больших энергетических затрат [6]. В связи с этим минимальное значение гидромодуля в отсеивающих экспериментах определяли опытным путем и фиксировали на уровне, обеспечивающем работоспособность роторно-импульсного аппарата. Для используемого в опытах низинного торфа со степенью разложения 20 % и зольностью

3 % нижняя граница фактора  $X_3$  составила 1:15 (6,3 % сухого вещества), верхнюю границу приняли на уровне 1:12 (7,7 % сухого вещества в суспензии).

В ходе анализа априорной информации установлено, что в большинстве исследований по экстрагированию гуминовых кислот из торфа с помощью щелочных реагентов температура при выдержке суспензии находится в диапазоне 20...90 °С [7], на основании чего верхний уровень варьирования фактора  $X_4$  при проведении отсеивающих экспериментов приняли равным 85 °С. В данном случае была выдвинута гипотеза, что более тонкое измельчение частиц торфа вместе с кавитационной обработкой повысит растворимость гуминовых кислот и обеспечит их экстрагирование без дополнительного нагрева суспензии в процессе выщелачивания. В связи с этим, нижнее значение фактора  $X_4$  зафиксировали на уровне 30 °С, что примерно соответствовало температуре суспензии по окончании обработки роторно-импульсным кавитационным аппаратом.

В качестве критерия оптимизации ( $Y$ ) в отсеивающих экспериментах принимали массовую долю гуминовых кислот в сухом веществе суспензии [8].

Составление плана отсеивающих опытов выполняли методом случайной выборки из матрицы полного факторного эксперимента  $2^5$  [9]. Матрица планирования отсеивающего эксперимента и значения критерия оптимизации приведены в табл. 1.

Таблица 1. Матрица планирования отсеивающих экспериментов и значения критерия оптимизации

№	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$Y$
1	-	-	+	-	+	0,115
2	-	+	+	-	+	0,131
3	-	-	-	+	-	0,189
4	-	=	-	+	-	0,203
5	-	-	+	+	-	0,212
6	-	+	+	+	-	0,212
7	-	+	+	+	+	0,222
8	-	-	+	+	+	0,226
9	+	-	+	+	-	0,250
10	+	+	+	-	+	0,258
11	+	-	-	-	+	0,259
12	+	+	-	-	+	0,261
13	+	+	+	+	-	0,267
14	+	-	-	+	-	0,268
15	+	+	-	+	-	0,280

Анализ результатов отсеивающих экспериментов выполняли на основании диаграмм рассеяния значений критерия оптимизации [10]. Для этого по оси абсцисс отмечали факторы с их уровнями, а по оси ординат – опытные значения критерия оптимизации (рис. 1).

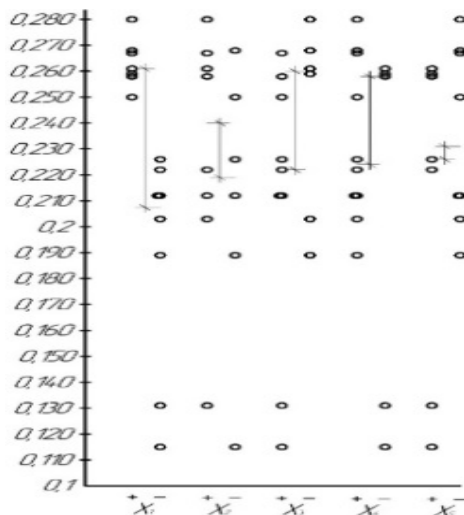


Рис. 1. Диаграмма рассеяния результатов наблюдений по уровням факторов до корректировки

Каждый фактор рассматривали независимо от других. Величину степени влияния (эффект) того или иного фактора оценивали по разности между средними значениями критерия оптимизации, вычисленными отдельно для каждого уровня фактора. В качестве среднего значения использовали медиану. Отказ от среднего арифметического в пользу медианы обоснован тем, что зачастую влияние фактора описывается законом распределения отличным от нормального, и использование в этих случаях среднего арифметического зачастую приводит к абсурдным результатам [9].

В результате анализа диаграммы рассеяния (рис. 1) выбраны два наиболее значимых фактора: долевая концентрация КОН ( $X_1$ ) и температура суспензии в ходе реакции выщелачивания ( $X_4$ ).

Количественную оценку эффектов этих факторов выполняли с использованием таблицы с двумя входами (табл. 2), в клетках которой

записывали оцениваемые факторы с уровнями варьирования и значения критерия оптимизации, полученные в том или ином сочетании уровней факторов. В нее также включали результаты экспериментов, распределенные по различным комбинациям уровней факторов, и рассчитывали средние значения критерия оптимизации  $y_i$ .

Величину эффектов факторов  $X_1$  и  $X_4$  рассчитывали по следующим формулам [9]:

$$X_1 = \frac{\overline{y_1 + y_3}}{2} - \frac{\overline{y_2 + y_4}}{2}; \quad (6)$$

$$X_4 = \frac{\overline{y_1 + y_2}}{2} - \frac{\overline{y_3 + y_4}}{2}. \quad (7)$$

Таблица 2. Таблица с двумя входами для вычисления эффектов факторов

Оцениваемые факторы	+ $X_1$	- $X_1$
+ $X_4$	0,250	0,212
	0,267	0,189
	0,268	0,203
	0,280	0,226
	$\sum y_i = 1,065$	0,222
	$\overline{y_1} = 0,266$	$\sum y_2 = 1,264$
		$\overline{y_2} = 0,211$
- $X_4$	0,258	0,115
	0,259	0,131
	0,261	$\sum y_4 = 0,246$
	$\sum y_3 = 0,778$	$\overline{y_4} = 0,123$
	$\overline{y_3} = 0,259$	

В результате расчетов эффекты факторов составили  $X_1 = 0,096$ ;  $X_4 = 0,047$ .

Оценку значимости факторов  $X_1$  и  $X_4$  выполняли по критерию Стьюдента ( $t$ -критерию). Экспериментальные значения  $t$ -критерия для каждого из факторов в отдельности определяли по формуле [9]:

$$t_{X_1} = \frac{(\overline{y_1 + y_2}) - (\overline{y_3 + y_4})}{\sqrt{\sum \frac{S_{R_i}^2}{n_i}}}; \quad (8)$$

$$t_{x_4} = \frac{(\overline{y_1 + y_3}) - (\overline{y_2 + y_4})}{\sqrt{\sum \frac{S_{R_i}^2}{n_i}}}, \quad (9)$$

где  $S_{R_i}$  – среднеквадратическая ошибка, характеризующая рассеяние относительно средних значений в  $i$ -й клетке таблицы с несколькими входами;  $n_i$  – число наблюдений в  $i$ -й клетке таблицы с несколькими входами.

Среднеквадратическую ошибку  $S_{R_i}^2$  рассчитывали по формуле [9]:

$$S_{R_i}^2 = \frac{\sum y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum y_i)^2}{n_i \cdot (n_i - 1)}. \quad (10)$$

Рассчитанные значения среднеквадратической ошибки составили:  $S_{R1}^2 = 0,00015$ ,  $S_{R2}^2 = 0,00018$ ,  $S_{R3}^2 = 0,0000023$ ,  $S_{R4}^2 = 0,00013$ .

По результатам расчетов значения  $t$ -критерия для факторов  $X_1$  и  $X_4$  составили:  $t_{x1} = 8,211$ ,  $t_{x4} = 16,661$ .

Для признания фактора значимым вычисленное значение  $t$ -критерия должно быть больше табличного. Табличные значения  $t$ -критерия принимали в зависимости от уровня значимости и числа степеней свободы  $f$ , определяемого по формуле [9]:

$$f = \sum n_i - k, \quad (11)$$

где  $k$  – число клеток таблицы с двумя входами,  $k = 4$ .

Число степеней свободы  $f$  для табл. 2 составляет 11. В этом случае табличное значение  $t$ -критерия при 5%-ном уровне значимости равно  $t_{0,05} = 2,201$  [9].

Поскольку расчетные значения  $t$ -критерия факторов  $X_1$  и  $X_4$  превышают табличное при уровне значимости 0,05, то можно заключить, что концентрация КОН и температура суспензии в ходе реакции выщелачивания являются значимыми факторами.

После выделения эффектов и оценки значимости факторов  $X_1$  и  $X_4$  выполняли корректировку результатов отсеивающих экспериментов с целью оценки эффектов других менее сильных факторов. Корректировку проводили путем вычитания величины эффекта соответствующего фактора из значения критерия оптимизации в случае нахождения этого фактора на верхнем уровне, после чего строили скорректированную диаграмму рассеяния (рис. 2).

Проведя анализ скорректированной диаграммы рассеяния, можно сделать вывод, что эффекты факторов  $X_2$  и  $X_3$  являются наиболее сильными. Их количественную оценку проводили с помощью таблицы с двумя входами (табл. 3).

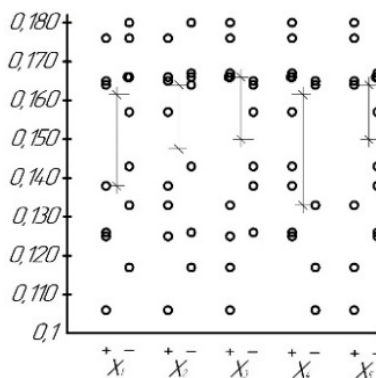


Рис. 2. Диаграмма рассеяния результатов наблюдений по уровням факторов после корректировки

Таблица 3. Таблица с двумя входами для вычисления эффектов факторов

Оцениваемые факторы	+ $X_2$	- $X_2$
+ $X_3$	0,106	0,115
	0,123	0,164
	0,131	$\sum y_2 = 0,279$
	0,164	$\bar{y}_2 = 0,14$
	$\sum y_1 = 0,524$	
	$\bar{y}_1 = 0,131$	
- $X_3$	0,136	0,124
	0,155	0,141
	0,163	0,162
	$\sum y_3 = 0,454$	$\sum y_4 = 0,427$
	$\bar{y}_3 = 0,151$	$\bar{y}_4 = 0,142$

Величину эффектов факторов  $X_2$  и  $X_3$  рассчитывали по формулам [9]:

$$X_2 = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_3}{2} - \frac{\bar{y}_2 + \bar{y}_4}{2}, \quad (12)$$

$$X_3 = \frac{\overline{y_1 + y_2}}{2} - \frac{\overline{y_3 + y_4}}{2}. \quad (13)$$

В результате расчета величина эффектов факторов составила;  $X_2 = 0,00025$ ;  $X_3 = -0,012$ . Оценку значимости факторов  $X_2$  и  $X_3$  выполняли по критерию Стьюдента. Экспериментальные значения  $t$ -критерия определяли по формулам [9]:

$$t_{X_2} = \frac{(\overline{y_1 + y_2}) - (\overline{y_3 + y_4})}{\sqrt{\sum \frac{S_{R_i}^2}{n_i}}}; \quad (14)$$

$$t_{X_3} = \frac{(\overline{y_1 + y_3}) - (\overline{y_2 + y_4})}{\sqrt{\sum \frac{S_{R_i}^2}{n_i}}}. \quad (15)$$

Значения среднеквадратической ошибки  $S_{R_i}^2$ , рассчитанные по формуле (10), составили:  $S_{R1}^2=0,00059$ ,  $S_{R2}^2=0,0012$ ,  $S_{R3}^2=0,00019$ ,  $S_{R4}^2=0,00036$ .

В результате расчетов по выражениям (14–15) получили значения  $t$ -критерия для факторов  $X_2$  и  $X_3$ :  $t_{X2}=-0,758$ ,  $t_{X3}=0,016$ .

Число степеней свободы  $f$  для табл. 3, определенное по формуле (11), равно 3 и ему соответствует табличное значение  $t$ -критерия для 10%-го уровня значимости  $t_{0,1}=2,353$  [9].

Поскольку расчетные значения  $t$ -критерия факторов  $X_2$  и  $X_3$  меньше табличного, то можно заключить, что количество циклов обработки в диапазоне 20–50 и содержание сухого вещества в интервале от 6,3 до 7,7 % являются незначимыми факторами для процесса экстракции гуминовых кислот.

**Заключение.** В результате проведения отсеивающего эксперимента и обработки опытных данных установлено, что концентрация КОН в диапазоне 1–2 % и температура в пределах 30–85 °С, поддерживаемая в процессе выщелачивания суспензии являются значимыми факторами, рациональные значения которых могут быть определены в ходе многофакторного эксперимента.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что количество циклов обработки в исследованном диапазоне 20–50 циклов не является значимым фактором. При этом, согласно экспериментальным данным, степень извлечения гуминовых кислот составила до 85 %



от их изначального содержания в сырье. Такая высокая степень извлечения позволяет сделать вывод о том, что большая часть гуминовых кислот активно экстрагируется на более ранней стадии обработки, а следовательно, дальнейшие исследования должны быть направлены на поиск оптимального количества циклов обработки на основании баланса между долей экстрагируемых веществ и энергозатратами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гостищева, М. В. Характеристика химических и биологических свойств различных фракций гуминовых кислот торфов и сапропелей / М. В. Гостищева // Материалы пятой научной школы «Болота и биосфера». – Томск: ЦНТИ, 2006. – С. 168–175.
2. Дудкин, Д. В. Основы теории и технологии механохимической переработки древесных отходов и торфа в препараты гуминовой природы: дис. ... док. техн. наук: 05.21.03 / Д. В. Дудкин. – Красноярск, 2020. – 294 л.
3. Уровни добычи торфа в Республике Беларусь // Государственный информационный ресурс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.by/belarus-zanimaet-vtoroe-mesto-v-evrope-po-dobychetorfa/> Дата доступа: 03.03.2021.
4. Алешин, А. В. Экстрагирование гуминовых и фульвовых кислот в роторном импульсном аппарате: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / А. В. Алешин. – Тамбов, 2017. – 187 л.
5. Гаврилов, С. В. Комплексная переработка торфа на биопродукты: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.03 / С. В. Гаврилов. – Казань, 2017. – 152 с.
6. Бамбалов, Н. Н. Технологические показатели эффективности процесса экстракции гуминовых веществ при разных соотношениях торфа и экстрагента / Н. Н. Бамбалов, В. В. Смирнова, А. С. Немкович, Г. П. Бровка // Природопользование – Вып. 21. – 2012. – С. 244–247.
7. Сорокин, К. Н. Обоснование технических параметров технологической линии по производству гуминовых удобрений из торфа: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / К. Н. Сорокин. – Москва, 2015. – 180 л.
8. Препараты гуминовые жидкие. Общие технические требования и методы контроля: СТБ 2392-2014. – Введ. 01.07.2015. – Минск: Государственный комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2015. – 14 с.
9. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – Ленинград, 1972. – 200 с.
10. Налимов, В. В. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов / В. В. Налимов, Н. А. Чернова. – Москва, 1965. – 340 с.

*Аннотация.* Гуминовые кислоты представляют собой группу темных гумусовых кислот, растворимых в щелочах. С целью оценки воздействия отдельных факторов этой технологии на эффективность экстракции гуминовых кислот создана лабораторная установка, с помощью которой реализована программа отсеивающего эксперимента.

*Ключевые слова:* сельское хозяйство, экстракция, гуминовые кислоты.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЫРЬЯ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА

А. А. ОСТРЕЙКО, ст. преподаватель

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

**Введение.** Одним из направлений биоэнергетики является переработка биомассы методом метанового брожения с получением биогаза и обеззараженных органических удобрений [1, 2].

Важнейшее значение для эффективного получения биогаза имеет правильный подбор компонентов сырья, из которого производится биогаз и грамотная их подготовка к ферментации.

Поэтому целью данной работы является выявление и анализ качественных характеристик сырья, влияющих на процесс получения биогаза, определение критериев, по которым следует подбирать сырье для биогазовых установок.

**Основная часть.** Сырьем для биогазовой установки служит навоз (как плотный, так и жидкий), отходы пищевой промышленности, пищевые и кормовые остатки, барда, биомусор (коммунальные отходы и др.), а также энергетические растения, такие как кукуруза, зерновые, подсолнечник, различные травы, а также свекла, силос, листва деревьев и т. д. [3].

Качество сырья, загружаемого в ферментатор биогазовой установки, характеризуется влажностью, скоростью его расщепления и степенью разложения, наличием в нем питательной среды для жизнедеятельности бактерий, выходом биогаза на единицу сухого вещества, содержанием метана в биогазе и соотношением углерода и азота в сырье (таблица) [4]. Именно от этих показателей зависит время его сбраживания, количество получаемого биогаза и его состав.

Расщепление органики на отдельные составляющие и превращение в метан происходит лишь во влажной среде, поскольку различные виды бактерий, участвующие в этом процессе, могут перерабатывать только вещества в растворенном виде. Установлено, что влажность сырья, загружаемого в реактор биогазовой установки, составляет не менее 85 % в зимнее время и 92 % в летнее время года [4], а выход биогаза напрямую зависит от вида используемого сырья, а также температуры процесса сбраживания.

**Выход биогаза и содержание в нем метана, а также соотношение содержания углерода и азота при использовании различных типов сырья**

Тип сырья	Выход газа на килограмм сухого вещества, м <sup>3</sup>	Содержание метана, %	Соотношение углерода и азота C/N
Навоз КРС	0,25–0,34	65	16,6–25
Свиной навоз	0,34–0,58	65–70	6,2–12,5
Птичий помет	0,31–0,62	60	7,3–9,65
Овечий навоз	0,30–0,62	70	33
Сточные воды, фекалии	0,31–0,74	70	6–10
Пшеничная солома	0,20–0,30	50–60	100–150
Кукурузная солома	0,38–0,46	59	50
Трава	0,28–0,63	70	12
Листва деревьев	0,21–0,29	58	50

Скорость расщепления сырья определяет время пребывания его в ферментаторе, чем меньше это время, тем более экономична установка. Сырье всегда состоит из различных групп веществ, скорость разложения которых значительно отличается между собой [5].

Быстроразлагаемое сырье, такое как сахарная свекла, отходы продуктов питания и др., приводит к стремительному переокислению ферментатора, поэтому мало подходит для брожения в чистом виде и должно использоваться в смеси с другими видами сырья. Большинство установок для своей работы используют силос из трав, кукурузы, люпина, остатки зерна и т. д. в смеси с жидким или твердым навозом, который в чистом виде, как правило, используется редко.

Степень разложения сырья напрямую зависит от его состава и отражается на количестве получаемого газа. Обычно величина ее варьирует в пределах от 30–70 %, а для усредненного периода брожения будет составлять до 60 %. Установки, работающие исключительно на возобновляемом сырье, достигают степени разложения от 80 % органической сухой массы [4]. Кроме того, применение энзимов, бустеров для искусственной деградации сырья (например, ультразвуковых или жидкостных кавитаторов) и других приспособлений позволяет увеличить выход биогаза на самой обычной установке с 60 % до 95 % от теоретически возможного выхода [6].

Для роста и жизнедеятельности метанообразующих бактерий необходимо обязательное присутствие в сырье органических и минеральных питательных веществ, таких как углерод, азот, водород, сера, фосфор, калий, кальций, магний и некоторого количества микроэлементов – железа, марганца, молибдена, цинка, кобальта, селена, воль-

фрама, никеля и других. Эти микроэлементы особенно необходимы бактериям для образования энзимов, ускоряющих процесс брожения. Все эти вещества в необходимом количестве содержатся в жидком и твердом навозе. Достаточное их количество содержится также в сене, кукурузе (свежей или консервированной), пищевых отходах, внутренностях животных, барде, молочных продуктах, которые могут бродить в чистом виде без добавления других видов сырья [7].

Важным фактором, влияющим на выход биогаза, является соотношение углерода и азота в перерабатываемом сырье. Если оно чрезмерно велико, то недостаток азота будет сдерживать процесс метанового брожения. Если же это соотношение слишком мало, то образуется такое большое количество аммиака, что он становится токсичным для бактерий. Поэтому для поддержания его в оптимальных пределах с целью получения максимально возможного выхода биогаза современные биогазовые установки работают на смешанном сырье, используя следующие соотношения питательных веществ [3]: C : N : P = 75:5:1 или 125:5:1; C : N = 10:1 или 30:1; N : P = 5:1.

При подборе сырья необходимо учитывать, что только из органической части сухой массы можно произвести метан [7, 8]. Поэтому содержание органической сухой массы в соотношении с общей массой, является главным критерием для выбора составляющих смеси. Так, сырье с высоким содержанием воды (напр. барда) приносит по сравнению с количеством вносимого материала небольшое количество газа, так как из воды он не выделяется.

Содержание метана в биогазе определяется в первую очередь составом сырья. Максимальное его количество получается из протеинов – 71 %; жиры дают – 68 %, а углеводороды – лишь 50 % [5, 7]. Поэтому предпочтение отдается смесям сырья с высоким содержанием жиров и протеинов, таких как отходы зерна, свекла и картофель.

В среднем выход газа из энергетических растений составляет 0,3 м<sup>3</sup> метана на килограмм органического сухого субстрата с отклонениями до ±30 % [5].

Существенная разница проявляется при расчете выхода газа с гектара посевной площади. Например, у свеклы и силосных сортов кукурузы по сравнению с другими культурами он составляет свыше 6000 м<sup>3</sup>/га [7], поэтому силос из кукурузы является самым используемым сырьем для биогазовых установок.

Зерно и клубнеплоды хоть и имеют высокий выход газа, но с 1 га площади он будет составлять около 3000 м<sup>3</sup>/га, что в два раза ниже,

чем у кукурузного силоса из-за меньшего количества биомассы [7].

**Заключение.** Выявлено, что для обеспечения оптимального выхода биогаза из ферментатора биогазовой установки необходимо тщательно подбирать исходное сырье, которое характеризуется влажностью, скоростью его расщепления и степенью разложения, наличием в нем питательной среды для жизнедеятельности бактерий, выходом биогаза на единицу сухого вещества, содержанием метана в биогазе и соотношением углерода и азота в сырье. Именно от этих качественных показателей зависит время его сбраживания, количество получаемого биогаза и его состав.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 312 с.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 356 с.
3. BIOGAS. Ежегодная конференция. Биогаз [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://www.biogasinfo.ru/about> – Дата доступа: 20.10.2021.
4. Росбиогаз. Руководство по биогазовым технологиям [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://www.rosbiogas.ru/literatura/rukovodstvo-po-biogazovim-technologiyam/>. – Дата доступа: 20.10.2021.
5. Эдер, Б. Биогазовые установки: практическое пособие / Б. Эдер, Х. Шульдц. – Москва, 2006. – 238 с.
6. Агроперспектива. А у нас биогаз [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: [http://www.agroperspectiva.com/ru/free\\_article/190](http://www.agroperspectiva.com/ru/free_article/190) – Дата доступа: 23.10.2021.
7. Баадер, В. Биогаз: теория и практика (пер. с нем. и предисловие М. И. Серебряного.) / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – Москва: Колос, 1982. – 148 с.
8. Биомасса как источник энергии: пер. с англ. / под ред. С. Соуфера, О. Заборски. – Москва: Мир, 1985. – 368 с.

*Аннотация.* Выявлены и проанализированы качественные характеристики сырья, влияющие на процесс получения биогаза, определены критерии, по которым следует подбирать сырье для биогазовых установок. Именно от качественных показателей сырья зависит время его сбраживания, количество и состав получаемого биогаза.

*Ключевые слова:* сырье, биогаз, состав сырья, органическое сырье, ферментатор, биомасса, метан, энергетические растения, биогазовая установка.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОМАГНИЧЕННОЙ ВОДЫ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

В. С. ЧЕРНИКОВ, магистрант

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

**Введение.** Для омагничивания воды, применяемой в животноводстве, могут использоваться различные устройства с ферритовыми и неодимовыми магнитами. Их свойства определяются характеристиками размагничивающего участка петли магнитного гистерезиса материала магнита: чем выше остаточная индукция и коэрцитивная сила, тем выше намагниченность и стабильность магнита [1, 2].

Практика монтажа магнитных устройств в водных системах сельхозпредприятий подтверждает изменение физико-химических свойств воды после обработки. Биологические и технологические показатели такой воды заметно улучшаются, что прямым образом влияет на все процессы и дает возможность оптимизировать расходы, стимулирует рост и повышает показатели в животноводстве, снижает риск заболеваний скота, улучшает яйценоскость птиц и качество молока. При этом МП, как доказали ученые, безвредны для всего живого [3].

**Основная часть.** В результате изучения строения воды доказано, что она состоит не просто из мономолекул, а из их сростков между собой (ассоциатов). Количество мономолекул и ассоциатов в одной и той же порции воды все время изменяется и зависит от внешних условий. Таким образом, все без исключения воздействия на воду (в том числе и ее омагничивание) приводят к одному результату – дроблению крупных ассоциатов на более мелкие, вплоть до мономолекул. Это активизирует жизненную энергию животных, вызывает позитивные изменения реакции на уровне молекул и атомов. Вода, прошедшая через магнитное поле (омагниченная вода), обнаруживает способность к хранению информации и явно показывает биологическую активность. По мнению японских ученых, это связано с удержанием информации в измененной структуре  $Pi$  – воды. В результате 30-летних исследований и научных разработок японские ученые фирмы Nikken создали установку  $Pi$  Mag, которая «оживляет» воду. Для всех жизненно важных процессов, происходящих в живых системах, нужна посредническая среда – структурированная  $Pi$  – вода. Все началось с того, что в Япо-

нии был обнаружен удивительный водный источник, расположенный в местности с совокупностью особых географических факторов. Эта вода обладала необычными свойствами и оказывала поразительное воздействие на окружающую растительность, поэтому ее назвали «Pi water – живая вода». В книге «Чудо Pi – воды» Шинджи Макино (перевод Е. Тревогина, 2008) приведены результаты применения её в сельском хозяйстве – растениеводстве, овощеводстве, животноводстве и птицеводстве в охране и восстановлении воды, медицине, ветеринарии, переработке и хранении продуктов питания. Систему Pi – вода начали использовать во многих странах. Молекулы намагниченной воды, всасываясь в кишечнике, проникают в общий кровоток и лимфаток. Растекаясь затем по всему капиллярному руслу организма, они попадут в клетки всех тканей, в том числе и имеющие патологические проявления. Эти молекулы обладают повышенным потенциалом магнитной энергии по сравнению с молекулами воды, которая не намагничена. Можно предположить, что каналы (насосы) мембран клеток тканей начнут пропускать молекулы намагниченной воды с повышенной скоростью, что приведет к улучшению питания клеток. Это позволит восстановить энергетику митохондрий клеток и продлить их работоспособность. Магнитная вода – это та базовая основа (научная база новых технологий), которая способна решить проблему лечения всех заболеваний без применения фармакологических препаратов.

В исследованиях, проведенных в ФГОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия ИМ. В. Р. Филиппова [4], изучалась эффективность спаивания полновозрастным дойным коровам симментальской породы омагниченной воды и фиксировалось влияние на их молочную продуктивность и качество молока. Для проведения опыта по методу аналогов были сформированы две группы полновозрастных коров по 10 голов в каждой. Молочная продуктивность учитывалась методом контрольных доек раз в 10 дней от каждого животного. Массовая доля жира и белка в молоке, плотность и СОМО измерялся с помощью анализатора молока «Клевер – 1 М». Потребление кормов устанавливали ежедневно на основе учета разницы заданных и остатков по каждой группе и по каждому виду корма в течение учетного периода. Рационы кормления составлялись согласно рекомендуемым детализированным нормам РАСХН с учетом физиологического состояния, продуктивности коров и химического состава местных кормов [5].

Основной рацион состоял из зерносенажа, сена и зерновой дробленки. Опытная группа и контрольная группы животных получали основной рацион. Особенностью опыта является то, что к системе водопоя коров опытной группы было подключено устройство для омагничивания воды заводского изготовления. И животные опытной группы на протяжении всего периода опытов получали омагниченную воду.

Проведено исследование степени влияния на омагничиваемую воду неодимового и ферритового магнитов. Исследование проводилось в технологической емкости с устройством для омагничивания воды, включающая резервуар с верхней заливной и нижней выпускной горловинами, а также установленные внутри технологической емкости лопастную крыльчатку и постоянные кольцевые магниты с деталями крепления, отличающаяся тем, что лопастная крыльчатка размещена в нижней выпускной горловине на шарнирной оси, к которой на подпружиненных кронштейнах прикреплены постоянные кольцевые магниты (рис. 1).

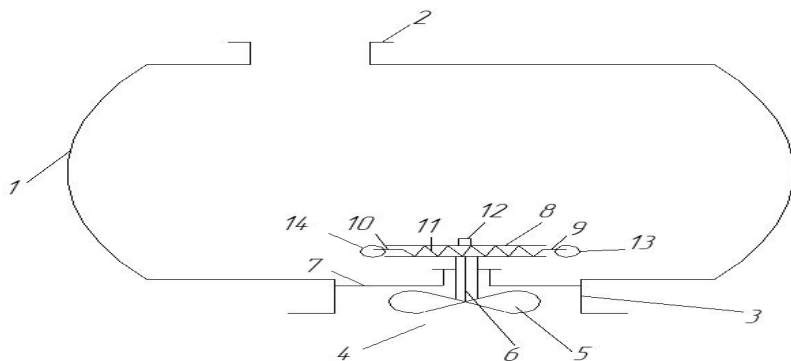


Рис. 1. Технологическая емкость с устройством для омагничивания воды:  
 1 – резервуар; 2 – заливная горловина; 3 – выпускная горловина;  
 4 – отверстие нижней горловины; 5 – лопастная крыльчатка; 6 – шарнирная ось;  
 7 – опора; 8 – телескопическое устройство; 9, 10 – подвижные кронштейны;  
 11 – пружина; 12 – фиксатор; 13, 14 – постоянные кольцевые магниты

Измерения показали, что неподвижная вода без действия магнитного поля в течение 5 минут сохраняла постоянную электропроводность (мкСм/см) в пределах:

594,4-596,4 – для серии опытов с неодимовым магнитом;



623,0-623,5 – для серии опытов с ферритовым магнитом.

В контрольных вариантах с перемешиванием воды электропроводность (мкСм/см) за время опыта снижалась на:

23,6-24,2 – неодимовый магнит;

15,6-23,2 – ферритовый магнит.

При перемешивании воды в поле действия магнита снижение электропроводности (мкСм/см) было более значительным и составляло (рис. 1):

28,6- 47,7– неодимовый магнит;

27,0-29,9 – ферритовый магнит.

**Заключение.** Анализируя вышеизложенное, можно сказать, что омагниченная вода проявляет высокую биологическую эффективность. Употребление воды, обработанной любым магнитом, повышает проницаемость биологических мембран тканевых клеток, регулирует физиологические процессы в организме коров и повышает обмен веществ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев, И. В. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика: курс общей физики / И. В. Савельев. – Москва: Наука, 1978. – 480 с.
2. Савельев, И. В. Электричество и магнетизм: курс общей физики / И. В. Савельев. – Москва: Астрель/АСТ, 2004. – Т. 2. – 336 с.
3. Клочков, А. В. Магнитные технологии в сельском хозяйстве / А. В. Клочков, О. Б. Соломко. – Горки: БГСХА, 2021. – 220 с.
4. Балдаев, С. Н. Влияние омагниченной воды на удой коровы / С. Н. Балдаев, Т. М. Тохметов // Сельское, лесное и водное хозяйства. – 2011. – № 2. – С. 17–21.
5. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие / А. П. Калашников [и др.]. – Москва, 2003. – 455 с.

*Аннотация.* Омагниченная вода используется в животноводстве с положительным эффектом. Для проведения омагничивания могут использоваться различные устройства, которые можно эффективно размещать в технологических емкостях. При этом желательно обеспечить относительное перемещение воды в зоне действия магнитного поля.

*Ключевые слова:* неодимовый магнит, ферритовый магнит, электропроводность, омагничивание воды

## ПОКАЗАТЕЛИ РАЗВИТИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ СВИНОМАТОК ПОРОДЫ ДЮРОК КАНАДСКОЙ СЕЛЕКЦИИ В РАЗРЕЗЕ ЛИНИЙ

А. В. МЕЛЕХОВ, ст. преподаватель

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

**Введение.** Интенсификация животноводства предполагает дальнейшее совершенствование существующих, выведение новых пород, типов и линий, создание стад высокопродуктивных сельскохозяйственных животных [4, 6].

Интенсивные технологии производства свинины предъявляют новые требования к животным мясных генотипов, которые должны в жестких технологических условиях отличаться скороспелостью и сохранять высокое качество туш. Сочетание высокой мясности и скорости роста в значительной степени определяется породой, генетической способностью к интенсивному росту мышечной ткани при полноценном кормлении [2].

Так как увеличение производства свинины предусмотрено в первую очередь за счет качественного улучшения животных, то изыскиваются пути расширения генофонда мясных пород свиней [3].

Одной из важнейших составляющих при производстве свинины в мире является четкая организация системы племенной работы с материнскими и отцовскими породами [5].

Особое внимание в Республике Беларусь уделяется свиньям породы дюрок, которые разводятся как в чистоте, так и участвуют в скрещивании в качестве отцовской формы на заключительном этапе для повышения мясности убойных туш.

**Основная часть.** Необходимость ведения племенной работы со свиньями породы дюрок обосновывается тем, что свиньи обладают высокой энергией роста, прекрасно оплачивают корм (затраты 3,0–3,3 к. ед. на 1 кг прироста живой массы) и обладают высокими показателями мясной продуктивности и качества мяса. Свиньи породы дюрок стрессустойчивы [4].

Исследования проведены в республиканском сельскохозяйственном унитарном предприятии СГЦ «Вихра».

В опытах использовали свиноматок первоопоронок, свиноматок с двумя и более опоросами и хряков импортной и отечественной селекции породы дюрок.

Оценку свиноматок по собственному развитию проводили по следующим показателям: возраст, живая масса, длина туловища, телосложение, толщина шпика в 100 кг.

Для характеристики репродуктивных качеств свиноматок учитывались следующие показатели: многоплодие (голов), массу гнезда при рождении (кг), крупноплодность (кг), молочность (кг), масса гнезда при отъеме в 35 суток (кг), масса одной головы при отъеме (кг), сохранность поросят к отъему (%), комплексный показатель воспроизводительных качеств свиноматок по В. А. Коваленко (1981).

Кормление свиней различных половозрастных групп осуществлялось полнорационными комбикормами согласно действующим нормам с учетом технологических особенностей содержания и использования отдельных их производственных групп в племенных предприятиях.

Материалы исследований обработаны статистически по П. Ф. Рокицкому (1973) и Е. К. Меркурьевой (1970) на персональном компьютере с использованием пакета программ Microsoft Office.

Маточное поголовье маток представлено животными четырех линий: Клад 723 – 32 гол., Комбат 551 – 9 гол., Комбат 433 – 19 гол., Кристалл 12246 – 33 гол. Отцовское поголовье представлено четырьмя линиями: Клад 723 – 1 гол., Комбат 433 – 2 гол., Комбат 551 – 3 гол., Кристалл 12446 – 4 гол.

Данные, представленные в табл. 1 и 2, свидетельствуют о том, что свиноматки породы дюрок различных линий, разводимые на СГЦ «Вихра» в разные возрастные периоды по показателям развития и продуктивности, имеют достаточно высокие показатели как по живой массе, так и по длине туловища, толщине шпика. Свиноматки линии Комбат 433 имеют наибольшую живую массу – 236 кг, в сравнении с матками линии Кристалл 12446, которые в среднем весят 217 кг, что на – 19 кг (8 %) легче ( $P \leq 0,01$ ). Наибольшая длина туловища наблюдается у свиноматок линии Комбат 551 и составляет – 159 см, что на 3,1 см (2,1 %) длиннее, чем у маток линии Кристалл 12446 ( $P \leq 0,01$ ). Лучший показатель по толщине шпика наблюдаются у свиноматок линии Комбат 433 – 14,05 мм, что на – 1,55 мм (11 %) тоньше, чем у маток линии Комбат 551 ( $P \leq 0,01$ ).

Свиноматки линии Клад 723 классу элита соответствуют 56,2 % и I классу 43,8 %, матки линии Комбат 551 с бонитировочным классом

элита составляют 44,5 %, I класс 55,5 %, матки линии Комбат 433 с бонитировачным классом элита составляют 47,4 %, I класс 52,6 %, а матки линии Кристалл 12446 с бонитировачным классом элита составляют 39,4 %, I класс 60,6 %.

Созданный массив взрослых свиноматок представлен крупными и развитыми животными, типичными для животных мясного направления продуктивности. Животные имеют характерные экстерьерные и конституциональные особенности, которые стойко передаются потомству, имеют удлиненное, относительно широкое туловище с прямой линией спины и крестца, хорошо выполненные окорока, небольшую голову с прямым профилем, крепкие ноги с торцовой постановкой и рыжую масть, т. е. обладают мясным типом телосложения.

Таблица 1. Развитие свиноматок породы дюрок в разрезе линий

Показатели	Название и номер линии			
	Клад № 723	Комбат № 551	Комбат № 433	Кристалл 12446
	n = 32	n = 9	n = 19	n = 33
Возраст, мес				
$X \pm m_x$	31 ± 1,67	26,4 ± 2,7	31,4 ± 2,5	26 ± 1,72
$C_v$	30,1	30,6	35,7	36
Живая масса, кг				
$X \pm m_x$	232 ± 4,5	223 ± 9	236 ± 7,7	217 ± 4,2*
$C_v$	11	12	14	11,1
Длина туловища, см				
$X \pm m_x$	158 ± 1,2	159 ± 1,4	158,7 ± 1,35	155,6 ± 1,06*
$C_v$	4,3	2,6	3,72	3,9
Телосложение				
$X \pm m_x$	93,9 ± 0,3	92,8 ± 0,67	93,7 ± 0,4	93,4 ± 0,34
$C_v$	1,95	2,1	1,94	2,14
Толщина шпика, мм				
$X \pm m_x$	14,7 ± 0,35	15,6 ± 0,5*	14,05 ± 0,5	14,6 ± 0,31
$C_v$	13,3	9,8	17,01	12,4
<b>Классность, %</b>				
Элита	56,2	44,5	47,4	39,4
I класс	43,8	55,5	52,6	60,6

Здесь и далее: примечание – разница со средними показателями контрольной группы достоверна при: \*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$ ; \*\*\*  $P \leq 0,001$ .

Лучшим многоплодием обладают матки линии Комбат 433 и Кристалл 12246 – 8,78 и 8,6 гол. Молочность свиноматок, представленных линий находится практически на одном уровне (47,8 кг, 47,7 кг, 47,1 кг), за исключением маток линии Комбат 551, у которых молочность составила 45,8 кг, что на 2 кг – 5 % ниже, чем у свиноматок линии Клад 723 ( $P \leq 0,01$ ). Что касается отъемных показателей, то лучшие показатели по массе гнезда находятся у свиноматок линии Комбат 551 – 86 кг, что на 6,1 кг – 7,09 % выше, чем у свиноматок линии Кристалл 12246 ( $P \leq 0,01$ ). Масса одной головы у свиноматок линии Комбат 551 составляет 10,4 кг, это на 0,5 кг – 8,65 % выше, чем у свиноматок линии Клад 723 и Кристалл 12446 ( $P \leq 0,01$ ). По комплексному показателю воспроизводительных качеств лучший балл отмечается у свиноматок линии Комбат 433 – 82,8.

Таблица 2. Продуктивность маток породы дюрок в разрезе линий

Показатели	Название и номер линии			
	Клад № 723	Комбат № 551	Комбат № 433	Кристалл 12446
	n = 32	n = 9	n = 19	n = 33
Многоплодие, гол.				
$X \pm m_x$	8,5 ± 0,2	8,4 ± 0,3	8,78 ± 0,24	8,6 ± 0,22
$C_v$	15,2	10,4	10,4	14,3
Молочность, кг				
$X \pm m_x$	47,8 ± 0,3	45,8 ± 0,3*	47,7 ± 0,4	47,1 ± 0,3
$C_v$	3,7	3,73	3,19	3,2
<b>Отъемные показатели в 35 сут</b>				
Количество голов				
$X \pm m_x$	8,4 ± 0,2	8,3 ± 0,3	8,7 ± 0,2	8,4 ± 0,17
$C_v$	12,3	10,4	10,1	12,2
Масса гнезда, кг				
$X \pm m_x$	85,2 ± 2	86 ± 2,08	85,3 ± 2	79,9 ± 1,5*
$C_v$	13,7	7,23	10,3	10,5
Масса 1 головы, кг				
$X \pm m_x$	9,5 ± 0,14*	10,4 ± 0,3	9,8 ± 0,2	9,54 ± 0,14*
$C_v$	9,0	9,3	8,9	8,8
КПВК	81,5	81	82,8	79,5

**Заключение.** Таким образом, стадо свиноматок породы дюрок насчитывает 93 головы различного возраста, в том числе свиноматки с одним опоросом – 41 гол., с двумя и более – 53 гол. Они представлены четырьмя линиями: Клад 723 – 32 гол., Комбат 551 – 9 гол., Комбат

433 – 19 гол., Кристалл 12446 – 33 гол. Свиноматки различных линий в разные периоды по развития имеют достаточно высокие показатели, что оценивается классами: элита и первый. Оценивая продуктивность животных по комплексному показателю воспроизводительных качеств, по первому опоросу лучшими показателями обладают матки линии Комбат 551 – 82,3 балла, Комбат 433 – 82,9 балла, по двум и более опоросам матки линии Комбат 433 – 82,9 балла и Клад 723 – 82,8 балла. В среднем по первому, двум и более опоросам, свиноматки линии Комбат 433 и Клад 723 занимают ведущее место в сравнении с продуктивностью свиноматок других линий. По развитию и экстерьеру все хряки разных линий относятся к классу элита, что свидетельствует о высоком качестве отбора хрячков селекционной службой. Низкий процент эффективных случек объясняется тем, что животные отселекционированы на высокие откормочные и мясные качества, но имеют пониженную воспроизводительную функцию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по бонитировке свиней. – Москва: Колос, 1976. – 46 с.
2. Оценка по собственной продуктивности помесного молодняка, полученного при скрещивании животных белорусской мясной породы и ландрас / И.П. Шейко [и др.] // Актуальные проблемы развития животноводства. – Горки: БГСХА, 2009. – Вып 12, ч. 2. – С. 326–332.
3. Репродуктивные, откормочные и мясные качества свиней породы дюрок при различных вариантах подбора родительских пар / И. П. Шейко [и др.] // Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2011. – № 1. – С. 74–80.
4. Создание белорусского заводского типа свиней в специализированной мясной породе дюрок / Т. Л. Шиман [и др.] // Зоотехническая наука Беларуси. – Жодино, 2007. – Вып. 42. – С. 178–185.
5. Шейко, И. П. О стратегических вопросах ведения отрасли свиноводства в Беларуси / И. П. Шейко // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2010. – № 1. – С. 5–10.
6. Шейко, И. П. Свиноводство: учебник / И. П. Шейко, В. С. Смирнов. – Минск: Новое знание, 2005. – 384 с.

*Аннотация.* Оценивая продуктивность животных по комплексному показателю воспроизводительных качеств по первому опоросу, лучшими показателями обладали матки линии Комбат 551 – 82,3 балла, Комбат 433 – 82,9 балла, по двум и более опоросам матки линии Комбат 433 – 82,9 балла и Клад 723 – 82,8 балла. В среднем по первому, двум и более опоросам, свиноматки линии Комбат 433 и Клад 723 занимают ведущее место в сравнении с продуктивностью свиноматок других линий.

*Ключевые слова:* порода, линия, продуктивность, свиньи породы дюрок.

## ВЫДЕЛЕНИЕ КОРМОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ЛЬНОВОДСТВА

А. С. СИМЧЕНКОВ, ассистент

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

**Введение.** Переход к рыночной экономике в сельском хозяйстве предполагает обеспечение рациональной переработки получаемой продукции. Для роста производства продукции питания в стране необходимо создание прочной кормовой базы для животноводства. Одним из направлений решения данной проблемы является широкое использование нетрадиционных видов кормов, прежде всего отходов переработки продукции растениеводства и, в частности, льняного вороха.

**Основная часть.** В результате исследований изучены и проанализированы научные публикации, затрагивающие вопросы выделения кормовых материалов из отходов льноводства [1–4].

Проведен анализ конструкций молотильно-сепарирующих устройств и сделан вывод о целесообразности применения дифференциального воздействия рабочих органов на обрабатываемый материал. Технологическая схема переработки льняного вороха на стационаре должна включать молотильный аппарат и автономное вытирающее устройство. Принцип работы последнего должен быть основан на использовании сил сжатия и трения.

Получены следующие теоретические результаты:

- определена питательная ценность кормовых материалов, содержащихся в льняном ворохе;
- теоретически обоснованы параметры вытирающего устройства;
- получена математическая модель, описывающая процесс выделения кормовых материалов, и определены ее оптимальные параметры;
- предложена методика инженерного расчета вытирающего устройства вальцового типа с рифлеными рабочими поверхностями;
- разработана новая технология переработки льновороха на стационаре с выделением кормовых фракций и формированием фонда семян высоких посевных кондиций;
- определена экономическая эффективность от применения предложенного вытирающего устройства при переработке отходов льняного вороха.

Процесс послеуборочной переработки льняного вороха с выделением кормовой фракции дает возможность не только использовать выделенную фракцию для приготовления богатого ценными питательными веществами корма для животных, но и позволяет создать условия для формирования фонда семян высоких посевных кондиций.

Выделение кормовых материалов из отходов льняного вороха основано на интенсивном перетирании составных частей путанины. Кроме того, стебельчатые частицы подвергаются вальцами поперечному сжатию и изгибу. Таким образом, благодаря силам трения, а также внутренним напряжениям, возникающим при изгибе, и происходит разрушение и выделение кормовых материалов. Это достигается тем, что предлагаемое устройство выполнено из контактирующих друг с другом слоев обрабатываемого материала набора пар рифленых подпружиненных вальцов, установленных с межцентровым расстоянием меньше суммы внешних радиусов.

**Заключение.** Анализ существующих технологий уборки льна в Беларуси показал целесообразность дополнительной переработки отходов льняного вороха с целью получения кормовых материалов. Изучение достоинств и недостатков технологий переработки льняного вороха позволяет сделать вывод о том, что наибольшей эффективности можно достичь применением двухфазной технологии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ взаимодействия слоя льновороха и рыхлителя-разравнивателя в карусельной сушилке / В. А. Шаршунов [и др.]. // *Ecologiczne aspekty mechanizacji produkcji roslinnej*. – Warszawa, 2001. – С. 254–257.
2. Бортник, С. А. Выделение кормовых материалов из отходов льноводства на стационарных молотилках: дисс. ... канд. техн. наук / С. А. Бортник. – Горки, 1992.
3. Войтова, А. В. Развитие льноводческой отрасли Республики Беларусь: проблемы и перспективы / А. В. Войтова, В. Н. Босак // *Научный потенциал молодежи – будущему Беларуси*. – Пинск: ПолесГУ, 2010. – С. 114–116.
4. Выбор и обоснование технологии переработки льновороха / В. А. Шаршунов [и др.]. // *Ecologiczne aspekty mechanizacji produkcji roslinnej*. – Warszawa, 2002. – С. 361–368.

*Аннотация.* Выделение кормовых материалов из отходов льняного вороха основано на интенсивном перетирании составных частей путанины с наибольшей эффективностью при применении двухфазной технологии.

*Ключевые слова:* льноворох, молотильно-сепарирующие устройства, выделение кормовых фракций, питательные вещества, вальцы.



## СКАРИФИКАЦИИ СЕМЯН ГАЛЕГИ КАК ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ

К. А. МАЧЁХИН, ст. преподаватель  
Д. А. МИХЕЕВ, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Основной стратегической целью отечественного агропромышленного комплекса является обеспечение населения основными продуктами питания (зерном, молоком, мясом и др.) за счет собственного производства, по доступным ценам для населения. Отдавая приоритеты развитию животноводства, следует выделить слабые места в этой отрасли и рассмотреть пути снижения их отрицательного влияния на рентабельность производства.

В проблеме обеспечения населения продуктами животноводства главным является система кормопроизводства – заготовки и использования кормов. Это определяет необходимость повышения обеспеченности животных качественными кормами и организацию бесперебойных зеленых конвейеров в летнее время [2, 5].

Высокоэффективное производство бобовых и злаковых трав является сегодня одной из важных задач в кормопроизводстве. Многолетние травы – это не только высокоэкономичный резерв создания качественной и сбалансированной по элементам питания кормовой базы, но и элементы системы земледелия, улучшающие структуру почвы и обеспечивающие сохранность ее плодородия, что в условиях дефицита ресурсов становится условием высокоэффективного хозяйствования.

**Основная часть.** При выращивании многолетних трав важное значение имеет качество семян, а именно состояние их оболочки. В среднем около 10–15 % семян бобовых трав имеют труднопроницаемую для воды и воздуха оболочку, которая препятствует их набуханию в почве. Как следствие, семена с такой оболочкой позже всходят и дают меньший урожай, а при недостаточной влажности почвы вообще не всходят. Наличие плотной оболочки приводит к торможению всходов и безвозвратной потере части высеянных дефицитных семян бобовых высокобелковых культур. Кроме того, неравномерные всходы значи-

тельно снижают урожайность и общую продуктивность растительной массы.

Для предотвращения негативного влияния плотной оболочки семян на рост и развитие растения необходимо перед посевом выполнить скарификацию, т. е. частично разрушить твердую оболочку семян, под действием термического, механического или химического воздействия. В результате скарификации на твердой оболочке семян образуются царапины и трещины, через которые проходит влага и воздух, вследствие чего семена быстрее набухают и прорастают. Всхожесть семян и скорость их прорастания при этом существенно увеличивается. Получаемые всходы выравниваются и дают больший урожай.

При термической скарификации семена помещают сначала в кипяток, а затем в ледяную воду. Процедуру повторяют несколько раз. Оболочка семени постепенно разрушается, внутрь проникает влага, и весной, при наступлении постоянных положительных температур, семя быстрее прорастает.

При химической скарификации оболочку размягчают, воздействуя на нее концентрированными кислотами.

При механической скарификации оболочка семени подвергается воздействию рабочего органа шлифовальной машины, скарификатора [3].

Необходимо отметить, что механическая скарификация нашла более широкое применение для семян сельскохозяйственных культур, поскольку такая технология является наиболее безопасной и производительной по сравнению с другими. Однако при работе механического скарификатора необходимо очень точно настроить рабочий орган во избежание чрезмерного разрушения оболочки и повреждения зародыша семени, что может привести к гибели семени.

На современном этапе возделывания многолетних бобовых кормовых культур в странах СНГ набирает популярность такая культура, как галега восточная.

Если при посеве галеги выполнить правильно все необходимые технологические процессы, то на поле при правильной агротехнике можно приезжать лишь за кормами. Галега требует минимального количества средств защиты и удобрений, а также насыщает почву азотом. Вегетационные возможности культуры позволяют практически сразу после весенней посевной кампании начинать кормозаготовку.

Преимущества выращивания галеги еще в том, что ею можно занимать малоконтурные и закамененные поля, непригодные для выращи-

вания других культур. Зачем несколько раз в год гонять технику и нести немалые расходы на участках в 2–5 га, если можно посеять высокопродуктивную многолетнюю культуру, такую как галега, и забыть о них [1, 4].

Сдерживающим фактором использования данной культуры является неравномерная всхожесть вследствие наличия плотной оболочки у семян.

**Заключение.** Производство кормов для отечественного аграрного сектора является одной из ключевых задач. Перспективной кормовой культурой с большим потенциалом для Республики Беларусь является галега восточная. Для получения выровненных всходов и, как следствие, хорошего урожая семена этой культуры нуждаются в скарификации. Для ее осуществления с высокой эффективностью необходимо планомерно разработать конструкцию и подобрать оптимальные режимы работы механического скарификатора. Высев скарифицированных семян галеги восточной на территории Республики Беларусь позволит повысить рентабельность производства кормов в нашей стране.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Заготовка кормов из бобовых, бобово-злаковых, травяных смесей и зернофуражных культур [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belagromech.by/news/zagotovka-kormov-iz-bobovyh-bobovo-zlakovyh-travyanyh-smesej-i-zernofurazhnyh-kultur/>. – Дата обращения 15.10.2021.
2. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
3. Михеев, Д. А. Дрожирование семян сахарной свеклы центробежным дрожиратором с лопастным отражателем / Д. А. Михеев. – Горки: БГСХА, 2017. – 180 с.
4. Областная газета Витебские вести [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vitvesti.by/economy/samye-bolshie-ploshchadi-galegi-v-belarusi-nakhodiatsia-v-krestianskom-khoziaistve-rodnik-shumilinskogo-raiona.html>, свободный. – Дата обращения: 20.10.2021.
5. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.

*Аннотация.* Описаны перспективы использования галеги восточной в качестве комовой культуры для кормления сельскохозяйственных животных, а также необходимость скарифицирования посевного материала с плотной оболочкой семян.

*Ключевые слова:* сельское хозяйство, галега, скарификация, комовая культура, всхожесть, зеленая масса.

## РАЗВЕРНУТЫЙ СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ И ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТЬ

С. И. КОЗЛОВ, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Тенденция развития научно-технического прогресса в современных условиях характеризуется разработкой и выпуском огромного количества автоматизированной техники. Доскональное понимание и знание сущности систем автоматизации дает возможность профессионально и эффективно ее эксплуатировать.

Ни у кого не вызывает сомнения, что эксплуатация автоматизированной техники (систем автоматизации) позволяет значительно увеличивать ее производительность, повышать качество производимой продукции и выполняемых различных видов работы, а также улучшать условия труда человека [1, 3–5].

В проведённых ранее нами исследованиях было отмечено, что структурные схемы, начерченные на основе выполненного структурного анализа, не только раскрывают, но и наглядно показывают физические механизмы формирования в системах автоматизации управляющих сигналов, команд и воздействий; контуров управления, регулирования, контроля и сигнализации; автоматических регуляторов управления, контроля и сигнализации [2, 6].

Следовательно, профессиональная степень подготовки современного инженера должна определяться умением анализировать рабочий процесс систем автоматизации с целью выявления и определения причин возникающих отказов и неисправностей, а также умением профессионально организовать эксплуатацию автоматизированной техники в производственных условиях.

Одной из разновидностей структурного анализа систем автоматизации является упрощенный структурный анализ, который является первым и необходимым учебно-познавательным приемом на пути к системному и более углубленному и осознанному пониманию структуры систем автоматизации [3, 6].

Упрощенный структурный анализ представляет собой процесс осознанного целенаправленного разделения технических средств автоматизации на две разновидности структурных элементов: объект автома-

тизации и систему управления, а также определение физического взаимодействия между собой структурных элементов и составление упрощенной структурной схемы [3, 6].

Этот вид структурного анализа обеспечивает в учебном процессе поступательный характер познания от простого к более сложному развернутому анализу систем автоматизации.

**Основная часть.** Развернутый структурный анализ систем автоматизации – это такой вид структурного анализа, который является не только, более сложным, но и более эффективным и продуктивным учебно-методическим направлением с точки зрения степени познания структуры систем автоматизации. Это обусловлено тем, что развернутый структурный анализ в полной мере раскрывает структуру систем автоматизации. Овладение развернутым структурным анализом обеспечивает максимально полезную познавательность содержания и сущности систем автоматизации, раскрывает содержание физического механизма формирования в системах автоматизации управляющих сигналов, управляющих команд и управляющих воздействий. Развернутый структурный анализ обеспечивает наглядность умозрительного восприятия действия не только главной обратной связи, но также действия различных разновидностей местных обратных связей.

Развернутый структурный анализ приводит к пониманию сути автоматического управления объектами в одних видах систем автоматизации и сути автоматического контроля за состоянием объектов в других видах систем автоматизации. Выполнение развернутого структурного анализа достаточно полно раскрывает описательно-познавательный характер процесса изучения систем автоматизации.

Развернутый структурный анализ представляет собой процесс осознанного и целенаправленного выделения из систем автоматизации объекта и разделение автоматических регуляторов, образующих систему управления, на структурные элементы, а также процесс осознанного определения физического взаимодействия между собой структурных элементов, образующих систему автоматизации, и построение развернутой структурной схемы.

Процесс выделения объекта из системы автоматизации и разделения автоматических регуляторов системы управления на структурные элементы осуществляется на основе знания определений объекта и структурных элементов, входящих в состав каждого автоматического регулятора.

Развернутый структурный анализ систем автоматизации выполняется на основе использования графических материалов в виде принципиальных электрических схем и текстовых материалов, в которых излагаются их устройство и рабочий процесс.

Целью такого структурного анализа является определение в каждой изучаемой системе автоматизации полного состава структурных элементов.

В выполняемом развернутом структурном анализе используются результаты выполненного упрощенного структурного анализа одной и той же изучаемой системы автоматизации. Объект автоматизации используется в том же виде со всеми его входными и выходными физическими параметрами. Дополнительному структурному анализу подвергаются автоматические регуляторы системы автоматизации. В полном объеме используется также установленная физическая связь между объектом и автоматическими регуляторами.

Рассмотрим развернутую структурную схему на примере параметрического измерительного преобразователя (ИП) (рис. 1).

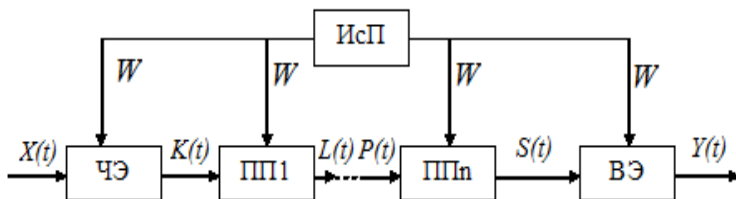


Рис. 1. Развернутая структурная схема параметрического измерительного преобразователя (ИП):

- ЧЭ – чувствительный элемент (первый первичный преобразователь);
- ПП1 – второй первичный преобразователь; ПП1...ППn – n-е количество промежуточных первичных преобразователей; ППn – предпоследний первичный преобразователь;
- ВЭ – выходной элемент (последний первичный преобразователь);  $X(t)$  – входной параметр параметрического ИП;  $K(t)$ ,  $L(t)$ ...  $P(t)$ ,  $S(t)$  – промежуточные параметры параметрического ИП;  $Y(t)$  – выходной параметр параметрического ИП;
- ИСП – источник питания;  $W$  – входной физический параметр измерительного преобразователя

Ее отличие от упрощенной структурной схемы, на которой реально действующий в системах автоматизации сельскохозяйственной техники параметрический ИП, изображается одним структурным звеном [3], здесь изображаются структурные элементы, отражающие полный количественный состав первичных преобразователей. Построение раз-

вернутой структурной схемы параметрического ИП конкретного конструктивного исполнения связано с определением количества первичных преобразователей и физической природы их входных и выходных параметров.

В конструкции параметрических ИП может быть различное количество первичных преобразователей – два, три, четыре и т. д. Каждый первичный преобразователь является структурным элементом. В обобщенном плане параметрический ИП с любым количеством первичных преобразователей можно представить в виде развернутой структурной схемы. В развернутой структурной схеме обобщенного плана показывается количество первичных преобразователей, равное  $n + 2$ : из них  $n$  отражает количество промежуточных первичных преобразователей (ПП), цифра 2 отражает один чувствительный (ЧЭ) и один выходной (ВЭ) структурные элементы. Индексы от 1 по  $n$  отражают количество структурных элементов в параметрическом ИП, которые выполняют функции промежуточных первичных преобразователей.

Физические связи представляют собой действие физических параметров между структурными элементами. Выходной параметр предыдущего структурного элемента является входным параметром последующего структурного элемента. Физическая связь между первичными преобразователями действует в параметрическом ИП в виде конструктивных соединений, выполненных посредством различных деталей. Входной и выходной параметры структурных элементов обозначаются прописными латинскими буквами  $X(t)$ ,  $K(t)$ ,  $L(t)$ ...  $P(t)$ ,  $S(t)$ ,  $Y(t)$ , которые содержат информацию обобщенного плана. Это означает, что буквенные обозначения являются условными, так как не отражают физическую природу входных и выходных параметров в ИП различного конструктивного исполнения.

Развернутая структурная схема в наглядной и доступной для восприятия форме отражает последовательное преобразование входного параметра  $X(t)$  (контролируемого параметра объекта) в выходной параметр  $Y(t)$ .

Входной параметр  $X(t)$  преобразуется чувствительным элементом (ЧЭ) в параметр  $K(t)$ , который является входным параметром первого промежуточного первичного преобразователя (ПП1). В выходной цепи (выходном канале) первичного преобразователя ПП 1 появляется параметр  $L(t)$  и т. д. Преобразовательный процесс одного параметра в другой продолжается и заканчивается в выходном элементе (ВЭ). Вы-

ходной элемент осуществляет окончательное преобразование и в его выходной цепи (выходном канале) появляется параметр  $Y(t)$  нужной физической природы и нужного вида для его передачи в сравнивающий элемент.

**Заключение.** Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что развернутый структурный анализ является не только более сложным, но и более эффективным и продуктивным учебно-методическим направлением, с точки зрения степени познания структуры систем автоматизации, и в полной мере раскрывает структуру систем автоматизации. Овладение развернутым структурным анализом приводит к пониманию сути автоматического управления объектами в одних видах систем автоматизации и сути автоматического контроля за состоянием объектов в других видах систем автоматизации. Выполнение развернутого структурного анализа достаточно полно раскрывает описательно-познавательный характер процесса изучения систем автоматизации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – Москва: Колос, 2004.
2. Козлов, С. И. Структурный анализ автоматизированных систем управления сельскохозяйственной техники / С. И. Козлов, С. А. Бортник // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2019. – № 1 (18). – С. 276–281.
3. Козлов, С. И. Упрощенный структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С. И. Козлов, С. А. Бортник // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2020. – № 1 (19). – С. 94–100.
4. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А. С. Клоев [и др.]. – Москва: Энергоатомиздат, 1990.
5. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок / под ред. проф. И. Ф. Кудрявцева – Москва: Агропромиздат, 1988.
6. Радченко, Г. Е. Автоматизация сельскохозяйственной техники / Г. Е. Радченко. – Минск: Технопринт, 2005.

*Аннотация.* Развернутый структурный анализ является не только более сложным, но и более эффективным и продуктивным учебно-методическим направлением, с точки зрения познания структуры систем автоматизации, и в полной мере раскрывает структуру систем автоматизации.

*Ключевые слова:* автоматизация, структурный анализ, структурная схема, структурные элементы.



## ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЕВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПОД МУЛЬЧИРУЮЩУЮ ПЛЕНКУ

К. Л. ПУЗЕВИЧ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент  
В. И. КОЦУБА<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент  
В. В. ПУЗЕВИЧ<sup>1</sup>, аспирант  
А. И. ФИЛИППОВ<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

<sup>2</sup>УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
Гродно, Республика Беларусь

**Введение.** Качество почвы в первую очередь определяет успех любого аграрного проекта. Почва – сложнейшая система взаимодействующих между собой минералов, органических соединений и живых организмов, формировавшийся миллионы лет, но очень хрупкий и легко разрушаемый неразумным хозяйствованием.

Урожайность культуры и качество выращиваемого продукта в первую очередь зависят от почвы и ее состояния. Поэтому важно позаботиться о его защите от неблагоприятных погодных условий. Одним из эффективных методов является мульчирование [1].

Мульча – это защитный слой, которым покрывают верхнюю часть грунта между растениями или вокруг них для предотвращения ветровой эрозии, переуплотнения ливнями и градом, пересыхания, перегрева и переохлаждения, вымывания питательных веществ и зарастания сорняком. А сам процесс укрытия называется мульчированием.

Мульчирование почвы применяется для повышения урожайности различных культур и улучшения качества продукции. С помощью мульчирования можно получить более ранний и богатый урожай, а также снизить использование пестицидов. Растения будут более здоровые, а плоды сочного и хорошего товарного вида. Используя мульчирование, очень эффективно выращивать теплолюбивые овощи, такие как перец, томаты и кукуруза [2].

Самым технологичным и самым универсальным мульчирующим материалом является полиэтиленовая пленка. В ряде зарубежных стран (Япония, США, ФРГ, Франция, Италия и др.) пленочное мульчирование стало обычным технологическим приемом при культивиро-

вании растений в открытом и защищенном грунте и проводится на сотнях тысяч гектаров [3].

Мульчирующую пленку используют для защиты сельскохозяйственных культур от агрессивных условий окружающей среды. Она задерживает испарение влаги и способствует равномерному ее распределению как в верхних, так и в нижних горизонтах почвы, что играет положительную роль не только в районах с недостаточным увлажнением, так как экономия воды при этом составляет около 60 %; ускоряет биологические процессы в почве, обеспечивает лучшее снабжение растений питательными веществами; активно используется для сохранения тепла и борьбы с сорняками. Все это положительно сказывается на росте и развитии растений, ускоряет созревание и увеличивает урожай от 40 до 60 % [4].

**Основная часть.** Ряд зарубежных фирм выпускают машины для высева семян и мульчирования посевов пленкой. При этом возможны две схемы посева [5].

Первый способ предполагает посев семян сеялками точного высева с последующим укрытием посевов пленкой. Этот процесс можно осуществить, используя однооперационные машины (что в настоящее время и применяется в нашей стране) или комбинированные агрегаты.

Для данной технологии ООО «ЛидаТехмаш» выпускает пленкоукладчики УПТ-1 (рис. 1) и ПУ-1,5 (рис. 2) для мульчирования почвы пленкой или укрывным материалом с одновременным внесением удобрений и пробивкой отверстий с заданным шагом.



Рис. 1. Пленкоукладчик УПТ-1



Рис. 2. Пленкоукладчик ПУ-1,5

Пленкоукладчики-грядообразователи AL-S14 PLUS фирмы Cheschi & Magli (рис. 3) образуют уплотненные ровные грядки, закрываемые пленкой, которые потом окучиваются. Рабочий процесс осуществляется при помощи переднего колеса из нержавеющей стали, которым земля уплотняется и трамбуется, а также парного ролика-разматывателя рулонов (нейлон, бумага, целлюлоза, биоразлагаемые материалы) шириной до 1,4 м и лемеха-укладчика. Конструкция машины позволяет использовать ее для формирования гряд или для укладки пленки отдельно [6].



Рис. 3. Пленкоукладчик-грядообразователь AL-S14 PLUS

Основным недостатком однооперационных машин является увеличение числа проходов машинно-тракторных агрегатов по полю, что неблагоприятно сказывается на развитии растений.

Примером комбинированного агрегата являются сеялки SAMCO различных модификаций производства Samco Agricultural Manufacturing LTD (Ирландия) для посева кукурузы под мульчирующую пленку [7].

Сеялки SAMCO за один проход осуществляют внесение гербицидов, высев семян и укрытие их биоразлагаемой пленкой. Фирма SAMCO производит четыре типоразмера сеялок: двухрядная SAMCO 2200, четырехрядная SAMCO 41HD, шестирядная SAMCO 7100 и восьмирядная SAMCO 80PT.

Сеялка Samco 41HD (рис. 4) имеет каток в передней части для образования твердого семенного ложа с постоянной глубиной посева. Этот каток также является приводной передачей для высевających элементов. Посев осуществляется пневматическим дисковым высевającym устройством Optima HD Kverneland. После прохода высевającego аппарата почва укрывается биоразлагаемой пленкой. При этом одной полосой пленки укрываются два рядка кукурузы.



Рис. 4. Сеялка Samco 41HD

Однако этот способ пригоден только для специальных биоразлагаемых пленок с перфорацией, так как пленка прорывается ростками растений (рис. 5).



Рис. 5. Перфорированная пленка

Второй способ предполагает подготовку почвы, укрытие ее пленкой и посев семян через пленку. Процесс посева подразумевает доставку семян в почву путем образования отверстия в пленке. Способ посева через пленку является более универсальным, так как позволяет применять различные укрывные материалы.

В сеялке ModulaJet производства Forigo Roteritalia (Италия) (рис. 6) семена пневматически отделяются, затем ускоряются в потоке воздуха и через пленку выстреливаются на землю. Это создает очень маленькое отверстие прямо над семенем, которое слишком мало для развития сорняков.

Глубина заделки семян регулируется скоростью воздушного потока. Маленькие отверстия в пленке значительно снижают скорость развития сорняков, сокращая последующую послевсходовую обработку. Пневмосистема лучше всего работает с крупными семенами, такими как кукуруза или соя, что несколько ограничивает диапазон применения сеялки. Также необходимо учитывать, что при прохождении семян через пленку возрастает риск нарушения его цельной оболочки или травмирования.



Рис. 6. Сеялка ModulaJet

Компания Samco производит сеялку PM 8220 (рис. 7), которая уплотняет почву, укладывает пленку и точно высевает семена с помощью перфоратора колесного блока, обеспечивающего точную глубину посева и расстояние между семенами [8].



Рис. 7. Сеялка Samco PM 8220

Сеялка позволяет осуществлять посев в пленку шириной 1,2–2,2 м, а также устанавливать расстояние между семенами в ряду от 23 см до 75 см и расстояние между рядами семян от 10 см до 250 см.

В сеялке используются два типа систем доставки семян. При первом способе семена пневмосистемой распределяются по перфорированным отверстиям. Это позволяет выбрать количество семян, посеянных на одно отверстие. Чтобы достичь целевого процента всхожести или в соответствии с существующей системой выращивания, можно высевать от 1 до 20 семян на отверстие. Это достигается подбором перфораторного колеса, чтобы оно соответствовало размерам семян и норме высева.

При втором способе используются высевальные аппараты точного высева Kverneland Accord, позволяющие высевать одно семя на отвер-



ствие. Настройка на культуру и регулировка нормы высева осуществляется сменой семенного диска и подбором перфораторного колеса.

Комбинированная машина для посева с мульчированием пленкой Spapperi SMP производства Spapperi NT SRL (США) (рис. 8) состоит из пневматической сеялки и пленкоукладчика и позволяет за один проход замульчировать почву пластиковой пленкой или укрывным материалом, пробить отверстия в пленке, высеять семена (диаметром от 4 мм) через эти отверстия и прикатать их сверху. Дополнительно может быть оборудована приспособлением для укладки ленты капельного орошения под пленку [9].



Рис. 8. Комбинированная машина для посева с мульчированием пленкой Spapperi SMP

Передний каток выравнивает почву и подготавливает семенное ложе. Центральный ролик укладывает на почву пленку, которую удерживают боковые колеса. Затем загортачи присыпают края пленки почвой с каждой стороны для надежной фиксации.

После этого колеса сеялки со специальными трубками присасывают семена из бункеров, пробивают пленку и, когда каждая труба достигает вертикального положения, укладывают семена в почву. В конце маленькие колеса прикатывают семена под пленкой.

Такая конструкция сеялки обеспечивает однородный и точный высеv на одинаковую глубину и минимальное повреждение пластиковой пленки для ограничения испарения влаги.

Сеялка обеспечивает расстояние между рядами – 35–75 см, расстояние между семенами в ряду – 18 см, глубина посева – 4,5 см. Возможна комплектация машины высевающими колесами для других значений расстояния между семенами и глубины посева.

Таким образом, механическое повреждение пленки высаживающими рабочими органами с одновременным высевом семян является наиболее перспективным направлением.

**Заключение.** Разработка конструкций посевных агрегатов, способных осуществлять посев пропашных культур под мульчирующую пленку, является актуальным направлением. Однако в Республике Беларусь отсутствуют машины для реализации данной технологии возделывания, а зарубежные аналоги являются весьма дорогостоящими [10, 11].

На основании анализа способов и систем посева наиболее перспективной видится следующая технологическая схема будущего агрегата: на раме смонтирована ось для размещения рулона с пленкой, которая расстилается при помощи направляющего вала, следом движется ротационный высевающий аппарат; высевающий аппарат осуществляет механическое повреждение пленки высаживающими рабочими органами с одновременным высевом семян. Необходимо чтобы высевающий аппарат дозировал семена, пробивал плену с требуемым шагом, формируя при этом семенное ложе, и укладывал семена в почву. При этом не должно происходить забивание высаживающих рабочих органов почвой или пленкой [12, 13].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Посев сельскохозяйственных культур под мульчирующую пленку / К. Л. Пузевич, В. И. Коцуба, В. В. Пузевич, А. И. Филиппов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5 – С. 163–166.
2. Дудка, В. Мульчирование почвы / В. Дудка // Лидер-Агро. – № 12 (22). – Кишинев, 2018.
3. Анализ машин для посева пропашных культур под мульчирующую пленку / В. И. Коцуба, К. Л. Пузевич, В. В. Пузевич, В. М. Кузюр // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: БрГАУ, 2020 – С. 107–113.



4. Способы мульчирования грунта [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <http://vladam-seeds.com.ua/ru/agronomiya/sposoby-mulchirovaniya-grunta>. – Дата доступа: 25.11.2021.
5. Коцуба, В. И. Анализ машин для посева пропашных культур под мульчирующую пленку / В. И. Коцуба, К. Л. Пузевич, В. В. Пузевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 71–75.
6. Bed maker/mulching film layer AL-S14 PLUS [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.checchiemagli.com/en/machines/bed-maker-mulching-film-layer-al-s14-plus/>. – Дата доступа: 25.11.2021.
7. SAMCO 41HD [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.samco.ie/machinery/40-hd-2/>. – Дата доступа: 25.11.2021.
8. Punch film layer [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.samco.ie/machinery/punch-film-layer/>. – Дата доступа: 25.11.2021.
9. SMP pneumatic seed drill [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <https://www.sprapperi.com/en/product/smp-en/>. – Дата доступа: 25.11.2021.
10. Анализ мульчирующих пленок / К. Л. Пузевич, В. И. Коцуба, В. В. Пузевич, А. И. Филиппов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 135–137.
11. Анализ способов мульчирования / К. Л. Пузевич, В. И. Коцуба, В. В. Пузевич, А. И. Филиппов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: БрГАУ, 2021. – С. 159–166.
12. Теоретические основы движения рабочих органов для посева под мульчирующую пленку / В. И. Коцуба, К. Л. Пузевич, В. В. Пузевич, В. М. Кузюр // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: БрГАУ, 2021. – С. 241–245.
13. Анализ машин для посева под мульчирующую пленку и обоснование движения их рабочих органов / В. И. Коцуба, К. Л. Пузевич, В. В. Пузевич, В. М. Кузюр // Вестник БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 146–150.

*Аннотация.* Приведены данные, свидетельствующие о необходимости мульчирования почвы, анализ способов посева через мульчирующую пленку и описание конструкции применяемых агрегатов. Отмечена актуальность разработки конструкций посевных агрегатов, способных осуществлять посев пропашных культур под мульчирующую пленку.

Учитывая, что в Республике Беларусь отсутствуют машины для реализации данной технологии возделывания, а зарубежные аналоги являются весьма дорогостоящими, обоснована технологическая схема агрегата для посева сельскохозяйственных культур под мульчирующую пленку и основные требования к качеству процесса.

*Ключевые слова:* мульчирующая пленка, комбинированный агрегат, посев пропашных культур, пленкоукладчик, сеялка, перфорированная пленка.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБОРА ПРОВЕРКИ ДОИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ППДУ-01 ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВАКУУМНЫХ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Ю. А. КРУПЕНИН, ст. преподаватель  
П. Ю. КРУПЕНИН, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Животноводство является важнейшим звеном агропромышленного комплекса. Эта отрасль дает человеку ценные продукты питания, а также сырье для промышленности. К сожалению, в ряде сельскохозяйственных предприятий все еще сохраняется поверхностный подход к средствам механизации животноводческих ферм и комплексов. В результате небрежного отношения к технике, неправильной ее эксплуатации и плохой организации технического обслуживания такие предприятия несут существенные потери [1].

Решению этой проблемы может содействовать расширение практики диагностирования доильного оборудования с использованием специализированного оборудования, позволяющего с высокой точностью определять такие параметры технического состояния узлов доильной установки, как вакуумметрическое давление и расход воздуха [2].

**Основная часть.** Для определения подачи вакуумного насоса могут применяться как простейшие расходомеры, например, индикатор производительности вакуумных насосов КИ-4840 [3], так и современные диагностические комплексы. Из отечественных образцов диагностического оборудования следует отметить прибор проверки доильных установок ППДУ-01, позволяющий определять расход воздуха и частоту вращения ротора вакуумного насоса.

Прибор проверки доильных установок ППДУ-01 состоит из блока измерительного функционального БИФ-01, датчика расхода воздуха ДРВ-01, датчика частоты вращения ДСВ-01, комплекта принадлежностей и пластикового кейса для переноски.

Датчик расхода воздуха ДРВ-01 (рис. 1) предназначен для измерения объемного расхода воздуха. Датчик представляет собой полый цилиндрический корпус 3, с одной стороны которого закреплен уплотняющий конус 4, используемый для присоединения (присасывания)

датчика к трубопроводам различных диаметров, с другой – блок первичных преобразователей *1* с установленными внутри него датчиками давления *5*, *7* и температуры *6*. Подключение датчика ДРВ-01 к измерительному блоку осуществляется посредством коммутационного разъема *8*.

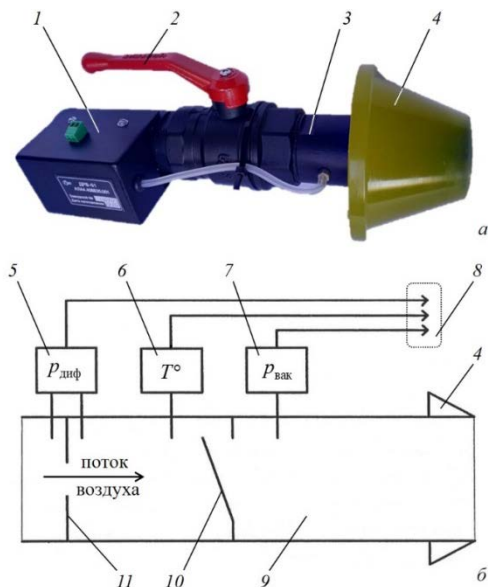


Рис. 1. Датчик расхода воздуха ДРВ-01:

- a* – общий вид; *б* – структурная схема; *1* – блок первичных преобразователей;  
 2 – рукоятка крана; 3 – корпус датчика; 4 – уплотняющий конус;  
 5 – датчик дифференциального давления; 6 – датчик температуры;  
 7 – датчик вакуумметрического давления; 8 – коммутационный разъем;  
 9 – полость; 10 – кран; 11 – диафрагма

В связи с тем, что объем воздуха, как и любого другого газа, зависит от температуры и давления, измеренные значения расхода должны быть приведены к некоторым стандартным условиям. В технических характеристиках вакуумных насосных станций производства стран СНГ подача приводится для стандартных условий по ГОСТ 2939-63 «Газы. Условия для определения объема», иностранного производства – по международному стандарту ISO 6690:2007 «Установки доильные. Механические испытания» [2].

Для приведения фактически измеренной подачи вакуумного насоса к стандартным по ГОСТ 2939-63 «Газы. Условия для определения объема» значениям давления (101,325 кПа) и температуры (293,15 К) используют формулу:

$$Q_{ст} = Q_{изм} \frac{p_{атм} - p_{сист}}{101,325} \cdot \frac{293,15}{T}, \quad (1)$$

где  $Q_{изм}$  – измеренное значение подачи, л/мин;

$p_{атм}$  – атмосферное давление, кПа;

$p_{сист}$  – давление во входном патрубке вакуумного насоса, кПа;

$T$  – температура воздуха, К.

При диагностировании вакуумных насосных станций иностранного производства следует ориентироваться на требования стандарта [4], учитывающего возможность использования частотного регулирования подачи вакуумного насоса. Приведение результатов измерений к стандартным условиям по температуре, давлению и географической высоте расположения доильной установки над уровнем моря осуществляют по формулам:

– измерение при рабочем вакуумметрическом давлении

$$Q_{прив} = Q_{изм} \frac{p_{max} - p_{сист} p_{атм} / p'_{атм}}{p_{max} - p_{сист}} \cdot \frac{293,15}{T}, \quad (2)$$

– измерение при вакуумметрическом давлении –50 кПа

$$Q_{прив} = Q_{изм} \frac{p_{max} - 50 p_{атм} / 101,33}{p_{max} - 50} \cdot \frac{n_{ном}}{n_{изм}} \cdot \frac{293,15}{T}; \quad (3)$$

где  $p_{max}$  – максимальное вакуумметрическое давление, создаваемое насосом, кПа;

$p'_{атм}$  – стандартное атмосферное давление для высоты расположения доильной установки над уровнем моря, кПа;

$T$  – температура воздуха, К;

$n_{ном}$  – номинальная частота вращения вакуумного насоса, об/мин;

$n_{изм}$  – частота вращения вакуумного насоса при давлении во входном патрубке –50 кПа, об/мин.

Для проведения измерений в соответствии с ГОСТ 2939-63 в меню прибора ППДУ-01 активируют режим «ПРИ СТАНДАРТНЫХ УСЛОВИЯХ», в котором на дисплее в ячейке «расход» отображается

значение замеряемого в фактических условиях расхода воздуха, а в ячейке «стандартный» – значение расхода воздуха после приведения к стандартным условиям по формуле (1).

При диагностировании вакуумных насосных станций иностранного производства в меню прибора ППДУ-01 активируют режим «ПРИ РАБОЧЕМ ДАВЛЕНИИ» или «ПРИ ДАВЛЕНИИ –50 кПа», в которых вычислительный блок осуществляет приведение значений расхода воздуха по формуле (2) или (3) соответственно.

Рассмотрим методику анализа диагностических данных на примере вакуумной насосной станции СН-60А с водокольцевым вакуумным насосом.

Согласно технической характеристике насосной станции СН-60А, максимально развиваемое ею вакуумметрическое давление  $[p]$  составляет –80 кПа [5]. Фактическое значение разрежения  $p$  может быть ниже допускаемого  $[p]$  из-за утечек воздуха, которые подразделяются на внешние и внутренние.

При внешней утечке воздух поступает в насос через неплотности всасывающего патрубка, изношенное торцевое уплотнение ротора или негерметичные соединения подпиточной трубки.

Внутренняя утечка обусловлена перетеканием воздуха внутри корпуса насоса из выходного патрубка во всасывающий патрубок вследствие увеличенного зазора между ротором и торцевой крышкой с выходным и всасывающим окнами. Утечка также происходит в случае нарушений герметичности отдельных полостей, образующихся между лопастями вращающегося ротора и поверхностью водяного кольца. Ее причинами могут являться как механические повреждения ротора (облом, трещины, сколы лопастей), так и недостаточная толщина водяного кольца вследствие засорения подпиточной трубки или недостаточного уровня воды в баке насосной станции.

Номинальная подача насосной станции СН-60А при вакуумметрическом давлении –50 кПа составляет  $(65 \pm 5) \text{ м}^3/\text{ч}$  [5]. Вакуумная станция считается технически исправной, если фактическое значение подачи  $Q$  составляет не менее 80 % от номинального, т. е. не менее  $48 \text{ м}^3/\text{ч}$  или 800 л/мин.

Факторами, приводящими к снижению подачи вакуумного насоса, помимо вышеописанных механических повреждений ротора и засорения подпиточной трубки, могут являться крупные отложения накипи в пространстве между лопастями ротора и повышенная температура воды в баке.

Образование толстого слоя накипи на лопастях ротора водокольцевого вакуумного насоса происходит по причине высокой концентрации солей кальция и магния в воде. Крупные отложения накипи сокращают полезный объем полостей между лопастями ротора. Покрытый накипью ротор за один оборот перемещает меньший объем воздуха, что закономерно приводит к снижению подачи вакуумного насоса в целом.

Повышение температуры воды в баке насосной станции негативно влияет на подачу водокольцевого вакуумного насоса. Рост температуры водяного кольца приводит к большему нагреву воздуха внутри насоса, что, в соответствии с законами термодинамики, влечет за собой увеличение его объема. При этом тепловое расширение воздуха внутри вакуумного насоса снижает эффективность его работы. Например, подача вакуумной насосной станции СН-60А падает на 20 % при повышении температуры воды в баке с 20 до 50 °С [5].

При этом следует отметить, что нагрев воды в баке во время работы водокольцевого вакуумного насоса неизбежен. Для технической исправной вакуумной насосной станции СН-60А рост температуры воды со скоростью 30 °С за 1 час работы является нормой [5]. Более быстрый нагрев воды может происходить из-за неправильной сборки насоса, в результате которой не обеспечивается необходимый зазор между торцом ротора и крышкой с всасывающим и выходным окнами. Отсутствие зазора вызывает трение деталей друг о друга с выделением дополнительной теплоты.

Скорость нагрева воды также зависит от ее количества в баке: чем меньше объем воды, тем быстрее она будет нагреваться. Оптимально бак вакуумной насосной станции всегда должен быть заполнен водой до метки «МАХ» на его боковой поверхности.

Еще одним фактором снижения подачи является избыточное сопротивление движению воздуха в выходном патрубке насоса. Вместе с воздухом в выходной патрубке водокольцевого насоса также поступает и некоторое количество воды. С целью уменьшения расходования воды при работе насоса, конец выходного патрубка заведен в горловину водяного бака, внутри которого происходит разделение воздушно-водяной смеси: вода остается в баке, а воздух выходит наружу через Г-образный зазор между патрубком, горловиной и брызгозащитным диском. Сокращение проходного сечения этого зазора, например, по причине слишком низкого расположения брызгозащитного диска, создает избыточное давление

(противодавление) в выходном патрубке, что, в свою очередь, приводит к уменьшению подачи вакуумного насоса.

**Заключение.** Применение современных диагностических комплексов обеспечивает комплексную оценку технического состояния вакуумных насосных станций доильных установок, что позволяет на раннем этапе выявлять возможные неисправности и продлевать срок службы оборудования. Однако, ввиду различий в нормативно-технической документации стран СНГ и дальнего зарубежья, при анализе результатов диагностирования доильного оборудования и, особенно, вакуумных насосных станций с частотным регулированием величины создаваемого разрежения, следует использовать соответствующие методы интерпретации получаемых экспериментальных данных.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Китун, А. В. Основы формирования поточных технологических линий на животноводческой ферме / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин // Вестник БГСХА. – 2021. – № 2. – С. 160–164.
2. Китун, А. В. Методика анализа результатов диагностирования вакуумных насосных станций доильных установок / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин // Вестник БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 136–140.
3. Рекомендации по техническому сервису доильного оборудования / С. К. Карпович [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2015. – 124 с.
4. Установки доильные. Механические испытания: ISO 6690:2007. – Введ. 15.02.2007. – Женева: Международная организация по стандартизации, 2007. – 48 с.
5. Станция насосная СН-60А. Технический паспорт // ОАО «Гомельский мотороремонтный завод». – Гомель, 2014. – 16 с.

*Аннотация.* Описаны особенности диагностирования вакуумной насосной станции с водокольцевым насосом с использованием прибора ППДУ-01, позволяющего определять уровень вакуумметрического давления в статических и динамических режимах работы доильного оборудования и расход воздуха. Приведены математические зависимости для приведения результатов измерений к стандартным условиям в соответствии с требованиями технических нормативно-правовых актов.

*Ключевые слова:* диагностирование, доильная установка, вакуумная насосная станция, неисправность, водокольцевой насос.

## DISADVANTAGES AND ADVANTAGES OF PUMP OPERATION WHEN TRANSPORTING MANURE

R. SKLIAR, PhD (Engineering)  
N. BOLTIANSKA, PhD (Engineering)  
O. SKLIAR, PhD (Engineering)

Dmytro Motorni Tavsia state agrotechnological university,  
Melitopol, Ukraine

**Introduction.** For a stable fermentation process from the point of view of technological biology, the ideal case is a continuous flow of substrate through a biogas plant. In practice, such conditions are unlikely to be realized, so, as a rule, the substrate is fed into the reactor in several batches during the day [1, 2]. All units required to transport the substrate must not operate continuously. This plays a key role in the calculation of the plant.

In most cases, a mixture of renewable materials, solid and liquid coenzyme is used to increase the gas yield and, consequently, the efficiency of biogas plants. This increases the amount of dry matter and impurities in the receiving tanks, so pumps and mixers should be carefully selected. Because for daily filling of methane tanks it would be enough a small pump that delivers slowly; rapid filling is more detrimental to the biogas formation process and can create high pressure zones in the methane tank if the fermented substrate or biogas cannot be displaced quickly enough. On the other hand, small, low-flow pumps clog faster. Even if it is planned to stir and fill the tanks with manure for export to the fields with the help of a universal central pump, it is necessary to have high productivity.

**Main part.** Analysis of the literature [1–3] has shown that for the transport of substrates that can be pumped, within the biogas plant are used mainly pumps driven by an electric motor. They are controlled by time relays or process computers, so the whole process can be fully or partially automated. In many cases, the entire substrate transport system within the biogas plant is implemented using one or two pumps located in the pumping station. In this case, the laying of the necessary pipelines is performed in such a way that all relevant technological processes (supply to the reactor, complete emptying of tanks, actions in case of accident, etc.) can be controlled by easily accessible or automatic gates.

The choice of appropriate power and characteristics of the pumps largely depends on the substrates used and their degree of preparation and / or



dry matter content (DM). To protect the pumps directly in front of them can be installed cutting and grinding mechanisms, as well as separators of impurities; pumps can also be used, in which the transport elements are equipped with suitable grinders.

When feeding the substrate to the reactor should take into account its temperature. With a large temperature difference between the substrate and inside the reactor (when feeding the substrate to the reactor after sanitation or in winter) there is a strong influence on the biology of the process, which can lead to a decrease in gas flow. Heat exchangers and heated receiving tanks are sometimes used as technical solutions in such cases.

It must be ensured that the pumps are freely available to perform the necessary work [4]. Despite the precautions taken and the substrate well prepared, the pumps can become clogged. Clogging should be removed quickly. It should also be borne in mind that the moving parts of the pumps wear out, they are subjected to heavy loads and need to be replaced from time to time. The operation of the biogas plant should not be interrupted. Therefore, the pumps should be equipped with valves, thanks to which they are isolated from the pipelines for maintenance and repair work.

Pumps are required to bridge the gap between individual biogas tanks and, if necessary, to operate hydraulic units.

*Centrifugal pumps* are widely available in manure equipment. They are easy to manufacture and relatively stable in operation, can be used with substrates with a DM content of less than 8 % [5]. Typical for centrifugal pumps is the strong dependence of the pump supply on the discharge pressure (or on the discharge head). The maximum achievable pressure is within 4–20 bar. The amount of injected material varies between 2 and 6 m<sup>3</sup>/min, with an energy consumption of 3–15 kW.

But the distinguishing feature [6] of these pumps is that before commissioning the pump and suction line must be filled with liquid, or the pump must be directly immersed in the liquid, as the impeller of the pump, rotating in the air (not flooded), creates so a slight discharge that it is insufficient to lift the fluid from the lower level to the pump. The peculiarity of the structure of the centrifugal pump is that the distance between the edges of the impeller blades and the pump housing is 1–1,5 cm, which makes it impossible to create a significant vacuum, but allows the pump to start even in very dense matter.

Cutting pumps – special form of centrifugal pumps - have hardened cutting edges on the impeller and an anti-cutting plate on the body [6]. Thus, it is possible to grind substances with long fibers (straw, feed residues) con-

tained in manure. These pumps are immersed in a liquid substrate, so there are no problems with suction.

Submersible pumps of the PTS Cri-Man S.R.L. (Italy) have a large diameter inlet with a multi-channel open impeller, equipped with a powerful double cutting and grinding mechanisms. The design of the pumps is specially designed for pumping very concentrated, aggressive and heavy liquids that require pre-grinding of the solid components of the substrate. Pump failure occurs in the event of prolonged operation without fluid entering the inlet.

*Plunger pump (pump with extruder).* Plunger pumps are used primarily for substrates with a high dry matter content. These pumps are self-priming and more stable to pressure compared to centrifugal pumps, which means that the amount of substance that is pumped depends less on the height at which the supply is carried out. Pumps of this type can also be pumped in the opposite direction after a change in direction of rotation [7]. The first are equipped with a stainless-steel rotor running in a stator made of elastic material. Eccentric screw pumps can self-suck to a depth of 8.5 m and produce pressures up to 24 bar, but cannot pump as much as centrifugal pumps. They are also sensitive to «dry» work, solid foreign bodies or the ingress of long fibers.

In Seepex BN series pumps, actuator is flanged directly to the pump. This does not require a separate support for the pump, it becomes more compact and reduces its cost. The detachable connection of the shaft between the drive and the rotating unit facilitates the replacement of worn parts and the seal of the shaft. Uniform pumping without ripples does not require the use of additional ripple dampers or compensators in the pipelines. This makes the pumps easy to maintain. Also, these pumps can be completed with the device of protection of a stator against «dry» course (thermoelectric) that allows to prevent its destruction [6, 7].

Rotary pumps have become increasingly popular in recent years. They have two parallel-axial shafts moving in gear in different directions. The volume rotors fixed on shafts move in the closed case with small axial and radial backlashes. The rotors provide the necessary pressure for pumping the liquid, and they are designed so that in any position the suction and discharge sides are separated from each other. When the rotors roll on each other, cavities are formed, which are filled with the material being pumped. The material is captured in a circular motion and moved into the pressure pipe. The maximum pressure is within 2–10 bar [8], and the pump supply is within 0,5–4 m<sup>3</sup>/min., power 7,5–55 kW. Compared to eccentric screw

pumps with the same power consumption, these pumps allow the pumping of more solid foreign bodies and substances containing fibers (up to 12 % dry matter). For this reason, they are increasingly used in plants that work with high amounts of fibrous material, energy crops or sparse and crushed solid manure as a substrate.

**Conclusion.** Daily one-two-time filling of the fermenter with modern pumps, as a rule, does not meet the needs. With this feed at once in the methane tank receives a large amount of cold substrate, they are constantly clogged with fibers. The way out is to turn on the productive pump only at short intervals when filling the methane tank or to use a plunger pump with a speed switch (drive with power take-off shaft, multi-speed electric motor or gearbox).

#### REFERENCES

1. Komar, A. Definition of priority tasks for agricultural development / A. Komar// Multidisciplinary research. – Bilbao, 2020. – P. 431–433.
2. Podashevskaya, H. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine / H. Podashevskaya. – Минск: БГАТУ, 2020. – С. 519–522.
3. Boltianska, N. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock / N. Boltianska // Current issues of science and education. – Rome, 2021. – P. 171–176.
4. Skliar, A. Justification of conditions for research on a laboratory biogas plant / A. Skliar // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2014. – Vol. 16, Nr. 2. – P.183–188.
5. Boltianska, N. Measures to improve energy efficiency of agricultural production / N. Boltianska // Social function of science, teaching and learning. – Bordeaux, 2020. – P. 478–480.
6. Skliar, R. V. Substrate management in biogas plants / R.V. Skliar // Молодь і технічний прогрес в АПК. – Харків: ХНТУСГ, 2021. – С. 260–262.
7. Skliar, R. Basic elements of a process line for anaerobicaerobic treatment of pig complexes manufactures / R. Skliar // Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві. – Глеваха, 2020. – P. 89–91.
8. Sklar, A. G. Energy efficiency analysis of methane tank /A. G. Sklar // Proceedings of the Tavriya State Agrotechnological University. – 2015. – Vol. 15, Nr. 2. – P. 316–322.

*Аннотация.* Приводится сравнительных анализ современных и наиболее часто использующихся насосов для транспортирования навоза при работе биогазовых установок. Описаны особенности их работы в зависимости от качества исходного сырья, а также преимущества и недостатки.

*Ключевые слова:* насос, биогаз, навоз, сухое вещество.

## Секция 4. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 621.793.3

### ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ТРЕНИЯ ПРИ ФРИКЦИОННО-МЕХАНИЧЕСКОМ МЕДНЕНИИ ЧУГУННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Л. И. САВЕНОК, канд. техн. наук, доцент  
Г. В. БРЕЗГУНОВ, инженер

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

**Введение.** Известно, что до 12 % мощности двигателя теряется на трение в его деталях. Примерно половина этой мощности приходится на трение между зеркалом цилиндра и поршневыми кольцами. Если снизить коэффициент трения в два раза, то мощность двигателя возрастет на 3 % без увеличения расхода топлива [1].

Одним из способов, способствующих улучшению трибологических параметров (увеличение микротвёрдости и износостойкости, уменьшение коэффициента трения и времени прирабатываемости) поверхности трения детали, является финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО), заключающаяся в нанесении тонкого слоя твердосмазочного материала путем использования явления переноса металла при трении. Толщина образуемого покрытия – 1–5 мкм [2]. Наибольшую известность получило фрикционно-механическое нанесение медьсодержащего металла – фрикционное латунирование, меднение и бронзирование. Финишную обработку ведут прутковым инструментом на токарном станке в присутствии поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Взаимодействие под большим давлением твердого металла с мягким вызывает вырывание частиц мягкого металла в виде покрытия. Наличие поверхностно-активной среды способствует разрыхлению защитных слоев, пластифицирует поверхность медьсодержащего металла, а образующиеся частицы износа пластически деформируются и энергетически возбуждаются. Действие трибонагрузок и сжимающих давлений спрессовывает частицы износа в имеющиеся углубления, а когда микровпадины заполнены, дальнейшее увеличение толщины

покрытия происходит под влиянием адгезиозного взаимодействия, вызывая прочное схватывание нанесенного слоя с подложкой.

Исследования показали, что при фрикционном меднении чугунной поверхности в среде раствора глицерина и соляной кислоты на поверхности образуется многослойное твердосмазочное покрытие (ТСП), содержащее осажденную медь и полимеры трения [3, 4].

Это возможно при выполнении следующих условий: контактное давление прижатия прутка к детали не менее 40 МПа; скорость скольжения или окружная скорость детали – до 0,6 м/с; продольная подача 0,1–0,3 мм/об [2]. Поверхность детали смазывалась технологической жидкостью ПАВ (глицерин с добавлением соляной кислоты) [3, 4].

В зависимости от вышеназванных условий изменяется температура в зоне трения медьсодержащего материала. От пределов ее варьирования зависит качество нанесённого покрытия и в последующем течение ряда химических превращений процесса самоорганизации и образования медного покрытия и полимеров трения.

Целью настоящих исследований является определение температуры в зоне трения в процессе фрикционно-механического меднения поверхности чугунной детали и определение качества нанесения.

**Основная часть.** Для измерения температуры нами была изготовлена термопара хромель – алюмель из проводов диаметром 0,5 мм. В прутке меди марки М1 диаметром 4 мм сверлили отверстие и вставляли изготовленную термопару, обеспечивая качественное прижатие ее спая к прутку. В качестве регистрационного прибора применяли цифровой мультиметр Mastech MS8221. Термопару с подсоединенной к ней регистрирующим прибором протарировали.

Для нанесения покрытия использовали наружную поверхность гильзы двигателя Д-260, изготовленной из специального легированного чугуна. Гильзу обрабатывали на токарном станке с доведением наружного диаметра до размера  $120,0 \pm 0,05$  мм. Обработку поверхности вели резцами ВК8 и ВК 2 (черновое и чистовое точение) до шероховатости  $R_a = 1,25$  мкм.

В резцедержателе этого же станка крепилось заранее изготовленное нами приспособление [5], обеспечивающее регулируемое контактное давление прутка меди с установленной термопарой до 150 МПа.

На обрабатываемую поверхность обильно наносилась ПАВ (4%-ный раствор соляной кислоты в глицерине). Покрытие производили на поверхности детали длиной  $L = 240$  мм (полученная площадь покрытия превышает на 7 % площадь зеркала цилиндра).

Измерение температуры вели при контактном давлении прутка 100 МПа, частоте вращения шпинделя  $96 \text{ мин}^{-1}$  и подачах 0,1 0,2 и 0,3 мм/об. Исследования проводили в трехкратной повторности.

Показания прибора фиксировали, сначала через две секунды, а при установившемся режиме – через пять секунд.

В зависимости от подачи среднее значение температуры в зоне трения, время протекания процесса, длина обработанной поверхности представлены в таблице.

**Изменение температуры в зоне трения при различных подачах**

Подача, мм/об	Участок I (зона приработки)			Участок II (рабочая зона)		
	время обработки $T_{1,2}$ , мин	температура $t_1$ , °C	длина $L_1$ , мм	время обработки $T_{2,2}$ , мин	температура $t_2$ , °C	Длина $L_2$ , мм
0,1	2,3	47	22	25	65	240
0,2	1,9	48	36	12,5	64	240
0,3	1,7	50	48	8,3	60	240

По результатам измерений построен график изменения температуры в зависимости от длины обработанной поверхности на одном из режимов варьирования показан на рис. 1.

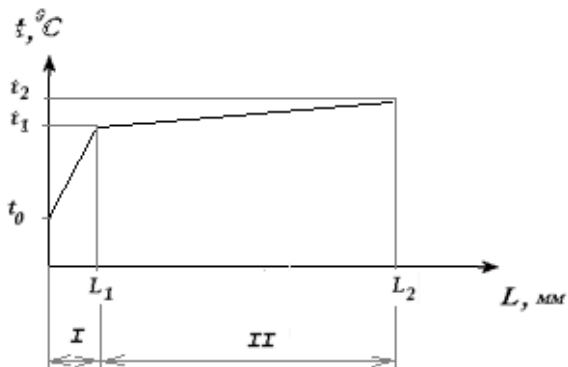


Рис. 1. Изменение температуры в зоне трения в зависимости от длины обработанной поверхности

По оси ординат откладывали значения изменения температуры в зоне трения  $t$ , °C, а по оси абсцисс – длина обработанной поверхности детали  $L$ , мм.

Исследования показали, что в начале, начинается резкое возрастание температуры от точки  $t_0$ , (температура поверхности детали перед ФАБО) до точки  $t_1$ . В это время происходит нагрев места контакта, идет приработка контактирующих поверхностей (участок I). Роль ПАВ в это время, в основном, выполняет функцию смазки.

При дальнейшем нанесении покрытия контактное место взаимодействия прутка нагревается до температуры, способной прогреть достаточную площадь. Температура зоны контакта увеличивается пропорционально проходимому пути  $L$  (участок II). Это связано с тем, что идёт непрерывный процесс опережающего прогрева детали, сопровождающийся подготовительными процессами разрушения защитных окисных поверхностных слоев.

В конце фрикционного меднения температура достигает значения  $t_2$  (покрытие нанесено на длине  $L$ ).

Контроль за покрытием осуществляли внешним осмотром [6, 7]. Обработанную деталь снимали со станка, промывали в воде, бензине и высушивали в сушильном шкафу. Затем осматривали при помощи переносного микроскопа МПБ-2 24-кратного увеличения.

В результате внешнего осмотра установлено, что на поверхности чугунной детали, вначале нанесенного покрытия (участок I), видны места образования крупных разобщенных, явно выделяющихся над поверхностью, частиц металла красного цвета.

Затем наступает равномерное красное покрытие, имеющее незначительные пятна темного (выдавленные зерна графита) и серого цветов (полимеры трения), что допустимо. Это свидетельствует о хорошем покрытии в рабочей зоне.

**Заключение:** 1. Температура в зоне трения сначала растет быстро – зона приработки, а затем наступает ее стабилизация – повышается незначительно – рабочая зона. Максимальное значение она имеет  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  при минимальной подаче  $0,1\text{ мм/об}$ .

2. Для уменьшения участков с нестабильным покрытием, фрикционную обработку поверхности предпочтительно вести с минимальной подачей. Начинать фрикционно-механическое меднение поверхности цилиндра прутковым инструментом необходимо, по возможности, как можно ближе от края.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гаркунов, Д. Н. Избирательный перенос в тяжелонагруженных узлах трения / Д. Н. Гаркунов. – Москва: Машиностроение, 1982. – С. 17–22.

2. Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО) деталей / В. Ф. Карпенков [и др.]. – Пушино: МГАУ им. Горячкина, 1996. – 78 с.

3. Брезгунов, Г. В. Теоретическое исследование химических процессов, происходящих при фрикционно-механическом нанесении медных покрытий на зеркало чугунной гильзы цилиндра / Г. В. Брезгунов // Эксплуатация, ремонт и восстановление сельскохозяйственной техники. – Горки: БСХА, 1997. – С. 38–42.

4. Брезгунов, Г. В. Влияние концентрации соляной кислоты в глицерине на эффективность фрикционно-механического меднения наружных поверхностей чугунных деталей / Г. В. Брезгунов // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2001. – Ч. 2. – С. 167–171.

5. Устройство для фрикционно-механического нанесения покрытий: пат. U 2516. Республика Беларусь, МПК: C23C 26/00 / Г. В. Брезгунов, А. В. Брезгунов. – № 20050471; заявл. 02.08.05; опубл. 28.02.06 // Бюллетень № 1 (48). – С. 3.

6. Лозовский, В. Н. Диагностирование авиационных топливных и гидравлических агрегатов на основе избирательного переноса / В. Н. Лозовский. – Москва: Транспорт, 1979. – 294 с.

7. Брезгунов, Г. В. Изучение поверхности после обработки методом ФАБО // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей, тракторов и автомобилей / Г. В. Брезгунов. – СПб.: СПГАУ, 2002. – С. 287.

*Аннотация.* Описана методика определения температуры в зоне трения при фрикционном меднении прутковым инструментом.

*Ключевые слова:* фрикционно-механическое меднение, ПАВ, покрытие, температура, термопара.

УДК 631.31.02:621.791.927.5

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ КАРБОВИБРОДУГОВЫМ УПРОЧНЕНИЕМ, ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Н. В. ТИТОВ, канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет  
имени Н. В. Парахина»,  
Орел, Российская Федерация

**Введение.** Для повышения ресурса деталей машин, эксплуатируемых в абразивной среде, в настоящее время успешно используются композитные покрытия, формируемые способом карбовибродугового упрочнения (КВДУ) с использованием многокомпонентных паст (МКП) [1–7]. Сущность способа КВДУ состоит в том, что на рабочую



поверхность детали, подлежащую упрочнению, наносится слой МКП с последующим его высушиванием до отверждения.

После этого между угольным электродом установки для КВДУ и упрочняемой поверхностью с нанесенной МКП зажигается электрическая дуга. При ее горении из компонентов МКП происходит формирование композитного покрытия. В состав МКП, используемых для КВДУ, входят стальная матрица, упрочняющие компоненты (карбиды, оксиды, бориды) и криолит  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ , улучшающий зажигание дуги [2, 3, 5–10].

Толщина и эксплуатационные характеристики композитных покрытий зависят от состава и концентрации компонентов, используемых МКП. В связи с этим целью проведенных исследований являлось уточнение рационального состава МКП, наиболее оптимального для упрочнения деталей машин, эксплуатируемых в абразивной среде.

**Основная часть.** В качестве матрицы МКП, по результатам анализа научных публикаций [3, 7–9, 11], использовали порошок ПР-НХ17СР4. В качестве керамических компонентов МКП использовали карбиды вольфрама  $\text{WC}$  и кремния  $\text{SiC}$ .

Содержание керамических компонентов в составе МКП, по рекомендациям работ [3, 8, 9], принимали равным 20 % и 30 %. Для КВДУ использовали установку ВДГУ-2, а процесс упрочнения осуществляли на следующих режимах: сила тока – 60–70 А, частота и амплитуда вибрации угольного электрода – 25 Гц и 1,1 мм [6, 8, 9, 11–15].

Толщину и микротвердость композитных покрытий, сформированных при КВДУ, определяли на поперечных шлифах с использованием микротвердомера ПМТ-3М-01, оснащенного возможностью обработки информации посредством персонального компьютера. Сравнительную износостойкость покрытий определяли на установке ИМ-01. Длительность проводимых испытаний составляла 30 мин, в качестве абразивного материала использовали кварцевый песок дисперсностью 0,16–0,32 мм.

Проведенные исследования показали, что на толщину композитного покрытия, сформированного при КВДУ, в наибольшей степени влияет толщина слоя МКП. До толщины слоя МКП 2,2–2,3 мм толщина покрытия практически линейно возрастает.

При дальнейшем увеличении толщины слоя МКП качество покрытия и его толщина снижаются, что связано с увеличением напряженности электрического поля, которую необходимо обеспечить для зажигания дуги при КВДУ [3, 16]. При толщине слоя МКП свыше 2,6 мм по-

лучить качественное композитное покрытие при КВДУ невозможно. Использование различных керамических компонентов в составе МКП значительного влияния на толщину сформированного покрытия не оказывает. В среднем толщина покрытия находится в диапазоне 0,9–1,05 мм.

В ходе проведенных исследований были также получены значения микротвердости композитных покрытий, полученных при КВДУ с использованием МКП различного состава (таблица).

**Микротвердость композитных покрытий, сформированных при КВДУ**

Состав используемой МКП	Микротвердость HV композитного покрытия при содержании керамического компонента в составе МКП, % по массе	
	20	30
ПР-НХ17СР4 (матрица), WC	985	1115
ПР-НХ17СР4 (матрица), SiC	845	930

Наибольшую микротвердость имеют композитные покрытия, сформированные с использованием МКП, содержащей 30 % WC. Среднее значение микротвердости в этом случае составляет 1115 HV. Микротвердость композитных покрытий, сформированных с использованием МКП, содержащих SiC, является более низкой. При содержании в составе МКП 30 % SiC она составляет 930 HV.

Также необходимо отметить, что при приближении к границе раздела «покрытие – основной металл» микротвердость покрытий снижается в среднем на 20–25 % вне зависимости от состава МКП.

При проведении лабораторных сравнительных испытаний на изнашивание композитных покрытий, сформированных с использованием МКП, содержащей 30 % WC, в сравнении со сталью 65Г, принятой за эталон, было установлено, что их износостойкость в среднем в 2,4 раза выше.

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования позволили определить состав МКП, рациональный для формирования композитных покрытий способом КВДУ: порошок ПР-НХ17СР4 – 60 % по массе, карбид вольфрама WC – 30 % по массе, остальное – криолит Na<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>.

Использование МКП рационального состава при КВДУ деталей машин, эксплуатируемых в абразивной среде, позволит значительно повысить их ресурс в эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Упрочнение поверхностей режущих элементов сельскохозяйственных агрегатов вибродуговой плазмой / С. Н. Шарифуллин [и др.] // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т. 122. – С. 145–151.
2. The microstructure of composite cermet coatings produced by carbo-vibroarc surfacing / A. V. Kolomeychenko [et al.] // *Welding International*. – 2017. – V. 31, Nr. 9. – P. 739–742.
3. Виноградов, В. В. Повышение износостойкости стрельчатых лап почвообрабатывающих орудий карбовибродуговым упрочнением их режущих поверхностей: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / В. В. Виноградов // Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I. – Воронеж, 2017. – 16 с.
4. Задорожний, Р. Н. Металлографические исследования стальных образцов, упрочненных карбовибродуговой наплавкой / Р. Н. Задорожний, С. П. Тушкилин // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т. 124. – № 2. – С. 57–61.
5. Щицын, В. Ю. Технология вибродугового упрочнения с использованием ферродобавок применительно к условиям республики Куба / В. Ю. Щицын, Э. С. Э. Кастелл, А. А. Волков // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». – 2018. – № 5. – С. 35–39.
6. Титов, Н. В. Универсальная технология восстановления и упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин / Н. В. Титов, А. В. Коломейченко // Труды ГОСНИТИ. – 2015. – Т. 121. – С. 291–297.
7. Kolomeichenko, A. V. Technology of reconditioning with hardening of working elements of construction and road machines by composite coatings / A. V. Kolomeichenko, N. V. Titov, Yu. N. Baranov // IOP Conference Series ICMTMT 2019. – Sevastopol State University, National University of Science and Technology «MISIS», Polzunov Altai State Technical University, Crimean Federal University, Inlink Ltd. and International Union of Machine Builders, 2020. – P. 044009.
8. Титов, Н. В. Повышение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин путем нанесения металлокерамических покрытий / Н. В. Титов // Тракторы и сельхозмашины. – 2018. – № 6. – С. 27–31.
9. Результаты производственной проверки экспериментальных упрочненных износостойкими материалами ножей скоростных плугов / Н. В. Титов [и др.] // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2020. – № 3 (27). – С. 90–97.
10. Теплофизические характеристики многокомпонентных паст для нанесения упрочняющих покрытий / Н. В. Титов [и др.] // Клеи. Герметики. Технологии. – 2020. – № 12. – С. 2–7.
11. Титов, Н. В. Повышение ресурса быстроизнашиваемых деталей сельскохозяйственной техники / Н. В. Титов // Механизация и автоматизация технологических процессов в сельскохозяйственном производстве. – Воронеж: Воронежский ГАУ, 2020. – С. 574–578.
12. Исследование микроструктуры композиционных металлокерамических покрытий, полученных карбовибродуговой наплавкой / А. В. Коломейченко [и др.] // Сварочное производство. – 2016. – № 11. – С. 3–7.
13. Titov, N. V. Innovative method of tillage tool hardening / N. V. Titov, A. V. Kolomeichenko, N. N. Litovchenko // *Vestnik OrelGAU*. – 2014. – Nr. 2 (47). – P. 42–48.
14. Исследование влияния режимов и параметров карбовибродугового упрочнения на толщину металлокерамического покрытия / Н. В. Титов [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 9. – С. 34–37.

15. Обзор способов повышения долговечности быстро изнашиваемых деталей сельскохозяйственной техники / Н. В. Титов [и др.] // Научно-практические аспекты развития АПК. – Красноярск: Красноярский ГАУ, 2020. – С. 220–223.

16. Особенности зажигания электрической дуги при карбовибродуговом упрочнении рабочих органов сельскохозяйственных машин / Н. В. Титов [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2016. – № 4. – С. 34–38.

*Аннотация.* Рассмотрены особенности способа карбовибродугового упрочнения (КВДУ) деталей машин с использованием многокомпонентных паст, позволяющего значительно повысить ресурс упрочненных деталей.

Целью проведенных исследований являлось определение состава пасты, наиболее рационального для формирования способом КВДУ композитных покрытий на рабочих поверхностях деталей машин, эксплуатируемых в абразивной среде.

Определены толщина, микротвердость и износостойкость поверхностей, упрочненных КВДУ с использованием многокомпонентных паст различного состава. По результатам проведенных исследований определен состав пасты, рациональный для формирования композитных покрытий способом КВДУ: порошок ПР-НХ17СР4 – 60 % по массе, карбид вольфрама WC – 30 % по массе, остальное – криолит  $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ .

При проведении лабораторных сравнительных испытаний на изнашивание композитных покрытий, сформированных с использованием пасты данного состава, в сравнении со сталью 65Г, принятой за эталон, было установлено, что их износостойкость в среднем в 2,4 раза выше. Таким образом, использование многокомпонентной пасты рационального состава при КВДУ деталей машин, эксплуатируемых в абразивной среде, позволит значительно повысить их ресурс в эксплуатации.

*Ключевые слова:* композитное покрытие, карбовибродуговое упрочнение, ресурс, многокомпонентная паста, абразивная среда.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЛЩИНЫ ПОКРЫТИЯ, СФОРМИРОВАННОГО ПЛАЗМЕННЫМ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИМ ОКСИДИРОВАНИЕМ НА ДЕТАЛЯХ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПРИПОЕМ ПА-12**

Н. С. ЧЕРНЫШОВ, канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет  
имени Н. В. Парахина»,  
Орел, Российская Федерация

**Введение.** В современной сельскохозяйственной технике множество деталей изготовлено из алюминиевых сплавов, значительная часть которых – это детали двигателей: блоки, головки цилиндров, детали системы охлаждения, которые контактируют с охлаждающими жидкостями и подвергаются коррозии, сочетающейся с кавитацией. Вибрация и температура дополнительно интенсифицируют эти процессы. Совокупным результатом этих воздействий в конечном итоге являются: течи через уплотнения, сквозная и язвенная коррозия, трещины, т. е. преждевременный выход узла или детали из строя [1, 2].

Поверхности деталей, из алюминиевых сплавов, которые контактируют с охлаждающими жидкостями можно защищать, уменьшая агрессивность среды (использование ингибиторов – замедлителей коррозионных процессов) или можно покрывать металлическую поверхность не поддающимся коррозии материалом. Например, оксидно-керамические покрытия, сформированные на алюминиевых сплавах плазменным электролитическим оксидированием (ПЭО), являются химически инертными, не проводят электрический ток, обладают достаточно высокой твердостью и износостойкостью [3–5].

В ремонтном производстве известна технология восстановления деталей из алюминиевых сплавов аргонодуговой наплавкой [6–8], но восстановленные детали характеризуются наличием значительных внутренних напряжений и низкой коррозионной стойкостью. Предлагаемая технология восстановления поверхностей деталей из алюминиевых сплавов высокотемпературной пайкой с последующим упрочнением ПЭО позволяет избавиться от недостатков аргонодуговой наплавки.

При условии обоснованного выбора электролита и электрохимических параметров ПЭО можно получать покрытия, обладающие необ-

ходимой толщиной, высокой твердостью, износостойкостью и коррозионностойкостью [9–13]. Наиболее перспективным электролитом для ПЭО, с точки зрения дешевизны и экологии, является водный раствор на основе гидроксида калия (КОН) и натриевого жидкого стекла ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) [12,13].

**Основная часть.** Практический интерес представляют исследования зависимости изменения толщины покрытия сформированным ПЭО от состава электролита при плотности тока  $20 \text{ А/дм}^2$  и продолжительности оксидирования 2 часа на восстановленных пайках поверхностях.

Для проведения исследований использовали цилиндрические образцы, изготовленные из сплава АК9ч. Выбор материала определяли из того, что указанный сплав широко применяется для изготовления широкой номенклатуры деталей охлаждения двигателей. В качестве припоя использовали алюминиевый припой марки ПА-12 (ТУ 48-17228138/ОПП-020-2003), который применяется для пайки деталей, работающих в коррозионно-жестких условиях [14].

В качестве флюса использовали флюс ФА-40 (ТУ-4817228138/ОПП-019-2003), предназначенный для высокотемпературной пайки алюминиевыми припоями [14].

Для пайки использовали водородно-кислородную установку «Энергия 1,5» и газопламенную горелку с наконечником № 4. Толщина напаянного слоя составляла 1–1,5 мм. Для придания напаянным поверхностям образцов правильной геометрической формы и получения необходимых параметров шероховатости для нанесения покрытия ПЭО их подвергали шлифованию.

Линейные размеры образцов замеряли рычажным микрометром МР-25 ГОСТ 4381-87. Толщину сформированного покрытия определяли с помощью вихретокового измерителя толщины покрытий ВТ-201, предел допускаемой абсолютной основной погрешности ( $\Delta_{\text{осн}}$ ) в микронах не превышает величины:  $\Delta_{\text{осн}} = \pm(0,03S + 1,0)$ , мкм, где  $S$  – измеряемое значение.

Исследования показали, что при увеличении концентрации в растворе электролита натриевого жидкого стекла при постоянных остальных параметрах ПЭО происходит уменьшение внутреннего упрочненного слоя покрытия, а толщины рыхлого и внешнего упрочненного слоев покрытия увеличиваются (рис. 1–3).

Толщина увеличивается за счет натриевого жидкого стекла, а именно катионов  $\text{SiO}^-$ , которые под воздействием микродуговых разрядов внедряются в состав покрытия [12, 13, 15].

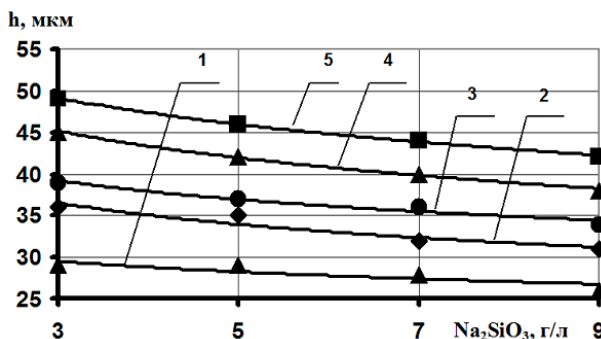


Рис. 1. Влияние концентрации  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  на толщину внутреннего упрочненного слоя покрытия на катодных поверхностях при  $D_t = 20 \text{ А/дм}^2$ ;  $T = 2 \text{ ч}$ :  
 1 –  $C_{\text{кон}} = 1 \text{ г/л}$ ; 2 –  $C_{\text{кон}} = 2 \text{ г/л}$ ; 3 –  $C_{\text{кон}} = 3 \text{ г/л}$ ; 4 –  $C_{\text{кон}} = 4 \text{ г/л}$ ; 5 –  $C_{\text{кон}} = 5 \text{ г/л}$

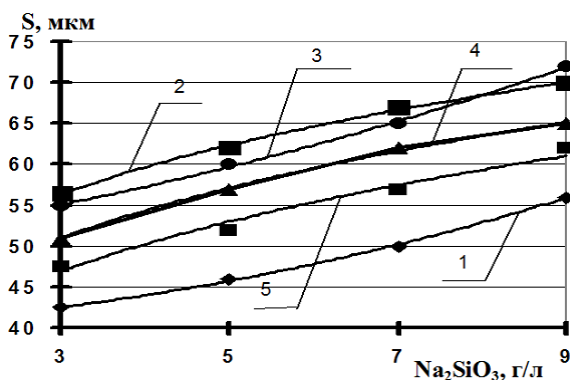


Рис. 2. Влияние концентрации  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  на толщину внешнего упрочненного слоя покрытия на катодных поверхностях при  $D_t = 20 \text{ А/дм}^2$ ;  $T = 2 \text{ ч}$ :  
 1 –  $C_{\text{кон}} = 1 \text{ г/л}$ ; 2 –  $C_{\text{кон}} = 2 \text{ г/л}$ ; 3 –  $C_{\text{кон}} = 3 \text{ г/л}$ ; 4 –  $C_{\text{кон}} = 4 \text{ г/л}$ ; 5 –  $C_{\text{кон}} = 5 \text{ г/л}$

Увеличение концентрации гидроксида калия в электролите приводит к более глубокому проникновению внутреннего упрочненного слоя в основу, что объясняется более сильным растравливанием поверхности оксидируемого металла при формировании покрытия [13, 15].

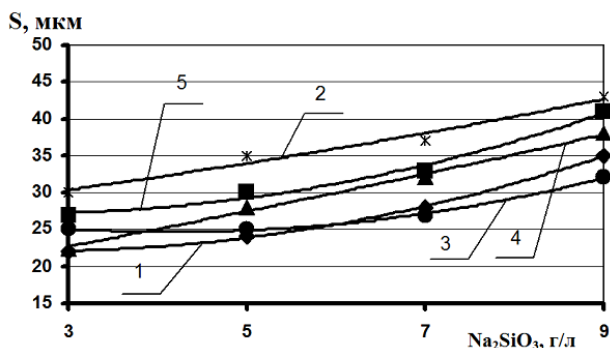


Рис. 3. Влияние концентрации  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  на толщину рыхлого слоя покрытия на напаянных поверхностях при  $D_t = 20 \text{ А/дм}^2$ ;  $T = 2 \text{ ч}$ :  
 1 –  $C_{\text{кон}} = 1 \text{ г/л}$ ; 2 –  $C_{\text{кон}} = 2 \text{ г/л}$ ; 3 –  $C_{\text{кон}} = 3 \text{ г/л}$ ; 4 –  $C_{\text{кон}} = 4 \text{ г/л}$ ; 5 –  $C_{\text{кон}} = 5 \text{ г/л}$

**Заключение.** Учитывая то, что общая толщина упрочненного слоя покрытия, необходимая для обеспечения высокой коррозионной стойкости, должна быть как можно больше [16–18], то, по результатам исследования, для упрочнения напаянных поверхностей припоем ПА-12 сплава АК9ч можно рекомендовать использовать электролит следующего состава, г/л:  $\text{KOH} - 1,8-2,2$ ;  $\text{Na}_2\text{SiO}_3 - 5-7$  и следующие режимы ПЭО: плотность тока  $20 \text{ А/дм}^2$  и продолжительность оксидирования 2 часа.

При вышеуказанных режимах получаемая толщина упрочненного слоя оксидно-керамического покрытия составит 90–110 мкм. При этом внутренний (от действительного размера детали) упрочненный слой составит 30–35 мкм и внешний – 60–70 мкм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Есенберлин, Р. Е. Восстановление автомобильных деталей сваркой, наплавкой и пайкой / Р. Е. Есенберлин. – Москва: Транспорт, 1994. – 256 с.
2. Надежность и ремонт машин / В. В. Курчаткин [и др.]; под ред. В. В. Курчаткина. – Москва: Колос, 2000. – 776 с.
3. Технологические методы повышения долговечности деталей машин / Ю. А. Кузнецов [и др.] // Технология металлов. – 2019. – № 5. – С. 34–40.
4. Титов, Н. В. Технологии восстановления и упрочнения деталей машин МДО. Теория и практика: монография / Н. В. Титов, А. В. Коломейченко, В. Н. Логачев. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 148 с.
5. Corrosion tests of oxide-ceramic coatings formed by microarc oxidation / N. S. Chernyshov [et al.] // Refractories and Industrial Ceramics. – 2020. – Т. 61, № 2. – P. 220–223.



6. Рабкин, Д. М. Дуговая сварка алюминия и его сплавов / Д. М. Рабкин, В. Г. Игнатьев, И. В. Довбищенко. – Москва: Машиностроение, 1982. – 95 с.
7. Сварка и свариваемые материалы: технология оборудования (т. 2) / под ред. В. М. Ямпольского. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. – 574 с.
8. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений / А. Г. Сулов [и др.]. – Москва: Машиностроение, 2006. – 544 с.
9. Испытания на коррозионную стойкость оксидно-керамических покрытий, сформированных микродуговым оксидированием / Н. С. Чернышов [и др.] // Новые огнеупоры. – 2020. – № 4. – С. 51–55.
10. Повышение ресурса деталей машин пайкой и микродуговым оксидированием: монография / А. В. Коломейченко [и др.]. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2020. – 191 с.
11. Коломейченко, А. В. К вопросу о коррозионной стойкости МДО-покрытий в агрессивных средах / А. В. Коломейченко, Н. С. Чернышов, В. З. Павлов // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 6. – С. 33–35.
12. Коломейченко, А. В. Технологии восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники микродуговым оксидированием / А. В. Коломейченко, Н. В. Титов, В. Н. Логачев. – Орел: Орловский ГАУ, 2013. – 131 с.
13. Микродуговое оксидирование (теория, технология, оборудование) / И. В. Суминов [и др.]. – Москва: Экомет, 2005. – 368 с.
14. Справочник по пайке / под ред. И. Е. Петрунина. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2003. – 480 с.
15. Плазменно-электролитная обработка. Микродуговое оксидирование / А. В. Эпельфельд [и др.]. – Москва: МГТУ, 2020. – 193 с.
16. Жук, Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов / Н. П. Жук. – Москва: Альянс, 2006. – 472 с.
17. Саакиян, Л. С. Влияние микродугового оксидирования на коррозионно-механическое поведение литейных алюминиевых сплавов / Л. С. Саакиян, А. П. Ефремов, А. И. Капустник // Физико-химическая механика материалов. – 1990. – Т. 26. – С. 113–115.
18. Сиявский, В. С. Коррозия и защита алюминиевых сплавов / В. С. Сиявский, В. Д. Вальков, Г. М. Будов. – Москва: Металлургия, 1979. – 224 с.

*Аннотация.* В работе представлено влияние на толщину, оксидно-керамических покрытий, сформированных ПЭО на восстановленных пайкой поверхностях, изменение концентрации жидкого стекла в водном растворе электролита на основе КОН и  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ . Определена концентрация элементов раствора для ПЭО, с целью получения необходимой толщины упрочненного слоя покрытия на деталях из алюминиевого сплава АК9ч, восстановленных пайкой с использованием припоя ПА-12.

*Ключевые слова:* коррозия, восстановление, пайка, плазменное электролитическое оксидирование, состав электролита, толщина покрытия.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНИКИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

И. И. ЭРКИНХОЖИЕВ, соискатель

Ташкентский государственный аграрный университет,  
Ташкент, Республика Узбекистан

**Введение.** В Республике Узбекистан необходимо совершенствовать экономические реформы, чтобы своевременно решать проблемы в сельском хозяйстве. В связи с этим экономические реформы в аграрном секторе должны быть направлены, прежде всего, на повышение эффективности использования технических средств и производительности труда, комплексной механизации растениеводства и животноводства и, следовательно, устойчивого развития сельского хозяйства.

В литературе нет единого мнения о показателях эффективности использования сельскохозяйственной техники. В условиях небольших сельскохозяйственных предприятий использование техники должно быть связано с конечными результатами сельскохозяйственного производства. Оценка эффективности использования машин на фермерских хозяйствах является многогранной проблемой, и ее определение, соразмерно с поставленной целью, приводит к различным результатам. Это требует комплексного подхода к оценке эффективности использования сельскохозяйственной техники [1–6].

**Основная часть.** Уровень обеспеченности техническими средствами в отрасли играет важную роль в оценке эффективности использования сельскохозяйственной техники. Это потому, что уровень обеспеченности техническими средствами в конечном итоге приведет к эффективному использованию машин. Особенности сельскохозяйственного производства, в частности сезонность работы, требуют особого подхода при оценке показателей эксплуатации технических средств. Определение итоговых экономических результатов сельскохозяйственного производства (в области растениеводства) раз в год являются относительными при оценке эффективности использования техники. Потому что, несмотря на эффективное использование техники в каждом агротехническом процессе, вполне вероятно, что конечный финансовый результат от продажи продукции под воздействием

различных факторов будет низким. В этом случае возможность правильно оценить эффективность использования техники снижается.

Сегодня из-за утраты взаимовыгодных связей между сельхозпроизводителями и сферой услуг в республике возможности повышения эффективности производства в отрасли, особенно в хлопководстве, ограничены. Проблемы, возникающие при повышении эффективности использования сельскохозяйственной техники, требуют особого внимания к уровню и эффективности использования технических средств. Ведь без улучшения качества предоставляемых услуг невозможно добиться положительного результата.

На фермерских хозяйствах используются средние значения для определения эффективности использования техники. Для оценки и анализа эффективности использования МТП система показателей должна быть простой и доступной для широкого круга специалистов, и на основе этого должен быть определен и спланирован ряд мер по повышению эффективности использования механизированных средств. Сменный коэффициент использования сельскохозяйственной техники определяется отношением количества объема сменной работы на количество ежедневных операций, которое находится в следующей формуле:

$$K_{\bar{n}} = \frac{T_{\bar{n}}}{T_{\bar{e}}},$$

где  $K_n$  – сменный коэффициент,

$T_n$  – сменный объем работы техники,

$T_e$  – суточный объем работы техники.

Коэффициент использования техники определяется отношением фактического объема работ, выполненных техническими специалистами, к объему работ, которые могут быть выполнены за это время, с использованием следующей формулы:

$$K_{\phi} = \frac{I_x}{I_m},$$

где  $K_{\phi}$  – коэффициент использования техники,

$I_x$  – объем фактически выполненной работы,

$I_m$  – объем работы, которую можно было сделать.

Как общий показатель фактической обеспеченности фермерских хозяйств тракторами и комбайнами, выступает отношение общей фи-

зической и эталонной техники к размеру земельной площади хозяйства:

$$O_{\text{ф.эт}} = \frac{\sum n_{\text{физ(эт)}} \times 1000}{S},$$

где  $O_{\text{ф.эт}}$  – обеспеченность реальными тракторами (физических или эталонных) на 1000 га пахотной земли;

$\sum n_{\text{физ(эт)}}$  – среднегодовой физический (эталонный) объем тракторов;

$S$  – площадь пахотной земли, га.

Нормативное обеспечение фермерских хозяйств самоходными машинами или тракторами может быть рассчитано на основе производительности их среднего ежедневного или сменного рабочего времени или среднего агротехнического рабочего времени, ежедневного или сменного рабочего времени.

В течение срока службы машины, ее производительность берется из полученных с завода технической спецификации производителя, но после истечения этого нормативного периода производительность труда машины должна быть снижена до его физического и морального износа. Мы рекомендуем использовать этот подход при оценке обеспеченности всеми видами технических средств. Интенсивность производства варьируется в зависимости от сроков проведения агротехнических работ в сельском хозяйстве, что предполагает высокую обеспеченность техническими средствами, работающих на основе интенсивных технологий.

При анализе эффективности машинно-тракторного парка целесообразно сравнить результаты сельскохозяйственного производства с отдельными типами ресурсов и текущими производственными затратами.

Также при планировании и определении эффективности использования техники важно учитывать следующее:

- работа на машинах и агрегатах, объем механизированных работ;
- фонд рабочего времени, ее использование, сроки выполнения работ;
- затраты труда механизаторов и вспомогательного персонала;
- эксплуатационные расходы;
- расходы на горюче-смазочные материалы.

Необходимо также использовать показатели, которые являются результатом взаимодействия многих факторов производства и характеризуют основные результаты сельскохозяйственного производства.

Процесс обеспечения фермеров техническими средствами и их эффективное использование отличается от других отраслей экономики рядом особенностей. Эти особенности сочетаются со спецификой сельского хозяйства. К ним относятся: большое количество времени между периодом производства в сельском хозяйстве и рабочим периодом; сезонное использование технических средств, прямая и косвенная связь эффективности технических средств с биологическими процессами при производстве первичной сельскохозяйственной продукции; специализация техники и ее типов по регионам и их варьирование в зависимости от состава сельскохозяйственных культур; эффективность использования технических средств тесно связана с климатическими условиями; за счет использования сельскохозяйственной техники получение урожая один раз в год; тесная связь эффективности обеспечения техникой и ее использования с другими отраслями агропромышленного комплекса. Эффективность обеспечения сельскохозяйственного производства техническими средствами и их использование зависит от следующих факторов: природные факторы; организационные факторы; технические и технологические факторы; экономические факторы; социально-экономические факторы.

Оценка эффективности использования в фермерских хозяйствах технических средств является многогранной проблемой, и в зависимости от поставленной цели может привести к различным результатам. Это требует комплексного подхода к оценке эффективности использования сельскохозяйственной техники. Эффективность сельскохозяйственного производства выражается в поддержании плодородия почвы, увеличении количества качественной продукции на единицу сельскохозяйственной площади при одновременном снижении удельных затрат на единицу продукции.

Технический уровень сельского хозяйства зависит от наличия соответствующего технического оборудования. В случае рыночных отношений этот процесс может осуществляться тремя способами:

- 1) предложение на технические средства ниже, чем спрос на него. В этом случае поставщики техники становятся хозяином рынка и продают эти ресурсы по высоким ценам;
- 2) предложение на технические средства равно спросу на него. В этом случае технические средства продаются по взаимовыгодным ценам, в зависимости от технико-экономических показателей;
- 3) предложение на техническое средство превышает спрос на него.

В этом случае существует конкуренция между поставщиками, в результате чего покупатель (производитель сельскохозяйственной продукции) представлен на рынке как хозяин и покупает ресурсы по относительно низким ценам. Исследования показывают, что на современном этапе переходного периода сельское хозяйство развивается в первой форме обеспечения материально-техническими ресурсами.

**Заключение.** Правильное и рациональное использование всех организационных, экономических, правовых и других факторов, влияющих на эффективность использования сельскохозяйственной техники при реализации Антикризисной программы, окажет положительное влияние на конечный результат сельскохозяйственного производства, обеспечить эффективную работу поставщиков сервисных услуг, пользователей сервиса, а также тех, кто имеет собственную технику.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфора-М, 2016. – 336 с.
2. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
3. Условия осаждения покрытий латуни в процессе ремонта сельскохозяйственной техники / С. Д. Полищук [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2017. – Т. 7. – № 4 (25). – С. 43–47.
4. Цвирков, В. В. Перспективные направления ведения аграрного бизнеса в условиях ландшафтно-усадебных поселений / В. В. Цвирков, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 15–19.
5. Эркинхожиев, И. И. Пути решения проблем в сфере сельскохозяйственного машиностроения Республики Узбекистан / И. И. Эркинхожиев // Вестник аграрной науки Узбекистана. – 2019. – № 3 (77). – С. 171–174.
6. Эффективность использования устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка / А. С. Анищенко, О. В. Гордеенко, В. В. Гусаров, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2021. – Вып. 6. – С. 54–57.

*Аннотация.* Рассмотрено формирование и развитие технического потенциала сельскохозяйственных организаций в современных условиях хозяйствования.

*Ключевые слова:* воспроизводство, материально-техническая база, сельское хозяйство, технический потенциал.

## Секция 5. ТРАКТОРЫ, АВТОМОБИЛИ И МАШИНЫ ДЛЯ ПРИРОДОБУСТРОЙСТВА

УДК 628.16

### СИСТЕМАТИЗАЦИЯ СХЕМ ОЧИСТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

Е. И. МАЖУГИН, канд. техн. наук, доцент  
А. Л. БОРИСОВ, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Очистка жидкостей является одним из широко распространенных технологических процессов, выполняемых в самых разных сферах. Само понятие «очистка» имеет разные значения. В данной публикации мы рассмотрим очистку как процесс удаления из очищаемой жидкости (дисперсной среды) раздробленного (диспергированного) и перемешанного с ней твердого или нерастворимого жидкого вещества.

Схематически загрязненные жидкости можно рассматривать как гетерогенные системы, т. е. системы, характеризующиеся различием свойств в отдельных областях пространства, занимаемого системой, и существованием реальных физических поверхностей раздела между этими отдельными областями. Такие поверхности раздела существуют на границе между частицами загрязнений и очищаемыми жидкостями. По существующей классификации [1] сплошная непрерывная фаза дисперсной системы называется дисперсной средой, а находящиеся в ней частицы – дисперсной фазой.

Количественной мерой дисперсности вещества является степень дисперсности, представляющая собой величину, обратную размеру (диаметру или поперечнику) дисперсных частиц.

В таблице приведена принятая градация дисперсных систем по размерам дисперсных частиц и степени дисперсности.

Дисперсную систему, состоящую из жидкой фазы и рассредоточенных в ней твердых частиц, называют суспензией или взвесью. Суспензия, в которой твердая фаза имеет коллоидную степень раздробленности, называется коллоидным раствором или золей. Кроме двухфазных систем в технике встречаются трех- и четырехфазные системы.

Обычно при технологической очистке жидкостей рассматривают грубо- и высокодисперсные системы.

#### Классификация дисперсных систем по степени дисперсности

Класс системы	Раздробленность вещества	Размер частиц, мм	Степень дисперсности, мм <sup>-1</sup>
Грубодисперсная	Макроскопическая	10–10 <sup>1</sup>	10 <sup>-1</sup> –10
Высокодисперсная	Микроскопическая	10 <sup>-1</sup> –10 <sup>-4</sup>	10–10 <sup>4</sup>
Предельно высокодисперсная	Коллоидная	10 <sup>-4</sup> –10 <sup>-6</sup>	10 <sup>4</sup> –10 <sup>6</sup>
Молекулярная и ионная	Молекулярная и ионная	10 <sup>-6</sup> –10 <sup>-7</sup>	>10 <sup>6</sup>

Задачу очистки жидкостей можно сформулировать как задачу разделения фаз дисперсных систем или снижения содержания дисперсных фаз в дисперсной среде до приемлемого уровня. При этом, как правило, решается и задача удаления из системы диспергированных частиц с размерами большими допустимых при минимальных затратах на этот процесс.

**Основная часть.** При проведении данных исследований выполнялся анализ опубликованной информации, рассмотрение возможных схем очистки жидкостей, теоретический анализ очистки масла в двигателе внутреннего сгорания.

Авторами опубликован ряд работ, посвященных проблемам очистки жидкостей в машиностроении. Важнейшими из публикаций являются [2–5].

При очистке жидкостей можно рассматривать следующие основные варианты:

- однократное переливание жидкости, имеющей исходную постоянную концентрацию загрязнений из одной емкости в другую через очищающее устройство постоянной пропускной способности, снижающее концентрацию загрязнений при постоянной очищающей способности очищающего устройства;

- переливание жидкости, имеющей исходную концентрацию загрязнений из одной емкости в ту же емкость через очищающее устройство постоянной пропускной способности, снижающее концентрацию загрязнений при постоянной очищающей способности очищающего устройства.

Очищающую способность очищающего устройства характеризуют степенью очистки  $\phi$ , коэффициентом очистки или коэффициентом отсева, значение которого определяется по формуле:



$$\varphi = (C - C_1) / C, \quad (1)$$

где  $C$  – исходная концентрация удаляемого из жидкой дисперсной системы вещества;

$C_1$  – концентрация удаляемого из жидкой дисперсной системы вещества в жидкой системе, прошедшей через очищающее устройство.

Данная величина ( $\varphi$ ) может быть выражена в процентах, тогда числитель формулы (1) следует умножить на 100.

В работе [6] теоретически рассмотрен процесс очистки масла в картере двигателя внутреннего сгорания центробежным безрасходным очистителем. Здесь использовано понятие среднего коэффициента отсева (среднего значения коэффициента очистки)  $\varphi_{n \text{ ср}}$

$$\varphi_{n \text{ ср}} = (\varphi_{n \text{ нач}} + \varphi_{n \text{ кон}}) / 2, \quad (2)$$

где  $\varphi_{n \text{ нач}}$ ,  $\varphi_{n \text{ кон}}$  – соответственно начальное и конечное значения коэффициента отсева  $n$ -го прохода масла через маслоочиститель.

Предлагается [6] при отсутствии расхода (потерь) масла расчет количества примесей  $m_n$ , остающихся в прошедшем через очиститель  $n$  раз масле, выполнять по следующей формуле:

$$m_n = (m_{n-1} + a) (1 - \varphi_{n \text{ ср}}), \quad (3)$$

где  $m_{n-1}$  – количество примесей, остающихся в прошедшем через очиститель  $n - 1$  раз масле, кг;

$a$  – количество примесей, поступающих в масло в течение одного прохода, кг.

При этом в очистителе накапливаются загрязнения, уменьшающие коэффициент отсева по закону:

$$\varphi = \varphi_0 - c M, \quad (4)$$

где  $\varphi_0$  – начальная величина коэффициента отсева;

$M$  – количество механических примесей в очистителе, кг;

$c$  – коэффициент при  $M$ ,  $\text{кг}^{-1}$ .

Коэффициент  $c$  вычисляется по формуле:

$$c = \varphi_0 / M_{\text{max}}, \quad (5)$$

где  $M_{\max}$  – максимально возможное количество удаляемых примесей в очистителе, кг.

В зависимости от числа проходов масла  $n$  количество механических примесей в очистителе предлагается [6] определять по следующим формулам:

$$M_{n-1} = (n-1)a - m_{n-1}; \quad (6)$$

$$M_n = na - m_n, \quad (7)$$

где  $n$  – количество проходов масла через очиститель;

$m_n$  – количество механических примесей, остающихся в масле, прошедшем очистку, кг.

Могут иметь место и другие схемы, однако все они описываются перечисленными вариантами или их комбинациями. Тем не менее, необходимо отметить, что в реальных технических системах обычно присутствуют явления, существенно усложняющие рассмотренные схемы очистки. Так, меняется объем очищаемой жидкости, меняются характеристики очищающего устройства, причем закон, описанный формулой (4), не всегда выполняется, часть очищаемой жидкости может быть использована на привод очистителя, поступление загрязнений в очищаемую жидкость не всегда равномерное, меняется температура, а следовательно, вязкость очищаемой жидкости, часть очищаемой жидкости теряется вместе с выделенными загрязнениями и др. Некоторые из этих факторов могут быть учтены при выполнении проектирования системы очистки, однако большинство вариантов процесса очистки могут быть сведены к рассмотренным схемам при условии учета возможных отклонений и принятии соответствующих упрощений.

**Заключение.** Задачу очистки жидкостей можно сформулировать как задачу снижения содержания одной из дисперсных фаз в дисперсной среде до приемлемого уровня. Возможные схемы очистки описываются перечисленными вариантами или их комбинациями, однако необходимо учитывать возможные осложнения при очистке жидкостей и принимать соответствующие упрощения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1982. – 348 с.
2. Мажугин, Е. И. Тонкослойное сепарирование моющих растворов, используемых при ремонте машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Е. И. Мажугин. – Москва: ГОСНИТИ, 1987. – 220 л.

3. Карташевич, А. Н. Интенсивная очистка жидкостей и газов в технических системах: монография / А. Н. Карташевич, Е. И. Мажугин. – Минск: Красико-Принт, 2002. 290 с.

4. Мажугин, Е. И. Центробежная очистка моющих растворов при ремонте сельскохозяйственной техники: монография / Е. И. Мажугин, А. Л. Казаков, А. В. Пашкевич. Горки: БГСХА, 2015. – 185 с.

5. Борисов, А. Л. Окашивание мелиоративных объектов многороторной косилкой с обоснованием параметров приводной шестерни с цилиндрической вставкой: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А. Л. Борисов. – Горки, 2020. – 170 л.

6. Ленский, А. В. Исследование процесса очистки масла тракторного двигателя полнопоточным центробежным маслоочистителем / А. В. Ленский, И. Б. Каплун. – Москва: ГОСНИТИ, 1963. – С. 3–13.

*Аннотация.* Очистка жидкостей – это снижение содержания одной из дисперсных фаз в дисперсной среде до приемлемого уровня. В статье рассмотрены схемы очистки технических жидкостей с указанием на необходимость учета возможных сложностей при очистке и принятия соответствующих упрощений.

*Ключевые слова:* схема очистки, дисперсная система, техническая жидкость, концентрация, очиститель.

УДК 621.432.3

## **ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА РАПСОВОМ МАСЛЕ**

А. Л. БИРЮКОВ, канд. техн. наук, доцент  
Ф. А. НОВОКШАНОВ, аспирант

Вологодская государственная молочнохозяйственная академия  
имени Н. В. Верещагина,  
Вологда, Российская Федерация

**Введение.** Применение альтернативных видов энергоресурсов является инновационным решением растущей проблемы нехватки моторного топлива. Дизельное смесевое топливо может служить одним из видов такого горючего для моторов. Оно может быть получено в результате смеси растительного масла и минерального дизельного топлива. Использование растительного масла и дизельного смесевое топлива на его основе актуально по ряду причин. Во-первых, являясь быстро возобновляемым ресурсом, растительное масло, замещая тра-

диционное топливо, позволяет его экономить. Во-вторых, растительное масло, являясь органическим соединением, значительно улучшает экологические показатели моторно-тракторной техники.

Однако использование растительных масел в качестве топлива для дизелей сдерживается повышенным нагарообразованием – отложением кокса на распылителях форсунок и других деталях, образующих камеру сгорания.

Предполагается, что впрыск воды на впуске позволит устранить образование значительного количества нагара на цилиндропоршневой группе, ограничивающее использование растительного масла в качестве топлива для дизельных двигателей. Добавление воды помогает обеспечить очищение цилиндропоршневой группы и улучшает не только экологические, но и экономические показатели работы двигателя.

**Основная часть.** На начальном этапе был выполнен анализ существующих альтернативных топлив для дизелей [1–5].

Проанализированы физико-химические и эксплуатационные свойства растительных масел возможных для применения в качестве топлива для дизелей.

В результате анализа научной и технической литературы выбраны объект и предмет исследований.

Объектом исследований служила система топливоподачи дизельного двигателя для работы на растительном масле с добавлением воды на впуске.

Предметами исследования служили: вид топлива, дизельный двигатель KM170FA, насос для подачи воды, фильтр для воды, форсунка для воды, резервный бак для воды и подогреватель для растительного масла.

В работе использован диагностический метод исследования дизельного двигателя.

Опыты проводили на стенде с одноцилиндровым дизельным двигателем KM170FA. В условиях опыта изучалась токсичность отработавших газов двигателя.

Наблюдения проводили в трех режимах работы:

1. На холостых оборотах двигателя.
2. На повышенных оборотах.
3. На повышенных оборотах под нагрузкой.

В результате получены следующие данные, представленные на диаграммах:

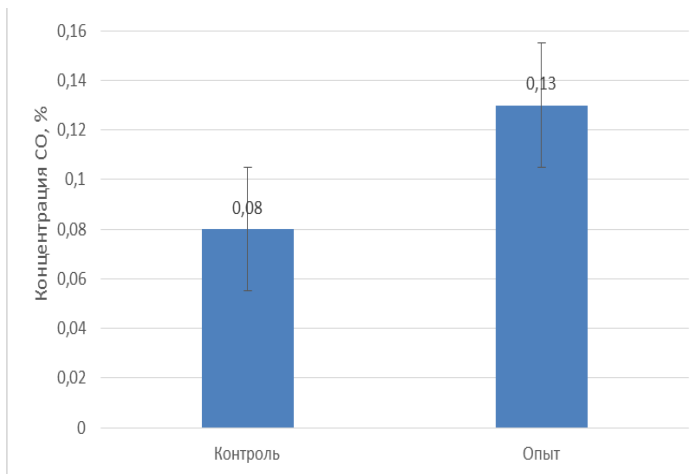


Рис. 1. Содержание угарного газа в отработавших газах двигателя при работе на холостом ходу

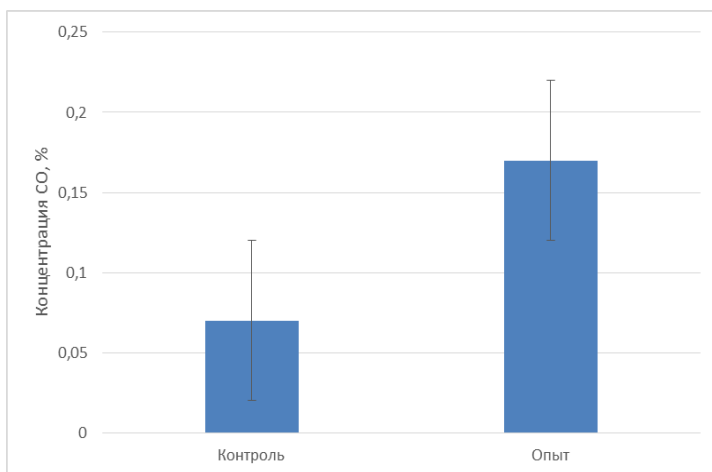


Рис. 2. Содержание угарного газа в отработавших газах двигателя при работе на повышенных оборотах

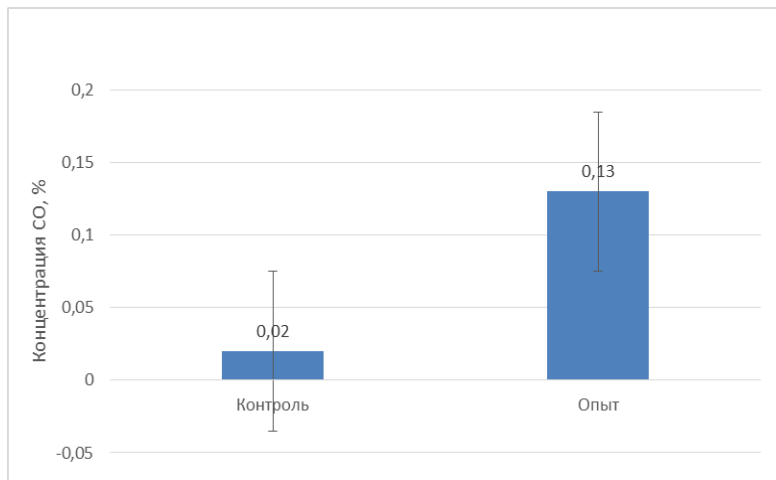


Рис. 3. Содержание угарного газа в отработавших газах двигателя при работе на повышенных оборотах под нагрузкой

**Заключение.** На данных диаграммах видно, что количество угарного газа, независимо от режима работы двигателя, при использовании масла в виде топлива, выше, чем в контрольных образцах. По-видимому, в условиях эксперимента происходило не полное сгорание топлива в опытных образцах. Следовательно, работы в данном направлении необходимо продолжать. Повысить степень сгорания топлива возможно несколькими способами, к их числу относятся конструктивные изменения двигателя, в том числе и для добавления воды на впуске.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков, А. Л. Улучшение эксплуатационных и экологических показателей бензиновых двигателей путем применения топливно-водных смесей: дисс. ... канд. техн. наук / А. Л. Бирюков – СПб., 2011. – 177 с.
2. Бирюков, А. Л. Экологическая оценка последствий увеличения количества автомобильного транспорта / А. Л. Бирюков, В. А. Коптяев, С. В. Мартынов // Наука – агропромышленному комплексу. – ВГМХА, 2009. – С. 177–181.
3. Бирюков, А. Л. Модернизация системы подачи топлива дизельного двигателя для работы на растительном масле с подачей воды / А. Л. Бирюков, Ф. А. Новокшанов, Т. Г. Булавина // Автоматизация и энергосбережение машиностроительного и металлургического производства: технология и надежность машин, приборов и оборудования. – Вологда, 2020. – С. 342–346.

4. Исследование работы автотракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с рапсовым маслом / С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов, А. Н. Карташевич, А. Л. Бирюков // Молокохозяйственный вестник. – 2017. – № 1 (25). – С. 110–118.

5. Патент 2382229 Российская Федерация, МПК F02M25/022 (2006.01). Способ и устройство для получения и подачи топливно-водной смеси в ДВС / А. Л. Бирюков, В. А. Коптяев, С. Р. Ножнин. Заявл. 13.11.07; опубл. 20.02.10, Бюл. № 5. – 5 с.

*Аннотация.* Использование растительного масла и дизельного смеси топлива на его основе актуально, но имеет ряд сдерживающих факторов, в частности, повышенное нагарообразование. Частично устранить недостатки можно добавлением воды на впуске. В работе исследовано содержание угарного газа при использовании традиционного топлива и рапсового масла. Установлено, что в условиях эксперимента происходило неполное сгорание топлива в опытных образцах.

*Ключевые слова:* дизельный двигатель, рапсовое масло, топливо.

УДК 631.372.43.03

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ В ТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЯХ**

Ш. В. БУЗИКОВ, канд. техн. наук, доцент  
С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

**Введение.** На сегодняшний день смеси топлива (СТ) занимают широкое место среди энергоносителей в сельскохозяйственном производстве. Данное обстоятельство объясняется похожестью физико-химических свойств СТ с дизельным топливом (ДТ) [1]. Основными видами СТ в основном являются растительные масла – соевое, сурепное, редьковое, рыжиковое, льняное, горчичное, сафлоровое, соевое и другие [2].

Основным преимуществом применения СТ является отсутствие необходимости в значительных изменениях исходных регулировок систем питания [2].

В исследованиях [3–6] были определены зависимости параметров рабочего цикла дизеля от содержания растительного масла в СТ без внесения изменений в регулировки системы питания. В результате в

этих исследованиях были установлены изменения параметров рабочего цикла дизеля. Отсюда можно сделать вывод, что при использовании СТ, состоящих из разных видов и концентраций растительных масел в нем, не удалось добиться сохранения от дизеля установленных заводом-изготовителем параметров, таких как эффективная мощность и крутящий момент.

В связи с этим встает проблема определения вида и концентрации растительного масла в СТ с точки зрения наилучшей организации рабочего цикла дизеля [7]. Для решения данной проблемы необходимо определить эффективность применения того или иного вида и состава СТ для тракторного дизеля. В связи с этим определение критерия эффективности применения СТ в тракторных дизелях представляет научный интерес.

Целью настоящей работы является определение критерия эффективности применения того или иного вида и состава СТ в тракторных дизелях. Научная новизна заключается в определении количественных показателей параметров эффективности рабочего цикла дизеля в зависимости от вида и состава СТ. Для достижения поставленной цели необходимо было решить несколько задач. Во-первых, определить критерий эффективности параметров рабочего цикла тракторного дизеля. Во-вторых, определить количественные зависимости между видами и составом СТ, а также параметрами эффективности рабочего цикла дизеля.

**Основная часть.** На основании действующей редакции ГОСТ [8] при использовании СТ в дизеле необходимо соблюдение условий, при которых зависимости номинальной эффективной мощности  $N_e$  и крутящего момента  $M_{кр}$  от частоты вращения коленчатого вала  $n$  и нагрузки  $p_e$  соответствовали бы значениям этих зависимостей при работе дизеля на товарном ДТ:  $N_e^{СТ} = N_e^{ДТ}$  и  $M_{кр}^{СТ} = M_{кр}^{ДТ}$  соответственно.

Выражения для определения  $N_e$  и  $M_{кр}$  при работе дизеля, как на СТ, так и на ДТ, выглядят следующим образом:

$$N_e^{ДТ} = N_e^{СТ} = \frac{p_e \cdot \pi \cdot V_d}{20 \cdot \tau} \quad (1)$$

$$M_{кр}^{ДТ} = M_{кр}^{СТ} = \frac{p_e \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot V_d}{\pi \cdot 20 \cdot \tau} \quad (2)$$

где  $p_e$  – (нагрузка) среднее эффективное давление, МПа;

$V_d$  – литраж дизеля, л;

$n$  – частота вращения коленчатого вала дизеля, мин<sup>-1</sup>;

$\tau$  – тактность дизеля.



Анализ выражений (1) и (2) показал, что на зависимости  $N_e$  и  $M_{кр}$  оказывает влияние только  $p_e$ , а все остальные показатели входящие в данные выражения зависят только от конструктивных параметров самого дизеля. В связи с этим для обеспечения требований [8], необходимо, чтобы значения  $p_e$  при работе дизеля на СТ соответствовали значениям  $p_e$  при работе дизеля на ДТ:  $p_e^{ДТ} = p_e^{СТ}$ . Таким образом, будут соблюдены нагрузочный и скоростной режим работы дизеля, установленные заводом-изготовителем.

Среднее эффективное давление при работе дизеля, как на СТ, так и на ДТ определится как:

$$p_e^{ДТ} = p_e^{СТ} = \frac{\eta_e^{ДТ} \cdot H_u^{ДТ} \cdot p_k^{ДТ} \cdot \eta_v^{ДТ}}{i_0^{ДТ} \cdot \alpha^{ДТ}} = \frac{\eta_e^{СТ} \cdot H_u^{СТ} \cdot p_k^{СТ} \cdot \eta_v^{СТ}}{i_0^{СТ} \cdot \alpha^{СТ}} \quad (3)$$

где  $\eta_e^{ДТ}, \eta_e^{СТ}$  – эффективный КПД дизеля при его работе на ДТ и СТ;  
 $H_u^{ДТ}, H_u^{СТ}$  – низшая расчетная удельная теплота сгорания ДТ и СТ, МДж/кг;  
 $p_k^{ДТ}, p_k^{СТ}$  – плотность воздуха во впускном коллекторе дизеля при его работе на ДТ и СТ, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\eta_v^{ДТ}, \eta_v^{СТ}$  – коэффициент наполнения цилиндров дизеля;  
 $i_0^{ДТ}, i_0^{СТ}$  – теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг ДТ и СТ, кг возд./кг топл.;  
 $\alpha^{ДТ}, \alpha^{СТ}$  – коэффициент избытка воздуха при работе дизеля на ДТ и СТ.

Проанализировав выражение (3), с учетом ранее проведенных исследований [7], можно сделать вывод о том что  $p_k^{ДТ} = p_k^{СТ}$  и  $\eta_v^{ДТ} = \eta_v^{СТ}$  справедливо для всех нагрузочно-скоростных режимах работы дизеля. В связи с этим для дальнейшего анализа и преобразований из выражения (3) как в левой, так и в правой части равенства можно исключить. Параметры  $H_u^{ДТ}, H_u^{СТ}, i_0^{ДТ}, i_0^{СТ}$  зависят от физико-химических свойств применяемого СТ, а  $\alpha^{ДТ}, \alpha^{СТ}$  определяют нагрузочный режим и оказывают влияние на эффективные показатели работы дизеля.

После некоторых преобразований, исключения ряда показателей выражение (3) примет следующий вид:

$$\frac{\eta_e^{ДТ}}{p_e^{ДТ}} = \frac{\eta_e^{СТ}}{p_e^{СТ}} \cdot \frac{H_u^{СТ}}{i_0^{СТ} \cdot \alpha^{СТ}} \cdot \frac{i_0^{ДТ} \cdot \alpha^{ДТ}}{H_u^{ДТ}} \quad (4)$$

Правая часть равенства (4) показывает, что на значения  $\eta_e^{ДТ}, \eta_e^{СТ}$  и  $p_e^{ДТ}, p_e^{СТ}$  влияние оказывают физико-химические свойства СТ и его подача. Преобразовав выражение (4), можно определить эффектив-

ность применения того или иного вида и состава СТ, применяемого в тракторных дизелях:

$$\frac{\eta_e^{CT}}{\rho_e^{CT}} = \frac{\frac{\eta_e^{DT}}{\rho_e^{DT}}}{\frac{\alpha_e^{CT} \eta_e^{CT}}{\rho_e^{CT}} + \frac{\alpha_e^{DT} \eta_e^{DT}}{\rho_e^{DT}}} \quad (5)$$

Выражение (5) показывает как будет отличаться зависимость  $\frac{\eta_e^{CT}}{\rho_e^{CT}}$  по сравнению с зависимостью  $\frac{\eta_e^{DT}}{\rho_e^{DT}}$  при использовании того или иного вида и состава СТ.

**Заключение.** Стоит отметить что  $\alpha^{DT}$ ,  $\alpha^{CT}$  косвенно определяют величину цикловой подачи топлива, а исходя из закона равенства ввода теплоты в цилиндры тракторного дизеля видно что при соблюдении этого условия зависимости  $\eta_e^{DT} \neq \eta_e^{CT}$ . Данное обстоятельство объясняется тем что закон ввода теплоты справедлив лишь для СТ имеющих такое же или меньшее процентное содержание кислорода как ДТ, в противном случае значение эффективного КПД даже при увеличении цикловой подачи топлива и снижении  $\alpha$  будет меньше, что в свою очередь свидетельствует об ухудшении теплоиспользования применяемого СТ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания / В. А. Марков [и др.]. – Москва: НИЦ «Инженер», 2016. – 292 с.
2. Марков, В. А. Физико-химические свойства нефтяных моторных топлив с добавками растительных масел и их влияние на показатели дизеля / В. А. Марков, Н. Д. Чайнов, С. С. Лобода // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2018. – № 5 (122).
3. Уханов, А. П. Опыт использования сурепно-минерального топлива в дизеле сельскохозяйственного трактора / А. П. Уханов, Д. А. Уханов. – Москва, 2016.
4. Уханов, А. П. Экспериментальная оценка влияния ультразвуковой обработки сурепно-минерального топлива на показатели тракторного дизеля / А. П. Уханов, Е. А. Сидоров // Научное обозрение. – 2016. – №. 1. – С. 108–114.
5. Количественные соотношения и свойства смесевых систем углеводородного состава для дизельного двигателя / Ю. В. Панков [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 12 (154).
6. Исследование показателей работы тракторного дизеля при использовании минерально-сафлоровых смесей / Л. А. Новопашин [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 1 (155).
7. Бузиков, Ш. В. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей сельскохозяйственных машин путем оптимизации составов смесевых топлив / Ш. В. Бузиков // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – С. 12–13.
8. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний (с Изменением № 1).

*Аннотация.* Целью настоящей работы является определение критерия эффективности применения того или иного вида и состава СТ в тракторных дизелях. Научная новизна заключается в определении количественных показателей параметров эффективности рабочего цикла дизеля в зависимости от вида и состава СТ. Для достижения поставленной цели было решено несколько задач. Во-первых, определен критерий эффективности параметров рабочего цикла тракторного дизеля. Во-вторых, определены количественные зависимости между видами и составом СТ, а также параметрами эффективности рабочего цикла дизеля.

*Ключевые слова:* смесевое топливо, растительные масла, рапсовое масло, рабочий процесс, показатели рабочего процесса.

УДК 631.372.43.03

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВАХ**

Ш. В. БУЗИКОВ, канд. техн. наук, доцент  
С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

**Введение.** В настоящее время альтернативные топлива (АТ) стремительно теснят традиционные. Данный факт объясняется нестабильной ситуацией на рынке традиционных энергоносителей во всем мире [1]. Основными видами АТ в основном являются растительные масла – соевое, сурепное, редьковое, рыжиковое, льняное, горчичное, сафлоровое, соевое и другие [2].

Основным преимуществом применения таких АТ является отсутствие значительных изменений исходных регулировок систем питания [2].

В исследованиях, проведенных ранее [3–6] были определены количественные зависимости параметров рабочего цикла тракторного дизеля от содержания растительного масла в АТ без внесения изменений в систему питания. В результате были определены количественные изменения параметров рабочего цикла тракторного дизеля. Отсюда

установлено, применяя АТ в тракторном дизеле не удалось сохранить заданные заводом-изготовителем параметры, такие как эффективная мощность и крутящий момент.

В связи с этим возникает проблема определения вида и концентрации АТ, с точки зрения эффективности рабочего процесса тракторного дизеля [7]. Для решения данной проблемы необходимо определить эффективность применения вида и концентрации АТ для тракторного дизеля. В связи с этим определение степени эффективности применения АТ в тракторных дизелях представляет научный интерес.

В связи с этим целью нашей работы является определение эффективности рабочего процесса тракторного дизеля при работе на АТ. Научная новизна заключается в определении количественных показателей эффективности рабочего процесса тракторного дизеля в зависимости от вида и состава АТ. Для достижения поставленной цели необходимо решить несколько задач. Во-первых, определить эффективность рабочего процесса тракторного дизеля. Во-вторых, определить количественные зависимости между видами и составом АТ, а также параметрами эффективности рабочего процесса тракторного дизеля.

**Основная часть.** Основным и главным условием при использовании АТ является сохранение для тракторного дизеля заданных заводом-изготовителем скоростных и нагрузочных характеристик таких же как при работе на дизельном топливе (ДТ) [8]. А именно сохранение зависимостей номинальной эффективной мощности  $N_e$  и крутящего момента  $M_{кр}$  от частоты вращения коленчатого вала  $n$  и нагрузки  $p_e$ :  $N_e^{CT}(n, p_e) = N_e^{DT}(n, p_e)$  и  $M_{кр}^{CT}(n, p_e) = M_{кр}^{DT}(n, p_e)$ , соответственно.

В исследованиях проведенных нами ранее [7] было установлено, что на зависимости  $N_e$  и  $M_{кр}$  оказывает влияние только  $p_e$ , а все остальные показатели входящие в данные выражения зависят только от конструктивных параметров самого тракторного дизеля. В связи с этим для обеспечения требований [8], необходимо чтобы:  $p_e^{DT} = p_e^{CT}$ . Таким образом, удастся добиться сохранения скоростных и нагрузочных характеристик тракторного дизеля, установленные заводом-изготовителем.

Среднее эффективное давление определяется как:

$$p_e = p_i - p_m, \quad (1)$$

где  $p_i$  – среднее индикаторное давление, МПа;

$p_m$  – среднее давление механических потерь, МПа;

В исследованиях, проведенных ранее [7] нами было установлено что  $p_m$  не зависит от вида и концентрации применяемого АГ.

Среднее индикаторное давление определяется:

$$p_i = p_i^t \cdot \varphi_n, \quad (2)$$

где  $p_i^t$  – теоретическое среднее индикаторное давление, МПа;

$\varphi_n$  – коэффициент полноты диаграммы.

В исследованиях [6] было установлено что  $\varphi_n$  не зависит от вида, свойств и концентраций применяемого АГ.

Теоретическое среднее индикаторное давление в общем виде для тракторного дизеля выглядит следующим образом:

$$p_i^t = \frac{p_c}{\varepsilon - 1} \left[ \frac{\lambda \cdot p}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) + \lambda(p - 1) \right], \quad (3)$$

где  $p_c$  – давление в цилиндре тракторного дизеля в конце процесса сжатия, МПа;

$\varepsilon$  – степень сжатия тракторного дизеля;

$\lambda$  – степень повышения давления;

$\rho$  – степень предварительного расширения;

$n_2$  – средний показатель политропы расширения;

$\delta$  – степень последующего расширения;

$n_1$  – средний показатель политропы сжатия.

Давление в цилиндре тракторного дизеля в конце процесса сжатия, найдется:

$$p_c = \left( p_k - (\beta^2 + \zeta_{вп}) \cdot \frac{\left( \left( R \pi^2 D^2 \sqrt{1 + \frac{R}{L_{ш}}} / 120 \cdot f_{вп} \right)^2 \cdot \pi^2 \right)}{2} \cdot \frac{p_k}{R_g T_k} \right) \cdot \varepsilon^{n_1}, \quad (4)$$

где  $p_k$  – давление воздуха во впускном коллекторе тракторного дизеля, МПа;

$\beta$  – коэффициент затухания скорости движения заряда в рассматриваемом сечении цилиндра;

$\zeta_{вп}$  – коэффициент сопротивления впускной системы, отнесенной к наиболее узкому ее сечению;

$R$  – радиус кривошипа тракторного дизеля, м;

$\pi$  – число пи;

$D$  – диаметр поршня тракторного дизеля, м;

$L_{ш}$  – длина шатуна, м;

$f_{вп}$  – площадь наименьшего сечения впускной системы, м<sup>2</sup>;

$R_g$  – удельная газовая постоянная воздуха, Дж/(кг·град);

$T_k$  – температура воздуха во впускном коллекторе тракторного дизеля, К.

Степень повышения давления:

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c}, \quad (5)$$

где  $p_z$  – давление газов в цилиндре в конце сгорания, МПа

Степень предварительного расширения:

$$\rho = \frac{\mu}{p_z} \cdot \frac{T_z}{T_c} \quad (6)$$

где  $\mu$  – действительный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси;

$p_z$  – давление газов в цилиндре дизеля в конце процесса сгорания, МПа;

$T_z$  – температура газов в конце видимого сгорания, К;

$T_c$  – температура заряда в конце такта сжатия, К.

Средний показатель политропы расширения:

$$n_2 = 1 + \frac{0,215}{\frac{(m \cdot C_v)_{T_z}^{T_z} - (m \cdot C_v)_{T_c}^{T_c}}{T_z - T_c}} \quad (7)$$

где  $(m \cdot C_v)_{T_z}^{T_z}$ ,  $(m \cdot C_v)_{T_c}^{T_c}$  – средние мольные теплоёмкости рабочей смеси в конце процесса сгорания и в конце процесса расширения, кДж/(кмоль·град);

$T_c$  – температура газов в цилиндре дизеля в конце процесса расширения, К.

Степень последующего расширения:

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} \quad (8)$$

Средний показатель политропы сжатия:

$$n_1 = 1 + \frac{0,215}{\frac{(m \cdot C_v)_{T_c}^{T_c} - (m \cdot C_v)_{T_k}^{T_k}}{T_c - T_k}} \quad (9)$$

где  $(m \cdot C_v)_{T_c}^{T_c}$ ,  $(m \cdot C_v)_{T_k}^{T_k}$  – средние мольные теплоёмкости свежего заряда в конце такта сжатия и в конце такта впуска, кДж/(кмоль·град);

$T_k$  – температура в конце такта впуска, К.

**Заключение.** Как видно из проведенных исследований, на величину среднего индикаторного давления значительное влияние оказывают физико-химические свойства применяемого АТ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Биотоплива для двигателей внутреннего сгорания / В. А. Марков [и др.]. – Москва: НИЦ «Инженер», 2016. – 292 с.
2. Марков, В. А. Физико-химические свойства нефтяных моторных топлив с добавками растительных масел и их влияние на показатели дизеля / В. А. Марков, Н. Д. Чайнов, С. С. Лобода // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. Машиностроение. – 2018. – № 5 (122).
3. Уханов, А. П. Опыт использования сурепно-минерального топлива в дизеле сельскохозяйственного трактора / А. П. Уханов, Д. А. Уханов. – Москва, 2016.
4. Уханов, А. П. Экспериментальная оценка влияния ультразвуковой обработки сурепно-минерального топлива на показатели тракторного дизеля / А. П. Уханов, Е. А. Сидоров // Научное обозрение. – 2016. – № 1. – С. 108–114.
5. Количественные соотношения и свойства смесевых систем углеводородного состава для дизельного двигателя / Ю. В. Панков [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2016. – № 12 (154).
6. Исследование показателей работы тракторного дизеля при использовании минерально-сафлоровых смесей / Л. А. Новопашин [и др.] // Аграрный вестник Урала. – 2017. – № 1 (155).
7. Бузиков, Ш. В. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей сельскохозяйственных машин путем оптимизации составов смесевых топлив / Ш. В. Бузиков // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – С. 12–13.
8. ГОСТ 18509-88. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний (с Изменением № 1).

*Аннотация.* Целью работы является определение эффективности рабочего процесса тракторного дизеля при работе на АТ. Научная новизна заключается в определении количественных показателей эффективности рабочего процесса тракторного дизеля в зависимости от вида и состава АТ. Для достижения поставленной цели необходимо решить нескольких задач. Во-первых, определить эффективность рабочего процесса тракторного дизеля. Во-вторых, определить количественные зависимости между видами и составом АТ, а также параметрами эффективности рабочего процесса тракторного дизеля.

*Ключевые слова:* альтернативные топлива, растительные масла, рапсовое масло, рабочий процесс, показатели рабочего процесса

## БЕЗМОТОРНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ

П. В. ГНЕВАШЕВ, аспирант

С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

**Введение.** Как известно, важными эксплуатационными характеристиками являются: цетановое число (ЦЧ), содержание серы, низшая теплота сгорания и некоторые другие. Для определения эксплуатационных свойств дизельных двигателей в настоящее время используют моторные установки, в которых выходные параметры измеряются при сжигании топлива. В данном направлении проведено значительное число исследований, где в качестве топлива применяли смеси дизельного топлива (ДТ) со спиртами, растительными маслами и др. [1–3]. Недостатками таких способов является то, что они трудоемки, требуют сложного лабораторного оборудования и не позволяют оценить эксплуатационные свойства дизельного топлива по месту эксплуатации. Некоторые исследователи используют безмоторные экспресс-методы (БЭМ) оценки эксплуатационных характеристик топлив, в которых устанавливаются корреляционные зависимости между физико-химическими показателями и эксплуатационными свойствами [4–6]. Среди таких показателей можно перечислить следующее: диэлектрическая проницаемость, показатель преломления, бензольный индекс и др. Преимущества таких методов перед моторными в том, что благодаря им можно прогнозировать эксплуатационные характеристики работы ДВС без сжигания топлива.

Развитие науки и техники неразрывно связано с использованием симптоматики. Показатели протекания процессов бывает затруднительно в связи с их трудоемкостью, поэтому некоторые параметры определяются опосредованно по другим свойствам. Эмпирическим путём устанавливаются зависимости нужных параметров от тех параметров, которые можно измерить простыми способами. Часто такие методы используются при диагностике неисправностей в машинах и агрегатах.

Большой спектр эксплуатационных параметров двигателя можно определить по содержанию углеводов, оксидов углерода, двуокс-



идов углерода, кислорода в выхлопных газах с помощью газоанализаторов.

В работах Б. В. Скворцова, Е. А. Силова, А. В. Солнцева была исследована диэлектрическая проницаемость стандартных бензинов и стандартных дизельных топлив [4]. Было выявлено, что диэлектрическая проницаемость связана с октановым числом бензинов, и показано, что при ее увеличении ОЧ бензина увеличивается. Для дизельных же топлив была установлена связь диэлектрической проницаемости с цетановым числом (ЦЧ). ЦЧ дизельного топлива увеличивается при уменьшении диэлектрической проницаемости.

В работе зарубежных авторов было показано, что ЦЧ зависит от анилиновой точки [5]. Для установления корреляционной зависимости были использованы данные по 257 образцам дизельного топлива. Установлено, что анилиновая точка имеет удовлетворительные статистические характеристики. Метод анилиновой точки также известен, как метод определения содержания ароматических углеводородов в нефтепродуктах ГОСТ 12329-77.

В работе [6] было показано, что с помощью рефрактоденсимметрического метода можно оценить ОЧ бензинов.

**Основная часть.** Для исследования были подготовлены смеси дизельного топлива с рапсовым маслом. Массовая доля рапсового масла в смеси варьировалась от 0 % до 50 %. Для каждого образца измерялась плотность  $d$  и показатель преломления  $n_D^{20}$ . Измерения проводились при температуре окружающей среды 20 °С. Плотность определялась с помощью пикнометра ПЖ-2-25 и лабораторных весов VIBRAAJH-620CE по ГОСТ 3900-85 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности». Расчет производился по формуле:

$$d = ((m_{nc} - m_{nn})0,99703)/(m_{nd} - m_{nn}), \quad (1)$$

где  $m_{nc}$  – масса пикнометра со смесью;

$m_{nn}$  – масса пустого пикнометра;

$m_{nd}$  – масса пикнометра с дистиллированной водой;

0,99703 – значение относительной плотности воды при 20 °С с учетом плотности воздуха.

Показатель преломления образцов измерялся с помощью рефрактометра ИРФ-4546. Так как показатель преломления и плотность зависят от температуры и давления, при которых проводится измерение, то для экспресс-методов оценки эксплуатационных свойств предпочтительно использовать не сами эти величины, а их функцию – удельную

рефракцию Лорентца-Лоренца  $sR$ , которая практически не зависит от внешних условий: температуры окружающей среды и давления.

$$sR = (n^2 - 1)/(n^2 + 2)d. \quad (2)$$

В результате измерений были получена зависимость показателя преломления  $n_D^{20}$  и плотности  $d$  от содержания рапсового масла в смеси (таблица).

**Зависимость показателя преломления  $n_D^{20}$  и плотности  $d$  от содержания рапсового масла в смеси**

% рапсового масла в смеси	Плотность смеси, $d$	Коэффициент преломления, $n_D^{20}$
0	0,823	1,4592
5	0,828	1,4596
10	0,831	1,4607
15	0,836	1,461
20	0,84	1,4617
25	0,845	1,4625
30	0,85	1,4631
35	0,854	1,4638
40	0,859	1,4641
45	0,862	1,465
50	0,868	1,4657

По данным плотности и показателя преломления с использованием формулы (1) был построен график удельной рефракции Лорентца-Лоренца (рис. 1).

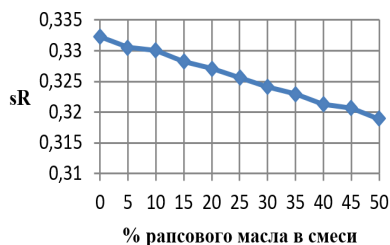


Рис. 1. Удельная рефракция смеси в зависимости от содержания рапсового масла

**Заключение.** Наличие зависимости удельной рефракции от содержания рапсового масла, позволяет разработать экспресс метод опреде-

ления состава произвольно взятой смеси. Если зависимость эксплуатационных свойств двигателя от содержания рапсового масла предварительно известна, можно сделать оценку эффективности использования данной смеси. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Некоторые выходные показатели работы ДВС на альтернативных топливах могут существенно зависеть от измеренных в ходе эксперимента, что позволяет найти корреляционные зависимости между ними.

2. В качестве экспресс-метода оценки эксплуатационных свойств двигателя можно использовать удельную рефракцию, так как она проста в определении, не зависит от внешних условий и позволяет использовать ее на месте эксплуатации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Создание и исследование свойств многокомпонентных биотоплив для тракторных дизелей / С.А. Плотников [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2020. – № 6. – С. 6–12.

2. Оценка регулировочных показателей двигателя сельскохозяйственных транспортных средств при применении многокомпонентных биотоплив / С. А. Плотников [и др.]. // Вестник РГАТУ. – 2021. – № 1. – С. 149–155.

3. Determining of optimum operation modes of a diesel engine with a multicomponent bio-fuel composition / S.A. Plotnikov [et al. // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – № 012014.

4. Определение взаимосвязи показателей детонационной стойкости с электродинамическими параметрами углеводородных топлив на основе статистического моделирования компонентного состава / Б. В. Скворцов, Е. А. Силов, А. В. Солнцева // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. Академика С. П. Королева. – 2010. – № 1. – С. 166–173.

5. Ladommatos, N. Equations for predicting the cetane number of diesel fuels from their physical properties / N. Ladommatos, J. Goacher // Fuel. – 1995. – Vol. 74, Nr. 7. – P. 1083–1093.

6. Рефракто-денсиметрический метод контроля автомобильных бензинов на соответствие нормативам евро-4 и -5 по суммарному содержанию ароматических углеводородов и содержанию кислорода / И. И. Табрисов, Р. Б. Султанова, В. Ф. Николаев // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – № 9. – С. 228–232.

*Аннотация.* В результате исследований для определения эксплуатационных свойств предложено использовать корреляционные зависимости на основе показателя преломления и плотности альтернативного топлива.

*Ключевые слова:* двигатель, альтернативное топливо, экспресс анализ, эксплуатационные свойства, удельная рефракция.

## АНАЛИЗ КОАГУЛЯЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ТЕХНИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ

Е. И. МАЖУГИН, канд. техн. наук, доцент  
А. Л. КАЗАКОВ, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** При ремонте и техническом обслуживании машин в настоящее время наиболее широко используются водные растворы синтетических моющих средств (СМС), состоящих в основном из щелочных солей, вспомогательных веществ и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ). Данные растворы имеют широкую сферу применения и используются в достаточно больших объемах. Утилизация загрязненных и непригодных к дальнейшему использованию моющих растворов представляет собой серьезную проблему, поэтому исследования по их очистке с целью продления сроков службы и снижения используемых объемов являются крайне актуальными.

**Анализ источников.** Схематически загрязненные жидкости можно рассматривать как гетерогенные системы, т. е. системы, характеризующиеся различием свойств в отдельных областях пространства, занимаемого системой, и существованием реальных физических поверхностей раздела между этими отдельными областями. Такие поверхности раздела существуют на границе между частицами загрязнений и очищаемыми жидкостями.

Способность дисперсных систем к разделению фаз в поле сил тяжести называется разделяемостью  $E$ , которая рассчитывается по следующей формуле [1]:

$$E = (\rho_1 - \rho) d^2 / \mu, \quad (1)$$

где  $\rho_1$  – плотность частиц дисперсной фазы, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho$  – плотность дисперсионной среды, кг/м<sup>3</sup>;

$d$  – диаметр частиц дисперсной фазы, м;

$\mu$  – динамическая вязкость дисперсионной среды, Па·с.

Как следует из уравнения (1), главным фактором, влияющим на разделяемость дисперсной системы, является крупность или диаметр частиц дисперсионной фазы. Практическим способом увеличения

диаметра является укрупнение частиц за счет их агрегатирования, в данном случае – коагуляции.

К числу возможных видов воздействия, способных вызывать коагуляцию дисперсной системы, Е. Д. Бабенков [2] относит интенсивное перемешивание, нагревание, замораживание, ультрафиолетовое облучение, ионизирующее (радиоактивное) облучение, ультразвуковую обработку, наложение электрического или магнитного полей.

В работах [3–6] предусматривается возможность очистки вод с использованием радиоактивного облучения. Эффект очистки является результатом разложения органических веществ, в том числе СПАВ, вследствие воздействия на воду жесткого радиоактивного излучения. Кроме деструкции органических веществ в облучаемой жидкости, может происходить и коагуляция. Возможность применения ионизирующих излучений для коагуляции дисперсий в настоящее время изучается.

Анализ теорий устойчивости дисперсных систем выполнен в работах Г. Фрейндлиха, Г. Мюллера, В. Оствальда, П. А. Ребиндера [7], Г. Р. Кройта [8]. Согласно их взглядам, агрегативная устойчивость дисперсных систем объясняется в основном тремя факторами стабилизации: электростатическим, структурно-механическим и адсорбционно-сольватным.

Широко распространена теория устойчивости и коагуляции, учитывающая электростатическую составляющую расклинивающего давления и его молекулярную составляющую, так называемая теория ДЛФО (Дерягин, Ландау, Фервей, Овербек) [9].

Теория электростатического фактора устойчивости дисперсных систем объясняет агрегативную устойчивость дисперсных частиц электростатическим отталкиванием и молекулярным притяжением диффузных слоев, имеющих на частицах. На границе раздела двух фаз различного химического состава происходит перераспределение электрического заряда, связанное с переходом заряженных частиц (ионов, электронов) из одной фазы в другую, что приводит к образованию равных, но противоположных по знаку зарядов на поверхностях двух фаз. Возникает двойной электрический слой (ДЭС), создающий вокруг частиц электрический потенциал и электростатический барьер. ДЭС состоит из противоположно заряженных ионов (анионов и катионов), которые возникают либо в результате избирательной адсорбции одного из ионов электролита, находящегося в моющем растворе, либо в результате ионизации поверхностных молекул вещества. Причинами возникновения ДЭС можно назвать разницу в диэлектрических свой-

ствах мощного раствора и частиц загрязнений. Согласно правилу Кюна, из двух сопряженных непроводников фаза с большей диэлектрической постоянной заряжается положительно. В связи с этим вода, обладающая высокой диэлектрической постоянной, в большинстве случаев имеет положительный заряд, а поверхность частиц загрязнений заряжается отрицательно [10, 11].

Как известно, в случае адсорбции на частицах с гидрофобной поверхностью, к которым относятся твердые частицы загрязнений, молекулы СПАВ фиксируются на них углеводородными радикалами, а карбоксильными группами ориентируются наружу к воде, что обеспечивает диссоциацию функциональной группы, появление электростатического потенциала на поверхности частиц и соответственно агрегативную устойчивость загрязнений [8].

В водной среде из-за большой диэлектрической постоянной анионы гидратированы значительно меньше, чем катионы [9]. Из этого Г. П. Дегтеревым был сделан следующий вывод: «...вероятно, что анионы адсорбируются на поверхности частиц загрязнений в промежутках между предварительно адсорбированными молекулами СПАВ. При этом, чем меньше гидратация аниона щелочной соли и прочнее их связь с загрязнением, тем больше их остается в поверхностном слое.

Связь катионов с поверхностью загрязнений ослаблена, и они легко диссоциируют от поверхности частиц, образуя гидратную оболочку вокруг загрязнений. В результате этого образуется двойной электрический слой...» [12].

Распределение ионов вблизи поверхности раздела определяется действием противоположно направленных сил – сил молекулярного притяжения, удерживающих ионы у поверхности, сил электростатического притяжения или отталкивания и диффузионных сил, стремящихся выравнивать концентрацию ионов в объеме [12].

В результате взаимодействия этих сил катионы в мощном растворе образуют около поверхности загрязнений диффузную атмосферу. Концентрация катионов с удалением от поверхности загрязнения постепенно уменьшается. Часть ионов удерживается поверхностью на небольшом расстоянии, образуя плотный ионный слой, который называется слоем скольжения или адсорбционным слоем.

Неподвижный адсорбционный слой содержит лишь определенную часть катионов способных только понизить потенциал поверхности загрязнений, но не компенсировать ее заряд целиком. При этом в результате взаимодействия положительных и отрицательных зарядов в

адсорбционном слое остается не нейтрализованным некоторый потенциал, который является частью общего (термодинамического) потенциала поверхности загрязнений. Рассеянный диффузный слой, в котором на распределение ионов влияют силы теплового движения, является подвижным.

По поверхности скольжения между подвижным и неподвижным слоями при их движении создается разность потенциалов, называемая электрокинетическим потенциалом или дзета-потенциалом ( $\zeta$ -потенциал). Величина  $\zeta$ -потенциала зависит от состава моющего раствора, то есть концентрации и вида щелочных солей в моющем растворе.

По теории ДЛФО, учитывающей структурную составляющую расклинивающего давления, причина устойчивости двух сольватированных частиц заключается в том, что при их сближении сольватные слои перекрываются (по аналогии с перекрыванием ДЭС при действии электростатического фактора), возрастает осмотическое давление, следовательно, и давление отталкивания, что снижает стремление системы к коагуляции. При сближении частиц необходимо совершить работу для разрушения сольватных слоев и для частичной десорбции сольватного слоя.

В моющем растворе сольватация может иметь место только в том случае, когда поверхностные молекулы загрязнений достаточно активно взаимодействуют с молекулами моющего раствора за счет химических сил или водородных связей. Образование достаточно развитых сольватных оболочек на частицах загрязнений возможно только после их полной гидрофилизации молекулами СПАВ, то есть сольватация может обеспечить устойчивость частиц загрязнений в объеме моющего раствора только в редких случаях или может служить сопутствующим фактором стабилизации, дополняющим действие электростатических сил и структурно-механического барьера.

Присутствие в моющем растворе большого числа молекул СПАВ и ионов щелочных солей придает двойственный характер их влиянию на стабилизацию частиц загрязнений.

Анализируя возможные факторы стабилизации загрязнений в объеме моющего раствора, можно сделать заключение о том, что основными факторами стабилизации частиц загрязнений в растворах СМС являются электростатический, структурно-механический фактор, создаваемый молекулами СПАВ, и сольватационный. В объеме моющего раствора все факторы стабилизации взаимодополняют друг друга,

кроме того, большую роль играет гидратация. Схему стабилизирующего слоя представляют следующим образом (рис. 1, *a*) [12].

В теории ДЛФО учитывается общая энергия взаимодействия частиц. Взаимодействие крупных частиц можно рассматривать как взаимодействие между двумя плоскими параллельными пластинами, т. е. принять, что линейный размер частиц значительно больше толщины ДЭС.

Общая энергия взаимодействия между частицами, приходящаяся на единицу их площади, в общем виде равна [9]

$$U = U_0 + U_{\text{п}}, \quad (1)$$

где  $U_0$  – энергия электростатического отталкивания, Дж/м<sup>2</sup>;  
 $U_{\text{п}}$  – энергия молекулярного притяжения, Дж/м<sup>2</sup>.

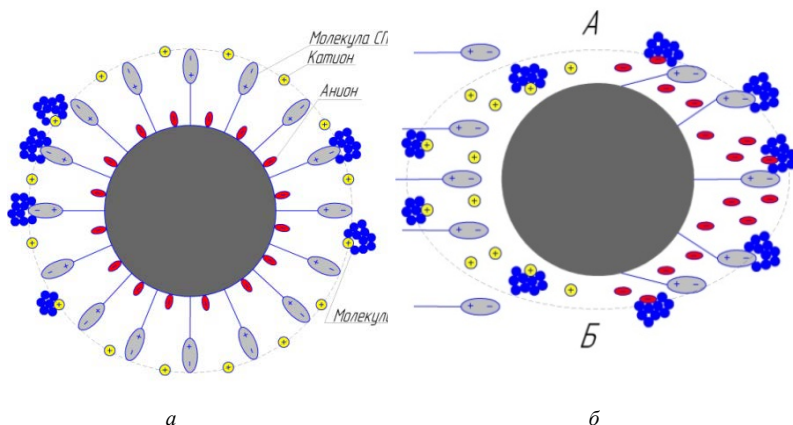


Рис. 1. Схема стабилизирующего слоя, образующегося вокруг дисперсной частицы в водном растворе СМС:  
*a* – без внешнего воздействия; *б* – при воздействии магнитным полем

Выражение (1), после подстановки составляющих значений, принимает вид:

$$U = 2\varepsilon_0\varepsilon\theta\varphi_8^2 e^{-\zeta h} - \frac{A}{12\pi h^2}, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_0$  – абсолютная диэлектрическая проницаемость, Ф/м;



$\varepsilon$  – относительная диэлектрическая проницаемость, Ф/м;  
 $\theta$  – величина, обратная толщине диффузной части ДЭС, м<sup>-1</sup>;  
 $\varphi_\delta$  – электростатический потенциал диффузной части ДЭС, В;  
 $A$  – константа Гамакера, Дж;  
 $h$  – расстояние между частицами, м.

Выражение (2) определяет поведение дисперсных систем, их устойчивость или скорость коагуляции зависит от знака и значений общей потенциальной энергии взаимодействия частиц. Из выражения (2) видно, что энергия притяжения частиц  $U_n$  обратно пропорциональна квадрату расстояния между частицами  $h$ , а энергия отталкивания  $U_o$  пропорциональна толщине  $1/\theta$  диффузной части ДЭС.

Таким образом, уменьшения электростатического барьера, а следовательно, уменьшения агрегативной устойчивости загрязнений, можно достичь, повлияв электромагнитной обработкой на уменьшение толщины диффузной части ДЭС и снизив тем самым потенциал  $\varphi_\delta$ . В состав стабилизационных слоев, находящихся на поверхности загрязнений, входят заряженные частицы и поляризованные молекулы. Это дает основание предположить, что эти слои будут изменяться при воздействии на них магнитного поля.

**Основная часть.** Нами на основании проведенных предварительных исследований изучался, как наиболее приемлемый метод коагуляции загрязнений, метод магнитной обработки очищаемой жидкости.

При рассмотрении воздействия магнитного поля на агрегативную устойчивость загрязнений в моющем растворе следует учитывать, что дисперсионной средой в моющем растворе является вода, это во многом определяет поведение раствора в магнитном поле. Согласно исследованиям таких ученых, как В. И. Классен [13, 14], В. И. Миненко [15], П. С. Стукалов [16], Г. В. Никитенко [17], В. Е. Зеленков [18, 19], В. П. Порубаев [22] и др. магнитная обработка воды коренным образом изменяет ее физико-химические свойства.

В отличие от чистой воды, где благодаря равноценности всех молекул прецессии в идентичных атомах практически одинаковы, в моющем растворе (и других водно-дисперсных системах) ввиду различия поляризации молекул воды электрическими полями ионов, идентичные атомы и электронные облака не прецессируют с одинаковой частотой. Смещение электронных облаков в молекулах, непосредственно окружающих ион, в молекулах, прилегающих к гидратированному иону и в «свободных» молекулах, далеко отстоящих от иона и сохраняющих структуру воды, различно. По этой причине внутреннее маг-

нитное поле, индуцированное под воздействием внешнего магнитного поля, в различных точках моющего раствора не будет одинаковым. Точно также ввиду различной магнитной восприимчивости частиц в растворе индуцированные магнитные моменты, равные произведению магнитной восприимчивости на напряженность внешнего магнитного поля, в различных точках, для различных частиц будут отличаться один от другого.

Магнитная восприимчивость ионов выше, чем магнитная восприимчивость молекул воды, следовательно наибольшее влияние магнитное поле оказывает на ионы [15]. Изменяя распределение плотности электронных облаков ионов и молекул воды, магнитное поле изменяет структуру растворителя, энергии взаимодействия ионов с молекулами воды, являющимися непосредственным окружением ионов (ближнюю гидратацию), и поляризацию молекул в прилегающих к ионам слоях (дальнюю гидратацию), то есть изменяет структуру моющего раствора в целом. Следовательно, можно предположить, что магнитное поле оказывает сильное влияние на гидратацию. Гидратация же [9], как указывалось выше, определяет состояние границы раздела фаз «загрязнение – моющий раствор». В результате магнитной обработки моющего раствора возрастает относительное количество прочных связей между молекулами растворителя (воды), вследствие чего соотношение энергий связей изменяется, как и состояние всего раствора.

Влияние магнитного поля на моющий раствор не будет ограничиваться изменением его структуры и смещением равновесия в узлах кристаллической решетки воды. При движении моющего раствора в магнитном поле существенную роль будут играть силы Лоренца, действующие со стороны внешнего поля на заряженные частицы, которыми являются стабилизированные частицы загрязнений. Под влиянием этих сил траектории гидратированных ионов частиц загрязнений в области воздействия магнитного поля будут изменяться.

Так как стабилизированные частицы загрязнений имеют электрический заряд  $q$ , то сила  $F$ , действующая на частицы, движущиеся в магнитном поле напряженностью  $H$ , со скоростью  $v$  будет определяться по зависимости:

$$F = KqvH \sin \alpha, \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент пропорциональности;

$q$  – электрический заряд частицы, Кл;

$v$  – скорость движения частицы, м/с;

$H$  – напряженность магнитного поля, А/м;

$\alpha$  – угол между направлением силовых линий магнитного поля и направлением движения частиц загрязнений, град.

Магнитное поле воздействует на молекулы воды, составляющие ближнее и дальнее окружение ионов, ослабляет связи одних и усиливает связи других. Кроме того, магнитное поле воздействует на молекулы ПАВ. Благодаря различию магнитных восприимчивостей ионов, молекул ПАВ и молекул воды магнитное поле вызывает деформацию адсорбционных оболочек, в результате чего создаются условия для уменьшения устойчивости загрязнений в объеме моющего раствора.

Под воздействием магнитного поля часть молекул ПАВ переориентируется, а часть из-за сжатия оболочки десорбируется. При этом в местах десорбции молекул ПАВ образуются зоны А и Б (рис. 1, б), по которым может происходить контактная коагуляция. Вместе с тем, вследствие переориентации молекул, на вершинах эллипсоидов создаются условия, благоприятные для агрегации частиц за счет взаимодействия молекул ПАВ.

Таким образом, магнитное поле, изменяя структуру моющего раствора и вызывая асимметрию гидратных оболочек, создает условия для снижения агрегативной устойчивости частиц загрязнений. Степень агрегации частиц загрязнений зависит, главным образом, от концентрации загрязнений в растворе, концентрации молекул ПАВ и напряженности магнитного поля. С увеличением количества отмытых загрязнений снижается концентрация ПАВ, что приводит к образованию более тонкого стабилизирующего слоя, уменьшается расстояние между частицами, что увеличивает вероятность коагуляции.

Нами [21] в лабораторных условиях при омагничивании искусственно загрязненного стандартной кварцевой пылью моющего раствора был установлен эффект коагуляции загрязнений в его объеме. Электромагнитная обработка привела к коагуляции загрязнений, находящихся в моющем растворе.

Для совмещения процесса омагничивания с гидроциклонированием моющего раствора нами было изготовлено устройство [22] для электромагнитной обработки жидкости, подвергаемой очистке гидроциклоном [23]. Результаты гидроциклонирования моющего раствора представлены на рис. 2, построенном по результатам микроскопирования проб раствора. Здесь по оси абсцисс откладывались значения размеров частиц загрязнений, по оси ординат – процентное содержание данной фракции. В связи с большим диапазоном размеров частиц за-

грязней, при построении дифференциальной кривой использовалась полулогарифмическая шкала.

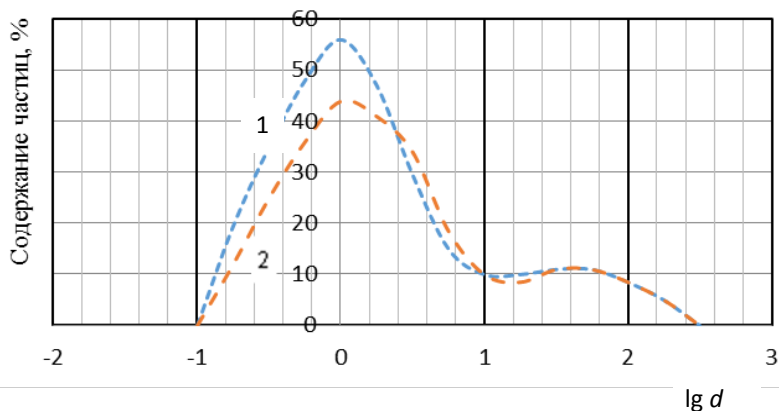


Рис. 2. Дифференциальные кривые весового распределения загрязнений в моющем растворе после гидроциклонной очистки  
1 – без магнитной обработки; 2 – с магнитной обработкой

Как видно из рис. 2, при интенсификации гидроциклонной очистки электромагнитной обработкой, процентное содержание загрязнений в пробах моющего раствора после гидроциклона снизилось по сравнению с гидроциклонной очисткой без электромагнитной обработки.

При использовании магнитной обработки количество загрязнений размером до 3 мкм меньше процентного содержания загрязнений в тех же пробах раствора без обработки на 12 %. Количество загрязнений размерами от 3 мкм до 8 мкм в омагниченном растворе на 5 % выше, чем в неомагниченном, что можно объяснить образованием агрегатов из мелких загрязнений вследствие их коагуляции. Количество загрязнений размерами от 9 мкм до 250 мкм в обработанном и необработанном растворах примерно одинаково. Это можно объяснить тем, что крупные загрязнения при магнитной обработке не могут образовать устойчивых агрегатов.

Из рис. 2 следует, что общий объем загрязнений в очищенном растворе, прошедшем магнитную обработку, значительно меньше объема загрязнений, находящихся в растворе, очищенном без нее.

Процентное содержание загрязнений в пробах воды, после гидроциклонной очистки воды с магнитной обработкой и без нее, практиче-

ски одинаково и находится в пределах ошибки опыта. Т. е. можно сказать, что коагуляции загрязнений в воде не было. Все это подтверждает вышеизложенную гипотезу, объясняющую процесс магнитной коагуляции, и подтверждает работоспособность заявленного электромагнитного аппарата, способного интенсифицировать процесс гидроциклонной очистки за счет повышения эффективности удаления тонкодисперсных частиц.

Основные результаты были проверены и подтверждены в производственных условиях [24].

### **Заключение.**

1. Очистка водных растворов СМС технического назначения является актуальной задачей.

2. Основными факторами стабилизации частиц загрязнений в растворах СМС являются электростатический, структурно-механический фактор и сольватационный. Все факторы стабилизации взаимодополняют друг друга, кроме того, большую роль играет гидратация.

3. Уменьшения агрегативной устойчивости загрязнений можно достичь электромагнитной обработкой.

4. При омагничивании искусственно загрязненного стандартной кварцевой пылью моющего раствора был установлен эффект коагуляции загрязнений в его объеме.

5. При интенсификации гидроциклонной очистки электромагнитной обработкой, процентное содержание загрязнений в пробах моющего раствора после гидроциклона снизилось по сравнению с гидроциклонной очисткой без электромагнитной обработки.

6. Содержание загрязнений в пробах воды, после гидроциклонной очистки воды с магнитной обработкой и без нее, практически одинаково и находится в пределах ошибки опыта, т.е. коагуляции загрязнений в воде нет. Это подтверждает разработанное теоретическое объяснение процесса магнитной коагуляции.

7. Основные результаты проверены и подтверждены в производственных условиях.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Цитович, И. К. Курс аналитической химии / И. К. Цитович. – Москва: Высшая школа, 1985. – 400 с.
2. Бабенков, Е. Д. Очистка воды коагулянтами / Е. Д. Бабенков. – Москва: Наука, 1977. – 356 с.

3. Карташевич, А. Н. Интенсивная очистка жидкостей и газов в технических системах: монография / А. Н. Карташевич, Е. И. Мажугин. – Минск: Красико-Принт, 2002. – 290 с.
4. Мажугин, Е. И. Центробежная очистка моющих растворов при ремонте сельскохозяйственной техники: монография / Е. И. Мажугин, А. Л. Казаков, А. В. Пашкевич. – Горки: БГСХА, 2015. – 185 с.
5. Основы очистки сточных вод от радиоактивных загрязнений / Ю. В. Кузнецов [и др.]. – Москва: Атомиздат, 1974. – 360 с.
6. Пушкарев, В. В. Физико-химические особенности очистки сточных вод от поверхностно-активных веществ / В. В. Пушкарев, Д. И. Трофимов. – Москва: Химия, 1975. – 144 с.
7. Ребиндер, П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах / П. А. Ребиндер. – Москва: Наука, 1978. – 368 с.
8. Кройт, Г. Р. Наука о коллоидах / Г. Р. Кройт. – Москва: Иностранная литература, 1955. – 538 с.
9. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии / Ю. Г. Фролов. – Москва: Химия, 1989. – 464 с.
10. Моющие средства, их использование в машиностроении и регенерация / А. Ф. Тельнов [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1993. – 208 с.
11. Тельнов, Н. Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / Н. Ф. Тельнов. – Москва: Колос, 1983. – 256 с.
12. Дегтерев, Г. П. Применение моющих средств / Г. П. Дегтерев. – Москва: Колос, 1981. – 239 с.
13. Классен, В. И. Омагничивание водных систем / В. И. Классен. – Москва: Химия, 1982. – 296 с.
14. Классен, В. И. О влиянии магнитной обработки воды на агрегативную устойчивость суспензии / В. И. Классен, Ю. З. Зиновьев // Коллоидный журнал. – 1967. – Т. 29. – № 5. – С. 758–759.
15. Миненко, В. И. Магнитная обработка водно-дисперсных систем / В. И. Миненко. – Киев: Техника, 1970. – 165 с.
16. Стукалов, П. С. Магнитная обработка воды / П. С. Стукалов, Е. В. Васильев, Н. А. Глебов. – Ленинград: Судостроение, 1969. – 190 с.
17. Никитенко, Г. В. Аппараты магнитной обработки воды для котельных низкого давления агропромышленного комплекса: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.02 / Г. В. Никитенко; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2004. – 45 с.
18. Зеленков, В. Е. Применение магнитной обработки воды, растворов и пульп в различных технологических процессах / В. Е. Зеленков, Ю. И. Малихов, Ю. К. Чернов // Очистка сточных и оборотных вод. – Москва: Metallургия, 1971. – С. 182–189.
19. Зеленков, В. Е. Изменение диамагнетизма воды при магнитной обработке / В. Е. Зеленков, Ю. К. Чернов // Очистка сточных и оборотных вод. – Москва: Metallургия, 1971. – С. 155–165.
20. Влияние магнитной обработки на процесс очистки растворов от ионов цинка / В. П. Порубаев [и др.] // Очистка сточных и оборотных вод. – Москва: Metallургия, 1971. – С. 165–174.
21. Мажугин, Е. И. Исследование влияния магнитной обработки на седиментацию загрязнений в воде и моющем растворе Лабомид-203 / Е. И. Мажугин, А. Л. Казаков // Агропанорама. – 2006. – № 6. – С. 35–39.
22. Электромагнитный аппарат: пат. 6224 Респ. Беларусь, МПК В 01J 19/12. / Е. И. Мажугин, А. Л. Казаков; заявитель УО БГСХА. – № 20090825; заявл. 12.10.2009;

опубл. 16.02.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 3. – С. 161–162.

23. Гидроциклон: пат. 2457 Респ. Беларусь, МПК В 04С 5/14. / Е. И. Мажугин, А. Н. Карташевич, А. Л. Казаков; заявитель Бел. гос. с/х акад. – № u 20050113; заявл. 04.03.2005; опубл. 28.02.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 1. – С. 166–167.

24. Мажугин, Е. И. Результаты определения эффективности интенсификации гидроциклонной очистки моющих растворов в условиях ремонтного производства / Е. И. Мажугин, А. Л. Казаков // Вестник БГСХА. – 2007. – № 3. – С. 106–107.

*Аннотация.* Обоснована актуальность очистки водных растворов СМС технического назначения. Теоретическим анализом установлено, что основными факторами стабилизации частиц загрязнений в растворах СМС являются электростатический, структурно-механический и сольватационный факторы. Все факторы стабилизации дополняют друг друга. Показано, что уменьшения агрегативной устойчивости загрязнений можно достичь электромагнитной обработкой раствора.

Приведены основные результаты экспериментальных исследований. Основные результаты проверены и подтверждены в производственных условиях.

*Ключевые слова:* водные растворы моющих средств, двойной электрический слой, магнитная обработка воды, гидроциклонирование.

УДК 621.436.004:665.753.4

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛОВ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ ДИЗЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР**

А. Н. КАРТАШЕВИЧ<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор  
А. В. ГОРДЕЕНКО<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент  
О. В. ПОНТАЛЕВ<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

<sup>2</sup>УО «Барановичский государственный университет»,  
Барановичи, Республика Беларусь

**Введение.** Одна из важнейших эксплуатационных характеристик дизельного топлива – его низкотемпературные свойства, характеризующие подвижность топлива при отрицательной температуре. В ди-

зельном топливе содержатся растворенные парафиновые углеводороды, которые при понижении температуры кристаллизуются. Низкотемпературные свойства оцениваются температурой помутнения и застывания.

Температура помутнения – это температура, при которой меняется фазовый состав топлива, так как наряду с жидкой фазой появляется твердая. При этой температуре топливо в условиях испытания начинает мутнеть.

Температура застывания – это температура, при которой топливо полностью теряет подвижность.

При помутнении дизельное топливо не теряет текучести. Размеры кристаллов таковы, что они проходят через элементы топливных фильтров, образуя на них тонкую парафиновую плёнку.

Нарушение подачи топлива из-за его помутнения возможно при пуске и прогреве дизеля. Для обеспечения нормальной эксплуатации двигателя необходимо, чтобы температура помутнения дизельного топлива была ниже температуры окружающего воздуха.

Значительное падение температуры окружающего воздуха приводит к существенному изменению свойств дизельного топлива, ухудшается испаряемость, затрудняется его прокачиваемость по трубопроводам и через фильтры (т. е. повышается сопротивление линии низкого давления системы питания и, как следствие, уменьшается коэффициент наполнения насоса высокого давления), снижается воспламеняемость, что затрудняет пуск и эксплуатацию техники с дизельными двигателями. Литературные данные свидетельствуют о том, что наиболее критическим участком топливной системы дизеля, работающего в условиях отрицательных температур, является линия всасывания топливopодкачивающего насоса (ТПН) с фильтром грубой очистки (ФГО), который первым забивается образующимися кристаллами  $\text{H}$ -алканов [1]. Эксплуатационные испытания показали, что машины с дизельным двигателем американского и западноевропейского производства перестают нормально функционировать при температуре окружающей среды на 5–10 градусов ниже температуры помутнения топлива. В 47 % это происходит вследствие забивки топливных фильтров кристаллами твердых углеводородов, а в 53 % из-за застывания топлива в топливопроводах.

**Основная часть.** Для изучения процесса образования  $\text{H}$ -алканов в дизельном топливе нами были проведены исследования по определению количества кристаллов парафинов в топливе марки ДТ-Л-К5



СТБ 1658-2015, которое наиболее распространено в переходной осенне-зимний период. Исследования проводились на спектрофотометре СФ-26 согласно методике, приведенной в работе [2] при длине волны спектра 1000 нм для двух образцов топлив с температурами помутнения и застывания  $t_{п1} = -6\text{ }^{\circ}\text{C}$   $t_3 = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t_{п2} = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$   $t_3 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$  соответственно. Для этого в монохроматический поток света поочередно вводился образец дизельного топлива (топливо с температурой  $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , которая соответствует температуре кристаллизации Н-октодекана) и образцы топлива которые подлежат измерению в интервале температур от  $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Коэффициент пропускания светового потока топлива при  $t = +28\text{ }^{\circ}\text{C}$  принимался за 100 %, а при введении топлива с  $t = +28\text{ }^{\circ}\text{C} \dots -28\text{ }^{\circ}\text{C}$ , показаниям измерительного прибора соответствовала величина пропускания в процентах. Измерение температуры топлива осуществлялось терморезисторами КС-22 и цифровым вольт-килоомметром ВК2-6.

Влияние температуры объем Н-алканов исследуемых образцов топлива представлено на рис. 1.

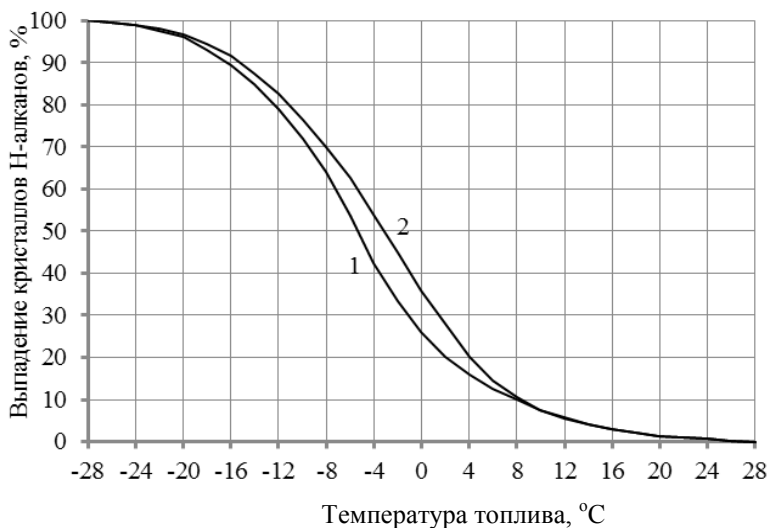


Рис. 1. Зависимость содержания Н-алканов в дизельном топливе от температуры:

- 1 – топливо с температурами помутнения  $t_{п1} = -6\text{ }^{\circ}\text{C}$  и застывания  $t_3 = -12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
 2 – топливо с температурами помутнения  $t_{п2} = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$  и застывания  $t_3 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Анализируя приведенные кривые, можно отметить, что при снижении температуры дизельного топлива от +28 °С до +8 °С количество Н-алканов плавно увеличивается от 0 % до 10 %. Понижение температуры топлива от +8 °С до температуры застывания вызывает резкое нарастание кристаллической фазы до 80 %. Дальнейшее снижение температуры ведет к плавному увеличению кристаллической фазы до 100 % (при  $T = -28$  °С). При температуре помутнения дизельного топлива количество кристаллов Н-алканов составляет около 50 %. Обобщая изложенное выше, можно сделать вывод, что процесс образования парафинов в дизельном топливе марки «Л» непрерывный в температурном интервале от +28 °С до -28 °С.

Для обеспечения работоспособности топливной системы дизеля в условиях отрицательных температур нами предложен ряд электронагревательных устройств [3, 4, 5], предназначенных для плавления кристаллов Н-алканов в топливе. Однако отсутствие теоретических исследований минимальной температуры топлива, до которой необходимо производить разогрев, затрудняет применение вышеприведенных устройств.

Определим минимальную температуру топлива, при которой возможна работа топливной системы дизеля без дополнительных нагревательных устройств. Для этого воспользуемся уравнением неразрывности потока и уравнением Бернулли для реальной жидкости. Рассмотрим всасывающую линию топливной системы дизеля, работающего на номинальном режиме, выполненную по традиционной схеме, когда ФГО расположен перед ТПН. Для данного случая уравнение Бернулли будет иметь следующий вид [6]:

$$Z_1 + H + \alpha_1(\vartheta_1^2/2g) = Z_2 - (p_{\text{вак}}/\rho g) + \alpha_2(\vartheta_2^2/2g) + \Sigma h, \quad (1)$$

где  $Z_1, Z_2$  – высота расположения выхода из топливного бака и входа в ТПН, отсчитанная от произвольной горизонтальной плоскости сравнения, м;  $H$  – высота столба топлива в баке, м;  $\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициенты Кориолиса в рассматриваемых сечениях;  $\vartheta_1, \vartheta_2$  – средние скорости потока в рассматриваемых сечениях, м/с;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность топлива, кг/м<sup>3</sup>;  $\Sigma h$  – суммарные потери напора между рассматриваемыми сечениями, м;  $p_{\text{вак}}$  – вакуумметрическое давление, создаваемое ТПН, Н/м<sup>2</sup>.

Уравнение неразрывности потока жидкости можно записать следующим образом [6]:

$$\vartheta_1 \omega_1 = \vartheta_2 \omega_2 = Q, \quad (2)$$

где  $\omega_1, \omega_2$  – площади потока в рассматриваемых сечениях,  $\text{м}^2$ ;  $Q$  – расход топлива через ТПН,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Условие обеспечения работоспособности линии низкого давления дизеля с учетом уравнений (1) и (2), а также тем, что при ламинарном движении жидкости в трубах коэффициент Кориолиса  $\alpha_1 = \alpha_2 = 2,0$  [6], можно представить следующим образом:

$$\Sigma h \leq H + (Z_1 - Z_2) + (p_{\text{вак}}/\rho g) + (\vartheta_2^2/g) ((\omega_2^2/\omega_1^2) - 1), \quad (3)$$

Суммарные потери напора складываются из потерь напора по длине трубопроводов  $\Sigma h_{\text{дл}}$  и потерь от местных сопротивлений  $\Sigma h_{\text{м}}$  [7].

$$\Sigma h = \Sigma h_{\text{дл}} + \Sigma h_i. \quad (4)$$

Потери напора по длине трубопроводов определяются по формуле [7]:

$$\Sigma h_{\text{дл}} = \lambda(L/2)(\vartheta_{\text{тр}}^2/d_{\text{тр}}g) + \Sigma h_{\text{м}}, \quad (5)$$

где  $L$  – суммарная длина трубопроводов от бака до ТПН,  $\text{м}$ ;

$d_{\text{тр}}$  – диаметр трубопровода,  $\text{м}$ ;

$\vartheta_{\text{тр}}$  – средняя скорость движения топлива по трубопроводам,  $\text{м}/\text{с}$ ;

$\lambda$  – коэффициент гидравлического трения (коэффициент Дарси).

При ламинарном движении топлива по трубопроводам круглого сечения коэффициент Дарси определяется по формуле [7]:

$$\lambda = 64 / \text{Re}, \quad (6)$$

где  $\text{Re}$  – число Рейнольдса.

Число Рейнольдса для труб круглого сечения определится по формуле [7]:

$$\text{Re} = (\vartheta_{\text{тр}} d_{\text{тр}}) / \nu, \quad (7)$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость дизельного топлива,  $\text{мм}^2/\text{с}$ .

Суммарные потери от местных сопротивлений при ламинарном движении топлива оцениваются зависимостью [6]:

$$\Sigma h_{\text{м}} = \Sigma_{i=1}^n (\vartheta_i^2/2g) (\xi_{\text{кв}i} + (A_i / \text{Re}_i)), \quad (8)$$

где  $\xi_{\text{кв}i}$  – коэффициент  $i$ -го местного сопротивления квадратичной области;  $A_i$  – коэффициент  $i$ -го сопротивления, значение коэффициентов  $A_i$  и  $\xi_{\text{кв}i}$  приведены в работах [6, 7, 8];  $\vartheta_i$  – средняя скорость топлива в

$i$ -м сопротивлению;  $Re_i$  – число Рейнольдса для  $i$ -го местного сопротивления.

Число Рейнольдса для  $i$ -го местного сопротивления определяется по выражению [9]:

$$Re_i = (\vartheta_i l_{0i}) / \nu, \quad (9)$$

где  $l_{0i}$  – определяющий размер  $i$ -го местного сопротивления.

Динамическая вязкость дизельного топлива зависит от температуры и может быть определена по формуле [10]:

$$\mu = \mu_0 e^{-\beta(T - T_0)}, \quad (10)$$

где  $\mu$ ,  $\mu_0$  – соответственно динамическая вязкость дизельного топлива при температуре  $T$  и  $T_0$ , Па·с;  $\beta$  – коэффициент, значение которого для дизельного топлива изменяется в пределах 0,025...0,03 [10].

Зависимость между динамической и кинематической вязкостью устанавливается соотношением  $\mu = \nu \rho$ .

Считаем, что плотность топлива, в рассматриваемом температурном интервале является величиной постоянной, тогда с учетом формулы (10) будем иметь:

$$\nu = \nu_0 e^{-\beta(T - T_0)}, \quad (11)$$

где  $\nu_0$  – кинематическая вязкость дизельного топлива при +20 °С (293 К), мм<sup>2</sup>/с.

После подстановки формулы (11) в выражение (9) и далее (8), а также (11) в зависимости (7), (6) и (5), с учетом уравнения (4) и неравенства (3), после соответствующих преобразований, получим:

$$T \geq (1/\beta) \ln ((\nu_0(N + 64L\vartheta_{tr}) / 2d_{tr}^2(M + (P_{вак}/\rho) + R - K)) + T_0). \quad (12)$$

В данном выражении приняты обозначения:

$N$  – коэффициент суммарных потерь, пропускной способности системы, отнесенный к единице длины трубопровода,

$$N = d_{tr}^2 \sum_{i=1}^n ((\vartheta_i A_i) / L_{0i}), \quad (13)$$

где  $M$  – коэффициент снижения напора на единице высоты столба жидкости в трубопроводе,

$$M = g(H + Z_1 - Z_2), \quad (14)$$

где  $R$  – коэффициент снижения напора за счет разности площадей живого сечения на входе и выходе линии низкого давления системы питания дизеля,

$$R = \vartheta_2^2((\omega_2^2/\omega_1^2) - 1), \quad (15)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий снижение скорости потока топлива за счет суммарных местных сопротивлений,

$$K = 0,5 \sum_{i=1}^n (\xi_{\text{КВ}i} \cdot \vartheta_i^2). \quad (16)$$

По формуле (12), с учетом (13)–(16), может быть определена минимальная температура дизельного топлива, при которой обеспечивается нормальная работа линии низкого давления топливной системы дизеля.

В качестве примера рассмотрим топливную систему дизеля Д-243 (трактора Беларус-920). При расчетах принята высота столба топлива в баке максимальной, а вакуумметрическое давление, создаваемое ТПН, равным 12 кПа, что является минимальным для топливоподкачивающих насосов по ГОСТ 15829-77Е, необходимым для получения номинальной объемной подачи насоса высокого давления (ТНВД) [11]. При расчете суммарных потерь от местных гидравлических сопротивлений учитывали: сетчатый фильтр на выходе из бака, вход из бака в топливопровод, кран пробочный, тройник, вход в штуцер ФГО, внезапное расширение в ФГО, сетчатый фильтр ФГО, плавное сужение фильтрующего элемента ФГО, выход из штуцера ФГО, вход в штуцер ТПН, а также плавные повороты трубопроводов.

В результате расчетов по формулам (13), (14), (15), (16) и (12) была получена зависимость минимальной температуры топлива (для топливной системы дизеля Д-243) от кинематической вязкости при +20 °С (293 К), при которой возможна нормальная работа топливной системы (рис. 2).

Для определения минимальной температуры дизельного топлива, при которой возможна нормальная работа системы топливоподдачи, необходимо на оси абсцисс отметить значение вязкости топлива при 293 К, восстановить в выбранной точке перпендикуляр до пересечения с полученной кривой и снести это значение на ось ординат, где и определится искомая температура.

Нами были проведены стендовые испытания топливной системы дизеля Д-243 в условиях отрицательных температур на стенде КИ-22205. Цель исследований заключалась в определении минимальной температуры дизельного топлива, при которой разрежение на вса-

сывании ТПН не превышало 12 кПа. Исследования проводились на трех образцах дизельных топливах марки ДТ-Л-К5 с кинематической вязкостью при 293 К соответственно 4,5 мм<sup>2</sup>/с; 5 мм<sup>2</sup>/с и 6 мм<sup>2</sup>/с. В результате эксперимента было определено, что для топлива с кинематической вязкостью при 293 К (+20 °С) равной 4,5 мм<sup>2</sup>/с разрежение перед ТПН начинает превышать минимально-допустимое при температуре топлива –8 °С (265 К), для топлива с вязкостью 5 мм<sup>2</sup>/с – при –5 °С (268 К), и для топлива с вязкостью 6 мм<sup>2</sup>/с – при +1 °С (274 К).

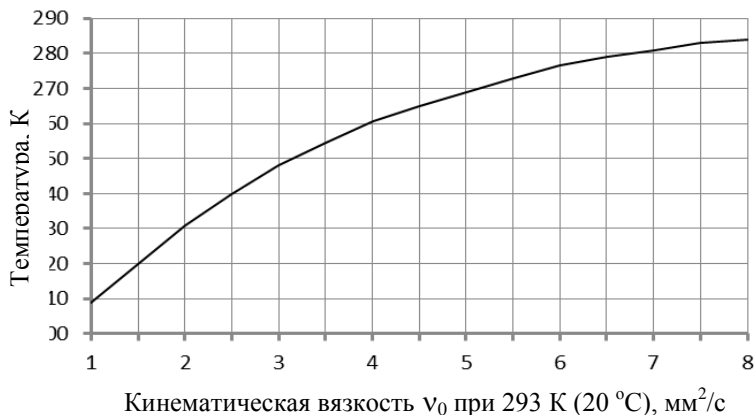


Рис. 2. Зависимость минимальной температуры прокачивания дизельного топлива по системе питания от его кинематической вязкости  $\nu_0$  при 293 К (20 °С)

Таким образом, данные полученные экспериментально и теоретически хорошо согласуются. Поэтому формула (12) может быть рекомендована для расчета минимальной температуры топлива, при которой возможна нормальная работа линии низкого давления автотракторного дизеля без разрывов потока топлива.

#### **Заключение.**

1. Процесс образования, парафинов в дизельном топливе марки ДТ-Л-К5 носит непрерывный характер в температурном интервале от +28 °С до –28 °С.

2. Полученная теоретическая зависимость позволит определить минимальную температуру дизельного топлива, при которой возможна работа топливной системы дизеля без дополнительных нагревательных устройств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации. Монография / А. Н. Карташевич [и др.] – Горки: БГСХА, 2005. – 172 с.
2. Карташэвіч А. М. Працэс утварэння крышталёў парафінаў у дызельным паліве / А. М. Карташэвіч, В. К. Кажушка // Весці акадэміі аграрных навук Беларусі. – 1994. – № 1. – С. 115–117.
3. Патент ВУ № 1766 U F 02M 31/00, F02N 17/00. Система облегчения работы дизеля при низких температурах. А. Н. Карташевич, А. В. Гордеенко, Д. С. Разинкевич; заявл. 18.03.2002; опубл. 22.03.2004; Бюл. № 2, 23 с.
4. Патент ВU № 1767 U F 02B 77/00. Система защиты топливной аппаратуры дизеля. А. Н. Карташевич, А. В. Гордеенко, Д. С. Разинкевич; заявл. 18.03.2002; опубл. 22.03.2004; Бюл. № 2, 23 с.
5. Пат. 2007609 РФ, МКИ F-02 М 31/12. Подогреватель дизельного топлива / А. Н. Карташевич, В. С. Бранцевич, В. Д. Прудников. – № 4896914/ 06; заявл. 26.12.90; опубл. 15.02.94; Бюл. № 3.
6. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика / Д. В. Штеренлихт. – Москва: Энергоатомиздат, 1984. – 640 с.
7. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П. Г. Киселева. – Москва: Энергия, 1974. – 312 с.
8. Идельчик, И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И. Е. Идельчик. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
9. Кутателадзе, С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление. Справ. Пособие / С. С. Кутателадзе. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
10. Гидравлика, гидромашин и гидроприводы / Т. М. Башта [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1982. – 423 с.
11. Фаннлейб, Б. Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник / Б. Н. Фаннлейб. – Ленинград: Машиностроение, 1990. – 352 с.
12. Гордеенко, А. В. Улучшение пусковых качеств и условий работы автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации: дисс. ... канд. техн. наук / А. В. Гордеенко. – Горки: БГСХА, 1998.

*Аннотация.* Приведены результаты исследований по определению количества кристаллов *n*-алканов в дизельном топливе в зависимости от температуры. На основе использования уравнений гидравлики получена зависимость для определения минимальной температуры топлива, при которой возможна работа топливной системы дизеля без дополнительных нагревательных устройств. Теоретические исследования подтверждены эксплуатационными испытаниями топливной системы дизеля Д-243 в условиях отрицательных температур на стенде КИ-22205.

*Ключевые слова:* трактор, дизельный двигатель, дизельное топливо, вязкость, температура застывания, кристаллы углеводородов, линия низкого давления, топливоподкачивающий насос, фильтр грубой очистки.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА В ИССЛЕДОВАНИЯХ СВОЙСТВ БИОТОПЛИВ

А. Н. КАРТАШЕВИЧ<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор  
С. А. ПЛОТНИКОВ<sup>2</sup>, д-р техн. наук, профессор

<sup>1</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

**Введение.** Энергетические установки тракторов серии «Беларус» можно отнести к группе многоуниверсальных и всеядных, позволяющих длительную безотказную работу на топливах со значительными отклонениями уровня моторных свойств. На сегодняшний день известны результаты исследований работы дизеля Д-245 на утяжеленных топливах, топливах с пониженной самовоспламеня-емостью (низкоцетановых), высоковязких топливах и т. д. Также не исключена добавка к дизельному газообразного топлива [1–4, 7]. Ряд исследователей не ограничивались полученными данными, проводя полевые испытания трактора в условиях реальной эксплуатации (рис. 1).

Чаще всего трактор работал на вспашке с плугом ПЛН-3-35, периодическое нагружение энергетической установки осуществлялось через комбинированный агрегат АКШ-3,6-01 [5, 7].

Тем не менее, отмеченный подход нельзя считать правильным. Длительная эксплуатация дизеля на нетрадиционном источнике энергии влечет за собой изменение регулировок его систем и механизмов, вызывает возникновение и активацию нежелательных процессов, заметно снижает выходные эксплуатационные показатели, характеристики надежности и долговечности [6]. Еще одним препятствием следует считать усиление отрицательного воздействия на окружающую среду и человека.

Эффективным решением является приближение свойств биотоплив к свойствам ДТ, что целесообразнее достичь путем использования многокомпонентного состава биотоплива. Это поможет компенсировать недостатки одного компонента другим и приблизить их свойства к свойствам нефтяного ДТ. Для большей привлекательности топливной композиции, в которую входит



дизельное топливо, этанол и рапсовое масло, требуется проведение оптимизации ее состава.



Рис. 1. Испытания работы трактора  
Беларус-922 на альтернативном топливе

**Основная часть.** Принимая во внимание возможность качественного и количественного описания исследуемого факторного пространства полученными регрессионными моделями, для определения оптимального состава многокомпонентной биотопливной композиции, обеспечивающего наибольшую стабильность, в исследовании состава был применен трехуровневый план эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка, для оценки трех факторов. Предполагалось, что это позволит визуально оценить допустимые составы ингредиентов топливной композиции и одновременно сократить число повторностей опытов. Немаловажно также, что в ходе работы появляется возможность оценки влияния одного ингредиента на другие.

Роль факторов выполняли, соответственно:  $X_1$  – содержание рапсового масла (РМ) в суммарном составе,  $X_2$  – содержание этанола в суммарном составе,  $X_3$  – содержание дизельного топлива в суммарном составе. В качестве критерия оптимизации принималось время до появления в пробе композиции высококонцентрированного осадка или отстоя – время до начала седиментации, мин.

Первоначально была проведена рандомизация опытов с использованием таблиц случайных чисел [8]. Матрица, названия, кодированные обозначения факторов, значения критерия оптимизации приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Матрица, названия,  
кодированные обозначения факторов**

№ п/п	Фактор 1 РМ, г	Фактор 2 этанол, г	Фактор 3 ДТ, г	Значение критерия оптимизации (стабильность, минут)
1	3	3	3	26
2	1	5	3	16,6
3	1	1	3	3
4	3	5	5	35
5	5	1	3	15
6	1	3	1	13,5
7	5	5	3	35,5
8	3	3	3	24
9	1	3	5	15,5
10	3	5	1	15,5
11	3	1	1	15,5
12	5	3	1	21
13	5	3	5	36
14	3	1	5	26
15	3	3	3	28

На основании данных табл. 1, была проведена серия лабораторных опытов по определению седиментационной стабильности проб многокомпонентных биотопливных композиций требуемого состава. В ходе замера времени были получены недостающие значения факторов, определяющих присутствие каждого ингредиента в суммарном составе на каждом из обозначенных уровней.

Названия исследуемых факторов, минимальный и максимальный уровни факторов, шаги варьирования факторов указаны в табл. 2.

Обработка результатов опытных данных проводилась следующим образом [8]:

1. Определялась дисперсия ошибок опытов.
2. Проверялись однородности дисперсий ошибок опытов с помощью критерия Кохрена.
3. Определялись коэффициенты модели регрессионного анализа по формулам, приведенным в литературе для плана эксперимента Бокса-Бенкина второго порядка.
4. Проводилась оценка значимости коэффициентов регрессии по  $t$ -критерию Стьюдента путем нахождения доверительного интервала для каждого коэффициента.
5. Проводилась оценка адекватности математических моделей экспериментальным данным по  $F$ -критерию Фишера.

Таблица 2. Факторы, интервалы и шаги их варьирования

Используемые коды в обозначении факторов	Исследуемые факторы, единицы их измерения	Уровни факторов			Шаг варьирования
		-1	0	1	
X <sub>1</sub>	Масса РМ, г	1	3	5	2
X <sub>2</sub>	Масса этанола, г	1	3	5	2
X <sub>3</sub>	Масса ДТ, г	1	3	5	2

Во всех опытах задавалась доверительная вероятность  $P = 0,95$ .

В поисковых опытах применялось рапсовое масло холодного отжима, спирт этиловый технический гидролизный ректифицированный по ГОСТ Р 55878-2013 Сорт «Экстра», дизельное топливо летнее марки ДТ-Л-40-К5 по ГОСТ 302-2013.

Готовились различные составы многокомпонентных биотопливных композиций, включающие дизельное топливо, масло рапса и этиловый спирт. Обязательным являлось сохранение заданных условиях. Ингредиенты для приготовления композиций предварительно отмерялись и навешивались на электронных весах, процентное значение ингредиентов высчитывалось в массовых долях от массы всей пробы. Композиция нужного состава в каждом опыте готовилась с помощью электромиксера. Частота вращения вала электромиксера поддерживалась на уровне  $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$ , время приготовления равнялось 2–3 минуты. Далее состав композиции выливали в прозрачную стеклянную посуду. Следующей задачей было наблюдение и запись изменений характеристик состава (рис. 2.). Каждая емкость с соответствующей пробой закрывалась хорошо подогнанной крышкой. В ходе опыта соблюдалось равенство температурных режимов.

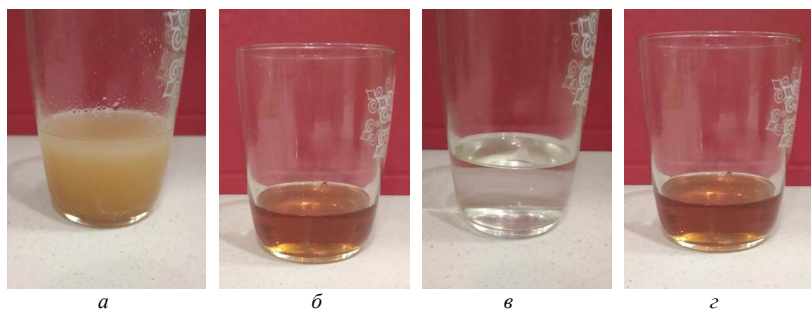


Рис. 2. Биотопливная композиция и ее компоненты  
а – смесь; б – ДТ; в – этанол; г – РМ

За показатель седиментационной стабильности принималось время до появления изменений в составе композиции (пузырьков, капель одного из компонентов, цвета, наличие высококонцентрированного осадка или отстоя).

После проведения лабораторных опытов производилась выборка результатов согласно таблицам случайных чисел.

Обработку полученных лабораторных данных проводили на персональном компьютере при помощи приложений Microsoft Excel и StatgraphicsPlus 5.1. Построение поверхностей отклика полученных моделей регрессии также осуществляли с использованием персонального компьютера при помощи приложений StatgraphicsPlus 5.1 и Corel DRAW11 при фиксированных значениях уровня каждого из факторов.

После реализации плана эксперимента было получено следующее уравнение регрессии, описывающее изменение времени физической стабильности:

$$t = 26,0 + 7,36 \cdot X_1 + 5,39 \cdot X_2 + 5,87 \cdot X_3 - 4,99 \cdot X_1^2 + 1,72 \cdot X_1 \cdot X_2 + 3,25 \cdot X_1 \cdot X_3 - 3,49 \cdot X_2^2 + 2,25 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,49 \cdot X_3^2. \quad (1)$$

На рисунках 3–5 показаны часть поверхностей отклика, построенных по уравнению (1) при фиксированных, последовательно, значениях факторов  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ .

Как видно из представленных выше данных, наибольшее влияние на время физической стабильности многокомпонентной биотопливной композиции оказывает присутствие в ее составе рапсового масла, а также дизельного топлива (рис. 4). Так, при изменении фактора  $X_1$  (содержание РМ) в пределах от  $-1$  до  $+1$ , время стабильности повышается, в среднем, на 10–15 минут (рис. 3, 4).

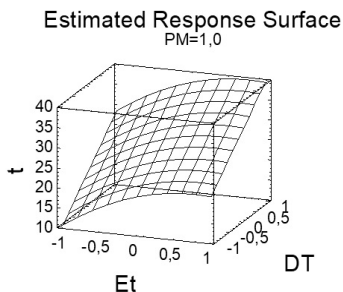


Рис. 3. Зависимость времени физической стабильности от факторов  $X_2$  (этанол) и  $X_3$  (ДТ)

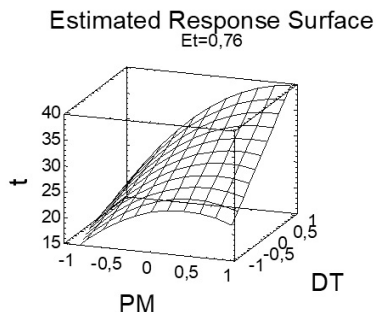


Рис. 4. Зависимость времени физической стабильности от факторов  $X_1$  (PM) и  $X_3$  (DT)

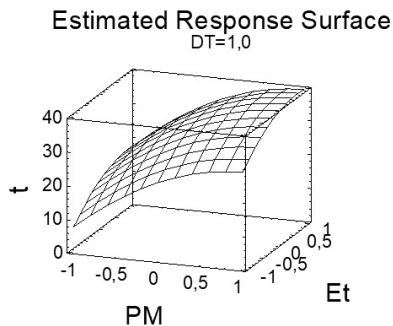


Рис. 5. Зависимость времени физической стабильности от факторов  $X_1$  (PM) и  $X_2$  (этанол)

Изменение другого фактора –  $X_3$  (содержание дизельного топлива) в рассматриваемых пределах влечет повышение стабильности на 15–20 минут (рис. 3, 4). В то же самое время, присутствие этанола в топливной композиции изменяет ее стабильность всего в пределах 5–10 минут (рис. 3, 5).

Комплексный анализ поверхностей отклика показал, что максимальное значение критерия оптимизации – времени стабильности ( $t = 39,82$ ) – наблюдается при значениях факторов  $X_1 = 1$ ;  $X_2 = 0,76$  и  $X_3 = 1$ .

Окончательно, оптимальное процентное соотношение компонентов в составе биотопливной композиции будет составлять:

Рапсовое масло – 34,5 %;

Этанол – 31,0 %;

Дизельное топливо – 34,5 %.

Указанный состав многокомпонентной биотопливной композиции был принят для проведения дальнейших исследований – работы топливоподающей аппаратуры, стендовых испытаний дизеля и тракторного агрегата.

### **Заключение.**

1. В исследовании физических свойств многокомпонентных биотоплив весьма результативным и наглядным способом является применение современных методик планирования эксперимента.

2. Анализ полученных поверхностей отклика дает понять, что наиболее стабильный состав многокомпонентной биотопливной композиции, применяемый в качестве топлива для сельскохозяйственного трактора, включает следующие ингредиенты, %, масс: РМ – 34,5; этанол – 31,0; ДТ – 34,5.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Плотников, С. А. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствования топливоподающей аппаратуры: автореф. дис. докт. техн. наук. / С. А. Плотников. – Нижний Новгород, НГТУ, 2011. – 40 с.

2. Расширение многотопливности автотракторного дизеля при использовании альтернативных топлив / С. А. Плотников [и др.] // Известия МГТУ «МАМИ». – 2019. – № 3 (41). – С. 66–72.

3. Плотников, С. А. Исследование экологических показателей автотракторного дизеля при работе на предельных составах ЭТЭ / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, А. В. Пляго // Вестник РГАТУ. – 2019. – № 4 (44). – С. 105–109.

4. Плотников, С. А. Улучшение смесей дизельного топлива с рапсовым маслом для использования в тракторных дизелях. / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, П. Н. Черемисинов // Двигателестроение. – 2017. – № 4. – С. 21–24.

5. Карташевич, А. Н. Возобновляемые источники энергии / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка. – Горки: БГСХА, 2007. – 261 с.

6. Терентьев, Г. А. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов. / Г. А. Терентьев, В. М. Тюков, Ф. В. Смаль. – Москва: Химия, 1989. – 272 с.

7. Исследования тракторного дизеля при подаче газа с использованием планирование эксперимента / П. Ю. Малышкин [и др.] // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 239–243.

8. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – Ленинград: Колос, 1980. – 168 с.

*Аннотация.* Известно большое многообразие альтернативных источников энергии, но для дизелей сельскохозяйственных тракторов, в первую очередь, будут востребованы жидкие топлива. Особое внима-

ние исследователей все чаще привлекают топлива, которые получают из возобновляемых ресурсов растительного происхождения – биотоплива. Несмотря на их удовлетворительные моторные свойства, для практического применения необходима адаптация двигателя. Рациональным решением проблемы будет использование многокомпонентного биотоплива. Для повышения потребительских свойств многокомпонентной биотопливной композиции необходима оптимизация ее состава. С целью сокращения количества опытов в исследованиях используется современная методика планирования эксперимента. Анализ полученных регрессионных зависимостей и построенных на их основе поверхностей отклика позволяет сформулировать вывод, что для применения в качестве моторного топлива сельскохозяйственного трактора достаточно подходящим является композиция, включающая масло рапса – 34,5 %, спирт этиловый – 31,0 % и товарное ДТ в объеме – 34,5 %.

*Ключевые слова:* дизельное топливо, этанол, рапсовое масло, топливная композиция, стабильность, планирование эксперимента.

УДК 629.1.07

## ОЦЕНКА ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ

П. Ю. МАЛЫШКИН<sup>1</sup>, ст. преподаватель  
Е. Д. ПЕТУХОВИЧ<sup>2</sup>, студент

<sup>1</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

<sup>2</sup>УО «Белорусский национальный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Автомобильный транспорт широко используется в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве, торговле, и других сферах жизни людей. На долю автомобильного транспорта приходится существенная часть грузооборота и более половины пассажирских перевозок [1]. К современному автомобилю предъявляется достаточно большое количество требований по динамичности, проходимости, комфортабельности, надежности, а также топливной экономичности.

**Основная часть.** Так как разработка своих запасов нефти не удовлетворяет потребностям государства, существует проблема обеспеченности собственными топливно-энергетическими ресурсами Рес-

публики Беларусь в углеводородном топливе [2]. Поэтому снижение расхода топлива – важнейшая народно-хозяйственная задача.

Движение автомобиля неравномерное, сопровождающееся равномерным движением, ускорением, замедлением, торможением. Топливная экономичность автомобиля оценивается расходом топлива на единицу пути  $Q_e$  (г/м) по зависимости [3]:

$$Q_e = \frac{\int g_e \cdot \frac{1}{\eta_e} \left[ \left( m \cdot f \cdot g \cdot \cos \alpha + \frac{\rho_v}{2} \cdot c_w \cdot F \cdot v^2 \right) + m(a + g \cdot \sin \alpha) + B_T \right] \cdot v \cdot dt}{\int v \cdot dt};$$

где  $g_e$  – удельный расход топлива двигателем, г/кВт·ч;

$\eta_e$  – к.п.д. трансмиссии;

$m$  – масса автомобиля, кг;

$f$  – коэффициент сопротивления качению;

$g$  – ускорение силы тяжести, м/с<sup>2</sup>;

$\alpha$  – угол продольного уклона дороги, град;

$\rho_v$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$c_w$  – коэффициент аэродинамического сопротивления;

$F$  – площадь лобового сопротивления, м<sup>2</sup>;

$v$  – скорость движения автомобиля, м/с;

$a$  – ускорение автомобиля, м/с<sup>2</sup>;

$B_T$  – сопротивление движению, Н;

$t$  – время, с.

На расход топлива автомобилем наибольшее значение оказывает количество потребляемого топлива двигателем, передаточное число трансмиссии и внешнее сопротивление движению.

Одним из основных измерителей топливной экономичности как эксплуатационного свойства принято считать количество топлива  $Q_s$ , расходуемое на 100 км пути при равномерном движении с определенной скоростью в заданных дорожных условиях [4, 5].

Экспериментальные исследования по определению топливной экономичности проводили на автомобиле LADA GRANTA 2190, техническая характеристика которого представлена в табл. 1 [6].

Измерение потребляемого топлива осуществлялось расчетным способом при помощи встроенного бортового компьютера, входящим в оснащение автомобиля, при установившейся скорости движения в трехкратной последовательности, на ровном участке дороги  $\alpha < 5^\circ$ .

Условия проведения испытания автомобиля представлены в табл. 2.



**Таблица 1. Техническая характеристика автомобиля  
LADA GRANTA 2190 (2013 г. выпуска)**

Показатель	Значение
Тип кузова / количество дверей	седан / 4
Снаряженная масса / полная масса, кг	1160 / 1560
Фактическая масса при проведении испытаний, кг	1544
Максимальная скорость, км/ч	164
Модель двигателя	BA3 11183-50
Рабочий объем, см <sup>3</sup>	1597
Номинальная мощность двигателя, кВт (л. с.) при частоте вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	60 (81,6) 5100
Максимальный крутящий момент двигателя, Н·м при частоте вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	132 3800
Марка применяемого топлива	AI-95
Экологический класс	ЕВРО 4
Передаточные числа коробки передач: I/II/III/IV/V/з.х.	3,636/1,950/1,357/ 0,941/0,784/3,5
Передаточное число главной передачи	3,937
Размер шин	175/70R13

**Таблица 2. Условия проведения испытания автомобиля**

Показатель	Значение
Тип дорожного покрытия	Асфальт
Температура, °С	21-22
Влажность, %	50-55
Атмосферное давление, мм рт. ст.	754-755

Экономическая характеристика автомобиля LADA GRANTA 2190 при установившемся движении на пяти передачах полученная в дорожных условиях представлена на рис. 1.

В представленной экономической характеристике автомобиля выделены три области «А, В, С». Области «А» и «С» характеризуются повышенным расходом топлива при скоростях менее 40 и более 100 км/ч. Область «В» характеризуется наиболее экономичным расходом топлива (менее среднего расхода  $Q_{ср} = 7,45$  л/100 км) в диапазоне 40–100 км/ч, обеспечивающимся преимущественно на 4 и 5 передачах.

Усредненные значения экономической характеристики позволили получить эмпирическую зависимость определения расхода топлива автомобилем LADA GRANTA 2190 от скорости движения (с достоверностью аппроксимации  $R^2 = 0,9616$ ) по зависимости:

$$Q_{\text{расч}} = -8 \cdot 10^{-6} \cdot v^3 + 0,0034 \cdot v^2 - 0,3462 \cdot v + 15,442, \text{ л/100 км}$$

где  $v$  – скорость движения автомобиля, км/ч.

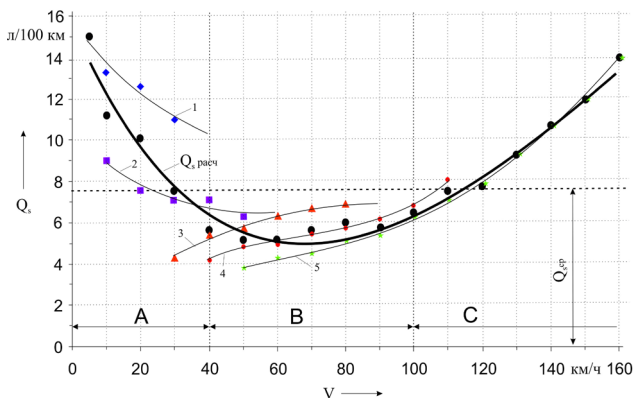


Рис. 1. Экономическая характеристика автомобиля LADA GRANTA 2190

Представленная зависимость позволяет быстро и усреднено оценить топливную экономичность автомобиля при известной скорости движения.

**Заключение.** Представлена зависимость для оценки топливной экономичности автомобиля LADA GRANTA 2190 при установившемся движении. Наименьшее потребление топлива (5,1 л/100 км) по представленной зависимости обеспечивается при скорости 66,5 км. С целью повышения топливной экономичности автомобиля при низких скоростях при движении на 1-й и 2-й передачах в качестве силовой установки рационально использовать электрический двигатель с питанием от аккумуляторной батареи. Движение на 3-й, 4-й и 5-й передачах осуществлять от двигателя внутреннего сгорания питающимся традиционным или альтернативным топливом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Туревский, И. С. Теория автомобиля / И. С. Туревский. – Москва: Высш. шк., 2005. – 240 с.
2. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 376 с.
3. Автомобильный справочник: пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 992 с.

4. Скотников, В. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В. А. Скотников, А. А. Машенский, А. С. Солонский. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 383 с.

5. Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. ГОСТ Р 54810-2011; введ. РФ 13.12.2011. – Москва: Стандартинформ, 2012.

6. LADA GRANTA 2190 с двигателем 1,6. Устройство, обслуживание, диагностика, ремонт. Иллюстрированное руководство. – Москва: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 288 с.

*Аннотация.* Приведены результаты оценки топливной экономичности автомобиля при установленном движении, условия и методику проведения испытаний. Выполнен анализ экономической характеристики автомобиля LADA GRANTA 2190 и представлена зависимость для быстрой оценки топливной экономичности автомобиля в зависимости от скорости движения.

*Ключевые слова:* топливная экономичность, автомобиль, скорость движения, путевой расход топлива.

УДК 621.43.057

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ 4ЧН 11,0/12,5 НА АКТИВИРОВАННОМ ТОПЛИВЕ**

С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор  
М. В. МОТОВИЛОВА, аспирант

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

**Введение.** При эксплуатации силовых установок основное внимание уделяется мощности двигателя, его КПД, а также экономическим и экологическим характеристикам. Имея более высокий КПД, меньший расход топлива, лучшую экологичность (более эффективное сгорание топлива), дизельный двигатель широко используется в транспортной сфере [1–3].

Выполнение нормативных условий, касающихся двигателей с воспламенением от сжатия, возможно при полноценном рабочем процессе двигателя. Одним из действенных способов влияния на рабочий процесс дизельного двигателя является физическое воздействие на процесс смесеобразования за счет предварительной активации дизельного топлива, то есть передачи топливу дополнительного количества тепла [4–9]. Оказание данного теплового воздействия в топливопроводе высокого давления перед форсунками положительно сказывается на фи-

зико-механических свойствах дизельного топлива, а также приводит к изменению в смесеобразовании и в процессе сгорания в целом. Распыление активированного топлива ведет к ранней деструкции топливного факела на более мелкие фракции. При определении среднего диаметра капли распыленного топлива применяются уравнения, где определяются основные критерии Лапласа, Вебера, Рейнольдса, которые учитывают физические свойства топлива при изменении его температуры (таблица) [10, 11].

**Показатели деструкции факела**

№ п/п	Показатели	ДТ без подогрева	ДТ ( $t_1 = 150$ °С)	ДТ ( $t_2 = 300$ °С)
1	Число Вебера, $We$	158022	280847	$1782 \cdot 10^3$
2	Число Лапласа, $La$	443	2185	79504
3	Число Рейнольдса, $Re$	26520	45770	374400
4	Средний диаметр капель ДТ при впрыске по Заутеру, $d_{32}$ , мкм	26,31	19,42	4,52
5	Угол топливного факела, $\Theta$ , град.	15	20	51
6	Длина топливной струи, $s$ , мм	26,5	22,1	15

Площадь контакта капель ДТ (дизельное топливо) с воздушным зарядом увеличивается, а процесс испарения интенсифицируется, число центров воспламенения возрастает. Химические реакции окисления углеводородного топлива начинаются в жидкой фазе активированного топлива. Процесс сгорания происходит интенсивнее. Это положительно сказывается на динамике процесса сгорания и эффективных показателях дизеля [12].

**Основная часть.** Для подтверждения сформулированных положений были проведены исследования эффективных показателей тракторного дизеля при работе на активированном топливе в соответствии с ГОСТ [13, 14, 15]. В работе использовался электротормозной стенд RAPIDO SAK N670 с установленным на нем двигателем Д-245.5S2. Применялся комплект приборов и устройств для снятия показаний скоростной характеристики двигателя, а также показателей дымности и токсических параметров в отработавших газах.

Нагрев производился за счет устройства, установленного на топливopровод высокого давления непосредственно перед форсунками. В качестве нагревательного элемента использовался нихромовый про-

водник с керамическими элементами. Контроль температуры дизельного топлива корректировался регулятором мощности. Регулятор мощности и нагревательное устройство подключались в электрическую цепь с напряжением 220 В. Температура фиксировалась при помощи термодатчиков, установленных перед форсунками и подключенных к восьмиканальному ПИД регулятору.

Оценка влияния от предварительно подогретого топлива на эффективные показатели производилась на основе анализа скоростных характеристик. Скоростная характеристика двигателя представлена на рис. 1 при оптимальном значении угла опережения впрыскивания топлива ( $\Theta_{впр} = 22^\circ$  до ВМТ).

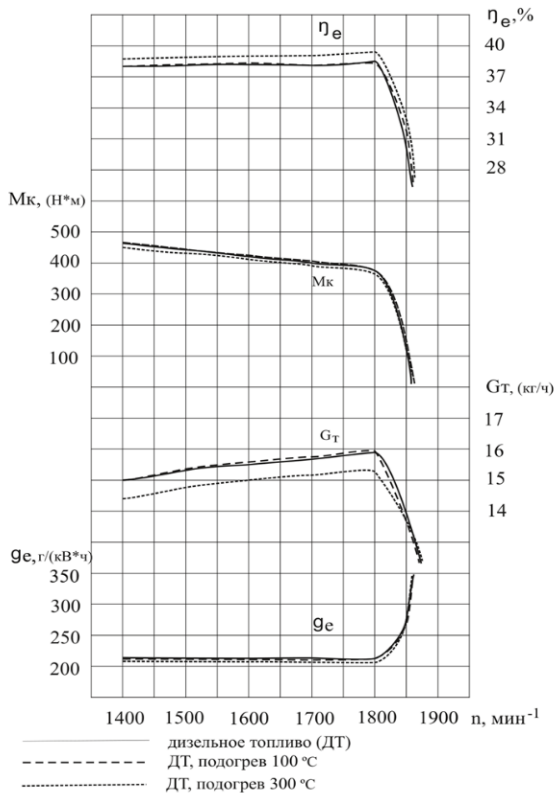


Рис. 1. Влияние активированного топлива на показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения

С увеличением частоты вращения (до номинального значения) эффективный КПД при работе двигателя на подогретом ДТ до 300 °С больше на 0,8–1,0 % по сравнению с режимом работы двигателя на чистом ДТ на всем участке частот вращения (1400–1800 мин<sup>-1</sup>).

Максимальное значение крутящего момента достигается при частоте вращения 1400 мин<sup>-1</sup> и составляет при работе двигателя без подогрева ДТ и с предварительным подогревом до 300 °С – 463,4 Нм и 453,8 Нм, соответственно.

Также с увеличением частоты вращения коленчатого вала до номинального значения увеличивается эффективная мощность двигателя.

Повышение частоты вращения выше номинальной приводит к увеличению цикловой подачи топлива. При этом значения эффективного КПД ( $\eta_e$ ), эффективной мощности ( $N_e$ ), крутящего момента ( $M_k$ ) резко уменьшаются.

Из графиков можно видеть, что значения эффективного КПД ( $\eta_e$ ), крутящего момента ( $M_k$ ), удельного расхода топлива ( $g_e$ ) имеют близкие значения к значениям кривых зависимостей при работе двигателя на чистом дизельном топливе. Имеются изменения эффективных показателей в положительную сторону.

**Заключение.** На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Применение активированного топлива при работе двигателя влияет на мощностные и экономические показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения. Имеет место изменение эффективных параметров  $\eta_e$  и  $g_e$ .

2. При использовании активированного топлива эффективный КПД двигателя повышается на 0,8–1,0 % на всем участке частот вращения до номинальной частоты 1800 мин<sup>-1</sup>.

3. Улучшаются экономические показатели двигателя, за счет уменьшения часового расхода топлива на 2,8–3,1 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Николаенко, А. В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей / А. В. Николаенко. – Москва: Колос, 1984. – 335 с.
2. Ассад, М. С. Продукты сгорания жидких и газообразных топлив: образование, расчет, эксперимент / М. С. Ассад, О. Г. Пенязков. – Минск: Беларус. навука, 2010. – 305 с.
3. Кавтарадзе, Р. З. Теория поршневых двигателей / Р. З. Кавтарадзе – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 720 с.

4. Мартынова, И. Б. Исследование особенностей топливоподачи и экономичности дизеля на долевых нагрузках при подогреве топлива: автореферат дисс. ... канд. техн. наук / И. Б. Мартынова. – Калининград: КГТУ, 1996. – 23 с.

5. Плотников, С. А. Прогнозирование процессов воспламенения и сгорания нагретого топлива в дизеле / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк // Проблемы интенсификации животноводства с учетом пространственной инфраструктуры сельского хозяйства и охраны окружающей среды. – Фаленты-Варшава, 2012. – С. 216–220.

6. Плотников, С. А. Исследование показателей работы дизеля с термофорсированием / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк // Вестник Марийского государственного университета. – 2015. – С. 39–43.

7. Плотников, С. А. Анализ процесса сгорания и тепловыделения тракторного дизеля с термической подготовкой топлива / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, А. Л. Бирюков // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 3 (27). – С. 114–124.

8. Храмов, М. Ю. Улучшение характеристик двигателя путем термофорсирования топлива / М. Ю. Храмов, М. Х. Садеков // Вестник АГТУ. – 2007. – № 6 (41). – С. 83–86.

9. Балабин, В. Н. Особенности применения термофорсирования топлива на локомотивных дизелях / В. Н. Балабин, В. Н. Васильев // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 4. – С. 107–113

10. Лышевский, А. С. Процессы распыливания топлива дизельными форсунками / А. С. Лышевский. – Москва: Машгиз, 1963. – 281 с.

11. Вулис, Л. Я. Аэродинамика факела / Л. А. Вулис, Л. П. Ярин. – Ленинград: Энергия, 1978. – 216 с.

12. Плотников, С. А. Расчет характеристик впрыскивания при работе дизеля на активированном топливе / С. А. Плотников, П. Я. Кантор, М. В. Мотовилова // Двигателестроение. – 2020. – № 2. – С. 19–23.

13. ГОСТ 18509-88 Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 128 с.

14. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – Москва: Изд-во стандартов, 2013. – 27 с.

15. ГОСТ 7057-2001 Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. – Москва: Изд-во стандартов, 2001. – 11 с.

*Аннотация.* В процессе эксплуатации двигателя основное внимание уделяется мощности двигателя, КПД, экономическим показателям и эмиссии отработавших газов. В статье представлены эффективные показатели работы двигателя 4ЧН 11,0/12,5 на активированном дизельном топливе. По результатам обоснована возможность применения данного вида активации дизельного топлива на стандартном двигателе с измененными условиями смесеобразования и процесса сгорания.

*Ключевые слова:* дизель, активированное топливо, эффективные показатели, скоростная характеристика.

## РЕГУЛИРОВАНИЕ ПОДАЧИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА В ДИЗЕЛЬ

А. В. ПЛЯГО<sup>1</sup>, аспирант

П. Я. КАНТОР<sup>1</sup>, канд. физ.-мат. наук, доцент

Ю. А. ПЛОТНИКОВА<sup>2</sup>, канд. физ.-мат. наук, доцент

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева»,  
Москва, Российская Федерация

**Введение.** Применение альтернативных топлив (АТ) в наземном транспорте РФ – задача перспективная и многообещающая. И она тесно связана с рядом сопутствующих вопросов – перевозка и хранение АТ, организация рабочего процесса, нивелирование отрицательных свойств АТ и др. Отдельным, немаловажным моментом, является обеспечение точного регулирования состава, подаваемого смесевого АТ, так как использование его в чистом виде на сегодняшний день не предоставляется возможным. Известные на данный момент системы имеют следующий недостаток: они не позволяют осуществлять точную регулировку подачи любых составов топлив.

Техническая реализация при использовании топливных смесей в дизельных установках возможна различными устройствами, использующих разные принципы смешения, пропорционирования, регулирования и подачи в цилиндры двигателей высокостабильных смесей топлив разной вязкости, плотности и сжимаемости. Смешению чаще всего подвергаются жидкие виды топлива, они имеют различные физические свойства, разный углеводородный элементарный химический состав, разную теплоту сгорания, соответственно, устройства могут иметь различную конструкцию – ультразвуковые гомогенизаторы, клапанные, струйные аппараты, кавитационные смесители, различного типа акустические аппараты.

Низшие спирты (метанол, этанол), для которых характерно низкое цетановое число, малая вязкость и большая сжимаемость, предполагают разработку и внедрение специальных смесителей-дозаторов, которые бы обеспечили необходимую стабильность их смесей со стандартным ДТ, необходимую величину цикловой подачи и регулирование цикловой подачи.

Одним из наиболее удачных систем регулирования подачи жидких АТ следует считать систему регулирования многотопливного дизе-



ля [1]. Известные системы не позволяют сохранения установленного заводом-изготовителем закона подвода теплоты в цилиндры дизеля на всех его скоростных и нагрузочных режимах при работе на смешевых топливах и топливах с иной, чем у ДТ теплотой сгорания и, следовательно, ухудшают мощностные, экономические и показатели долговечности дизеля.

Анализируя ранее разработанные схемы дозирования альтернативных топлив, приходим к выводу, что известные на данный момент системы имеют следующий недостаток: они не позволяют осуществлять точную регулировку подачи любых составов топлив.

**Основная часть.** Нами предлагается конструкция, с помощью которой мы стремимся нивелировать слабые стороны предыдущих конструкций, касающиеся управления подачей топлив, и достигаем цели по обеспечению возможности точного регулирования любого состава и добавочного топлива в смеси [8].

Для достижения поставленной цели в конструкцию добавлена заслонка с уплотнениями по краям (рис. 1). Изменяя угол поворота заслонки, мы можем уменьшать либо увеличивать (в зависимости от требований к объему поступающего топлива) площадь сечения потока добавочного топлива. В качестве расчетной схемы была использована реальная схема насоса-дозатора [2].

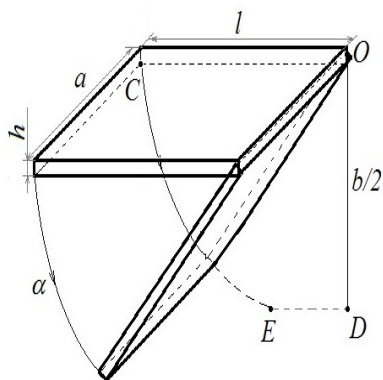


Рис. 1. Расчетная схема

Для расчета зависимости площади сечения потока топлива от угла открытия заслонки рассмотрим следующую схему (рис. 2).

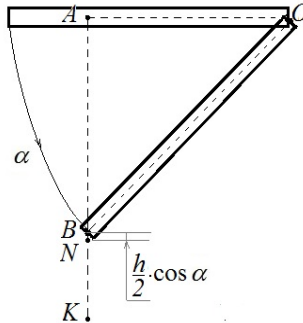


Рис. 2. Сечение заслонки при полном  $\alpha = 0^\circ$  и частичном открытии  $0^\circ < \alpha < 50^\circ$ .

Заслонка изображена на схеме в двух положениях – полного открытия при нулевом угле поворота и частичного открытия. Поворот заслонки осуществляется вокруг оси, проходящей через точку  $O$ .

Введем следующие обозначения (см. рис. 1):

$a$  – ширина фляжка-заслонки,

$\alpha$  – угол поворота заслонки ( $0^\circ < \alpha < 50^\circ$ ),

$h$  – толщина заслонки,

$l$  – длина заслонки,

$b/2 = OD$  – половина высоты окна.

На рис. 1 дуга  $CE$  показывает угол поворота от положения полного открытия заслонки до полного закрытия. Будем считать, что сечение потока имеет форму прямоугольника. Ширина прямоугольника равна ширине фляжка-заслонки, высота зависит от угла поворота заслонки.

Найдем площадь сечения потока дополнительного топлива, проходящего под заслонкой, при  $\alpha \neq 0^\circ$ . На рис. 2 изображено сечение заслонки в двух положениях: при полном открытии  $\alpha = 0^\circ$  и частичном открытии ( $0^\circ < \alpha < 50^\circ$ ).

При частичном закрытии заслонки поток добавочного топлива имеет сечение высотой  $NK$ .  $NK = AK - AB - BN$ . В треугольнике  $OAB$   $\angle AOB = \alpha$ . Из треугольника  $OAB$  находим, что  $AB = l \sin \alpha$ .

С учетом ранее введенных обозначений  $BN = \frac{h}{2} \cdot \cos \alpha$ ,  $AK = \frac{b}{2}$ . Тогда получаем:

$$NK = \frac{b}{2} - l \cdot \sin \alpha - \frac{h}{2} \cdot \cos \alpha. \quad (1)$$

Тогда площадь сечения потока добавочного топлива при  $\alpha \neq 0^\circ$ :

$$S = a \cdot \left( \frac{b}{2} - l \cdot \sin \alpha - \frac{h}{2} \cdot \cos \alpha \right) = \frac{a}{2} \cdot (b - 2l \cdot \sin \alpha - h \cdot \cos \alpha). \quad (2)$$

Для анализа влияния положения заслонки на расход добавочного топлива примем следующую модель: будем считать, что перепад давлений  $\Delta p$  между концами трубопровода остается неизменным; сечение трубопровода длины  $L$  представляет собой прямоугольник с площадью, определяемой формулой (2).

Произведя математические расчеты и комбинируя формулы [3, 4, 5] в вышеуказанную зависимость от угла  $\alpha$ , получаем:

$$Q = k(\alpha) Q_0,$$

где

$$k(\alpha) = \frac{b - 2l \sin \alpha - h \cos \alpha}{b - h} \frac{\left( 1 - \frac{192a}{\pi^5 (b - 2l \sin \alpha - h \cos \alpha)} \operatorname{th} \frac{\pi (b - 2l \sin \alpha - h \cos \alpha)}{4a} \right)}{\left( 1 - \frac{192a}{\pi^5 (b - h)} \operatorname{th} \frac{\pi (b - h)}{4a} \right)} \quad (3)$$

Расчет коэффициента  $k(\alpha)$  в зависимости от угла поворота заслонки (3) проводился для следующих значений геометрических параметров:  $l = 50$  мм,  $b/2 = 40$  мм,  $h = 2$  мм,  $a = 50$  мм [6, 7]. Результаты расчетов показывают, что зависимость коэффициента  $k$  от угла поворота заслонки  $\alpha$  носит несколько нелинейный характер; устройство позволяет регулировать объемный расход добавочного топлива.

**Заключение.** Предложенная конструкция позволяет изменять состав смесового топлива в широких пределах. Получены зависимости для точной оценки расхода и регулировки любого состава добавочного топлива, уточнено равенство оценки характера изменения скорости потока при изменении угла открытия заслонки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Плотников, С. А. Система регулирования многотопливного дизеля / С. А. Плотников, С. Н. Гуцин, М. И. Ярков. – Патент РФ № 2246019, МПК F02D 1/04, 1/10. – 6 с.
2. Насос-дозатор смесового топлива / С. А. Плотников [и др.]. – Патент РФ № 2639634, МПК F02M 43/02. – 6 с.
3. Механика жидкости и газа / В. С. Швыдкий [и др.]. – Москва: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 464 с.
4. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа / Л. Г. Лойцянский. – Москва: Дрофа, 2003. – 840 с.
5. Валландер, С. В. Лекции по гидроаэромеханике / С. В. Валландер. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1978. – 296 с.

6. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта [и др.]. – Москва: Машиностроение, 1982. – 423 с.

7. Плотников, М. Г. Математика / М. Г. Плотников, Ю. А. Плотникова. – Вологда: ВГМХА им. Н. В. Верещагина, 2019. – 206 с.

8. Оптимизация состава этанола-топливной эмульсии для использования в дизельных двигателях / С. А. Плотников [и др.] // Известия МГТУ «МАМИ». – 2020. – № 3 (45). – С. 41–47.

*Аннотация.* Все более строгие экологические нормы заставляют производителей искать возможные варианты улучшения данных показателей. Комплекс мероприятий ныне применяемый в двигателестроении лишь частично решает вопрос об улучшении экологических показателей. В данный момент времени вариантом для сохранения и не ухудшения экологической обстановки на нашей планете видится применение новых топлив, более экологичных и менее токсичных. Этаноло-топливная эмульсия один из возможных вариантов.

Представленная нашим коллективом схема насоса-дозатора в настоящее время существенно отличается от всех ранее известных решений. Преимуществом данной системы является возможность одно-временного регулирования и количества, и состава смесового топлива, подаваемого в цилиндры дизеля.

*Ключевые слова:* этанол, альтернативное топливо, насос-дозатор, дизельное топливо, регулирование состава, заслонка.

УДК 621.431.73

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СКРУГЛЕНИЯ ИНДИКАТОРНЫХ ДИАГРАММ ЧЕТЫРЕХТАКТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

А. А. РУДАШКО, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** При построении индикаторных диаграмм четырехтактных двигателей внутреннего сгорания рассчитывается положение характерных точек и производится расчет политроп сжатия и расширения [1]. Скругление диаграмм производится не аналитически, а графически, что значительно снижает возможность компьютерного построения диаграмм с хорошей детализацией, обусловленной достаточно

малым шагом изменения расчетных параметров (давления, объема, угла поворота коленчатого вала).

Одним из способов компьютерной визуализации индикаторных диаграмм является получение математических зависимостей, позволяющих с достаточной степенью точности рассчитывать параметры диаграмм при любом положении коленчатого вала двигателя.

**Основная часть.** Графическое изображение действительных циклов двигателей внутреннего сгорания предполагает корректировку (скругление) переходов между процессами впуска, сжатия, сгорания, расширения и выпуска [2]. Учитывая характер протекания данных процессов, описываемых отличающимися математическими зависимостями, для расчета скруглений между разными процессами следует использовать разные кривые.

*Участок  $c'-c''$ .* Для скругления индикаторной диаграммы на участке  $c'-c''$  (рис. 1) используем кривую Безье третьего порядка, в которую в точке  $c'$  переходит политропа сжатия.

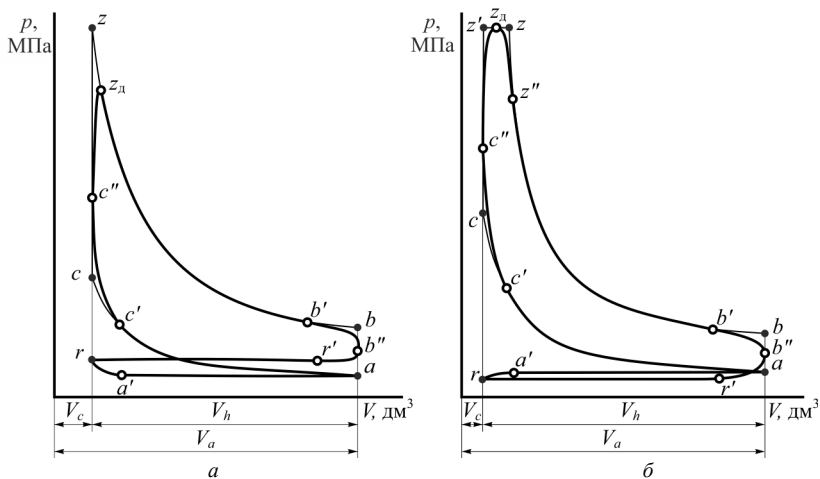


Рис. 1. Свернутая индикаторная диаграмма:  $a$  – бензинового двигателя;  $\bar{b}$  – дизеля с наддувом

Параметрические уравнения кривой Безье третьего порядка можно представить в виде зависимостей горизонтальной  $x$  и вертикальной  $y$  координат от параметра  $t$ , где  $0 \leq t \leq 1$  [3]. Кривая однозначно определяется четырьмя точками, две из которых являются началом и концом

кривой, а две – опорными точками, не лежащими на кривой, но определяющими ее форму:

$$x(t) = x_0(1-t)^3 + 3x_1t(1-t)^2 + 3x_2t^2(1-t) + x_3t^3; \quad (1)$$

$$y(t) = y_0(1-t)^3 + 3y_1t(1-t)^2 + 3y_2t^2(1-t) + y_3t^3, \quad (2)$$

где  $x(t)$  – объем цилиндра  $V_x$  в зависимости от параметра  $t$ ;

$y(t)$  – давление в цилиндре  $p_x$  в зависимости от параметра  $t$ ;

$x_0, y_0$  – координаты начальной точки кривой, в которой  $t = 0$ ;

$x_1, y_1, x_2, y_2$  – координаты двух опорных точек;

$x_3, y_3$  – координаты конечной точки кривой, в которой  $t = 1$ .

Для участка  $c'-c''$  начальной точкой будет точка  $c'$ , конечной –  $c''$ , опорными –  $c_1$  и  $c_2$  (на рис. 1 не показаны).

Подставляя координаты данных точек в уравнение (1), получим зависимость объема цилиндра  $V_x$  от параметра  $t$ :

$$V_x = (V_{c'}(1-t) + 3V_{c_1}t)(1-t)^2 + (3(1-t) + t)V_{c_2}t^2 \quad (3)$$

Задаваясь положением опорной точки  $c_1$ , рассчитаем объем  $V_{c_1}$ :

$$V_{c_1} = V_c + 0,29(V_{c'} - V_c).$$

Уравнение (2) позволит вывести зависимость давления  $p_x$  от  $t$ :

$$p_x = (p_{c'}(1-t) + 3p_{c_1}t)(1-t)^2 + (3p_{c_2}(1-t) + p_{c''}t)t^2 \quad (4)$$

Давление в точке  $c'$  определим по уравнению политропы сжатия:

$$p_{c'} = P_a \left( \frac{V_a}{V_{c'}} \right)^{n_1}.$$

Давление в опорных точках  $c_1$  и  $c_2$  рассчитаем, как

$$p_{c_1} = p_{c'} + 0,55(p_c - p_{c'}), \quad p_{c_2} = p_c + 0,28(p_{c''} - p_c).$$

Таким образом, изменяя параметр  $t$  от 0 до 1, по уравнениям (3) и (4) рассчитывают  $V_x$  и  $p_x$  на всем участке от точки  $c'$  до точки  $c''$ .

*Участок  $c''-z_d$ .* Скругление индикаторной диаграммы на участке  $c''-z_d$  выполняем, используя фрагмент эллипса между двумя вершинами, одной из которых является точка  $c''$ , другой – точка  $z_d$ .

Для расчетов используем каноническое уравнение эллипса [3]:

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = 1, \quad (5)$$

где  $x$  – объем цилиндра  $V_x$ ;

$y$  – давление в цилиндре  $p_x$ .

На участке  $c''-z_d$  коэффициенты  $A$  и  $B$  рассчитывают, как

$$A = V_{z_d} - V_{c'}, \quad B = p_{z_d} - p_{c''}.$$

Поскольку при скруглении диаграммы бензинового двигателя в точке  $z_d$  происходит переход от эллипса к политропе расширения, объем цилиндра в этой точке определим из уравнения политропы расширения. После логарифмирования, подстановки известных величин и обратного преобразования получим:

$$V_{z_d} = e^{\frac{\ln p_z - \ln p_{z_d} + n_2 \ln V_c}{n_2}}. \quad (6)$$

Решая уравнение (5), для участка  $c''-z_d$  получим:

$$p_x = p_{c''} + \frac{B}{A} \sqrt{A^2 - (V_{z_d} - V_x)^2}.$$

Для дизеля давление  $p_x$  определяется аналогично. При расчете коэффициента  $B$  учитывают, что давление  $p_{z_d} = p_z$ .

*Участок  $z_d-z''$ .* Для дизеля скругление индикаторной диаграммы на участке  $z_d-z''$  выполняем, используя правую ветвь параболы с вершиной в точке  $z_d$  и осью, параллельной оси ординат:

$$y = A(x - m)^2 + n,$$

где  $m$  и  $n$  – соответственно горизонтальная и вертикальная координата вершины параболы; для точки  $z_d$   $m = V_{z_d}$ ,  $n = p_z$ .

Учитывая, что при скруглении индикаторной диаграммы дизеля парабола переходит в политропу расширения в точке  $z''$ , для определения коэффициента  $A$  вместо  $x$  и  $y$  подставляем координаты точки  $z''$ , принимая при этом давление  $p_{z''} = 0,9p_z$ :

$$A = \frac{p_{z''} - p_z}{(V_{z''} - V_{z_d})^2}.$$

Объем  $V_{z''}$  определим из уравнения политропы расширения дизеля

$$V_{z''} = e^{\frac{\ln p_z - \ln p_{z''} + n_2 \ln V_c}{n_2}}.$$

Таким образом, давление  $p_x$  на участке  $z_d-z''$  определится как

$$p_x = A(V_x - V_{z_d})^2 + p_z.$$

*Участок  $b'-b''$ .* На участке  $b'-b''$  принимаем, что в точке  $b'$  политропа расширения переходит в верхнюю ветвь параболы с вершиной в точке  $b''$  и осью, параллельной оси абсцисс. Уравнение такой параболы с известными координатами вершины можно представить в виде

$$x = A(y - n)^2 + m, \quad (7)$$

где  $m$  и  $n$  – соответственно горизонтальная и вертикальная координата вершины параболы; для точки  $b''$   $m = V_a$ ,  $n = p_{b''}$ .

Учитывая, что парабола должна пройти через точку  $b'$ , из уравнения (7) после подстановки вместо  $x$  и  $y$  координат точки  $b'$  находим коэффициент  $A$ :

$$A = \frac{V_{b'} - V_a}{(p_{b'} - p_{b''})^2}.$$

Поскольку в точке  $b'$  происходит открытие выпускного клапана, то объем  $V_{b'}$  определится как

$$V_{b'} = V_c + \frac{V_h}{2} \left[ \left( 1 - \cos(540^\circ - \psi) \right) + \frac{1}{\lambda} \left( 1 - \cos(\arcsin(\lambda \sin(540^\circ - \psi))) \right) \right],$$

где  $\psi$  – угол открытия выпускного клапана;

$\lambda$  – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна.

Давление в точке  $b'$  рассчитывается по уравнениям политроп расширения соответственно для бензинового двигателя и дизеля:

$$p_{b'} = P_z \left( \frac{V_c}{V_{b'}} \right)^{n_2} \quad \text{и} \quad p_{b'} = P_z \left( \frac{V_z}{V_{b'}} \right)^{n_2}.$$

Используя уравнение (7), находим зависимость давления от объема на участке  $b'-b''$ :

$$p_x = p_{b''} + \sqrt{\frac{V_x - V_a}{A}}.$$

*Участок  $b''-r'$ .* Скругление участка  $b''-r'$  производим с помощью фрагмента эллипса с вершинами в точках  $b''$  и  $r'$ . На этом участке коэффициенты  $A$  и  $B$  уравнения (5) определим по зависимостям

$$A = 0,14V_h, \quad B = p_{b''} - p_r.$$

Учитывая, что  $V_{r'} = V_a - A$ , определим давление на участке  $b''-r'$ :

$$p_x = p_{b''} - \frac{B}{A} \sqrt{A^2 - (V_x - V_{r'})^2},$$

*Участок  $r-a'$ .* При использовании фрагмента эллипса с вершинами в точках  $r$  и  $a'$  для скругления диаграммы на участке  $r-a'$  коэффициенты  $A$  и  $B$  уравнения (5) вычисляются как

$$A = 0,08V_h; \quad B = p_r - p_a.$$

Знак коэффициента  $B$  будет зависеть от наличия наддува у двигателя: для двигателей без наддува  $B > 0$ , с наддувом  $B < 0$ .

После решения уравнения (5) относительно  $y$  с учетом  $V_{a'} = V_c + A$  зависимость давления от объема на участке  $a'-r$  примет вид:



$$p_x = p_r - \frac{B}{A} \sqrt{A^2 - (V_a - V_x)^2},$$

**Заключение.** Предложенные математические модели скругления индикаторных диаграмм позволили разработать алгоритмы расчета функциональной зависимости давления от объема цилиндра при любом положении коленчатого вала для свернутой индикаторной диаграммы и зависимости давления от угла поворота коленчатого вала для развернутой диаграммы с достаточной точностью. По данным алгоритмам была разработана компьютерная программа для расчета и построения индикаторных диаграмм четырехтактных двигателей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шароглазов, Б. А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 344 с.
2. Карташевич, А. Н. Теория автомобилей и двигателей / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок, А. А. Рудашко. – Минск: РИПО, 2018. – 307 с.
3. Алгоритмы – Кривые Безье [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://designermanuals.blogspot.com/2019/12/KryvyeBezier.html> – Дата доступа: 29.08.2021.
4. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – Москва: Наука, 1986. – 544 с.

*Аннотация.* Приведены результаты моделирования скругления индикаторных диаграмм четырехтактных двигателей внутреннего сгорания. Предложены аналитические зависимости, позволяющие использовать компьютерную графику с хорошей детализацией для расчета и построения свернутой и развернутой индикаторных диаграмм.

*Ключевые слова:* двигатель внутреннего сгорания, действительный цикл четырехтактного двигателя, индикаторная диаграмма, кривые Безье.

## ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО СПОСОБА ВЫДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ ПРИМЕСЕЙ ИЗ ВОРОХА ЛЬНОКОСТРЫ

Н. С. СЕНТЮРОВ, ст. преподаватель  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** При производстве кондиционного льноволокна до 75 % сырья переходит в отходы – костру, паклю, пыль [1].

Костра льна – одревесневшие части стеблей прядильных растений льна, получаемые при их первичной обработке [2].

На сегодняшний день в Беларуси около 50–60 % образующегося вороха льнокостры используется для отопления льнозаводов, а также на хозяйственные нужды населения. И все-таки значительная часть ее остается невостребованной, скапливается на территориях предприятий и является источником пожароопасности и экологического загрязнения [3, 4].

В общей структуре вороха льнокостры распределение компонентов варьируется в пределах: льняная костра – 68–84 %, целые и дробленые семена льна и сорных растений – 1,4–2,9 %, пучки пакли – 4–19,6 %, разрушенные коробочки льна – 2,3–5,4 %, минеральные примеси – 3,2–16 %, остатки стеблей льна и сорных растений – 3,1–11 %. Следует отметить, что наиболее вредными, в процессе переработки, вороха льнокостры являются пучки пакли и минеральные примеси [5].

Переработка отходов позволяет не только получать различного рода материалы и изделия, но и повысить эффективность производства, а также решить возникающие на льнозаводах экологические проблемы [6].

Существует ряд направлений использования вороха льнокостры, одним из которых является производство пеллет. Однако при производстве пеллет из вороха льнокостры существует проблема наличия засоренности минеральными примесями, которые как абразив приводят к быстрому износу основных рабочих органов пресса, одних из самых дорогостоящих узлов агрегата прессования [7]. Для увеличения срока службы рабочих органов в стадиях технологического процесса «измельчение» и «прессование», необходимо минимизировать содержание минеральных примесей и пучков пакли в ворохе льнокостры [5].

**Основная часть.** Для очистки вороха льнокостры от минеральных примесей в настоящее время применяется широкое разнообразие машин с принципиально отличающимся между собой способами очистки, основанными на различных физико-механических свойствах вороха льнокостры и примесей, содержащихся в ней (рис. 1).

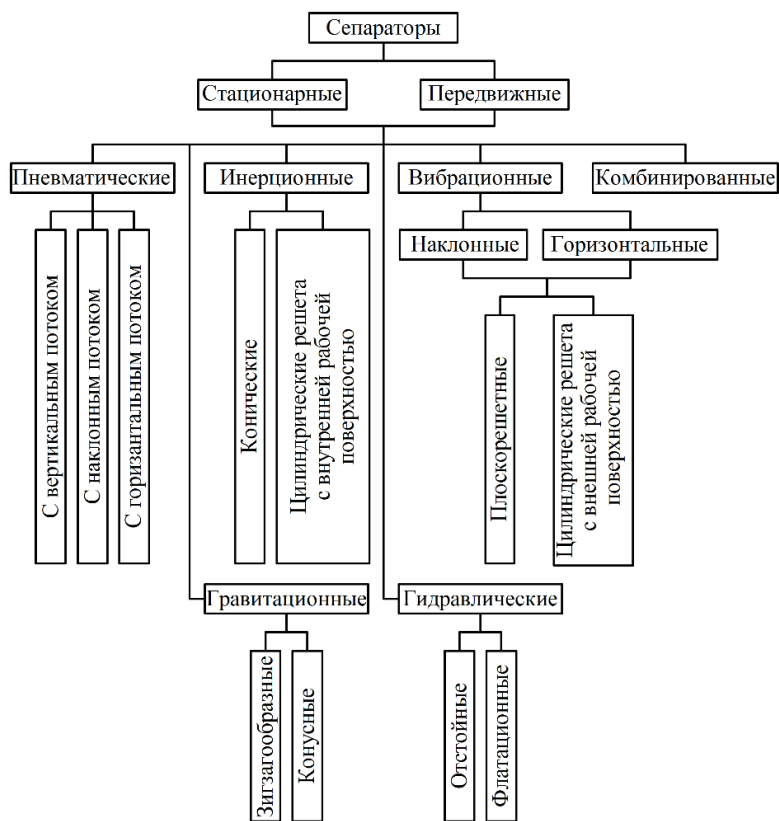


Рис. 1. Классификация сепараторов сельскохозяйственного назначения

Основными физико-механическими свойствами, по которым производится разделение материала, являются: скорость витания вороха льнокостры и примесей и их геометрические размеры [8, 9].

Для выделения минеральных примесей из вороха льнокостры по скорости витания используются машины с пневматическим и комбинированным способами очистки, а по толщине, ширине и форме используются машины с гравитационным, гидравлическим, инерционным, вибрационным и комбинированным способами очистки.

Анализ конструкций машин показал, что недостатком машин с пневматическим способом очистки является низкое качество выделения минеральных примесей из вороха льнокостры, большие потери вороха льнокостры и способность выделять только легкие примеси, обусловленные близкой по значению скорости витания минеральных примесей и основной массы вороха льнокостры, а также сложностью управления процессом сепарации и настройки на требуемый режим работы, в связи с нестабильностью воздушного потока как рабочего тела по площади поперечного сечения аспирационного канала и по времени.

Машины с гравитационным способом очистки характеризуются недостаточным качеством очистки и залипанием сепарирующих решет или гребенок, особенно при повышенной влажности материала, а также сложностью перехода на другой режим очистки.

Недостатком машин с гидравлическим способом очистки является существенное повышение влажности обрабатываемого материала и как следствие необходимость его последующей сушки, что влечет за собой дополнительные энергозатраты.

Машины с инерционным способом очистки не эффективны для разделения материала, содержащего в своей структуре разноразмерных частиц с высокой вариативностью плотности из-за высокой вероятности забивания устройства.

**Заключение.** Для отделения минеральных примесей из вороха льнокостры широко применяются машины с вибрационным и комбинированным, в основном пневмо-вибрационным способами очистки. Так как основная масса вороха льнокостры и минеральные примеси имеют одинаковую скорость витания, то применение машин, работа которых основана на данном принципе, ведет к низкому качеству очистки и большим потерям. Применение машин с вибрационным способом очистки наиболее рационально исходя из соотношения качества сепарации и удельной энергоемкости при различных условиях работы. Однако необходимо дальнейшее их исследование с целью снижения энергоемкости и повышения эффективности работы при очистке вороха льнокостры от примесей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Методы и средства защиты окружающей природной среды в легкой промышленности / В. О. Попов [и др.]. – Москва: Легпромбытиздат, 1988 – 239 с.
2. Костра // Материал из Википедии – свободной энциклопедии [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Костра>. – Дата доступа: 28.02.2021.
3. Стош, Е. В. Эколого-экономическая эффективность организации производства топливных брикетов из льнокостры / Е. В. Стош, И. А. Басалай // Промышленная экология». – Минск, БНТУ, 2015. – С. 385–391.
4. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, – Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
5. Шаршунов, В. А. Определение размерных характеристик компонентов вороха льнокостры / В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2020. – № 3. – С. 169–175.
6. Сентюров, Н. С. Зависимость коэффициентов трения вороха льнокостры от влажности / Н. С. Сентюров // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 151–155.
7. Шаршунов, В. А. Определение засоренности льнокостры минеральными примесями и способы их выделения / В. А. Шаршунов, В. Е. Кругленья, Н. С. Сентюров // Вестник БГСХА – 2013. – № 2. – С. 120–124.
8. Зюлин, А. Н. Исследование делимости зерновых смесей по комплексу свойств / А. Н. Зюлин // Подготовка семян при интенсивном зернопроизводстве. – Москва: ВИМ, 1987. – Т. 112. – С. 59–79.
9. Кругленья, В. Е. Анализ машин для очистки льнокостры от примесей / В. Е. Кругленья, Н. С. Сентюров // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: АГАУ, 2015. – С. 72–74.

*Аннотация.* Приведены направления использования отходов производства льна в Республике Беларусь. Произведена классификация сепарирующих машин сельскохозяйственного назначения и анализ их применения при выделении минеральных примесей из вороха льнокостры. Наибольшим потенциалом применения в качестве устройства для очистки вороха льнокостры обладают машины вибрационного действия. Однако необходимо дальнейшее их исследование с целью снижения энергоемкости и повышения эффективности работы при очистке вороха льнокостры от примесей.

*Ключевые слова:* ворох льнокостры, минеральные примеси, пневматический, гидравлический, гравитационный, инерционный, вибрационный, комбинированный способы очистки.

## АНАЛИЗ БДД НА ТРАНСПОРТЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ АВТОШКОЛ

Д. Г. СЕРГЕЕВ, канд. техн. наук, доцент  
С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор  
М. В. СМОЛЬНИКОВ, канд. техн. наук

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

**Введение.** В России на сегодняшнее время около 6 тысяч автошкол, то есть образовательных учреждений, позволяющих получить профессию, водитель автомобиля соответствующей категории (законодательство РФ предусматривает 16 водительских категорий) [4]. С 2015 года произошло уменьшение количества автошкол в два раза из-за ужесточения законодательных требований, которые необходимо было выполнить руководителям автошкол.

Повышение безопасности дорожного движения, направленное на сохранение жизни, здоровья и имущества граждан Российской Федерации, является одним из приоритетных направлений государственной политики и важным фактором обеспечения устойчивого социально-экономического и демографического развития страны [2, 3]. Дорожно-транспортные происшествия (ДТП) наносят экономике России и обществу в целом колоссальный социальный, материальный и демографический ущерб.

**Основная часть.** С 2012 г. в Российской Федерации продолжается тенденция снижения основных показателей дорожно-транспортной аварийности. В 2020 г. на территории страны также отмечено снижение всех трех основных показателей аварийности. Всего на улицах и дорогах страны зарегистрировано 145073 (–11,7 %) ДТП, в которых погибли и (или) были ранены люди. В данных ДТП погибли 16152 (–4,9 %) человека и получили ранения 183040 (–13,2 %) [1].

Распределение в 2020 г. показателей аварийности по дням недели соответствовало тенденции последних нескольких лет. Наибольшее количество ДТП зарегистрировано в пятницу (22417 ДТП, или 15,5 %) и субботу (21914 ДТП, или 15,1 %), а наибольшее число погибших – в выходные дни: в субботу (2714, или 16,8 %) и воскресенье (2633, или 16,3 %). Наряду с общим снижением количества ДТП во все дни недели, число погибших в пятницу увеличилось на 3,9 % относительно 2019 г. [1].

Самым аварийно-опасным временем суток являлся период с 17:00 до 20:00. В это время произошло каждое пятое ДТП (21,7 %). Наибольшей тяжестью последствий характеризовались происшествия, совершенные в период с 00:00 до 7:00 (в среднем 14 погибших из 100 пострадавших), происшествия с наименьшей тяжестью последствий произошли в период с 12:00 до 14:00 (в среднем 6 погибших из 100 пострадавших) [1].

Как и в предыдущие годы, в 2020 году наиболее частыми видами ДТП являлись столкновение ТС (42,5 %) и наезд на пешехода (26,7 %). Наибольшей тяжестью последствий характеризовались: наезд на пешехода (10,8 %), опрокидывание ТС (11 %), съезд с дороги (10,5 %) и наезд на лицо, не являющееся участником дорожного движения, осуществляющее несение службы, производство работ и другую деятельность (14,9 %) [1].

Необходимо отметить, что устойчивое многолетнее снижение общероссийских показателей аварийности происходит при одновременном росте численности автопарка страны (в 2020 году + 1,4 %, всего 58,99 млн.). В 2020 г. значительное влияние на дорожно-транспортную аварийность оказало распространение новой коронавирусной инфекции COVID-19. Установленные в соответствии с указами Президента Российской Федерации в апреле и мае нерабочие дни, а также особый порядок передвижения лиц и ТС в этот период привели к значительному сокращению доли населения, вовлеченного в дорожное движение, вследствие чего отмечено снижение основных показателей аварийности [1].

Также снижение основных показателей отмечено в октябре, ноябре и декабре 2020 г. В этот период наблюдалось наибольшее число ежедневных заражений, а также возобновление действия части ранее действующих ограничений и дополнение их новыми мерами, что затруднило возможность передвижения значительного числа лиц как на автомобильном транспорте, так и в качестве пешеходов [1].

Одна из первых составляющих снижения количества погибших на дорогах нашей страны это грамотное, профессиональное и квалифицированное обучение профессии водитель автомобиля. Образовательные учреждения РФ имеют некоторые проблемы:

- недостаточное количество профессиональных кадров (мастеров производственного обучения и преподавателей);
- невысокая оснащенность современной техникой и оборудованием;

– частые изменения в законодательстве, касающиеся образовательного процесса.

По официальным данным ГИБДД Москвы, всего с начала 2021 г. экзаменационными подразделениями столичной Госавтоинспекции проведено почти 389 тыс. экзаменов на право управления транспортным средством. Отмечается, что в этом году из общего числа экзаменующихся с первого раза теоретическую часть экзамена сдали 42 % (70 302 человека), а практическую – 22 % (49 589 человек).

По данным за 2020 год автошколы Местное отделение города Кирово-Чепецка Кировской региональной организации общественной организации «Всероссийское общество автомобилистов» количество сдавших теоретический и практический этап экзамена в ГИБДД с первого раза соответственно составляет 76,16 % и 49,73 %.

Преподавателями и мастерами производственного обучения автошколы «ВОА» разработаны правила безопасного движения на дорогах для водителей автомобиля:

- не торопись выполнять любые действия на дороге;
- держи руль двумя руками;
- любое намерение совершить маневр на дороге показывай указателем поворота;
- для безопасного завершения обгона смотри в правое зеркало, увидев там две горящие или не горящие фары обгоняемого автомобиля;
- каждый поворот руля, сопровождай предварительным взглядом в зеркала заднего вида;
- задний ход транспортного средства – опасный маневр, не торопись, при необходимости выйди из автомобиля и еще раз убедись в безопасности маневра;
- по возможности при движении отъезжай на безопасное расстояние от идущих по дороге пешеходов, движущихся велосипедистов, мотоциклистов, стоящих транспортных средств;
- при движении в темное время суток и в недостаточной видимости при встречном разъезде смотри на обочину;
- без критичной надобности не опережай транспортные средства справа;
- стараться реже использовать рабочую тормозную систему, используя расчет движения транспортного средства и торможение двигателем;
- заранее выбирай скорость движения автомобиля;



– отвыкай разговаривать по телефону при движении за рулем.

**Заключение.** При возникновении ДТП можно выявить множество причин и виновных. Важно, чтобы каждый участник дорожного движения осознавал ответственность происходящего. Безопасность на производстве и на транспорте начинается с малого и достигается неукоснительным выполнением требований правил, которые к сожалению написаны после анализа несчастных случаев. Можно много писать различных статистических данных и снижения и увеличения, основным остается сохранения жизни и здоровья граждан.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2020 год. Информационно-аналитический обзор. – Москва: ФКУ «НЦ БДД МВД России», 2021, 79 с.
2. О Правилах дорожного движения: постановление Правительства Российской Федерации от 23.10.1993 № 1090 (ред. от 26.03.2020)
3. Стратегия безопасности дорожного движения в Российской Федерации на 2018–2024 годы: распоряжение Правительства Российской Федерации от 08.01.2018. № 1-р.
4. О безопасности дорожного движения: федеральный закон от 10.12.1995 № 196-ФЗ.
5. Смольников, М. В. Обеспечение безопасности дорожного движения на транспорте в Российской Федерации / М. В. Смольников, Д. Г. Сергеев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 251–255.

*Аннотация.* В России с 2015 г. произошло уменьшение количества автошкол в два раза из-за ужесточения законодательных требований, которые необходимо было выполнить руководителям автошкол. Данные организации испытывают некоторую нехватку квалифицированных кадров, техники и оборудования.

Отмечается, что в этом году из общего числа экзаменующихся с первого раза теоретическую часть экзамена сдали 42 % (70 302 человека), а практическую – 22 % (49 589 человек). Преподавателями и мастерами производственного обучения автошколы «ВОА» разработаны правила безопасного движения на дорогах для водителей автомобиля.

*Ключевые слова:* дорожно-транспортное происшествие, безопасность дорожного движения, правила дорожного движение, участник дорожного движения, автошкола.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ В КАЧЕСТВЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

М. В. СМОЛЬНИКОВ, канд. техн. наук  
С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор  
Г. Э. ЗАБОЛОТСКИХ, аспирант

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

**Введение.** Умы исследователей всего мира достаточно давно начал волновать вопрос поиска топлив, альтернативного нефтяным топливам. На сегодняшний день известно, что нефть является не возобновляемым ресурсом, соответственно, использование ее для получения топлива ведет к истощению нефтяных запасов и, как следствие, дефициту нефти и удорожанию топлива, что является одной из причин роста цен, например, на перевозимую продукцию. Стоит отметить также то, что в связи с увеличением практических мощностей отечественная экономика требует увеличения выпуска специальной техники (тракторов, машин, комбайнов и т. д.) Большинство этих машин оснащены дизельными двигателями. Кроме того, эти двигатели отличает также большая мощность, надежность, лучший КПД и большой запас хода. Все это говорит о том, что проблема изучения альтернативных топлив в работе дизельных двигателей является актуальной. Особенно актуальна данная тема в наши дни, когда пандемия заставляет человечество осуществлять меньше контактов, соответственно иметь на каждой территории свое топливо.

**Основная часть.** Для того чтобы стать достойной заменой дизельному топливу (ДТ) альтернативное топливо должно обладать подобными ему физико-химическими свойствами. Это позволит использовать его в дизелях без существенных конструкторских изменений, а значит избежать больших финансовых затрат, а также осуществить переход на данное топливо в достаточно короткие сроки.

Вместе с тем при выборе альтернативного топлива следует исходить из того насколько экологичным и энергоемким оно будет. На данный момент, когда улучшение экологических показателей дизелей при их работе на дизельном топливе нефтяного происхождения требует больших затрат, появляется необходимость создания такого

альтернативного моторного топлива, которое будет отвечать оптимальным требованиям по экологии.

Многие исследователи в качестве сырьевой базы для создания альтернативных топлив, применяемых в качестве добавок к ДТ используют такие источники как биомасса, растительные масла, спирты, производственные отходы, животные жиры и т. д. [2, 5–9].

При анализе таких критериев, как изученность, доступность, схожесть по разным физико-химическим показателям с традиционным дизельным топливом нефтяной перегонки, необходимо исследовать растительные масла в качестве добавки к дизельному топливу. Перспективным решением является использование композиции рапсового и сурепного масел.

Поскольку основным компонентом растительных масел являются жирные кислоты, содержащие углеводородную группу, соединенную с карбоксильной группой, то они, соответственно, могут применяться как моторные топлива [1]. Причем растительные масла имеют близкую к традиционному ДТ теплоту сгорания [1]. Данные масла можно использовать как добавки к ДТ как в исходном виде, так и после соответствующей химической обработки.

В настоящее время стоимость растительных масел и топлив на их основе практически соизмерима со стоимостью традиционных топлив. В связи с этим применение таких топлив часто становится экономически выгодным, особенно в тех климатических условиях, где имеются благоприятные условия для произрастания сырья для производства рассматриваемых нами растительных масел (рапс, сурепица).

Рассматриваемые масличные культуры являются довольно неприхотливыми. Они могут произрастать в Нечерноземной зоне РФ и в Западной Сибири. Рапс является культурой гибридного происхождения, а одной из родительских его форм является сурепица. Поэтому эти растения близки по строению, а масла, получаемые на их основе, близки по физико-химическому составу [3].

Из данных таблицы видно, что растительные масла близки по своим физико-химическим свойствам, а это значит, что сурепное масло, предположительно, может быть альтернативой рапсовому.

Рапс и родственная ему сурепица отличаются высокой урожайностью. С одного гектара посевов рапса можно получить 500 кг масла, которое впоследствии в чистом или переработанном виде можно добавлять к дизельному топливу.

### Основные физико-химические свойства масел

Свойства	Суреп- ковое	ДТ летнее	Рапсовое	Подсол- нечное	Кокосовое	Соевое	Хлопко- вое
Элементарный состав С:Н:О, кг/кг	–	86:14:0	78:10:12	78,3:12,8:8,75	–	–	–
Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup>	920–930	860	916–917	923	910–921	923–924	919
Кинематическая вязкость при 20°С, сСт	77,2	3–6	75–76	63–65,2	–	57,2	84
Низшая расчет. теплота сгорания, МДж/кг	–	42,5	37,3	36–39,8	40,2	36–39	34
Теплотворная способность, кДж/кг	–	42,5	39,4	39,4	39,4	37,1	38,2
Коксуемость 10 % остатка, % по массе	–	0,2	0,4	0,52	–	0,44	0,23
Содержание серы, % по массе	–	0,2	–	0,01	–	–	–
Температура помутнения, °С	–	-5	-9	-6,7	–	–	–
Температура застывания, °С	-8	-10	-2	-16	–	-12	-4–18
Цетановое число, единиц	–	45	36	37	–	38	41
Температура самовоспламенения, °С	–	250	317–318	316–320	320–324	318–330	316–320
Температура вспышки, °С	265	Более 55	305	320	–	220	318
Содержание масла, %	42	–	43	42	–	22	–
Выход масла, л/кг	–	–	0,37	0,25	–	0,07	–
Извлечение масла, %	–	–	72,1	65,6	–	32,3	–
Затраты энергии, Вт/кг	–	–	47	118,3	–	178,4	–

В мировом сельском хозяйстве рапс занимает лидирующие позиции как одна из основных масличных культур [4]. В Европе рапсовое масло (РМ) уже давно используется не только в пищу, но и применяется для производства биодизельного топлива.

Сурепица же не так широко распространена на территории Российской Федерации, хотя она менее прихотлива чем рапс. Ее можно высевать на глинистых, легких, песчаных и илистых почвах и она будет давать, соответственно, больше зеленой массы. Для произрастания рапса требуются суглинистые почвы. Таким образом, ареал произрастания сурепицы шире, чем у рапса.

Кроме широкого ареала произрастания и неприхотливости сурепного масла (СурМ) по сравнению с РМ, можно отметить также высокую экологичность при работе дизельных двигателей на РМ (а также родственном ему СурМ), чем на дизельном топливе. К преимуществам, связанным с сохранением экологии, следует отнести также практически безвредное производство РМ и СурМ, а также отсутствие выбросов серы при сгорании.

Опыт зарубежных фирм и результаты отечественных исследований указывают на то, что смесевые биотоплива на базе РМ решают не только проблему экономии топлив на основе нефти и улучшению экологических показателей дизельных двигателей, но и помогают сократить некоторые социальные проблемы. Например, широкомасштабное производство данного топлива неизбежно значительно увеличит занятость и благосостояние населения в сельской местности; получаемый при производстве РМ шрот (жмых) – ценный белковый продукт, который может быть использован для откорма крупного рогатого скота и других домашних животных. Кроме того, с агрономической точки зрения, эта культура очень желательная для улучшения севооборота: она улучшает структуру и плодородие почвы [1].

**Заключение.** Проблема использования смесевых топлив на основе растительных масел является актуальной и требует тщательного изучения. Она тесно связана с невозобновляемостью природных ресурсов и необходимостью поиска новых альтернативных топлив, которые по энергоемкости, по возможности, не будут уступать нефтяным топливам, а также будут более экологичными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов, А. А. Оценка эксплуатационных показателей машинно-тракторного агрегата при работе на метаноле-рапсовой эмульсии: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А. А. Иванов. – Тверь, 2017. – 129 с.

2. Расширение многотопливности автотракторного дизеля при использовании альтернативных топлив / А. Н. Карташевич [и др.] // Известия МГТУ «МАМИ». – 2019. – № 3 (41). – С. 66–72.

3. Крюков, В. В. Смесевое сурепно-минеральное топливо: результаты экспериментальных исследований и технические решения / В. В. Крюков // Вклад молодых ученых в инновационное развитие АПК России. – Пенза: РИО ПГСХА, 2012. – С. 202–204.

4. Рапсовое масло как альтернативное топливо для дизеля / В. А. Марков [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2006. - №2 – С. 26-30.

5. Исследование экономической эффективности от снижения токсичности дизеля 4ЧН 11,0/12,5 путем применения рапсового масла / С. А. Плотников [и др.] // Труды НГТУ им. Р. Е.Алексеева: Нижний Новгород, 2019. – № 1 (124). – С. 204–209.

6. Плотников, С. А. Расчет стабильности этанола-топливной эмульсии для применения в дизелях / С. А. Плотников, М. В. Смольников, Г. П. Шишкин // Двигателестроение. – 2019. – № 1. – С. 24–27.

7. О некоторых особенностях работы двигателя на генераторном газе / С. А. Плотников [и др.] // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2019. – № 2 (125). – С. 192–196.

8. Смольников, М. В. Потенциал Кировской области в выборе альтернативного топлива / М. В. Смольников, Д. Г. Сергеев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 31–35.

9. Смольников, М. В. Теоретический анализ моторных свойств топлив на основе этанола / М. В. Смольников // Тракторы, автомобили и машины для природоустройства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию кафедры мелиоративных и строительных машин УО БГСХА / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; редкол.: А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2018. – С. 60–68.

*Аннотация.* Раскрывается проблема изучения и внедрения альтернативных топлив для работы дизельного двигателя. Из большого спектра альтернативных топлив автор останавливает свой выбор на растительных маслах (рапсовом и сурепном маслах). Здесь автор упоминает основные свойства рапсового масла и дизельного топлива, а также их экологические показатели. Также говорится о том, что переход на растительные добавки к дизельному топливу позволит не только улучшить экологическую ситуацию в целом, но также решить ряд социальных проблем. Например, увеличить занятость и благосостояние населения в сельской местности.

*Ключевые слова:* дизельное топливо, альтернативное топливо, рапсовое масло, сурепное масло.

## СПОСОБ СОЗДАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНОГО БИОТОПЛИВА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В АВТОТРАКТОРНОМ ДИЗЕЛЕ

А. И. ШИПИН<sup>1</sup>, аспирант  
П. Ю. МАЛЫШКИН<sup>2</sup>, ст. преподаватель

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

<sup>2</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** На протяжении долгого времени отечественный топливно-энергетический комплекс основывался преимущественно на энергоносителях из нефтяного сырья. Однако, в последние годы наметилась тенденция к снижению роли нефти и нефтепродуктов в российской энергетике, её негативного воздействия на экологическую обстановку, что подтверждается в Указе Президента РФ «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» [1].

Абсолютный отказ от нефтяных топлив в настоящее время невозможен и экономически нецелесообразен. Учитывая, что темпы роста добычи нефти снижаются, крупные её месторождения вырабатываются, ввод в эксплуатацию новых месторождений незначителен, следует считать, что в дальнейшем дефицит нефти создаст предпосылки для применения других энергетических ресурсов. Учеными разных стран предлагаются варианты частичного замещения нефтяных топлив топливами, производимыми из альтернативных источников энергии – так называемые смесевые топлива [2–4].

**Основная часть.** Одними из наиболее вероятных видов альтернативных топлив являются спирты, такие как этиловый и метиловый. Достоинства этих спиртов – это обширная сырьевая база и относительно низкая себестоимость производства. Проблема применения спиртов определяется, в первую очередь, их физико-химическими свойствами, такими как низкая воспламеняемость, испаряемость, меньшая вязкость, приводящая к ухудшению условий смазки плунжерных пар.

В смесевых топливах также распространено применение минеральных масел, таких как арахисовое, хлопковое, рапсовое и др. К недостаткам минеральных масел можно отнести их повышенную

вязкость, приводящую к неравномерному распределению топлива в объеме камеры сгорания.

Однако, использование в смесевом топливе различных компонентов с отличающимися физико-химическими свойствами, (например, нефтяного ДТ, рапсового масла и этанола), позволяет координировать и целенаправленно корректировать указанные свойства многокомпонентной композиции.

Существует несколько способов подачи альтернативных топлив в цилиндры двигателя:

- впрыск спирта во впускную систему в сочетании с впрыском ДТ (карбюрирование);

- впрыск спирта при помощи второй топливной системы и иницирование спирто-воздушной смеси запальной порцией ДТ;

- использование эмульсий и растворов с ДТ и др.

С целью минимизировать конструктивные изменения штатного дизеля, таких как установка карбюратора, дополнительного насоса высокого давления, наиболее простым стоит считать способ создания смесевое топлива путем предварительного смешения в дополнительном баке.

Для обеспечения стабильности многокомпонентного состава необходимо добавление присадок, улучшающих смешиваемость применяемых топлив и внедрение в бак устройства, поддерживающего диффузию смесевое топлива.

С целью подтверждения работоспособности данного метода была спроектирована топливная система для приготовления и подачи смесевое топлива (рис. 1).

Для работы на многокомпонентном топливе штатная топливная система переоборудуется. В нее добавляются следующие элементы: дополнительный бак со встроенным рециркуляционным насосом-смесителем и выключателем насоса, выведенным в кабину трактора; дополнительные топливопроводы; тройник с кранами для перекрытия топливопроводов.

Принцип работы смонтированной системы заключается в следующем: многотопливный состав заливается в дополнительный бак и подается питание на рециркуляционный насос-смеситель. Шаровый кран подачи чистого ДТ закрыт, кран подачи смесевое топлива открыт. Подкачивающим насосом трактора производится заполнение топливопровода, фильтра тонкой очистки и удаление воздушной пробки. Затем



кран смесового топлива может быть закрыт, шаровый кран ДТ открывается и производится пуск дизеля и его прогрев при подаче ДТ.



*a*



*б*

Рис. 1. Внешний вид топливной системы для приготовления и подачи многокомпонентного биотоплива: *a* – дополнительный бак со встроенным рециркуляционным насосом; *б* – тройник с кранами для регулировки подачи дизельного топлива и многокомпонентного топлива

Многокомпонентное биотопливо может быть подано в момент работы дизеля путем перекрытия подачи ДТ и открытия крана от дополнительного бака. Через некоторое время после выработки ДТ в фильтре тонкой очистки в цилиндры будет поступать смесевое топливо. Переключение на подачу ДТ из основного топливного бака производится в обратной последовательности.

При проведении эксплуатационных испытаний данная система питания показала свою работоспособность. Использование топливной системы возможно для изучения концентрации токсичных и вредных веществ в отработавших газах (ОГ) при работе дизеля на многотопливных композициях в полевых условиях.

### **Заключение.**

1. Возможность применяемости многотопливных композиций связана с адаптацией их физико-химических свойств к свойствам исходного ДТ, под которые спроектированы дизели.

2. Предложен и практически реализован вариант топливной системы для приготовления и подачи многокомпонентного биотоплива.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Указ Президента РФ от 19.04.2017 N 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года». <http://kremlin.ru/acts/bank/41879>.

2. Плотников, С. А. Расчет стабильности этанола-топливной эмульсии для применения в дизелях / С. А. Плотников, Г. П. Шишкин, М. В. Смольников // Двигателестроение. – 2019. – № 1. – С. 24–27.

3. A Study on Triacylglycerol Composition and the Structure of High-Oleic Rapeseed Oil / Mei Guana [et al.] // Engineerin. – 2016. – №. 2. – P. 258–262.

4. The Effects of Pressure and Temperature on the Process of Auto-Ignition and Combustion of Rape Oil and Its Mixtures / K. Tucki [et al.] // Sustainability. – 2019. – Nr. 11. – P. 34–51.

5. Карташевич, А. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Г. Н. Гурков. – Киров, 2011. – Ч. 1. – 115 с.

*Аннотация.* Рассмотрены варианты смесевых биотоплив, указаны преимущества и недостатки отдельных составляющих. Предложен вариант топливной системы для приготовления и подачи многокомпонентной биотопливной композиции.

*Ключевые слова:* многокомпонентное биотопливо, вязкость, топливная система, дизель.

## **Секция 6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

УДК 631.331

### **ЖИЗНЬ, ОТДАННАЯ НАУКЕ И ВОСПИТАНИЮ НАУЧНЫХ КАДРОВ**

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор  
В. А. ГАЙДУКОВ, канд. техн. наук, доцент

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

Знакомство с Сергеем Ивановичем Назаровым произошло 31 декабря 1974 г. в деревне Бородино Дубровенского района Витебской области, где он проводил свой очередной отпуск. Было холодно, шел мокрый снег. Автобусы в деревню не ходили, и я (В. Р. Петровец) доехал по трассе до места, откуда, как мне сказали, кратчайший путь до Бородино: примерно 6–7 километров. Часам к девяти вечера я добрался до места. У крайнего дома мне сказали, где живут Назаровы. Постучался. На пороге меня встретил приветливый человек, отец Сергея Ивановича, пригласил войти в дом. Сергей Иванович грелся на русской печи и читал какую-то книгу. Спросил, кто я такой и какое горе привело в столь поздний час. Я назваля и попросил подписать мое заявление о приеме в заочную аспирантуру в уходящем году, иначе это место будет потеряно.

Сергей Иванович расспросил меня про жизнь, где и кем я работаю, чем занимаюсь. Я рассказал, что работаю на кафедре сельхозмашин в лаборатории, которой руководит доцент Г. К. Демидов, занимаюсь созданием комбинированного пахотно-посевного агрегата с локальным внесением минеральных удобрений. Он сказал, что это направление перспективное, а будущему аспиранту необходимо взять небольшой узел или рабочий орган в какой-нибудь сельскохозяйственной машине, всесторонне его исследовать – и должна получиться хорошая диссертационная работа. Подписал мне заявление, дал тему реферата и сказал, что я буду заниматься транспортировкой и рабочими органами (сошниками) для локального внесения минеральных удобрений. Так состоялось мое первое знакомство с Сергеем Ивановичем Назаровым, на тот момент заместителем директора ЦММЭСХ НЗ (Нечерноземной зоны) СССР, доктором технических наук.

Приезжая в академию, он консультировал своих первых учеников: В. А. Шаршунова, Л. И. Савенка, А. И. Остройко, В. Р. Петровца. Сергей Иванович всегда помогал, не было ни одного случая, чтобы он сказал, что ему некогда или он сильно занят, или болен, или «придите в другой раз». Любил, когда показывали экспериментальные установки и особенно машины, изготовленные в окончательном варианте и готовые к испытанию в условиях производства. Ему всегда нравились широкозахватные высокопроизводительные машины.

С 1975 по 1980 г. мне часто приходилось бывать в ЦНИИМЭСХ. Обычно приезжал в Минск и звонил Сергею Ивановичу из телефона-автомата, заходил в гости. Особое гостеприимство всегда оказывала Мария Антоновна – жена Сергея Ивановича: обязательно спросит, как дела в семье, что нового на работе.

В рабочем кабинете в ЦНИИМЭСХ у Сергея Ивановича на столе всегда лежали диссертационные работы, с которыми он предлагал ознакомиться: «Возьми, посмотри, может быть, что-нибудь полезное для себя почерпнешь. А когда будем твою работу читать?» Был требовательным, но любил и пошутить. Как-то раз я, когда был в кабинете у Сергея Ивановича, увидел очень толстую диссертационную работу и спросил, чья это докторская диссертация. В ответ услышал, что это не докторская, а кандидатская диссертация: «Хорошая работа, но нужно уметь отделять главное от второстепенного». Любил повторять, что писать коротко и просто всегда сложно. Научно-исследовательские работы, проводившиеся под руководством Сергея Ивановича, отличались актуальностью, и в будущем, как правило, внедрялись в сельскохозяйственное производство. Почти все ученики Сергея Ивановича защитили диссертационные работы, а оставшиеся продолжают готовить их к защите.

Будучи ректором Белорусской сельскохозяйственной академии, С. И. Назаров создал хорошие условия для роста научно-педагогических кадров. Его ученики работают во всех уголках бывшего СССР, а также в Польше (доктор Ярослав Цлапка, кандидаты наук Гжегож Блажинский и Ежи Стемпиньский). Его ученик Ловкис З. В. доктор технических наук, профессор, возглавлял Главное управление образования и кадров Минсельхозпрода республики, а в настоящее время является генеральным директором РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию».

В. А. Шаршунов, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, продолжительное время – ректор учре-

ждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия». А. Н. Каргашевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тракторов, автомобилей и машин для природообустройства» УО БГСХА. В. Р. Петровец – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Механизации растениеводства и практического обучения» УО БГСХА. А. В. Клочков – доктор технических наук, профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины» УО БГСХА.

А. А. Миренков – кандидат технических наук, доцент долгое время заведовал кафедрой. Ю. И. Вахромеев – доктор технических наук, профессор ВИАУ Российской Федерации, г. Москва. А. И. Бобровник – доктор технических наук, профессор, заведовал кафедрой УО БГАТУ. Цлапка Ярослав – доктор технических наук, профессор кафедры Щецинской сельскохозяйственной академии. С. М. Каргашевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник. А. В. Кузьмицкий – доктор технических наук, профессор. Д. Ф. Кольга – кандидат технических наук, доцент, заведовал кафедрой УО БГАТУ. Гжегож Блажинский, Ежи Стемпиньский – кандидаты технических наук, руководители фирм в Республике Польша. Тура Раззаков – кандидат технических наук, доцент сельскохозяйственного университета Республики Узбекистан. А.Е. Улахович, О. А. Бобер, В. И. Ильин, В. Г. Ковалев, А. И. Острейко, Л. И. Савенок, В. А. Гайдуков – кандидаты технических наук, ведущие доценты УО БГСХА. Б. А. Главацкий – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ВИАУ Российской Федерации. П. Н. Синкевич – кандидат технических наук, профессор, председатель правления фирмы ООО «АКВАБЕЛ». В. И. Клименко – доктор технических наук, профессор кафедры МРиПО, генеральный директор ОАО «Славянская технология». А. Г. Бондаренко, А. В. Лежнев, В. А. Чуешков – бывшие ведущие доценты УО БГАТУ. В. Т. Левкин – кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Н. В. Моржевский – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, фермер; остальные ученики Сергея Ивановича Назарова, которые стали кандидатами наук, трудятся на благо Республики Беларусь или уже ушли на заслуженный отдых.

Академик Сергей Иванович Назаров, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники БССР, один из самых выдающихся ученых, подготовил: 10 докторов и более 40 кандидатов технических наук [1–17].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Академик в первом поколении // Родник. – 1991. – № 10. – С. 40–41.
2. Астахов, В. С. Памяти академика С. И. Назарова / В. С. Астахов, В. Р. Петровец // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2019. – Вып. 4. – С. 39–41.
3. Выдающемуся ученому, педагогу С. И. Назарову – 70 лет // Советский студент. – Горки, 1998. – № 14.
4. Добролюбов, Н. Н. Белорусская сельскохозяйственная академия / Н. Н. Добролюбов, В. М. Лившиц. – Минск: Ураджай, 1986.
5. Долгих лет Вам, Сергей Иванович // Агропанорама. – 1998. – № 4. – С. 4–6.
6. Наука – земле, земля – науке // Неман. – 1988. – № 1. – С. 104–112.
7. Петровец, В. Р. Академик Назаров – 34 ректор // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2020. – Вып. 5. – С. 3–4.
8. Петровец, В. Р. Выдающийся ученый, педагог, талантливый организатор (к 90-летию со дня рождения С. И. Назарова) / В. Р. Петровец // Вестник БГСХА. – 2018. – № 3. – С. 191–192.
9. Петровец, В. Р. Жизнь, отданная науке и воспитанию научных кадров / В. Р. Петровец // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2019. – Вып. 4. – С. 3–6.
10. Петровец, В. Р. Памяти академика С. И. Назарова / В. Р. Петровец // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2018. – Т. 56, № 4. – С. 504–506.
11. Петровец, В. Р. Сергей Иванович Назаров – доктор технических наук, профессор, выдающийся ученый, академик, заслуженный деятель науки и техники БССР / В. Р. Петровец // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2021. – № 1 (20). – С. 325–328.
12. Петровец, В. Р. Сергей Иванович Назаров: к 70-летию со дня рождения. Краткий биографический очерк: указатель научных трудов; научные школы / В. Р. Петровец, А. Р. Цыганов. – Горки, 1998. – 67 с.
13. С. И. Назаров Выдающийся ученый и педагог / В. Р. Петровец, П. Н. Синкевич, А. Р. Цыганов, В. А. Шаршунов // Люди Белорусской науки. – Минск: Белорусская наука. – 2008. – 91 с.
14. С. И. Назарову – 60 лет // Сельское хозяйство Белоруссии. – 1988. – № 11. – С. 13.
15. Сергею Ивановичу – 70 лет / Л. П. Кармановский [и др.] // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 1. – С. 40.
16. Степук, Л. Я. Продолжение традиций С. И. Назарова // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2020. – Вып. 5. – С. 4–6.
17. Шаршунов, В. А. 34-й ректор в истории академии / В. А. Шаршунов // Советский студент. – Горки, 1998. – № 14.

*Аннотация.* Приведены сведения о выдающемся ученом и педагоге – академике Сергее Ивановиче Назарове.

*Ключевые слова:* наука, образование, научные и педагогические кадры, БГСХА.

## ОБЗОР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СЕЯЛОК И ПОСЕВНЫХ АГРЕГАТОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ПОСЕВА ЛЬНА

В. В. АМЕЛИЧЕВ, аспирант  
В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

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

**Введение.** Одной из причин, влияющих на урожайность льна, в значительной степени зависит от организации и качества посева. Лен, как и любая сельскохозяйственная культура, требует определенной площади питания макро- и микроэлементами, содержащиеся в почве [3, 5, 6, 10, 11].

Поэтому к посеву семян льна предъявляют следующие основные требования:

1. Посев семян должен проводиться в агротехнические сроки. Норма высева семян для товарных посевов должна составлять 110–135 кг/га, для семеноводческих – 45–65 кг/га, семян I и II репродукций – 70–75 кг/га.

2. Семена должны быть равномерно размещены по площади и по глубине. Равномерность семян по площади не должна превышать  $\pm 3\%$ . При этом ширина междурядья должна составлять 6–7,5 см. Глубина заделки семян должна составлять 1–3 см в зависимости от типа почвы.

3. Семена должны быть уложены на плотное дно бороздки и покрыты влажной рыхлой почвой. Не заделанные семена льна на поверхности поля, незасеянные поворотные полосы не допускаются [8].

Любые сеялки и комбинированные посевные агрегаты должны проводить посев семян, выполняя агротехнические требования.

**Основная часть.** Наибольшее распространение в Беларуси для раздельного посева сельскохозяйственных культур получила универсальная пневматическая сеялка типа СПУ (рис. 1, а) с шириной захвата 3, 4 и 6 м производства ОАО «Лидагропромаш» и ОАО «Брестский электромеханический завод». Сеялка типа СПУ состоит из рамы с замка автосцепки или транспортной снлицы, в зависимости от марки одного или двух бункеров и высевающих аппаратов, ходовой части с механизмами привода катушки высевающего аппарата, пневматической системы с семяпроводами, наральниковых сошников с загортачами,

маркеров. Пневматическая система состоит из вентилятора, инжекторных шлюзов и распределителей.

Отличительными особенностями льняной сеялки СПУ-3Л (6Л) от базовой модели является то, что в конструкции льняной сеялки имеется 24(48) сошников, которые установлены таким образом, чтобы при посеве семян создавали бороздки с междурядьем 6,25 см.

Принцип работы данных пневматических сеялок основан на применении воздушного потока, который создается вентилятором, для перемещения семени от бункера через высевной аппарат к распределителю, а от него через семяпроводы и сошники на дно бороздки.

Для посева льна также используется сеялка производства ОАО «Красная звезда» (Кировоградская область, Украина) из семейства СЗ (рис. 1, б) с шириной захвата 3,6 и 5,4 м. В отличие от сеялок типа СПУ в данной сеялке отсутствует пневматическая распределительная система. Кроме этого, одновременно с посевом семян данная сеялка может вносить гранулированные минеральные удобрения. Отличием льняных моделей сеялок от базовых является наличие двухстрочных сошников, которые обеспечивают высев семян с расстоянием между рядками 7,5 см, и дополнительных цепных загортачей для разравнивания поверхности почвы по всей ширине рабочего захвата машины.

Принцип работы данной механической сеялки основан на перемещении семян под действием сил тяжести от бункера через высевные аппараты, семяпроводы и сошники на дно бороздки, которые образовали наральных сошники [4].

В Российской Федерации разработали для посева льна комбинированную льняную сеялку СКЛ-3,6М (рис. 1, в). По конструкции данная сеялка аналогична механической сеялке СЗ-3,6А-02, но отличается наличием комбинированного дискового сошника вместо нарального. Использование данных сошников позволит обеспечить равномерное распределение семян льна по площади и глубине заделки, что благоприятно сказывается на росте и развитии растений [9].

ОАО «Брестский электромеханический завод» на основе комплектующих фирмы «Kverneland» (Норвегия) выпускал комбинированные почвообрабатывающие посевные агрегаты семейства АПП (рис. 1, з). Данный агрегат за один проход позволяет выполнить операции, как предпосевной обработки почвы, так и посева семян сельскохозяйственных культур. По сравнению с сеялками применение комбиниро-



ванного посевного агрегата позволит увеличить производительность труда, сократить затраты труда и расход топлива.

Технологический процесс агрегата АПП включает операции предпосевную подготовку почвы (рыхление на заданную глубину, дробление комков, выравнивание поверхности поля и создание плотного дна бороздки) и посева (дозированная подача семян, их укладывание на дно бороздки и заделка).



Рис. 1. Отечественные сеялки и агрегаты, применяемые для посева льна:  
*а* – сеялка СПУ-6Л; *б* – сеялка СЗ-5,4-02; *в* – комбинированная льняная сеялка СКЛ-3,6М; *г* – комбинированный посевной агрегат АПП-3А-02;  
*д* – комбинированный агрегат для посева льна АПЛ-4

Агрегат АПП состоит из рамы, секций с S-образными рыхлительными рабочими органами, прикатывающих планчатых катков, двухсекционного бункера для семян с пневматической системой высева,

семяпроводы, сошниковой группы. Агрегат еще имеет сбоку специальные щитки, благодаря которым почва не выходит по бокам за рамки необходимой захватной ширины и способные сдвинуться в сторону, если появляется препятствие. Также оборудован по бокам зубчатыми катками с монтированными низко специализированными чистиками, а также брус планировки сзади оснащения для обработки почвы, поэтому может равномерно уплотнить грунт движущимся сзади катком [2].

Для одновременной предпосевной обработки почвы и посева льна с внесением минеральных удобрений, а также других мелкосеменных культур используется комбинированный агрегат АПЛ-4 (рис. 1, д).

Особенностями данного агрегата является то, что он обеспечивает равномерное распределение семян и удобрений по сошникам с помощью механической системы высева, формирует бороздку шириной 6 см с уплотненным дном с помощью специальных сошников. Также сошниково-загортанная группа проводит распределение семян и обеспечивает прикатывание к дну бороздки с последующим покрытием рыхлым слоем почвы.

К недостаткам можно отнести то, что использование клиновидного катка в качестве образования бороздки способствует образованию отклонения от глубины при наезде на камень или прочее препятствие. Так же в агрегате АПЛ-4 отсутствует механизм копирования поверхности почвы катком, что приводит к выглублению катка и вынос семян на поверхность или превышение глубины заделки семян, что приводит к неравномерности их всходу [7].

Данный комбинированный агрегат состоит из рамы с прицепным устройством, опорно-приводных колес с механизмом привода высевающего аппарата, семенного и тукового бункера, семя- и тукопроводов и сошниково-загортанной группы. Для дополнительной обработки почвы используются две батареи волнистых дисков.

Процесс работы агрегата проходит следующим образом. При движении агрегата волнистые диски под воздействием нагрузки, которую подает на них почва, начинают вращаться. При вращении диски производят разрыхляющие действия на почву и способны к срезанию растений, которые находятся в почве или на ней. Тем временем твердые минеральные удобрения и семена из бункера поступают на высевающий аппарат, который приводится от опорно-приводных колес через механизмы привода. Гранулы удобрений и семена льна от высевающего аппарата перемещаются по туко- и семяпроводу. Удобрения укладываются на почву, которая была обработана волнистыми дисками, а

семена укладываются после прохождения сошников. Затем загортачи заделывают семена льна и удобрение почвой [1].

**Заключение.** Важнейшим условием своевременного и качественного посева льна является наличие и состав машинно-тракторного парка, подготовка его к работе, уровень подготовки механизаторов, организация труда, трудовая дисциплина. Если на предприятии имеется производительная техника, высококвалифицированные специалисты и рационально организован труд, то это обеспечивает своевременность и качество выполненных работ и, в конечном счете, получение высокого урожая.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агрегат для льна АПЛ-4 [Электронный ресурс] // РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2018. – Режим доступа: <https://belagromech.by/articles/agregat-dlya-lna-apl-4/> – Дата доступа: 30.01.2020.
2. Агрегат почвообрабатывающий посевной АПП-3 «Берестье» [Электронный ресурс] // Nestor, 2009-2010. – Режим доступа: <https://nestorexpo.com/belagro/index.pl?act=STAND&id=1115>. – Дата доступа: 04.10.2021.
3. Босак, В. Н. Система сбалансированного применения удобрений на хорошо окультуренных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / В. Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2004. – 297 с.
4. Клочков, А. В. Устройство сельскохозяйственных машин / А. В. Клочков, П. М. Новицкий. – Минск: РИПО, 2016. – 431 с.
5. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
6. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.
7. Ленточный посев мелкосемянных культур обоснованием параметров комбинированного сошника / Д. А. Яновский [и др.] // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 13-15.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сборник отраслевых регламентов. – Минск: Институт аграрной технологии НАН, 2005. – 460 с.
9. Посевная и уборочная техника для льна [Электронный ресурс] // ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 2016. – Режим доступа: <https://fncl.ru/uslugi/mashiny-dlya-poseva-lna/>. – Дата доступа: 04.10.2021.
10. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Минск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
11. Смянович, О. Применение удобрений в севообороте / О. Смянович, В. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. – 108 с.

*Анотация.* Приведен машин для посева льна, применяемых в Беларуси и странах СНГ, приведены их устройство, принцип работы, достоинства и недостатки.

*Ключевые слова:* посев, лен, сеялка, посевной агрегат.

## ОБЗОР ДОЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВЫСЕВА ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ ГРУППОВОГО ДОЗИРОВАНИЯ

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук

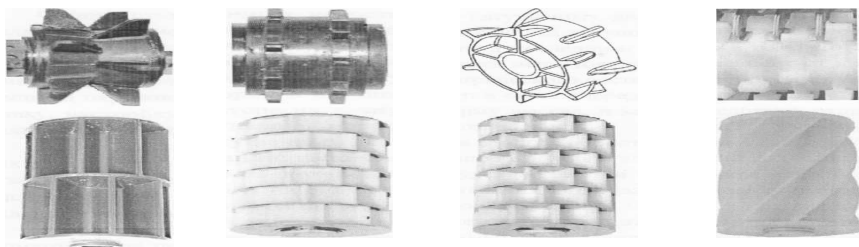
Г. О. ИВАНЧИКОВ, аспирант

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

**Введение.** Изыскание способа и технического решения, позволяющего максимально снизить неравномерность внесения удобрений, безусловно, является важной народнохозяйственной задачей. По существу, процесс внесения минеральных удобрений является процессом их дозирования и подачи в зону питания растений [1–5, 7–9].

Различие гранулометрического состава минеральных удобрений, непостоянство других их свойств, зависящих от условий хранения, наличие ветра в процессе внесения, делают невозможным равномерное распределение туков известными аппаратами.

**Основная часть.** Катушечные дозирующие устройства (рис. 1) выгодно отличаются от однотипных им дозаторов выгребающего действия простотой своей конструкции.



*a*

*б*

*в*

*г*

Рис. 1. Дозирующие катушки

Штифтовые катушки фирмы: *a, б* – «Lemken» серия сеялок «Saphir»;

*в* – «AMAZONEN-WERKE» сеялка D9 6000-TC «Combi»;

*г* – «Nodet gougis» сеялка DPS 12

Поэтому они получили широкое распространение как в зарубежных, так и в отечественных современных зернотуковых сеялках индивидуального, группового и централизованного высева, что делает их объектом для более тщательного исследования.

Рабочим органом известных катушечных дозаторов являются собственно катушки. Они могут быть выполнены в форме разнообразных штифтов либо желобков [10, 11]

Технологический процесс работы происходит следующим образом (рис. 2). Удобрения из бункера 1 самотеком или при помощи ворошильного вала 2 поступают в корпус 3 и заполняют пространство вокруг штифтов или заполняют ячейки катушки. Вращаясь, катушка 4 перемещает удобрения в нижнюю часть корпуса 3 и сбрасывает их в конце доньшка 5 в воронку тукопровода сеялки либо непосредственно на поле удобренческой машиной.

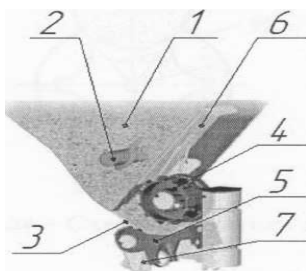


Рис. 2. Катушечный высевной дозатор:  
1 – дозируемый материал; 2 – ворошильный вал; 3 – корпус; 4 – катушка;  
5 – доньшко; 6 – заслонка; 7 – регулировочный болт

Общим существенным недостатком катушечных дозирующих устройств является наличие активного слоя под дозирующей катушкой, который необходим для предотвращения разрушения гранул. Дело в том, что толщина активного слоя при вращении катушки непостоянная и зависит от коэффициента внутреннего трения, гранулометрического состава дозируемых удобрений и окружной скорости катушки. Это в свою очередь, усложняет регулировку, настройку дозатора на точную норму высева и, как следствие, отрицательно сказывается на неравномерности дозирования.

Кроме того, у катушечных дозаторов за один оборот осуществляются все технологические операции: наполнение, опорожнение и холостой ход. Соответственно неравномерность дозирования будет зависеть и от цикла наполнения ячейки, который состоит из двух фаз – втекания материала в ячейку и относительной его неподвижности по отношению к катушке.

Теоретически при идеальном сыпучем материале втекание начинается в момент, когда передняя лопасть ячейки выходит из соприкосновения с корпусом бункера и кончается после ее заполнения. Возможное время формирования дозы в ячейке.

$$t_{\text{ср}} = \frac{\varphi_0}{\omega_6}$$

где  $\varphi_0$  – центральный угол, /град (рис. 3);

$\omega_6$  – угловая скорость катушки, рад/с.

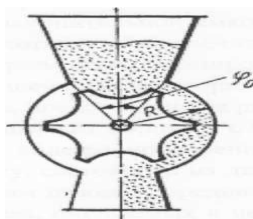


Рис. 3. Схема ячейки дозатора

Из формулы видно, что цикл наполнения ячейки сектора материалом у катушечных дозаторов может быть значительным по времени. Однако это еще не обеспечивает высокой равномерности дозирования. Рабочие органы этих дозаторов не оказывают формирующего воздействия на материал. Все это приводит к тому, что обеспечить равномерность дозирования известными катушечными дозаторами до  $\pm 10\%$  практически невозможно. Это доказано рядом авторов [6].

Таким образом, из катушечных дозаторов только желобчатые способны формировать геометрические размеры потока материала. Однако их рабочие органы не оказывают на материал воздействия, формирующего внутреннее состояние потока – приведение к постоянной

плотности. Несмотря на это, результаты поисковых исследований катушечных дозаторов убеждают нас в возможности создания такого рабочего органа – катушки, которая бы формировала поток материала на выдачу не только равномерным и непрерывным потоком, но и приводила его к критической (постоянной) порозности.

**Заключение.** Проведенный обзор дозирующих устройств для высева гранулированных минеральных удобрений в пневматических системах группового дозирования позволяет упростить выбор необходимого оборудования в зависимости от целей и задач, поставленных в период внесения удобрений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
2. Босак, В. Н. Система сбалансированного применения удобрений на хорошо окультуренных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / В. Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2004. – 297 с.
3. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
4. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.
5. Лапа, В. В. Сравнительная эффективность различных способов заделки минеральных удобрений при возделывании зерновых культур / В. В. Лапа, В. Н. Босак // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2002. – № 4. – С. 41–42.
6. Результаты сравнительных испытаний туковысевающих аппаратов / А. Х. Хаджиев, Б. А. Иншиязов, М. К. Хамзаев, А. Р. Шадиев // Механизация хлопководства. – 1991. – № 2. – С. 3–4.
7. Смянович, О. Применение удобрений в севообороте / О. Смянович, В. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. – 108 с.
8. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.
9. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
10. Lemken Sapfir // Проспект фирмы Lemken (Германия). – 2019. – 18 с.
11. John Deere Air Seeding Equipment // Проспект фирмы John Deere (США). – 2019. – 33 с.

*Аннотация.* Проведен обзор катушечных устройств для пневматических систем для внесения минеральных удобрений. Проанализированы как отечественные, так и зарубежные сельскохозяйственные устройства, применяемые в зависимости от различных условий.

*Ключевые слова:* минеральные удобрения, дозирующие устройства, сеялки, катушечные дозаторы.

## ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ОТБОРА ПОЧВЕННЫХ ОБРАЗЦОВ ПРИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОМ ВНЕСЕНИИ УДОБРЕНИЙ

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук

Г. О. ИВАНЧИКОВ, аспирант

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

**Введение.** Отбор почвенных проб для анализа почвы с целью дифференцированного применения удобрений довольно сложная операция. В настоящее время ведутся исследования, как оптимизировать количество отбираемых проб в зависимости от конкретных почвенных условий, рельефа местности, многообразия типов почв, выращиваемых культур, истории применения минеральных и органических удобрений [2–6].

В рамках наших исследований анализ таких способов является неотъемлемой частью. Он позволяет наиболее точно подобрать подход для выполнения требуемых задач в зависимости от их характера и сложности. В настоящее время отбор почвенных проб является довольно дорогостоящим мероприятием, особенно, в рамках дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений. Так как для повышения точности при составлении электронных карт полей на наличие в почве питательных веществ требуется проведение достаточно многократного отбора проб почвы, что значительно повышает стоимость таких операций. Одним из путей разрешения этой проблемы мы видим в тщательном анализе существующих способов отбора почвенных проб при дифференцированном способе внесения удобрений.

**Основная часть.** Программа применения удобрений при выращивании сельскохозяйственных культур с учетом плодородия отдельных участков поля начинается с оценки содержания питательных веществ в почве [1, 7–9].

Рекомендации по применению удобрений основываются на ожидаемой отзывчивости растений на элементы питания, находящиеся в почве. Чем на меньшие участки будет разбито поле, тем более точной будет информация о содержании питательных элементов на отдельных участках поля.

Фирма Ag-Chem рекомендует своим клиентам отбирать пробы по клеткам площадью 2,5 акра (1 акр = 4046,86 м<sup>2</sup>) или меньше. Предпо-



чение отдается клеткам размером 1 акр. Это рекомендуется при отборе проб с полей, которые поливаются или получают 25 дюймов (1 дюйм = 2,54 см) осадков.

Почва обеспечивает полностью или частично растения необходимыми питательными элементами, а также водой, воздухом, теплом в зависимости от ее гранулометрического состава. Поэтому фирма затрачивает значительные усилия на отбор проб и их лабораторный анализ для получения необходимой информации.

При уравнительном земледелии требуется лишь несколько проб, необходимых для определения средних значений показателей для всего поля. Поле затем получает среднюю дозу того или иного питательного элемента. При дифференцированном внесении необходимо знать, как меняется плодородие почвы поля от одного участка к другому и это изменение должно быть представлено в виде электронной карты. Получение информации о поле посредством отбора проб является основой для дифференцированного выполнения основных операций [5–7].

Исторически сложилось так, что пробы отбирались с целью определения средних значений показателей для поля. Обычно используют два метода отбора проб. В соответствии с первым методом отбирают несколько образцов почвы по всему полю в случайном порядке. Почвенные образцы смешивают и рассматривают как одну пробу. По второму методу поле разбивают на несколько участков (клеток).

Образцы почвы отбирают, идя по клетке зигзагом. Образцы смешивают и получают одну пробу для каждой ячейки. В результате получают количество проб равное количеству участков. После лабораторного анализа данные по участкам усредняют и получают одно значение для всего поля.

В результате такого отбора проб и расчета по ним дозы внесения удобрений некоторые участки поля получают больше удобрений, чем это необходимо, другие меньше. Это приводит к снижению эффективности удобрений и к увеличению загрязнения окружающей среды.

Некоторые консультанты рекомендуют своим клиентам вносить удобрения по отдельным участкам (клеткам) и называют такой способ внесения удобрений «дифференцированное внесение». Такой подход неприемлем для полей с большой неравномерностью распределения питательных элементов в пахотном слое.

Некоторые рекомендуют отбирать пробы в соответствии с типом почвы и его изменением по полю. Учитывая, что минеральные и органические удобрения вносят неравномерно независимо от типа почвы,

все это приводит к тому, что неравномерность распределения питательных элементов в почве не зависит практически от типа почвы.

Почвенный покров можно рассматривать как непрерывный слой, покрывающий поле. Необходимо использовать такой способ отбора проб, чтобы получить объективную информацию обо всем слое почвы. На первом этапе поле разбивают на клетки (ячейки, блоки). Далее определяют места взятия проб в ячейке. До того, как появилась возможность использовать GPS, пробы отбирали в центре ячейки. Обычно такой способ отбора называют «сеточным методом» (grid или grid point sampling). Формальное название этого метода «стратифицированный метод».

По мере развития Глобальной Позиционной Системы (ГПС) можно определять места взятия проб без привязки к рядкам растений или замера расстояний на поле. При наличии ГПС и соответствующего программного обеспечения рекомендуется использовать систематический нелинейный метод взятия проб. Этот метод представляет собой комбинацию систематического метода со случайным методом отбора проб.

Затраты на анализ почвы, применение удобрений и обработку данных напрямую связаны с уровнем дифференцированности внесения фосфорных (Р) и калийных (К) удобрений. Чтобы оценить эффективность дифференцированного внесения удобрений, эти затраты должны быть вычтены из прибыли, обусловленной дифференцированным внесением.

Сеточный метод взятия проб более дорогой по сравнению с традиционным методом. Проведенные в университете штата Висконсин исследования сеточного метода взятия почвенных образцов показали, что точность получаемой карты зависит от способа взятия проб и от их плотности.

Часть приведенных в таблице затрат получены зарубежными авторами, а часть получены от дилеров, продающих удобрения и машины для их внесения. Труд работающих был оценен в 25,00 долл. за час работы и 6,00 долл. за анализ одной пробы. Необходимо помнить, что расходы, связанные с ежегодным внесением твердых минеральных удобрений практически постоянны и включают дополнительные затраты, обусловленные дифференцированным внесением по сравнению с внесением одной дозы. Затраты, связанные с дифференцированным внесением Р и К, резко увеличиваются при размере ячеек меньше 200 футов (1 фут = 0,3048 м<sup>2</sup>).

Зарубежные авторы считают, что дорогостоящий сеточный метод взятия проб необходимо осуществлять только один раз, если предполагается получить всю остальную информацию о состоянии поля с помощью Глобальной Позиционной Системы. В дальнейшем понадобится проводить дополнительный анализ в случае большой пестроты плодородия и невозможности ограничиться только функциями отзывчивости для оценки почв.

**Затраты на взятие проб,  
связанные с дифференцированным внесением удобрений**

Отбор проб	Размеры ячеек сетки			
	450 фут. (= 5 акров)	300 фут. (= 2 акра)	200 фут. (= 1 акр)	100 фут. (= 0,25 акра)
	\$/акр			
2 ч (20 проб)	1,70	–	–	–
5.7 ч (48 проб)	–	4,29	–	–
10.9 ч (106 проб)	–	–	9,09	–
36 ч (436 проб)	–	–	–	35,16
Обработка данных и нанесение на карту	2,00	2,00	2,00	2,00
Внесение удобрений (затраты, связанные с дополнительным изменением дозы)	1,50	1,50	1,50	1,50
Общие затраты	5,20	7,79	12,59	38,66

\*Площадь поля 100 акров.

Оплата труда 25,00 долл./час и 6,00 долл./за почвенный образец.

В работе не рассмотрены затраты, связанные с возможными нарушениями дозы при внесении удобрений, обусловленными ошибками при составлении карты пестроты плодородия. Есть свидетельства, когда из-за ошибок при картографировании участки с дефицитом питательных элементов были признаны хорошими. По этой причине были потери урожайности и прибыли, соответственно. При расчетах эффективности дифференцированного внесения удобрений необходимо также учитывать точность получаемых для этой цели карт. Затраты на взятие проб и их анализ растут с уменьшением размера ячеек сетки (рис. 1).

Фирма Ag-Chem Equipment Co., Inc. активно занимается производством и распространением оборудования для дифференцированного

внесения минеральных удобрений, химических средств защиты растений. Для систематического отбора проб с жесткой привязкой к конкретному полю с использованием системы позиционирования GPS фирма разработала отборщик проб (GridSampler) и математическое обеспечение для определения изменчивости элементов питания по полю, совместимое с программным продуктом SGIS.

С помощью программного продукта SGIS информация, полученная в результате обработки почвенных образцов и другой информации, быстро преобразуется в понятные и визуальные образы, которые легко записываются на дискету.

Для каждого поля разрабатывается свой план применения удобрений, который аккумулирует всю имеющуюся у фермера информацию о поле и полученную со всех источников. В нем также учтены весь опыт, цели и предпочтения фермера. Планируемая урожайность должна быть реальной и экономически выгодной, а также прогрессивной. План должен соответствовать всем требованиям к защите окружающей среды от загрязнения.

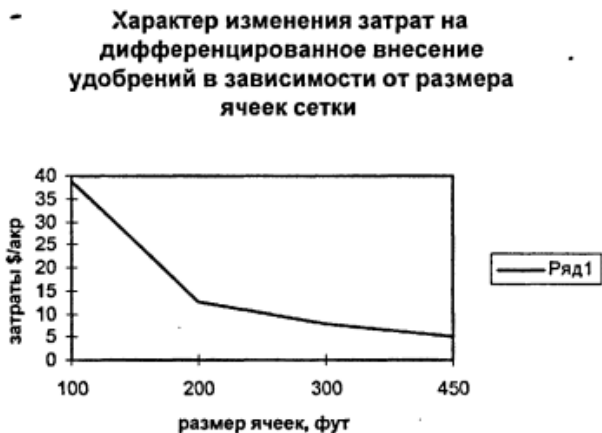


Рис. 1. Затраты, связанные с дифференциальным внесением Р и К

**Заключение.** Приведенные методы агрохимического обследования полей с целью снижения затрат на их проведение могут быть использованы лишь на очень больших полях с плавным изменением неоднородности. Но в условиях большой пестроты содержание питательных элементов, где их концентрация резко отличается друг от друга каж-

дые 3–5 м, а вариабельность показателей достигает 250–300 % и более, использование таких методов не обеспечит настоящую картину содержания питательных элементов в поле. Использование такого подхода для дифференцированного внесения удобрений не приведет к сглаживанию пестроты содержания питательных элементов на элементарных участках поля, а соответственно и эффективность этого метода будет низкой. Для решения данной проблемы необходим принципиально новый подход.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, В. С. Возможный качественный прорыв при дифференцированном внесении гранулированных минеральных удобрений / В. С. Астахов // Вестник БГСХА. – 2019. – № 1. – С. 158–161.
2. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
3. Босак, В. Н. Система сбалансированного применения удобрений на хорошо окультуренных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / В. Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2004. – 297 с.
4. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
5. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.
6. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
7. Borgelt, S. C. Sensing and measurement technologies for site specific management / S. C. Borgelt // Proceedings of soil specific crop management: a workshop on research and development issues, 1992. – P. 141–157.
8. McGrow, T. Soil Test Level Variability in Southern Minnesota / T. McGrow // Better Crops with Plant Food. – 1994. – Vol. LXXVIII, Nr. 4. – P. 24–25.
9. Wollenhaupt, N. C. Profitability of Farming by Soils / N. C. Wollenhaupt, D. D. Buchholz // Proceedings of Soil Specific Crop Management: a workshop on research and development issues, 1992. – P. 111–115.

*Аннотация:* Проведен обзор существующих способов отбора почвенных образцов при дифференцированном внесении удобрений, обозначены преимущества и недостатки описанных методов.

*Ключевые слова:* минеральные удобрения, почвенный анализ, GPS, пробы.

## **К ВОПРОСУ ВЫБОРА ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАВНОМЕРНОГО ВНЕСЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Г. О. ИВАНЧИКОВ, аспирант  
В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук

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

**Введение.** Основным показателем функционирования средств механизированного внесения минеральных удобрений является равномерность распределения питательных веществ по поверхности поля. Если при внесении однокомпонентных или сложных удобрений качество функционирования машин оценивается по равномерности распределения частиц, то при внесении туковых смесей качественные показатели зависят от распределения по поверхности поля частиц каждого из компонентов смеси [3–5, 7–9, 11–18].

Отклонение дозы и равномерности распределения компонентов от агротехнической нормы приводит к снижению урожайности или к накоплению в продуктах питания вредных веществ [4, 5, 9].

Некачественное выполнение технологического процесса следует рассматривать как технологический брак или отказ системы. Важным условием создания точных технологий, кроме отмеченного, является разработка методов для объективной оценки обеспеченности почв питательными элементами и устройств для контроля и управления технологическими процессами. Также важным вопросом является выбор пневматической системы для равномерного внесения минеральных удобрений дифференцированным способом.

**Основная часть.** В пневматических сеялках для надежного транспортирования гранулированных удобрений, скорость воздушного потока должна быть в пределах 20–26 м/с. Гранулы, перемещаясь в воздушном потоке со скоростью 5–8 м/с, интенсивно разрушаются, что отрицательно влияет не только на эффективность применения удобрений, но и на экологию. Образовавшаяся при истирании пыль, вместе с отходящим воздухом, поднимается в атмосферу. Ширина захвата пневматических сеялок непостоянна, а неравномерность распределения по полю достигает 20–30 % [1, 2, 6, 10]

Анализ литературы показывает, что удобрения, применяемые для приготовления туковых смесей, содержат от 4,7 до 83,1 % частиц размером (1–3) мм. Для выделения частиц требуемых размерных групп необходимо введение в технологический процесс дополнительной операции и может быть оправдано при небольших объемах работ. Частицы удобрений, непригодные к смешиванию, необходимо будет измельчать или вносить без смешивания. Кроме того, тукосмесь, приготовленная из 13 частиц с заданными размерами, после взаимодействия с рабочими органами машин изменит свои гранулометрические характеристики.

Таблица 1. Гранулометрический состав некоторых минеральных удобрений, %

Удобрение	Размер фракции, мм							
	>7	7–5	5–3	3–2	2–1	1–0,5	0,5–0,25	0,25<
Суперфосфат порошковидный	6,1	6,2	10,6	8,7	9,8	18,1	21,0	20,5
Суперфосфат двойной гранулированный	–	2,0	38,0	36,0	16,0	5,0	2,0	1,0
Аммиачная селитра	–	0,8	3,7	11,5	50,0	34,0	–	–
Калийная соль	15,0	6,0	8,0	8,0	6,0	52,0	5,0	–
Хлористый калий	–	2,2	8,6	9,7	5,5	29,3	25,7	19,0

Необходимость измельчения туковых смесей обусловлена склонностью их к слеживанию. Причем процесс слеживания наиболее интенсивно протекает в первые 1–3 дня после приготовления тукосмеси. Выравнивание компонентов туковых смесей по гранулометрическим характеристикам не является достаточным условием качественного распределения частиц по поверхности поля, так как при взаимодействии частиц с рабочими поверхностями машин на процесс расслоения существенное влияние оказывают фрикционные, аэродинамические и другие характеристики.

Фрикционные характеристики минеральных удобрений (табл. 2) и их смесей оцениваются коэффициентами внутреннего и внешнего трения. Коэффициент внутреннего трения характеризует сопротивление материала сдвигу частиц относительно друг друга, а коэффициент внешнего трения скольжения характеризует сопротивление сдвигу относительно поверхности рабочих органов машин. Результаты экспе-

риментальных исследований свидетельствуют о том, что коэффициенты внешнего трения частиц удобрений одного вида варьируют в широких пределах. Коэффициент вариации углов трения составляет от 6,4 до 23,4 % для разных видов минеральных удобрений.

Таблица 2. Коэффициенты трения скольжения минеральных удобрений и их смесей

Удобрения	Поверхность трения			
	сталь	дерево	резина	полиэтилен
Аммиачная селитра	0,66	0,73	0,69	0,49
Карбамид (мочевина)	0,64	0,54	0,81	0,31
Суперфосфат гранулированный	0,55	0,54	0,58	0,43
Суперфосфат двойной гранулированный	0,47	0,56	0,57	0,42
Хлористый калий	0,51	0,47	0,64	0,35
Аммофос	0,48	0,62	0,62	0,43
Нитрофоска	0,42	0,49	0,56	0,30
Двойная туковая смесь (суперфосфат + карбамид)	0,56	0,50	0,56	0,41
Тройная туковая смесь (суперфосфат + карбамид + сульфат калия)	0,58	0,63	0,65	0,49

На работу аппаратов (центробежных, ленточных, пневматических и др.) оказывают влияние аэродинамические характеристики частиц. Результаты испытаний показывают, что коэффициенты парусности частиц минеральных удобрений изменяются в широких пределах от 3,7 до 11 м/с. Следовательно, задача подбора компонентов для смесей минеральных удобрений с близкими коэффициентами парусности весьма затруднена.

Возвращаясь к вопросу выбора пневматической системы для равномерного внесения гранулированных минеральных удобрений, можно выделить определенные моменты. Системы делятся на две разновидности: с горизонтальным и вертикальным распределением. Важным моментом в выборе пневматической системы является определение распределителя, удовлетворяющего заданным условиям, поэтому необходимо рассмотреть преимущества и недостатки как вертикальных, так и горизонтальных распределителей.

Основное преимущество вертикальных распределителей состоит в том, что они просты по устройству и надежны в эксплуатации. Надежность протекания процесса распределения обеспечивается тем, что



посевной материал в вертикальном канале находится в состоянии пневмотранспорта, а это значительно упрощает процесс распределения посевного материала по отводящим патрубкам. Существенным недостатком таких распределительных устройств является высокая неравномерность распределения посевного материала по сошникам, особенно при работе на склонах.

Недостатком распределителей горизонтального типа является то, что они конструктивно ограничены в количестве обслуживаемых сошников (не более 12). Кроме того, они требуют обеспечения равномерного распределения по сечению потока материаловоздушной смеси на входе в распределитель.

Для этого необходимо конструкцию распределителя дополнять непосредственно перед ним прямым горизонтальным участком, равным 8–10 диаметрам материалопровода, что составляет порядка 500–600 мм, или применять дополнительные выравнивающие устройства. В известных посевных машинах реализация такого конструктивного предложения зачастую оказывается невозможна по компоновочным требованиям. Поэтому широкого распространения на посевных машинах данный тип распределителей не нашел.

Несмотря на недостатки распределителей данного типа он имеет и интересующие нас преимущества. Преимуществами выбора такого типа распределения будут являться снижение риска разрушения гранул, ввиду особой геометрии конструкции, и более высокая точность внесения минеральных гранулированных удобрений, а также, именно горизонтальный тип распределения обеспечивает лучшую точность при работе на различных уклонах. Данный тип распределителя содержит решающее преимущество в виде приспособленности к гранулометрическому составу практически всех минеральных удобрений, что дает ему широкий спектр возможностей по работе с различными видами минеральных удобрений без потери качества их внесения даже в широком диапазоне доз внесения от 80 до 1000 кг/га.

**Заключение.** Использование пневматической системы для равномерного внесения минеральных удобрений дифференцированным способом с горизонтальным распределителем является наиболее предпочтительным и рациональным решением.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, В. С. Результаты испытаний пневматической централизованной высевающей системы при внесении минеральных удобрений / В. С. Астахов // Весці Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. – 1997. – № 1. – С. 67–72.

2. Астахов, В. С. Совершенствование пневматических высевających систем сеялок / В. С. Астахов. – Горки, 2007. – 148 с.
3. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
4. Босак, В. Н. Система сбалансированного применения удобрений на хорошо окультуренных дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: дис. ... д-ра с.-х. наук: 06.01.04 / В. Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2004. – 297 с.
5. Босак, В. Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В. Н. Босак; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2003. – 176 с.
6. Гусев, В. М. Возможности пневматической системы централизованного высева пропашной сеялки / В. М. Гусев // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1987. – № 6. – С. 28–27.
7. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
8. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.
9. Лапа, В. В. Сравнительная эффективность различных способов заделки минеральных удобрений при возделывании зерновых культур / В. В. Лапа, В. Н. Босак // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2002. – № 4. – С. 41–42.
10. Любушко, Н. И. Применение высевającej системы с централизованным дозированием / Н. И. Любушко, В. А. Юзбашев, В. Е. Хоруженко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1984. – № 6. – С. 15–17.
11. Применение однокомпонентных и комплексных удобрений / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: БГТУ, 2018. – 30 с.
12. Применение удобрений при возделывании овощных культур / В. В. Скорина [и др.]. – Минск: БГТУ, 2012. – 16 с.
13. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
14. Смянович, О. Применение удобрений в севообороте / О. Смянович, В. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. – 108 с.
15. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.
16. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
17. Schubert, S. Pflanzenernährung / S. Schubert. – Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer, 2018. – 234 s.
18. Smeyanovich, A. Influence of long-term fertilizer application on productivity of crop rotation and fertility of Podzoluvisol / A. Smeyanovich, V. Bosak // Archives of Agronomy and Soil Science. – 2003. – Vol. 49. – P. 97–99.

*Аннотация:* Проведен теоретический обзор пневматических систем для равномерного внесения гранулированных минеральных удобрений и обоснован выбор распределителя горизонтального типа.

*Ключевые слова:* минеральные удобрения, распределительные устройства, пневматические системы.

## СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ОБОЛОЧЕК КАК ПУТЬ К ПОВЫШЕНИЮ ПОСЕВНОГО ПОТЕНЦИАЛА ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СЕМЯН

А. А. СЫСОЕВ, ст. преподаватель  
Д. А. МИХЕЕВ, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** В настоящее время для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, снижения затрат на их производство, необходимо применять современные технологии возделывания, учитывающие особенности и свойства каждой культуры, ее потребности в питательных веществах по фазам развития, специфику посева и возделывания т. д. [1, 2, 5, 10–12].

Использование для посева качественных, высокопродуктивных семян является основой для получения высокого урожая хорошего качества. Качество семян складывается из генетического потенциала и их предпосевной обработки, которая включает в себя целый комплекс индивидуальных для каждой культуры процедур.

К таким процедурам относят очистку, сортировку, скарификацию, протравливание, инкрустацию, дражирование, барботирование и др. Одной из наиболее перспективной из этого списка процедурой является инкрустация и дражирование. Это связано с тем, что при создании искусственной оболочки на поверхности семян можно повысить существующий потенциал семян, в то время как другие процедуры направлены лишь на его сохранение.

Технология дражирования семян является не новой для мирового сельского хозяйства, однако ввиду определенных сложностей, таких как высокая стоимость импортного оборудования, защита авторских прав на составы и смеси, наносимые на семена, лоббирование интересов крупных производителей семенного материала, эта технология оказалась широкодоступной только в высокоразвитых странах. Стоит отметить, что все семена с искусственной оболочкой, используемые в Республике Беларусь, являются импортного производства. Это семена таких культур, как рапс, сахарная свекла, капуста и многих других овощных культур. Учитывая то, что наша страна является одной из ведущих стран СНГ по производству этих сельскохозяйственных культур, считаем перспективной тему развития отечественной техно-

логии создания искусственных оболочек на семенах, дражирования и инкрустирования [13].

**Основная часть.** Дражирование в его простейшем виде пытались использовать еще в древнем Египте, обрабатывая семена культур соком лука, который, высыхая, образовывал «оболочку» вокруг семени. В средние века для этих целей применяли жидкий навоз и соли хлорной кислоты. В начале XVII века известна обработка семян соленой водой, а первые препараты на основе меди стали внедряться в практику сельского хозяйства с середины XVIII века. Современные методы обработки семян и, в первую очередь, дражирование увидели свет в 80-х гг. прошлого столетия, когда появились системные фунгициды, а в 90-е гг. на семена стали наноситься еще и инсектициды, что тоже было частью процесса дражирования.

Настоящий прорыв в производстве произошел в 80–90-х гг., когда в сельскохозяйственном производстве стали активно применяться пневматические сеялки – пневмосеялки. Дражирование в сочетании с пневмосеялками позволило добиться максимальной эффективности. Одной из причин разработки технологии дражирования стала необходимость регулирования нормы высева семян овощных культур. Ранее при использовании обычных семян требовались работы по прореживанию всходов, ведь норма высева была намного больше, чем требовалось по технологии. Выполнение такой работы требовало больших затрат времени, труда и денежных средств. Применение дражирования позволило сократить расходы на использование семян на 30 %. Также открытие новой технологии решило проблему чрезмерной нормы высева мелких семян с шероховатой поверхностью (морковь, укроп и т. д.), а также семян неправильной формы (столовая свекла). Впоследствии прием дражирования стали применять для подготовки семян сахарной свеклы, рапса и других культур [14].

Дражирование актуально не только из-за улучшения посевных качеств семян, так на ранних этапах развития, когда корневая система растения еще слаба или несформирована, оно гарантирует нормальное питание семени, без которого трудно рассчитывать на стабильный рост. Кроме того, в почве могут просто не содержаться элементы, необходимые для развития семени. Правильно подобранное драже способно компенсировать бедность почвы. Для семян правильной формы и с гладкой поверхностью дражирование используют при необходимости создания специального защитного слоя.

К дражированным семенам предъявляют следующие требования:

1) прочность оболочки (драже не должно разрушаться вовремя хранения и механизированного сева);

2) обтекаемость формы и гладкость внешнего слоя (обеспечивают удобный и легкий сев);

3) гигроскопичность оболочки (при попадании в почву драже должно быстро впитывать влагу и распадаться);

4) энергия прорастания семени должна быть достаточной для прорастания сквозь искусственную оболочку;

5) отсутствие вредного воздействия на семя (драже не должно мешать росту, а состав химически активных веществ должен быть сбалансирован).

Как и любой процесс, дражирование имеет как положительные, так и отрицательные стороны [8]. Рассмотрим подробнее положительные стороны дражирования:

– защищенность семени на ранних этапах роста;

– возможность дополнительного питания семени через искусственную оболочку;

– исключение или уменьшение таких энергозатратных операций при возделывании, как прореживание, подкормка, обработка посевов ядохимикатами и гербицидами;

– сокращение норм высева и как следствие повышение производительности посевных агрегатов;

– высокая всхожесть;

– повышение урожайности;

– уменьшение загрязнения окружающей среды (так как часть удобрений наносится на сами семена, что сокращает внесение удобрений в почву).

К отрицательным сторонам можно отнести:

– повышенная потребность во влаге (в засушливое время дражированные семена могут не взойти);

– семенное драже хранится хуже, чем обычные семена;

– технология дражирования трудоемка и энергозатратна (необходимо специализированное оборудование и площадка для производства);

– производство дражированных семян требует квалифицированных специалистов;

– стоимость дражированных семян выше стоимости обычных семян.

Общий принцип дражирования семян состоит в следующем: на семена последовательно наносится один или несколько слоев различных веществ (питательных или защитных), основная масса которых инертна и нужна лишь для придания семенному драже необходимых размеров и правильной формы.

В настоящее время существуют различные машины и оборудование для создания защитных оболочек на семенах. Большинство серийных машин для дражирования семян (дражираторы) используют принцип наслаивания оболочки. Их можно классифицировать по следующим признакам:

- по принципу действия: периодического и непрерывного действия;
- по частоте вращения рабочих органов: тихоходные и быстроходные;
- по расположению оси вращения рабочих органов: вертикальные, горизонтальные и наклонные;
- по типу рабочих органов: барабанные, шнековые, вибрационные, с вращающимся дном (центробежные), штампочные.

Каждое исполнение имеет свои достоинства и недостатки.

Учитывая мировые тенденции развития данного оборудования в УО БГСХА (г. Горки, Республика Беларусь) был разработан экспериментальный дражиратор, предназначенный для послойного нанесения искусственной оболочки на поверхность семян, который доказал эффективность дражирования отечественных семян сахарной свеклы [3, 6–9, 14].

В настоящее время ведутся научные исследования по выбору оптимальных конструктивно-технологических параметров экспериментального оборудования для инкрустации семян рапса отечественных сортов с целью повышения их посевного потенциала и возможностью применять технологию точного посева.

**Заключение.** Дражирование семян является эффективным способом повышения посевных качеств семян. Это доказанный и неоспоримый факт. Его свидетельством является то, что ведущие западные фирмы уже давно применяют эту технологию для семян рапса, свеклы и других культур и импортируют семена с оболочкой по всему миру. Удобрения и защитные препараты, входящие в состав оболочки семян, повышают их посевной потенциал и в конечном счете увеличивают урожайность. Получаемый увеличенный размер и шаровидная форма дражированных семян позволяет в дальнейшем применять технологию точного посева.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
2. Генетические ресурсы растений. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры / Т. В. Сачивко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 22 с.
3. Дражиратор семян: пат. 22754 Респ. Беларусь. МПК А 01С 1/06/ Д. А. Михеев; заявитель УО БГСХА; № а 20170449; заявл. 2017.11.30; опубл. 2019.06.30 // Афіцыйны бюл. / Нац. Центр інтэлектуал. уласнасці. – 2019. – № 5. – С. 158.
4. Защита в одном драже [Электронный ресурс] / Агротехника и технологии. – Москва, 2008. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/14725-zashchita-v-odnom-drazhe>. – Дата доступа: 15.11.2021.
5. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
6. Михеев, Д. А. Дражирование семян сахарной свеклы центробежным дражиратором с лопастным отражателем / Д. А. Михеев. – Горки: БГСХА, 2017. – 179 с.
7. Михеев, Д. А. Перспективные способы предпосевной обработки семян / Д. А. Михеев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2018. – Вып. 3. – С. 75–78.
8. Михеев, Д. А. Совершенствование производственной линии для дражирования семян / Д. А. Михеев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2020. – Вып. 5. – С. 355–359.
9. Петровец, В. Р. Эффективность дражирования семян сахарной свеклы в центробежном дражираторе / В. Р. Петровец, Д. А. Михеев, В. П. Гнилозуб // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2020. – Т. 58, № 3. – С. 364–372.
10. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
11. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.
12. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2007. – 390 с.
13. Червяков, А. В. Обоснование границ варьирования конусности и угловой скорости вращения днища камеры дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестник БГСХА. – 2014. – № 2. – С. 207–210.
14. Червяков, А. В. Теоретические исследования движения семян по поверхности камеры смешивания центробежного дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестник БГСХА. – 2011. – № 1. – С. 146–153.

*Аннотация.* Рассмотрены преимущества и недостатки дражирования семян, история зарождения дражирования, описана классификация дражираторов.

*Ключевые слова:* семена, дражирование, дражиратор, оболочка, драже.

## ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ДЛЯ УБОРКИ КАМНЕЙ С ПОЛЕЙ В АПК

В. В. СЫСОЕВ

Комитет по сельскому хозяйству и продовольствию Минского облисполкома,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** В Беларуси более 1,4 млн. га сельскохозяйственных угодий засорено камнями, из которых 1,2 млн. га – пахотные земли и 200 тыс. га – сенокосы и пастбища. Особенно это характерно для северных, центральных и северо-западных районов, где завалуненные пашни могут составлять 30–50 %. Наиболее засорены камнями почвы Гродненской, Минской и Витебской областей.

Все это отрицательно влияет на производительность сельскохозяйственной техники и исключает возможность применения эффективных энергонасыщенных скоростных агрегатов.

**Основная часть.** Наибольшую опасность для рабочих органов сельскохозяйственных машин представляют скрытые камни. При столкновении с ними у плугов ломаются и изгибаются лемеха, отвалы и стойки корпусов. Например, в среднем на один корпус плуга отдельных хозяйств Гродненской, Минской и Витебской областей за сезон расходуется от 8 до 11 лемехов и до 5–6 отвалов. У посевных машин очень часто становятся неисправными диски и корпуса сошников. Попадание камней также вызывает поломки ножей, пальцев и шатунов уборочных машин. Во избежание этого приходится работать при повышенном срезе, что ведет к потерям урожая.

Вместе с тем при обработке почвы, засоренной камнями, неизбежны огрехи, которые зарастают сорняками, распространяющимися по всему полю. На каждом гектаре из-за камней не засеивается от 50 до 100 м<sup>2</sup> площади. В результате площадь снижается в три и более раза. Количество ростков зерновых культур вырастает на 5–10 % меньше, чем на свободных от камней полях. Часть растений, попадая под камень, вынуждены их обходить, что приводит к их гибели или к неравномерному росту и разному сроку созревания. На каменистых почвах снижается и эффективность химических способов борьбы с сорняками, ростки которых закрыты наружной поверхностью камня и защищены от химикатов.



Все вышесказанное ведет к значительным потерям урожая, особенно зерновых. Так, при засоренности поля камнями объемом  $10 \text{ м}^3/\text{га}$ , что составляет порядка  $125 \text{ м}^2$  площади, потери будут около  $0,2 \text{ ц/га}$ . При объеме камней  $25 \text{ м}^3/\text{га}$ , площадь составляет уже  $570 \text{ м}^2$ , а недобор урожая оценивается почти в  $1 \text{ ц/га}$ . Поэтому для увеличения объемов получения продукции и снижения себестоимости сельскохозяйственного производства большое значение имеет повышение культуры используемых угодий.

Существует несколько путей улучшения использования каменистых почв: уборка и вывоз камней с сельскохозяйственных угодий, приспособление сельскохозяйственной техники для работы на каменистых почвах, возделывание на каменистых почвах культур, мало или совсем не требующих обработки почвы [1–10].

Обычно камнеуборочные работы проводят на почвах, у которых степень засоренности не превышает  $50 \text{ м}^3/\text{га}$ . При большей каменистости уборка камня производится в зависимости от агрономической ценности земель. Очистку сельскохозяйственных угодий со степенью засоренности менее  $20 \text{ м}^3/\text{га}$  от поверхностных камней размером от  $5$  до  $30 \text{ см}$  (а таких почв в республике более  $1 \text{ млн. га}$ ) технически и экономически оправдано производить комплексом машин, состоящим из валкователя камней и подборщика камней из валков, где агрегат за  $3$ – $6$  проходов образует валок из камней, а затем удаляет его с поля. Для очистки полей со степенью засоренности более  $20 \text{ м}^3/\text{га}$  становится эффективным использование самостоятельно валкователя-подборщика камней. При этом нельзя забывать и о камнях размером более  $30 \text{ см}$ , которые являются серьезным препятствием для сельскохозяйственной техники и которые необходимо убирать в первую очередь.

Сенокосы и пастбища также требуют очистки. На пахотных землях, где камни мешают почвообработке, возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур, убирают поверхностные и скрытые камни. На естественных сенокосах и пастбищах убирают также полускрытые камни, препятствующие применению машин для кошения и уборки трав на сено.

Время и сроки проведения камнеуборочных работ на пахотных землях определяются двумя основными факторами: временем освобождения полей от сельскохозяйственных культур, наличием средств механизации и степенью занятости тракторного парка на остальных сельскохозяйственных работах. Камнеуборочные работы рекомендуются проводить осенью, после уборки урожая, в середине лета (на паро-

вых полей и пастбищах) и частично ранней весной. Например, весной лучше убирать камни с полей, предназначенных для посева наиболее поздних пропашных культур. Осенью камнеуборку необходимо проводить до и после подъема зяби. Естественные сенокосы можно очищать от поверхностных камней, мешающих работе сеноуборочных машин, ранней весной, после достаточного просыхания почвы, и осенью, после уборки урожая трав.

Экономический эффект складывается из снижения затрат на обработку почвы, возделывание и уборку сельскохозяйственных культур за счет уменьшения расходов на замену и ремонт рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных машин, повышения их производительности и снижения расхода горюче-смазочных материалов. Повышается также коэффициент использования площади и урожайности возделываемых культур за счет ликвидации огрехов, улучшается качество обработки почвы и уход за культурами, более равномерно и эффективно вносятся удобрения и т. д.

Для уборки камней могут использоваться различные средства механизации. В зависимости от назначения и последовательности выполнения операций они подразделяются на машины и приспособления для извлечения крупных и средних камней, уборки мелких камней, погрузочные и транспортные средства, а также средства механизации для измельчения камней.

Создание большей части моделей камнеуборочной техники подразумевает, что она будет с трактором. Основу такой техники составляют грабли, которые рыхлят грунт на установленную глубину. Одновременно такая машина зачерпывает камни, находящиеся в земле, направляя их на специальную решетку-фильтр. Размер собираемых окатенных фрагментов может быть разным, и регулируется при помощи изменения расстояния между зубьями граблей. Есть такие модели агрегатов, в которых зубчики установлены в два ряда. Такое устройство позволяет собирать одновременно и мелкие, и крупные камни.

Сразу после сборки фрагменты сортируются и попадают в специальный бункер. Если граблями был захвачен грунт или мелкие его кусочки, то они через решетку выпадают обратно на землю. По мере заполнения камнями емкость очищается.

Чтобы убрать все камни с пахотного поля, обычно хватает одного прохода камнеуборочной техники. Машины собирают камни разного размера и этот диапазон варьируется в больших пределах. Агрегат собирает и камни диаметром 2–3 см, и довольно большие фрагменты

(30 см или больше). Следить за тем, заполнен ли бункер камнями, должен сам оператор сельскохозяйственного агрегата. Бункер необходимо освобождать своевременно, чтобы лишний вес не создавал агрегату дополнительных нагрузок.

Общая классификация камнеуборочных машин включает в себя несколько типов разделения (таблица).

#### Общая классификация камнеуборочных машин

Способ действия	Непрерывные	Убирают с поверхности почвы камни мелких и средних размеров, используя для этого сплошное рыхление пахотных слоёв грунта. Для рыхления почвы применяются пассивные (скребки, зубья, лемехи) и активные (роторы) рабочие инструменты
	Циклические	Помогают убрать камни диаметром 0,3 м или больше, расположенные на поверхности грунта или в пахотном горизонте
Способ транспортировки	С поворотным механизмом	Устроен так же, как и стандартный корчеватель, имеет внизу несколько изогнутых вперёд зубчиков. Чтобы убрать камень, зубья рабочего органа заглубляются в грунт, под него (их спуск осуществляется при помощи гидроцилиндров). Далее трактор толкает механизм вперёд, способствуя сдвиганию камня. одновременно с этим гидроцилиндры помогают поднять раму рабочего органа вверх и повернуть сам рабочий механизм. Выкорчеванный таким способом камень захватывается рабочим механизмом, перемещается на поднятую раму, и переносится на ней к месту разгрузки
	Толкающего действия	Помогают убрать крупные камни с поля. Зачастую представляют собой корчеватели с передним навесным инструментом. Некоторые модели представлены корчевателями рычажного типа
	Оснащенные механизмом челюстного захвата	Помогают убрать крупные камни с поля. Зачастую представляют собой корчеватели с передним навесным инструментом. Некоторые модели представлены корчевателями рычажного типа
Способ отделения камней от земли	Полунавесные	Камни разгружаются в специальное транспортное средство при помощи поперечного отгрузочного транспортёра
	Прицепные	Разгрузка собранных каменных элементов происходит в накопительные емкости (бункеры) которые необходимо очищать по мере заполнения

Камнеуборочная машина Kivi-Pekka осуществляет уборку камней с поверхности почвы, проникая на глубину до 15 см. Одновременно с

этим ею производится первичная обработка грунта перед высадкой культурных растений. Камнеуборочная машина присоединяется к трактору с помощью сцепного устройства, которое корректирует гидравлический цилиндр. Это система крепления снижает износ и гарантирует, что забор грунта может регулироваться.

Принцип действия этой техники основывается на вращении роторных механизмов, которое осуществляется в направлении, обратном тому, в котором передвигается машина. С их помощью камни перемещаются к центральной части агрегата, где захватываются зубцами подъемного барабана и проходят через сито в сборный бункер. Комья земли в этот момент через сито осыпаются на землю. Емкость бункера варьируется в пределах 1,5–2 т, и после его наполнения камнисыпаются в специально отведенное место при помощи самосвала.

Все роторы для забора камней управляются отдельными усиленными ремнями. Имеется большое количество пальцев для захвата камней (18 или 28) – и даже если один ломается, машина продолжает эффективно работать. В наличии большие колеса, низкие требования к электропитанию, возможность установки монитора в кабине трактора и возможность следить за работой оборудования, не выходя из кабины.

Рабочая ширина подборщика камней может составлять 4 м, 5 м и 6 м. В модели Kivi-Pekka 4 ширина подъемного барабана 80 см, в других моделях по 113 см. Максимальная производительность агрегата этой модели составляет 1200 кг за 1 минуту.

Обновленная Kivi-Pekka 4HD 4-метровая с гидроподъемом, усиленная рама. Модель стала тяжелее на 700 кг обеспечивая еще большую устойчивость при разгрузке.

Агрегат для уборки камней ДУМ ЮМРА помогает собрать фрагменты размерами 8–10 см. Такая машина эффективно работает на каменистых местностях. Собирать камни помогает захватывающий ковш, который помещает элементы в специальный бункер. Его емкость варьируется в диапазоне 1.58–3.40 м<sup>3</sup>, а рабочая ширина – от 1,60 до 2,40 м. Модель камнеуборочной машины ДУМ ЮМРА совместима с тракторами мощностью 65–90, 130–150, 90–130, 150–180 лошадиных сил.

Главное достоинство камнеуборочной машины УКП-0,6 заключается в том, что такая техника помогает расчистить зону пахотного слоя (до 10 см) от камней средних и маленьких размеров (с диаметром от 12 до 65 см). Этот же агрегат хорошо собирает камни, расположенные на поверхности почвы. Камнеуборочная машина данной модели сочета-

ется с тракторами марки Беларусь. Машина состоит из: рамы, прицепного устройства, ходовых колес, гидросистемы, бункера решетчатого типа и гребёнки. Захват камней осуществляется при помощи гребёнки, на ней же фрагменты и накапливаются. Когда гребенка поднимается вверх, камни с нее ссыпаются в специальный бункер, емкость которого составляет 0.7 м<sup>3</sup>. Перегрузка камней осуществляется при остановленном тракторе. При заполнении емкости ее транспортируют за пределы поля для разгрузки. Поворот бункера назад при разгрузке камней осуществляется с помощью гидроцилиндров. Наличие гидросистемы позволяет оператору управлять камнеуборочной техникой прямо из кабины трактора.

Отличительные особенности конструкции камнеуборочной машины Degelman 7200 Signature™: барабан с высокопрочными и долговечными пружинами; высокий уровень производительности, который достигается за счёт особой конструкции барабана, состоящего из 3 сегментов большого объема и широкой решетки; шины низкого давления большой ширины, позволяющие уменьшить вероятность уплотнения грунта даже при наполненном камнями бункере; щит с функцией отбойника камней – является стандартным комплектующим элементом камнеуборочной машины и препятствует разлету камней, способствует равномерному и правильному наполнению бункера; цельнолитые зубья, оснащенные сменными наконечниками для собирающей решетки; бункерное щелевидное днище, изготовленное из стальных планок и представляющее собой зубья с пружинящим эффектом, которые не деформируясь, способны принимать прежнюю форму; опорные гидравлические крылья, которые управляются механизмами гидравлической системы, обеспечивают безопасность маневрам трактора в транспортном и рабочем положении.

Уборка мелких камней – технологически и технически более сложный процесс, так как требуется не только их подбирать с поверхности, но и очищать от них почвенный слой на глубину до 20 см.

В практике очистки сельскохозяйственных угодий и, особенно, пахотных земель от мелких камней сложились два технологических направления их уборки: первое – уборка их с поверхности по мере выпашивания мелких камней и второе – сепарация почвенного слоя толщиной 15–20 см и удаление камней.

Первый вариант связан с необходимостью практически через 2 года очищать почвы от мелких камней, так как они в процессе сельскохозяйственных работ систематически появляются на поверхности. Кроме

того, очистка только лишь поверхности почвы от мелких камней не предотвращает поломки рабочих органов сельскохозяйственных машин от поломок и сбора самих камней вместе с корнеплодами.

С этой точки зрения, более перспективной является технология уборки мелких камней одновременно с сепарацией почвенного слоя. Такая технология гарантирует проведение сельскохозяйственных работ в течение 2–4 лет, не опасаясь повреждений сельскохозяйственных машин и подбора мелких камней в процессе механизированной уборки сельскохозяйственных культур.

Валкователь-подборщик мелких камней Giant 2500 представляет собой многофункциональный агрегат для сгребания в валок камней размером 5×40 см с поверхности из почвенного слоя глубиной 8 см, подбора камней элеватором с сепарацией грунта и выгрузки их поперечным транспортером в факторный прицеп.

Валкователь-подборщик Giant 2500 имеет два роторных валкователя, поставленных под углом к продольной оси агрегата со встречным вращением. Роторы-валкователи перемещают поверхностные и скрытые на глубине до 5 см в середину в валок. Пассивный решетчатый лемех, установленный фронтально между роторами, сзади поднимает камни, которые подхватываются ротором с тремя гребенками, установленными под углом 120° и подаются на поперечный транспортер, состоящий из горизонтальной и наклонной частей. Лемешно-гребенчатая система способствует сепарации грунта. Поперечный транспортер выгружает камни в транспортное средство (тракторный прицеп, автосамосвал). Транспортные средства отвозят мелкие камни в места складирования или переработки. Трансмиссия работает от вала отбора мощности через систему редукторов и карданных валов. В транспортном положении роторные валкователи гидросистемой устанавливаются вертикально, а боковой транспортер разворачивается вдоль движения во встречном направлении.

**Закключение.** Экономический эффект, получаемый в результате очистки сельскохозяйственных угодий от камней, складывается из снижения затрат на обработку почвы, возделывание и уборку сельскохозяйственных культур за счет уменьшения расходов на замену и ремонт рабочих органов почвообрабатывающих и уборочных машин, повышения их производительности и снижения расхода горюче-смазочных материалов. Повышается также коэффициент использования площади и урожайности возделываемых культур за счет ликвидации огрехов, улучшается качество обработки почвы и уход за культу-

рами, более равномерно и эффективно вносятся удобрения, снижаются потери в процессе уборки урожая.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Камнеуборочная машина Degelman 7200 Signature [Электронный ресурс] // Компания «ИнстерАгроТрейд»: сельскохозяйственная и коммунальная техника [Официальный сайт] URL: <http://insteragrottrade.ru/node/318>. – Дата обращения: 30.08.2021.
2. Камнеуборочные машины Kivi-Pekka [Электронный ресурс] // Компания «Максимум-Агро» [Официальный сайт] URL: <http://maximum-agro.ru/goods/Kamneuborochnye-mashiny-Kivi-Pekka?uclid=189597072079723016>. – Дата обращения: 26.08.2021.
3. Камнеуборочные машины LAR, Laumetris [Электронный ресурс] // ЗАО «Laumetris» [Официальный сайт] URL: [http://www.laumetris.lt/ru\\_lar\\_stone\\_collector\\_kamneuborochnye\\_mashiny](http://www.laumetris.lt/ru_lar_stone_collector_kamneuborochnye_mashiny). – Дата обращения: 26.08.2021.
4. Камнеуборочные машины: классификация, модели, цены [Электронный ресурс] // «Спецтехника Инфо» [Информационный портал] URL: <http://spectehnika-info.ru/obzorkamneuborochnykh-mashin/>. – Дата обращения: 30.08.2021.
5. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
6. Пат. 2267244 Российская Федерация, МПК А01В 43/00. Способ уборки камней и устройство для его осуществления [Текст] / Л. Н. Бурков; заявл. 04.07.2003; опубл. 10.01.2006
7. Пат. 2373674 Российская Федерация, МПК А01В 43/00. Камнеуборочная машина [Текст] / М. Ч. Дудиев, Т. Т. Гаппоев, Б. Б. Басаев, А. М. Касаев; заявл. 13.06.2007; опубл. 27.11.2009.
8. Сепарирующая машина Grimme CS 150 [Электронный ресурс] // Grimme Landmaschinenfabrik GmbH&Co. KG [Официальный сайт] URL: <https://www.grimme.com/ru/products/separierungstechnik/cs-serie>. – Дата обращения: 30.08.2021.
9. Kongskilde-STONEBEAR Stone collector [Электронный ресурс] // Kongskilde Agriculture Russia [Официальный сайт] URL: <http://www.kongskilde.com/ru/ru>. – Дата обращения: 26.08.2021.
10. SCHULTE – Камнеподборщики [Электронный ресурс] // «Компания ЛоГус» – официальный импортер компании Schulte Industries Ltd. (Канада) [Официальный сайт] URL: [http://www.logus.schulte.ru/?page=rock\\_removal](http://www.logus.schulte.ru/?page=rock_removal). – Дата обращения: 11.02.2021.

*Аннотация.* Рассмотрены основные технологии и машины для уборки камней как с поверхности поля, так и расположенных на глубине до 50 см в сельскохозяйственных организациях АПК.

*Ключевые слова:* пахотные земли, сенокосы и пастбища, камни, сельскохозяйственная техника, камнеуборочные машины.

## **DIRECTIONS OF REPRODUCTION OF THE TECHNICAL POTENTIAL OF AGRARIAN PRODUCTION**

O. SKLIAR, PhD (Engineering)  
N. BOLTIANSKA, PhD (Engineering)  
R. SKLIAR, PhD (Engineering)

Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university,  
Melitopol, Ukraine

**Introduction.** The transformation of agricultural production into global integration processes has led to significant changes in agriculture. As world experience shows, progressive development of agriculture is possible on the basis of innovative and technological development under the influence of scientific and technological progress. It is innovation and technological development that determines the level of development of the agricultural sector of the economy. In modern conditions, the level of engineering and technical support of agriculture has significantly deteriorated. The structure of the market of agricultural machinery has changed, which requires new approaches to the formation of the system of engineering and technical support of agricultural production [1, 2].

**Main part.** The modern development of agricultural production is determined by the ability to timely and efficiently ensure the agronomic requirements for growing crops. The development of agriculture largely depends on the technical support, which is characterized by the number of technical means, their productivity and quality, compliance with environmental requirements, operational safety and technological excellence of production. Production of environmentally friendly products based on the introduction of new technologies with the use of structurally new high-performance machines. All over the world, revolutionary changes have taken place in the last decades in the production of agricultural products, especially in crop production. Their essence is to biologize technologies, save energy and resources to perform technological operations, protect the environment, increase environmental safety in the production process. Biologization is carried out in the directions of reducing the anthropogenic load on the soil, improving the vital activity of the biological mass of soil microorganisms, creating a balanced water-air and thermal regimes, which leads to more intensive assimilation of mineral elements by plants [3, 4].



Modern world strict biological requirements for agricultural products influence the tendency to create new machines and technologies. The creation of new machines and working bodies is in the direction of the ability to work on different types of soils, loosen or compact depending on the need at different depths, reducing anthropogenic pressure by ensuring biological development. technological preparatory period, introduction of modular units for performance of various technological operations, maintenance of accuracy of performance of technological operations. New resource-saving and ecological technologies of tillage combine the performance of separate technological operations, for example, soil preparation, loosening to the required depth, application of organic and mineral fertilizers, precise sowing, soil compaction, harrowing. The strategy of the innovative concept of development of agrotechnologies and their technical maintenance consists in optimization of terms of performance of all complex of operations and agrotechnical requirements for reception of the programmed crop with the set qualitative parameters [5, 6].

The growth of technological requirements for agricultural production is accompanied by the formation of a new set of technological machines. In the absence of working capital, most affected by the crisis, the domestic agricultural machinery is unable to ensure the development and production of high quality equipment. In the conditions of fierce international competition in the market of technical means the segment of imported new and used agricultural machinery is developing more and more. Such trends are caused by market requirements for the production of competitive agricultural products. The market of imported agricultural machinery is increasingly providing agricultural production with the necessary technical means for the introduction of advanced agricultural technologies. Domestic agricultural machinery is gradually losing its position in the market of technical means, and agricultural machinery in terms of technical characteristics and quality of manufacture is less and less able to compete with foreign ones [7]. As a result, the technical level of domestic machines is extremely unsatisfactory, and the implementation of new developments is slow in the absence of funds from enterprises. This state of engineering and technical support requires a comprehensive analysis of the state and trends of development, taking into account issues of scientific, engineering, organizational, economic, legal and social nature (Fig. 1).

At the beginning of the XXI century there are changes in the infrastructure of the market of technical means under the influence of agrarian reform, accompanied by land unbundling and changes in the size of land, the

emergence of new legal forms of management and landowners. According to the Ministry of Agrarian Policy at the beginning of 2019 about 65 % of agricultural land was owned by small and individual landowners who own land plots of 5–80 hectares [7, 8].

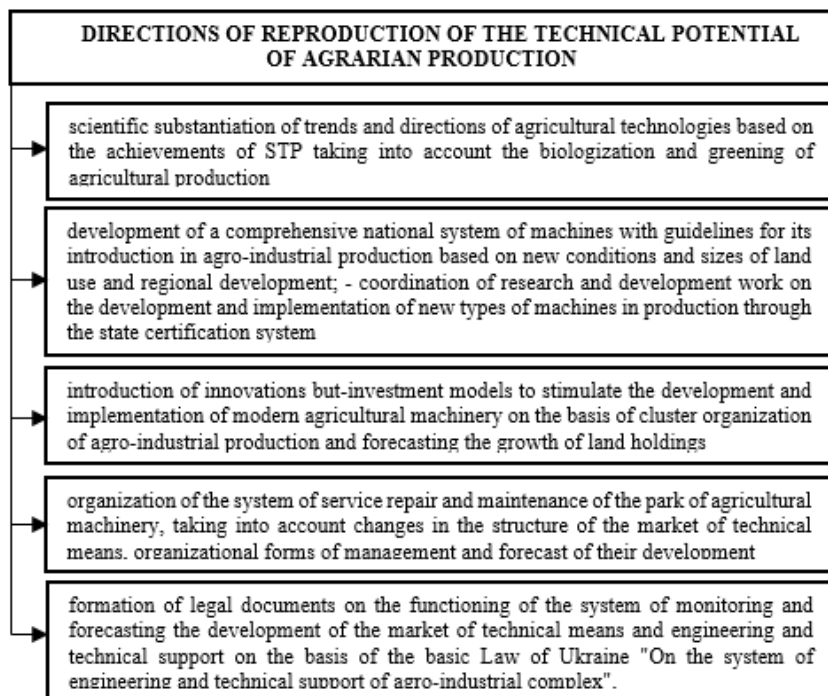


Fig. 1. Directions of reproduction of the technical potential of the agrarian production

The change in demand for agricultural machinery has significantly changed the structure of the market for technical equipment and led to the intensive import of new and used imported agricultural machinery. The growing trend of imports of agricultural machinery continues, for example, only in Ivano-Frankivsk region over the past decade, imports of machinery increased 8.5 times. At the beginning of 2019 about 40 % of the operational fleet of machines is imported agricultural machinery. In connection with the creation of the market infrastructure of the agricultural sector, there is a revival in the establishment of a system of logistics through agro-trading

houses, agro-leasing companies, branded technical centers, service stations, logistics companies, etc.

In recent years, the system of technical service and repair and restoration works has been destroyed. Many agro-service enterprises have changed their profile. In Ivano-Frankivsk region, out of 22 repair and technical and service enterprises, only 3 have retained their business profile. With the changes in the market structure, the market of technical service is gradually restored, this is due to the operational complexity of machines, the need for highly qualified maintenance and service personnel and the gradual replenishment of the fleet of machines with imported equipment.

The market of technical and technological services is being introduced more and more widely. Agricultural maintenance should be considered in a market environment in close connection with the production and use of machinery. Associations of manufacturers and consumers of equipment, suppliers of technical equipment and service and technical stations operate in many countries around the world, for example, a dealer network of engineering and technical support of farms in the US, regional engineering stations in Poland, service centers in the Czech Republic and others. Worth noting is the foreign experience of using agricultural machinery, where various structural forms of agricultural production operate successfully in the agricultural market: cooperatives, peasant unions, firms, joint-stock companies, corporations, etc. Considering the structure of the market of agricultural machinery and spare parts, the following segments can be distinguished: the market of new domestic machinery supplied by manufacturers, branded centers, dealers, trade and commercial centers; the market of refurbished domestic equipment coming from repair enterprises, supplied by repair enterprises, branded centers, trade intermediaries; the market of new imported equipment supplied by importing companies, commercial and service companies, dealers, representative offices; the market of refurbished imported equipment imported by foreign companies, representative offices of companies, dealers; the market of used foreign equipment sold at residual value without restoration work, as a rule, the degree of wear is insignificant. The sale is carried out by firms and representative offices of foreign companies, dealers, agents.

Reforms of the agricultural supply system led to the creation, along with general wholesale markets, of local markets for tillage, sowing, grain harvesting, meat and dairy, baking and other types of machinery. This segmentation of hardware markets is conditional because joint-stock companies, companies, firms sell all types of equipment and provide comprehensive

services for pre-sale, after-sales service, warranty service, supply of spare parts, training and other operational services.

**Conclusion.** Thus, in order to carry out technical re-equipment of agricultural producers, it is necessary to ensure coordination of the activities of state administrative structures and to form appropriate engineering and technical support services. In such conditions, a purposeful state technical policy is needed aimed at technical renewal of the material and technical base of agriculture, production of modern agricultural machinery and appropriate engineering and technical support.

#### REFERENCES

1. Komar, A. Definition of priority tasks for agricultural development / A. Komar // Multidisciplinary research. – Bilbao, 2020. – P. 431–433.
2. Boltianskyi, O. Environmental benefits of organic agricultural production / O. Boltianskyi // Молодь і технічний прогрес в АПК. – Харків: ХНТУСГ, 2021. – С. 206–209.
3. Grigorenko, S. Technical means for mechanization of technological processes on livestock farms / S. Grigorenko // Theory, practice and science. – Tokyo, 2021. – P. 255–257.
4. Boltianska, N. Measures to improve energy efficiency of agricultural production / N. Boltianska, R. Skliar // Social function of science, teaching and learning. – Bordeaux, 2020. – P. 478–480.
5. Zhuravel, D. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems / D. Zhuravel // Multidisciplinary academic research. – Amsterdam, 2021. – P. 83–86.
6. Dereza, S. The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research / S. Dereza, S. Grigorenko, S. Syrotyuk, T. Jakubowski // Processes. – 2021. – Nr. 9. – P. 11–44.
7. Boltianskyi, O. V. Reducing energy expenses in the production of pork / O. V. Boltianskyi, B. V. Boltianskyi // WayScience. – 2021. – Nr. 1. – P. 27–29.
8. Manita, I. Y. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector / I. Y. Manita // Engineering of nature management. – 2021. – Nr. 1 (19). – P. 7–12.

*Аннотация:* Исследовано состояние и перспективы инженерно-технического обеспечения аграрного производства на основе инновационно-инвестиционных процессов, происходящих в агропромышленном комплексе под влиянием изменений рынка сельскохозяйственной техники. Учтены региональные особенности и определены направления и принципы воспроизводства технического потенциала сельского хозяйства.

*Ключевые слова:* агропромышленный комплекс, технический потенциал, направления воспроизводства.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗМЕРНО-МАССОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОРОХА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

М. В. ЦАЙЦ, ст. преподаватель

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

**Введение.** В условиях интенсификации сельскохозяйственного производства особую значимость приобретает обеспечение хозяйств семенами высокой всхожести районированных сортов, которые наиболее полно соответствуют почвенно-климатическим условиям республики [1]. Получение высококондиционного льняного посевного материала наиболее целесообразно комбайновым способом в фазе ранней желтой и желтой спелости [2].

Отделение семян от стеблей льна, как один из наиболее влиятельных процессов при производстве как семенного материала, так и льняного волокна, во многом предопределяет последующие операции и технологический процесс. В зависимости от характера взаимодействия рабочих органов различных устройств с обрабатываемым материалом и механизма отделения семенных коробочек или выделения из них семян, а также этапов уборки и переработки льняной продукции, на которых осуществляется процесс отделения семян от ленты льна или льняной тресты, существенно изменяется выход длинного льняного волокна качество получаемого семенного вороха льна.

Для уменьшения отхода стеблей в путанину и снижения их повреждаемости при осуществлении процесса отделения семян во время уборки льна комбайновой технологией в УО БГСХА разработано роторное бильно-вычесывающее устройство [3, 4, 5], производственные испытания которого проводились на полях льнозавода ОАО «Дворецкий льнозавод» в период с 03.08.2021 по 11.08.2021 урочище Петруки. Культура – лен-долгунец сорта Ласка (1 р.), полная фаза спелости. Густота стеблестоя 1806 шт./м<sup>2</sup>, полежание стеблестоя – 3,5 и 5 балла.

**Основная часть.** Льняной ворох – это материал, полученный в процессе отделения семенной части от растений льна очесывающим или обмолачивающим аппаратом льноуборочного комбайна. Ворох, получаемый от льнокомбайнов, является малосыпучей смесью неоднородных по размеру и спелости коробочек льна и семян. В нем содержатся длиностебельные примеси в виде обрывков стеблей льна и

сорняков. Состав получаемого льновороха зависит от степени засоренности посевов, условий созревания, сроков уборки, степени полеглости стеблестоя настройки льнокомбайна и т. д.

Определение состава вороха осуществлялось следующим образом. Вся площадь тракторного прицепа с семенным ворохом льна разбивалась на 10 равных секторов. Затем из этих 10 секторов случайным образом выбиралось пять [6, 7], из которых отбирались навески вороха, массой не менее пяти килограмм, на глубину всей насыпи. Такой объем вороха соответствует требованиям обеспечения достаточной для сельскохозяйственной механики точности экспериментов. После отбора образцов производилась их разборка. Отдельно выбирались стебли, сорняки, коробочки и свободные семена. Фракции, полученные таким образом, взвешивали по отдельности и определяли процентное массовое содержание их в общем объеме вороха. При разборке образца определялась также закономерность содержания в ворохе солоmistых частиц определенной длины и массы, диаметра этих частиц и диаметра коробочек льна. Для этого образец разделяли на фракционные группы с интервалом 10 мм, затем взвешивали каждую группу отдельно и определяли ее процентное содержание в данной пробе. Длину обрывков стеблей и других солоmistых частиц измеряли линейкой ГОСТ 5094–74 с точностью до 1 мм, диаметр солоmistых частиц и диаметр коробочек – с помощью электронного штангенциркуля с точностью до 0,01 мм, массу стеблей, коробочек и свободных семян – путем взвешивания на электронных весах ВК-600 с точностью 0,01 г. Повторность опытов трехкратная, каждую повторность выполняли по вышеизложенной методике. При этом вероятность охвата генеральной средней в исчисленных пределах равна 0,95. Значение относительной величины предельной ошибки при исследовании сельскохозяйственных сред, материалов и растений рекомендуется выбирать в пределах 3–5 % [7].

Определение статистических характеристик вариационного ряда производилось по классическому способу [6, 7], где основными его характеристиками являются: среднее арифметическое, среднее квадратическое отклонение, ошибка средней арифметической, показатель точности опыта, коэффициент вариации по среднему квадратическому отклонению.

Количество растительных остатков культурных и сорных растений, содержащихся в семенном ворохе льна, зависит от засоренности посевов, погодных условий и состояния стеблестоя. Полеглий стеблестой с

повышенной засоренностью – следствие большого количества осадков в течение периода вегетации. При уборке таких посевов льнокомбайном происходит обрыв стеблей или выдергивание их из ленты льна во время очеса в очесывающем аппарате. Длина обрывков стеблей льна при такой уборке находится в пределах от 5 до 145 мм, длина растительных остатков сорняков – от 20 до 170 мм.

Нами были проведены исследования плотности семенного вороха льна, полученного при уборке льна-долгунца комбайновой технологией. Уборка осуществлялась в первом случае льноуборочным комбайном ЛК-4А с серийным гребневым очесывающим аппаратом и во втором случае комбайном «Двина-4М» с разработанным в УО БГСХА роторным бильно-вычесывающим обмолачивающим аппаратом.

Ворох со значительным содержанием путанины представляет собой связанную массу, трудноразделимую из-за пронизывающих ее прочных стеблей. У такого вороха практически полностью отсутствует сыпучесть. После выгрузки из транспортных средств при перемещении по плоскости он сохраняет форму емкости, из которой выгружен. Ворох с содержанием путанины около 5 % практически однороден, значительно менее влажен, представляет собой малосыпучий, но легко-разделимый материал. Плотность льняного вороха (таблица), полученного при уборке льна комбайном ЛК-4А с гребневым очесывающим устройством, колебалась в пределах 129–151 кг/м<sup>3</sup> и в среднем составила 140,2 кг/м<sup>3</sup>.

**Плотность семенного вороха льна, полученного при уборке комбайновой технологией с использованием гребневого очесывающего и роторного бильно-вычесывающего устройств**

Показатели	Повторность опытов			Среднее арифметическое значение
	1	2	3	
<b>При уборке ЛК-4А с гребневым очесывающим аппаратом</b>				
Масса вороха, кг	13,3	15,5	11	13,27
Площадь дна ящика, м <sup>2</sup>	0,25	0,25	0,25	0,25
Высота расположения вороха в ящике, м	0,38	0,41	0,34	0,38
Плотность вороха, кг/м <sup>3</sup>	140,0	151,22	129,41	140,21
<b>При уборке «Двина-4М» с роторным бильно-вычесывающим устройством</b>				
Масса вороха, кг	12,1	14,63	17,05	14,59
Площадь дна ящика, м <sup>2</sup>	0,25	0,25	0,25	0,25
Высота расположения вороха в ящике, м	0,35	0,38	0,41	0,38
Плотность вороха, кг/м <sup>3</sup>	138,29	154,00	166,34	152,88

Плотность льняного вороха, полученного при уборке льна комбайном «Двина-4М» с роторным бильно-вычесывающим устройством, колебалась в пределах 138–166 кг/м<sup>3</sup> и в среднем составила 152,9 кг/м<sup>3</sup>, что на 9 % больше, чем ворох полученный при очесе гребневым аппаратом.

В льноворохе льна, полученном при уборке льна прицепным комбайном ЛК-4А с гребневым очесывающим устройством, содержится 52–84 % семенных коробочек различной спелости и влажности (рис. 1, а), 2–9 % свободных семян и 12–45 % путанины, мякины и сорняков. Семян в ворохе содержится 35–50 % от общей массы вороха.

В семенном ворохе льна, полученном при уборке льна прицепным комбайном «Двина-4М» с роторным бильно-вычесывающим устройством содержится 55–87 % семенных коробочек различной спелости и влажности (рис. 1, б), 11–16 % свободных семян и 4–23 % путанины, мякины и сорняков. Семян в ворохе содержится 41–67 % от общей массы вороха.

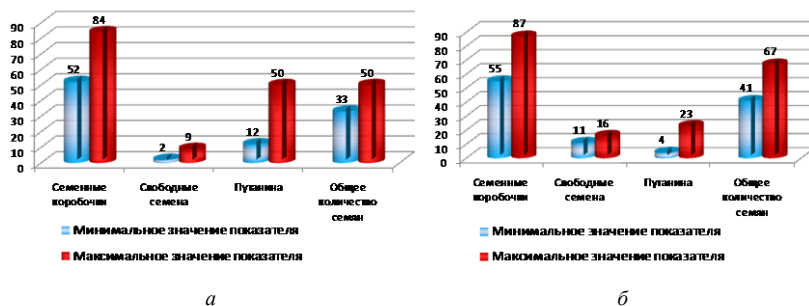


Рис. 1. Процентный состав льновороха при комбайновой уборке:  
 а – уборка с гребневым очесывающим аппаратом;  
 б – уборка с роторным бильно-вычесывающим устройством

Длина обрывков стеблей льна при очесе гребневым аппаратом варьируется в пределах 20–170 мм, а наибольшее (48 %) их процентное содержание приходится на величину 50–110 мм и 32 % – 110–150 мм.

Длина обрывков стеблей льна при обмолоте роторным бильно-вычесывающим аппаратом варьируется в пределах 10–150 мм, а наибольшее (52 %) их процентное содержание приходится на величину 30–90 мм и 27 % – 90–120 мм.



**Заключение.** Применение роторного бильно-вычесывающего устройства в сравнении с серийно-выпускаемым гребневым очесывающим аппаратом позволяет уменьшить процентное содержание пуганины в структуре компонента льняного вороха в среднем на 56,5 %, а общий объем льновороха снизить на 28,5–56,3 %. Плотность вороха, получаемого при уборке роторным бильно-вычесывающим аппаратом, увеличивается на 9 % (с 140 кг/м<sup>3</sup> до 152,8 кг/м<sup>3</sup>).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Комплексная механизация возделывания и уборки льна / А. В. Писарчик [и др.]. – Минск: Ураджай, 1983. – 127 с.
2. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестник БГСХА. – 2017. – № 2. – С. 137–141.
3. Устройство для отделения семенных коробочек льна от стеблей: пат. 21293 Респ. Беларусь, МПК А 01D 45/06 (2006.01) / В. Е. Круглень, В. И. Коцуба, П. Д. Сентюров, А. Д. Сентюров, М. В. Цайц, Г. А. Райлян, И. Л. Подшиваленко; заявитель УО «Белорус. гос. с.-х. акад.» – № а 20130044; заявл. 14.01.13; опубл. 25.05.17 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 4 (117). – С. 57.
4. Алексеенко, А. С. Разработка роторного бильно-вычесывающего устройства льна / А. С. Алексеенко, М. В. Цайц. Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – С. 234–241.
5. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц. – Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
6. Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментальных исследований и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин. – Москва: Колос, 1967. – 159 с.
7. ГОСТ 27502–83. Надежность в технике. Система сбора и обработки информации. Планирование наблюдений. Взамен ГОСТ 17510–79; Введ. 01.07.84. – Москва: Изд-во стандартов, 1984. – 23 с.

*Аннотация.* Приведена методика определения размерно-массовых компонентов семенного вороха льна-долгунца. Определено процентное содержание каждого отдельного компонента в общей массе семенного вороха льна. Определен дисперсный состав компонентов, входящих в его состав, и плотность вороха. Приведены графики процентного состава льновороха, полученного при комбайновой уборке с гребневым очесывающим аппаратом и разработанным в УО БГСХА роторным бильно-вычесывающим аппаратом.

*Ключевые слова:* комбайновая технология, семенной ворох льна, размерно-массовые характеристики, компоненты вороха льна, плотность вороха.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТЯНУТОСТИ ЛЕНТЫ ЛЬНА: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

А. Н. ЧАЙЧИЦ, канд. техн. наук, доцент  
М. В. ЦАЙЦ, ст. преподаватель  
Ю. А. ДОМЧЕВ, студент

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

**Введение.** Одним из негативных показателей работы льноуборочной техники является растянутость ленты льна. Растянутость снопа льносоломой (льнотресты) – отношение средней сноповой длины к средней горстевой длине [1, 2, 3]. Растянутость ленты льна усложняет последующие процессы, в частности очес (обмолот), прессование и трепание.

Делители и теребильные ручки, в процессе уборки льна, работают в самых разнообразных условиях. Наиболее неблагоприятные условия работы делителей и теребильного аппарата возникают при тереблении изреженного и короткостебельного льна в стадии конца зеленой спелости и начале ранней желтой спелости, а также в условиях полегания стеблестоя [3, 4].

Для качественного анализа влияния рабочего процесса льноуборочной техники необходимо определить составляющие оказывающие влияние на растянутость ленты льна. Определить теоретическую зависимость растянутости ленты льна от данных факторов.

**Основная часть.** Вопросы теории образования растянутости ленты льна в теребильном ручье рассматривались и раньше. Однако их рассмотрение проводилось как следствие работы того или иного рабочего органа.

Спереди теребильные аппараты снабжены делителями стеблестоя льна, изготовленными, как правило, из прутковой стали.

При работе теребильного аппарата наклоняемые делителями стебли, сходя с прутков, попадают в зону действия теребильных ремней (рис. 1). Ширина этой зоны  $2B_1$ , а границы находятся в точках  $B_1$  и  $B_2$ , где и начинается подвод стеблей в ручей ремнями.

Проводя анализ затягивания стеблей ремнями, согласно Г. А. Хайлиса [5] можно установить, что при малых значениях показателя скоростного режима траектории точек ремней будут иметь вид  $B_1K_1$  и  $B_2K_1$ , а при больших значениях этого показателя –  $B_1K_2$  и  $B_2K_2$ .

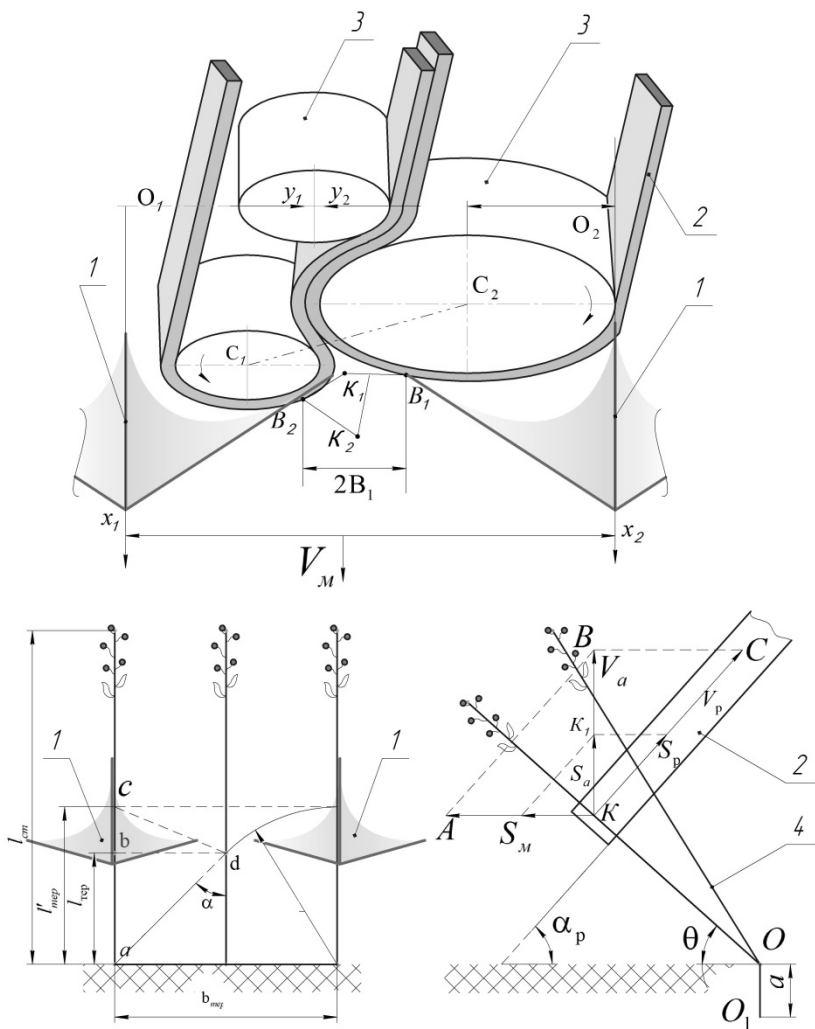


Рис. 1. Схема тербления стеблей льна из почвы аппаратом с продольными ручьями:  
 1 – делитель; 2 – тербильный ремень; 3 – ролик; 4 – стебель льна

Воздействие ремней на стебли может вызвать дополнительный наклон крайних стеблей и увеличение растянутости пучка вытербленных стеблей. Дополнительный наклон будет весьма мал при малых

значениях показателя и значительным при больших значениях  $\lambda$ . Ввиду этого растянутость вытеребленных стеблей увеличивается с ростом скоростного режима, что ведет к снижению чистоты тербления.

Относительный сдвиг в ленте формируется в первую очередь при взаимодействии стеблей с делителями и при взаимодействии стеблей с тербильным аппаратом. При взаимодействии стеблей с делителями происходит наклон стеблей, непосредственно взаимодействующих с делителем в продольном направлении по ходу движения машины и в поперечном направлении к точке  $K$ . При этом наибольшему наклону подвержены стебли льна, наиболее удаленные от точки  $K$  зажима тербильными ремнями и наименьшему наклону подвержены стебли, расположенные в центре тербильной секции.

Растянутость ленты льна можно записать как

$$\lambda = \frac{l_{\text{ст}} - \Delta l_{\text{ст}}}{l_{\text{ст}}}, \quad (1)$$

где  $l_{\text{ст}}$  – длина стебля льна, м;

$\Delta l_{\text{ст}}$  – расстояние между наиболее высокорасположенной верхушкой стебля льна и наиболее низкорасположенной верхушкой стебля льна, м.

Поскольку наклон стебля льна происходит по двум взаимно перпендикулярным направлениям, то  $\Delta l_{\text{ст}}$  можно представить, как:

$$\Delta l_{\text{ст}} = \sqrt{\Delta l_{\text{ст.х}}^2 + \Delta l_{\text{ст.у}}^2}, \quad (2)$$

где  $\Delta l_{\text{ст.х}}$  – относительный сдвиг в продольном направлении, м;

$\Delta l_{\text{ст.у}}$  – относительный сдвиг в поперечном направлении, м;

$$\Delta l_{\text{ст.х}} = l_{\text{ст}} \cdot \cos \gamma - l_{\text{ст}}, \quad (3)$$

где  $\gamma$  – угол наклона стебля льна при взаимодействии с делителями, град.

$$\Delta l_{\text{ст.у}} = \sqrt{l_{\text{тер}}^2 + \left(\frac{b_{\text{тер}}}{2}\right)^2} - l_{\text{тер}}, \quad (4)$$

где  $l_{\text{тер}}$  – длина стебля льна от земли до места зажима тербильным аппаратом, м;

$b_{\text{тер}}$  – ширина захвата тербильной секции, м.

Выражение (1) с учетом (2), (3) и (4) после преобразования примет вид:

$$\lambda = \frac{l_{\text{ст}} - \sqrt{\left( l_{\text{тер}} - \sqrt{\frac{1}{4} b_{\text{тер}}^2 + l_{\text{ст}}^2} \right)^2 - l_{\text{ст}} + l_{\text{ст}} \cdot \cos \gamma}}{l_{\text{ст}}} \quad (5)$$

Как видим из выражения (5), на величину растянутости льна оказывает воздействие конструктивные параметры (ширина захвата теребивильной секции) и технологические (угол наклона теребивильного аппарата и высота теребления).

**Заключение.** Величина растянутости ленты льна главным образом зависит от работы делителей, работы теребивильного аппарата и скоростного режима льноуборочного комбайна. При разработке новой техники следует стремиться к снижению ширины захвата одной секцией теребивильного аппарата, а также уменьшению угла подвода стеблей льна в теребивильный ручей делителем.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 33734-2016. Межгосударственный стандарт. Техника сельскохозяйственная. Комбайны и машины для уборки льна. Методы испытаний. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 73 с.
2. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук. – Вестник БГСХА. – 2017. – № 2. – С. 137–141.
3. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна: монография / В. А. Шаршунов [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 156 с.
4. Хайлис, Г. А. Элементы теории и расчета льноуборочных машин / Г. А. Хайлис. – Москва: Машгиз, 1963. – 151 с.
5. Позняков, Б. А. Пути снижения энергоемкости производства льнопродукции // Экономика, механизация и первичная обработка льна / Б. А. Позняков. – Торжок, 1987. – Вып. 24. – С. 33–36.

*Аннотация.* Рассмотрены теоретические аспекты формирования растянутости лент льна в процессе уборки теребивильными аппаратами. Проведен анализ схем взаимодействия рабочих органов со стеблями, определены факторы образующие составляющие растянутости и приведены аналитические зависимости. Установлено, что на величину растянутости ленты льна оказывают влияние конструктивные параметры делителей и теребивильного аппарата, а также высота теребления и кинематического показателя работы агрегата.

*Ключевые слова:* растянутость, лента льна, делители, теребивильный ручей, кинематический показатель.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 1. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

<b>Акулич М. П., Малашевская О. В., Клочкова Н. В., Улахович Н. В., Босак В. Н.</b> Требования охраны труда при работе с пестицидами и удобрениями	3
<b>Байботаева А. Д., Кенжалиева Г. Д., Босак В. Н.</b> Контаминация почв тяжелыми металлами и разработка методов их очистки	7
<b>Босак В. М.</b> Досвед міжнароднага супрацоўніцтва кафедры бяспекі жыццядзейнасці	10
<b>Жилич С. В.</b> Оценка рисков в производственных условиях	15
<b>Кондраль А. Е., Босак В. Н., Цайц М. В., Пузевич В. В.</b> Требования пожарной безопасности в АПК: изменения в законодательстве	20
<b>Кулакова Е. В., Усова О. А.</b> Проблемы производственного травматизма и профзаболеваний в сельском хозяйстве	23
<b>Машкаринна А. В., Яковлева Е. В.</b> Улучшение условий труда работников путем совершенствования устройства для очистки воздуха в кормоприготовительном цеху	27
<b>Мисун Ал-й Л., Кузнецов А. Г., Мисун Ал-р Л.</b> Повышение производственной безопасности при погрузке, разгрузке и перевозке сыпучих сельскохозяйственных грузов	30
<b>Мисун Л. В., Иванов В. П., Мисун В. Л.</b> Организационные и технические мероприятия для предотвращения попадания посторонних предметов под педальный узел мобильной сельскохозяйственной техники	33
<b>Мисун Л. В., Дашков В. Н., Мисун И. Н.</b> Техническое решение для нормализации микроклимата в кабине мобильной сельскохозяйственной техники	36
<b>Молош Т. В., Корчик С. А., Синяк Ю. В.</b> Повышение эффективности применения знаков безопасности в сельскохозяйственном производстве	39
<b>Подашевская Е. И., Молош Т. В.</b> Влияние психологических факторов на безопасность труда операторов сельскохозяйственных машин	44
<b>Сачивко Т. В., Босак В. Н.</b> Усовершенствование мероприятий по обеспечению радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь	47
<b>Серебрякова Н. Г., Молош Т. В., Подашевская Е. И.</b> Эргономические подходы при проектировании безопасных условий труда операторов сельскохозяйственной техники	51
<b>Цайц М. В., Глушковская А. А., Бычковская В. М.</b> Особенности правового регулирования защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций в Республике Беларусь	56
<b>Яковлева Е. В., Фролов А. С., Васильева Ю. С.</b> Система автоматизированного обучения работников	61

### Секция 2. МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

<b>Клочков А. В., Соломко О. Б.</b> Изменение электропроводности воды при омагничивании с перемешиванием	67
<b>Клочков А. В., Соломко О. Б., Емельяненко А. А., Черников В. С.</b> Эффективность омагничивания воды ферритовым и неодимовым магнитами	71
<b>Анищенко А. С., Клочков А. В., Гермаковский В. А.</b> Параметры взаимодействия семян с отражательными пластинами в сошниках пневматической сеялки	76

<b>Горденко О. В., Груша Г. А., Крук И. С.</b> Снос при внесении рабочих растворов пестицидов и возможности его управлением .....	79
<b>Шкуратов С. С., Ключков А. В.</b> Совершенствование конструкции распределительного устройства камерных протравливателей семян .....	83

### **Секция 3. МЕХАНИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

<b>Кулик А. М., Крупенин П. Ю., Курзенков С. В.</b> Методика проведения отсеивающего эксперимента при обработке торфа кавитационным диспергатором в процессе экстракции гуминовых кислот .....	87
<b>Острейко А. А.</b> Оценка качественных характеристик сырья, используемого для получения биогаза .....	98
<b>Черников В. С.</b> Использование омагниченной воды в животноводстве .....	102
<b>Мелехов А. В.</b> Показатели развития и продуктивности свиноматок породы дюрок канадской селекции в разрезе линий .....	106
<b>Симченков А. С.</b> Выделение кормовых материалов из отходов льноводства ..	111
<b>Мачёхин К. А., Михеев Д. А.</b> Скарификации семян галеги как путь повышения продуктивности производства кормов .....	113
<b>Козлов С. И.</b> Развернутый структурный анализ систем автоматизации и его эффективность .....	116
<b>Пузевич К. Л., Коцуба В. И., Пузевич В. В., Филиппов А. И.</b> Обоснование технологической схемы агрегата для посева сельскохозяйственных культур под мульчирующую пленку .....	121
<b>Крупенин Ю. А., Крупенин П. Ю.</b> Использование прибора проверки доильных установок ШПДУ-01 для диагностирования вакуумных насосных станций .....	130
<b>Skliar R., Boltianska N., Skliar O.</b> Disadvantages and advantages of pump operation when transporting manure .....	136

### **Секция 4. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

<b>Савенок Л. И., Брезгунов Г. В.</b> Изменение температурных процессов в зоне трения при фрикционно-механическом меднении чугунной поверхности .....	140
<b>Титов Н. В.</b> Использование композитных покрытий, формируемых карбовибродутовым упрочнением, для повышения ресурса деталей машин .....	144
<b>Чернышов Н. С.</b> Исследование толщины покрытия, сформированного плазменным электролитическим оксидированием на деталях, восстановленных припоем ПА-12 .....	149
<b>Эркинхожиев И. И.</b> Пути повышения экономической эффективности использования техники в сельском хозяйстве Республики Узбекистан .....	154

### **Секция 5. ТРАКТОРЫ, АВТОМОБИЛИ И МАШИНЫ ДЛЯ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

<b>Мажугин Е. И., Борисов А. Л.</b> Систематизация схем очистки технических жидкостей .....	159
<b>Бирюков А. Л., Новокшанов Ф. А.</b> Оценка некоторых экологических показателей дизельного двигателя при работе на рапсовом масле .....	163
<b>Бузинов Ш. В., Плотников С. А.</b> Определение критерия эффективности применения альтернативных топлив в тракторных дизелях .....	167

<b>Бузиков Ш. В., Плотников С. А.</b> Определение эффективности рабочего процесса тракторного дизеля при работе на альтернативных топливах .....	171
<b>Гневашев П. В., Плотников С. А.</b> Безмоторные методы оценки эксплуатационных свойств альтернативных топлив .....	176
<b>Мажугин Е. И., Казаков А. Л.</b> Анализ коагуляции загрязнений в водных растворах технических моющих средств .....	180
<b>Карташевич А. Н., Гордеенко А. В., Понталев О. В.</b> Определение пределов работоспособности системы дизеля в условиях отрицательных температур .....	191
<b>Карташевич А. Н., Плотников С. А.</b> Применение методики планирования эксперимента в исследованиях свойств биотоплив .....	200
<b>Мальшкин П. Ю., Петухович Е. Д.</b> Оценка топливной экономичности автомобиля .....	207
<b>Плотников С. А., Мотовилова М. В.</b> Исследование эффективных показателей работы двигателя 4ЧН 11,0/12,5 на активированном топливе .....	211
<b>Пляго А. В., Кантор П. Я., Плотникова Ю. А.</b> Регулирование подачи альтернативного топлива в дизель .....	216
<b>Рудашко А. А.</b> Моделирование скругления индикаторных диаграмм четырехтактных двигателей внутреннего сгорания .....	220
<b>Сентюров Н. С.</b> Выбор рационального способа выделения минеральных примесей из вороха льнокостры .....	226
<b>Сергеев Д. Г., Плотников С. А., Смольников М. В.</b> Анализ БДД на транспорте Российской Федерации на примере автошкол .....	230
<b>Смольников М. В., Плотников С. А., Заболотских Г. Э.</b> Перспективы использования композиции растительных масел в качестве дизельного топлива ...	234
<b>Шинин А. И., Мальшкин П. Ю.</b> Способ создания многокомпонентного биотоплива для применения в автотракторном дизеле .....	239

#### **Секция 6. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

<b>Петровец В. Р., Гайдуков В. А.</b> Жизнь, отданная науке и воспитанию научных кадров.....	243
<b>Амеличев В. В., Петровец В. Р.</b> Обзор отечественных сеялок и посевных агрегатов, применяемых для посева льна .....	247
<b>Астахов В. С., Иванчиков Г. О.</b> Обзор дозирующих устройств для высева гранулированных минеральных удобрений пневматической системой группового дозирования .....	252
<b>Астахов В. С., Иванчиков Г. О.</b> Обзор существующих способов отбора почвенных образцов при дифференцированном внесении удобрений .....	256
<b>Иванчиков Г. О., Астахов В. С.</b> К вопросу выбора пневматической системы для равномерного внесения гранулированных минеральных удобрений .....	262
<b>Сысоев А. А., Михеев Д. А.</b> Создание искусственных оболочек как путь к повышению посевного потенциала отечественных семян .....	267
<b>Сысоев В. В.</b> Технологии и машины для уборки камней с полей в АПК .....	272
<b>Skliar O., Boltianska N., Skliar R.</b> Direction of reproduction of the technical potential of agrarian production .....	280
<b>Цайц М. В.</b> Сравнительный анализ размерно-массовых характеристик вороха льна-долгунца.....	285
<b>Чайчиц А. Н., Цайц М. В., Домчев Ю. А.</b> Определение растянутости ленты льна: теоретические аспекты.....	290