

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 9

Горки
БГСХА
2024

УДК 001.895:[631.152:657.1.011.54]

ББК 40.7

И66

Редакционная коллегия:

В. В. Гусаров (гл. редактор),

В. А. Левчук (отв. за выпуск),

В. В. Азаренко, В. С. Астахов, В. Н. Босак,

А. Н. Карташевич, В. Р. Петровец, С. А. Плотников,

В. А. Шаршунов, О. В. Гордеенко, В. И. Коцуба,

О. В. Малашевская, К. Л. Пузевич

Рецензенты:

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

кандидат технических наук, доцент *В. М. Горелько*

И66 **Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства** : сб. науч. тр. / редкол.: В. В. Гусаров (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2024. – Вып. 9. – 322 с.
ISBN 978-985-882-490-7.

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 978-985-882-490-7

© УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», 2024

РОЛЬ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ В РАЗВИТИИ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФАКУЛЬТЕТА МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА УО БГСХА

В. В. ГУСАРОВ, канд. техн. наук, доцент
В. Н. БОСАК, д-р с.-х. наук, профессор
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Активное участие в научной деятельности является одной из важнейших задач высшей школы. Наряду с другими формами НИР (участие в конкурсах, выполнение научных проектов, научные публикации и т. д.), важным критерием развития науки является проведение международных и республиканских научных и научно-практических конференций и активное участие в них профессорско-преподавательского состава [4, 5, 7, 10, 11].

Основная часть. Профессорско-преподавательский состав, аспиранты, магистранты и студенты факультета механизации сельского хозяйства ежегодно участвуют в целом ряде научных конференций в УО БГСХА, Республике Беларусь, а также в странах ближнего и дальнего зарубежья [10, 11].

На факультете механизации сельского хозяйства УО БГСХА, кроме того, ежегодно на постоянной основе проводится три международных научные конференции:

– международная научно-практическая конференция «Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства», посвященная памяти выдающегося ученого, педагога, академика, заслуженного деятеля науки и техники С. И. Назарова;

– международная научная конференция студентов и магистрантов «Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства»;

– международная студенческая научно-практическая конференция «Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества».

На МНПК «Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства» организуется работа следующих секций: «Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном

производстве», «Машины, оборудование и технологии в растениеводстве», «Механизация животноводства и электрификация сельскохозяйственного производства», «Технический сервис в агропромышленном комплексе», «Тракторы, автомобили и машины для природообустройства».

Международная научная конференция студентов и магистрантов «Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства» включает работу секций «Тракторы, автомобили и машины для природообустройства: расчет, проектирование и производство», «Сельскохозяйственные машины: расчет, проектирование и производство», «Механизация животноводства и электрификация сельскохозяйственного производства», «Техническое обеспечение технологий земледелия», «Технический сервис в АПК», «Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном производстве».

На МСНПК «Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества» организуется работа секций «Охрана труда в АПК», «Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций», «Безопасность жизнедеятельности человека и развитие общества».

По результатам работы всех научных конференций издаются сборники научных трудов [1, 12, 18].

На научных конференциях факультета механизации сельского хозяйства обсуждается широкий круг вопросов, в том числе совместно с ведущими белорусскими и зарубежными учеными из высших учебных заведений, НИИ и реального сектора экономики [2, 3, 6, 8, 9, 13–17].

Наиболее активное участие среди белорусских вузов, наряду с УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия», в научных конференциях факультета механизации сельского хозяйства в предыдущие годы принимали исследователи из УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (Минск), УО «Белорусский государственный технологический университет» (Минск), УО «Белорусский государственный университет транспорта» (Гомель), Университета гражданской защиты (Минск), Международного университета «МИТСО» (Минск), УО «Гродненский государственный аграрный университет», УО «Белорусский государственный университет пищевых и химических технологий» (Могилев), УО «Белорусский национальный технический университет» (Минск) и др.

В работе конференции непосредственное участие приняли также наши коллеги из ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»

(Киров), ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина» (Вологда), ФГБОУ ВО «Кировский государственный медицинский университет» (Киров), ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет» (Киров), ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева» (Москва), ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина» (Орел), ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет» (Красноярск), Тарский филиал ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет» (Тара) (Российская Федерация), а также НАО «Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова» (Шымкент), Казахского национального аграрного исследовательского университета (Алматы) (Республика Казахстан), Ташкентского государственного аграрного университета (Ташкент) (Республика Узбекистан) и др.

Заключение. Организация научных конференция и активное в них участие профессорско-преподавательского состава факультета механизации сельского хозяйства УО БГСХА позволяет активизировать научные исследования на факультете, в том числе выполнение дипломных и диссертационных работ, а также укрепляет международное сотрудничество с ведущими зарубежными учебными и научными центрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства / В. В. Гусаров [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – 201 с.
2. Астахов, В. С. Достижения ученых факультета механизации сельского хозяйства в разработке пневматических систем сеялок / В. С. Астахов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2018. – Вып. 3. – С. 116–119.
3. Босак, В. М. Досвед міжнароднага супрацоўніцтва кафедры бяспекі жыццяздзейнасці / В. М. Босак // Инновационные решения в механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 10–14.
4. Босак, В. М. Накірункі развіцця студэнцкай навукі ў галіне аховы працы і бяспекі жыццяздзейнасці / В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 3–5.
5. Босак, В. Н. Значение и перспективы научных конференций в становлении студенческой науки / В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 3–5.
6. Босак, В. Н. Международное сотрудничество как фактор повышения эффективности высшего образования / В. Н. Босак // Проблемы и основные направления развития высшего технического образования. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 151–152.

7. Босак, В. Н. Система образования Республики Беларусь в рамках присоединения к Болонскому процессу / В. Н. Босак, А. А. Босак // Руководство и управление изменениями в сфере высшего образования. – Минск, 2015. – С. 8–10.

8. Великанов, В. В. Международное сотрудничество УО БГСХА – казахстанский вектор / В. В. Великанов, С. А. Носкова, В. Н. Босак // Вестн. БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 212–215.

9. Гордеенко, О. В. Основные направления использования сельскохозяйственной техники при внедрении инновационных технологий в растениеводстве / О. В. Гордеенко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 10–13.

10. Гусаров, В. В. Становление и перспективы научной деятельности факультета механизации сельского хозяйства УО БГСХА / В. В. Гусаров, А. Е. Кондраль, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 3–6.

11. Гусаров, В. В. Традиции и инновации в подготовке специалистов по механизации сельского хозяйства / В. В. Гусаров, А. В. Ключков // Вестн. БГСХА. – 2020. – Юбилейный выпуск. – С. 75–77.

12. Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства / В. В. Гусаров (ред.) [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – 371 с.

13. Карташевич, А. Н. Перспективы развития научного сотрудничества УО БГСХА и ВЯТГУ / А. Н. Карташевич, Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 14–17.

14. Карташевич, А. Н. Сотрудничество БГСХА и ВятГУ в области транспортного машиностроения / А. Н. Карташевич, Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 4. – С. 177–179.

15. Коцуба, В. И. Инновационные подходы к изучению общепромышленной дисциплины / В. И. Коцуба, Л. И. Савенок // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 164–168.

16. Коцуба, В. И. Состояние и перспективы развития технического сервиса в АПК Республики Беларусь / В. И. Коцуба, В. А. Хитрюк // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 18–23.

17. Крупенин, Ю. А. Критерии физиологического режима работы доильного аппарата / Ю. А. Крупенин, П. Ю. Крупенин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 24–28.

18. Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2024.

Аннотация. Проанализирована роль научных конференций в развитии научной деятельности факультета механизации сельского хозяйства УО БГСХА.

Ключевые слова: высшая школа, научные конференции, научная деятельность, механизация сельского хозяйства.

Секция 1. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 645.38:626.32

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ РАБОТ В ПОЛОЖЕНИИ ЛЕЖА

В. В. АЗАРЕНКО, д-р техн. наук
Ал-й Л. МИСУН, магистр техн. наук

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

Введение. Решение проблемы повышения безопасности труда во многом зависит и от выбора эффективной системы управления производственными рисками [5, 6, 12, 14]. Из года в год средние значения коэффициентов тяжести и частоты несчастных случаев на производстве остаются довольно высокими [11]. Причиной этому служит и то, что работы выполняются в условиях изменяющегося состояния природно-техногенной среды. При этом значительное число травмированных с тяжелым исходом имеет место при выполнении технологических регулировок технических средств [1–3, 7]. Так, при выполнении механизированных работ в условиях изменяющегося параметра состояния производственной среды, оператору технического средства приходится многократно (десятки раз за смену) выполнять регулировки технического средства, что в дальнейшем сказывается на утомляемости и приводит к риску травмирования оператора. Повышение безопасности труда работников требует разработки новых научно-методических подходов по выявлению «адресности» факторов риска, оценке приспособленности (удобства, доступности и безопасности) технического средства к безопасному выполнению технологических регулировок, прогнозированию развития рискогенных ситуаций, своевременной разработки мер по их снижению [8, 9].

Основная часть. Для оценки приспособленности мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) к выполнению регулировочных работ учитывается положение тела и рук оператора МСХТ в ходе их выполнения [4]. Частое выполнение регулировочных работ оператором МСХТ в положении лежа, в случае неудобного расположения уз-

лов технологических регулировок технического средства (приходится наклоняться в разные стороны лежа, дотягиваться до узла технического средства), приводит к повышению физической нагрузки в области шейного и поясничного отдела позвоночника, быстрому утомлению, болевым ощущениям в суставах, снижению работоспособности.

Для улучшения условий труда оператора МСХТ, снижения негативных последствий выполнения регулировочных работ, нами предлагается запатентованное инженерно-техническое устройство (рис. 1) для массажа мышц спины и шеи оператора МСХТ [13].

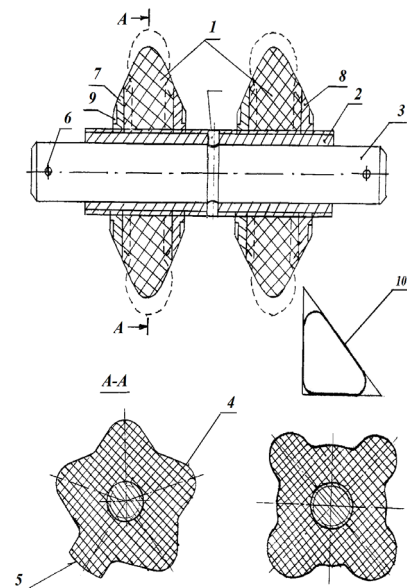


Рис. 1. Техническое устройство для массажа мышц спины и шеи:

- 1 – корпус; 2 – втулка; 3 – ось; 4, 5 – массирующий элемент;
 6 – верхнее отверстие; 7 – левый прижимной диск; 8 – правый прижимной диск;
 9 – ребра-зацеп; 10 – опорная поверхность

Эти последствия могут стать причиной как развития ряда профессиональных заболеваний, так и причиной снижения производственной безопасности. Подведение предлагаемого технического устройства под мышцу спинного или шейного отделов позвоночника осуществляется при помощи вспомогательных шнуров. Оператор МСХТ, надавливая

своим весом на выступы, ориентируется на появление небольшой боли в мышцах. При этом в момент надавливания происходит рефлекторное расслабление сжатой мышцы. Время массажа на одном участке позвоночника составляет от двух до пяти минут. Затем оператор МСХТ перемещается в продольном направлении с одного массирующего выступа на другой в направлении от шеи к поясничному отделу позвоночника или наоборот. В процессе перемещения возникает равнодействующая сила двух выступов, раздвигающая позвонки и устраняющая подвывих. Этот этап массажа продолжается также от двух до пяти минут. Во время массажа мышц спины оператор может покачиваться на выступах-основаниях, добиваясь небольшого скручивания позвоночника и, тем самым, регулирует степень надавливания на болезненную спазмированную мышцу. Во время продольного перемещения с одного массирующего элемента на другой, а также во время покачивания на выступах, происходит рефлекторное расслабление перенапряженной мышцы, испытывающей точечное надавливание. Благодаря точечному массажу, сочетаемому с продольными перемещениями позвоночника и небольшим его скручиванием, улучшается кровообращение спинного и шейного отделов, что усиливает питание костно-мышечной ткани и ускоряет выведение продуктов обмена веществ. Снятие мышечного спазма способствует освобождению корешков спинного мозга, что приводит к нормализации функции внутренних органов, иннервируемых этими нервными каналами [10].

Заключение. Проанализированы подходы повышения безопасности труда при проведении регулировочных работ технических средств. Для улучшения условий труда и снижения негативных последствий выполнения регулировочных работ предлагается запатентованное техническое устройство для массажа мышц спины и шеи оператора МСХТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бараш, В. П. Страты ад траўматызму і іх прафілактыка на вытворчасці / В. П. Бараш, В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 28–30.
2. Босак, В. Н. Обеспечение техносферной безопасности в сельском хозяйстве / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль // Проблемы продовольственной безопасности. – Горки: БГСХА, 2023. – Ч. 2. – С. 146–148.
3. Босак, В. Н. Травматизм на производстве: причины, состояние и мероприятия по снижению / В. Н. Босак // Вестн. техносферной безопасности и сельского развития. – 2023. – № 1 (32). – С. 2–6.

4. ГОСТ 26026–83. Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы оценки приспособленности к техническому обслуживанию. – Москва: Изд-во стандартов, 2015. – 10 с. (Дата актуализации текста 01.01.2021).

5. Жилич, С. В. Оценка рисков в производственных условиях / С. В. Жилич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 15–19.

6. Мисун, А. Л. Анализ причин и видов профессиональных рисков / А. Л. Мисун, И. Н. Мисун // Инновационная деятельность в модернизации АПК. – Курск: КГСХА, 2017. – Ч. 2. – С. 241–245.

7. Мисун, А. Л. Оценка производственного риска при возделывании сельскохозяйственных культур / А. Л. Мисун // Вестн. Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2017. – № 11. – С. 134–139.

8. Мисун, А. Л. Прогнозирование безопасного использования сельскохозяйственных машин в растениеводстве по их показателю приспособленности к выполнению технологических регулировок / А. Л. Мисун // Вестн. Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2021. – № 3. – С. 2–10.

9. Мисун, Л. В. Профессиональный отбор операторов мобильной сельскохозяйственной техники как метод предупреждения производственного травматизма в АПК / Л. В. Мисун, А. Н. Гурина, А. Л. Мисун // Агропанорама. – 2011. – № 5. – С. 45–48.

10. Мисун, Л. В. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, И. Н. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2021. – 200 с.

11. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.

12. Петровец, В. Р. Техническое обеспечение процессов машинно-тракторных агрегатов, транспортных и погрузочных средств / В. Р. Петровец, Д. В. Греков. – Горки: БГСХА, 2023. – 32 с.

13. Устройство для самомассажа глубоких мышц спины и шеи оператора мобильной сельскохозяйственной техники при проведении регулировочных работ лежа в случае неудобного расположения узлов технологических регулировок: патент 13205 Республики Беларусь / А. Л. Мисун [и др.]; заявл. 17.02.2023; опубл. 30.06.2023.

14. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

Аннотация. Предложены направления повышения безопасности труда при проведении оператором мобильной сельскохозяйственной техники регулировочных работ, а также запатентованное техническое устройство для самомассажа глубоких мышц спины и шеи оператора мобильной сельскохозяйственной техники при проведении регулировочных работ лежа в случае неудобного расположения узлов технологических регулировок.

Ключевые слова: мобильная сельскохозяйственная техника, регулировочные работы, оператор, безопасность труда.

ПОВЫШЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ЖИВОТНОВОДОВ В ЛЕТНЕ-ПАСТБИЩНЫЙ ПЕРИОД

В. Г. АНДРУШ, канд. техн. наук, доцент
Н. Н. ЖАРКОВА, ст. преподаватель
Е. В. ШЕЛЕГОВА, Т. И. ХАНДА, магистранты

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

Введение. По данным Международной организации труда, в мире на рабочих местах в минуту погибают 2 человека, в сутки – около 3 тыс. человек, в год – более 2 млн. работников. Ежедневно происходит свыше 700 тыс. несчастных случаев (НС) на производстве, или 8,5 случая в секунду. Почти 270 млн. работников получают различные травмы. В каждом третьем случае происходит потеря трудоспособности на срок более 4 дней. Потери из-за производственного травматизма составляют 4–10 % внутреннего валового продукта ежегодно в зависимости от экономического потенциала государства [3].

Создание безопасных и здоровых условий труда для работников во всех отраслях экономики Республики Беларусь является общегосударственной задачей. Законодательно закреплена обязанность нанимателей всех форм собственности принимать все исчерпывающие меры по предупреждению травматизма и обеспечению безопасных и здоровых условий труда для всех работников [4].

Основная часть. Благодаря принимаемым мерам, в Республике Беларусь имеет место тенденция снижения уровня производственного травматизма. Так, общее количество несчастных случаев на производстве с 1889 случаев в 2020 г. снизилось до 1781 случаев в 2022 г., несчастных случаев со смертельным исходом – с 139 в 2020 г. до 132 в 2022 г. В АПК Беларуси также наметилась положительная динамика – общее количество несчастных случаев на производстве уменьшилось с 462 случаев в 2020 г. до 423 случаев в 2022 г., со смертельным исходом – с 32 в 2020 г. до 29 в 2022 г. [9]. Но, несмотря на снижение производственного травматизма в целом по стране, в сельскохозяйственной отрасли он все еще продолжает оставаться достаточно высоким. В связи с этим, вопросам охраны труда в сельском хозяйстве необходимо постоянно уделять повышенное внимание, особенно в отрасли

животноводства, которая по праву является не только одной из важнейших в АПК, но и лидирующей в статистике травматизма (рис. 1).

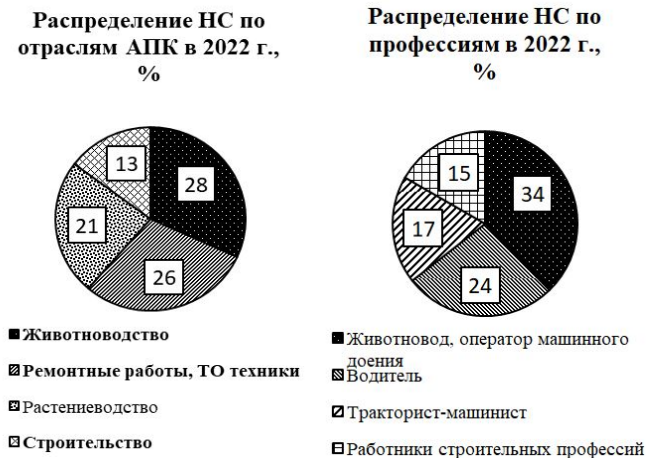


Рис. 1. Распределение несчастных случаев по отраслям АПК и профессиям в 2022 г. в Республике Беларусь

Профессия животновода включает различные виды деятельности, такие как, выращивание, откорм, доение, повседневный уход, выведение новых пород, выпас и т. д. [7, 8, 10]. Некоторые виды работ, такие как летне-пастбищный выпас скота, встречаются не во всех сельскохозяйственных организациях. В Беларуси на сегодняшний день выпасается только треть от всего поголовья коров. В разных областях количество выпасаемого скота разное и зависит от многих факторов.

В Гомельской области около 210 тыс. коров (571 молочно-товарная ферма), из которых выпасалось в 2023 г. около 58 % от общей численности, из них круглосуточно 43 тыс. коров и телок всех возрастов [6].

В Житковичском районе, где зафиксировано максимальное количество дней с грозами (49 дней в год с максимальной активностью, приходящейся на май – сентябрь) на 2023 было запланировано летне-пастбищное содержание 3,5 тыс. коров, включая круглосуточную пастбу 750 голов.

С 2003 по 2023 г. на пастбищах Беларуси от удара молнии погибли 12 человек (таблица).

Несчастные случаи со смертельным исходом вследствие поражения молнией при выпасе скота с 2003 по 2023 гг.

Дата НС	Область, район	Профессия, год рождения	Обстоятельства НС
15.05.2003	Брестская область Столинский район	Пастух, 1961 г.	Во время выпаса коров был поражен молнией
28.08.2006	Брестская область Кобринский район	Пастух, 1969 г.	При выпасе КРС погиб от удара молнии
07.06.2008	Могилевская область Хотимский район	Скотник-пастух, 1977 г., (пьян 3 ^{0/00})	При загоне животных на вечернюю дойку погиб в результате удара молнии
03.08.2009	Брестская область Малоритский район	Скотник-пастух, 1986 г.	Погиб в результате поражения молнией
13.07.2010	Гомельская область Гомельский район	Животновод, 1987 г.	Во время дежурства на пастбище погиб в результате удара молнии
12.06.2011	Минская область Червенский район	Ночной животновод, 1971 г.	Во время грозы на пастбище получил смертельную травму от поражения разрядом молнии
19.06.2012	Могилевская область Осиповичский район	Пастух, 1960 г.	Во время пастбы скота на поле поражен разрядом молнии
28.05.2014	Брестская область Столинский район	Скотник-пастух, 1972 г.	На пастбище укрылся в вагончике переждать грозу; погиб от разряда молнии, ударившего в вагончик
03.07.2016	Витебская область Глубокский район	Оператор машинного доения, 1967 г.	На поле при проведении дойки скота смертельно травмирована в результате удара молнии
23.06.2019	Гомельская область Кормянский район	Животновод-пастух, 1965 г.	На пастбище при выпасе КРС погиб в результате удара молнии
13.08.2019	Гомельская область Рогачевский район	Животновод-пастух,	На пастбище при выпасе КРС погиб в результате удара молнии
24.08.2023	Брестская область, Дрогичинский район	Пастух, 1975 г., (пьян 2,63 ^{0/00})	На пастбище плавал в водоеме и погиб от разряда молнии

По Брестской области погибли 4 человека, по Гомельской – 3 человека, по Могилевской области – 2 человека, по Минской и Витебской – по 1 человеку. Из них 11 мужчин животноводов и 1 женщина – оператор машинного доения, 2 пастуха находились в состоянии алкогольного опьянения.

В такой ситуации возрастает ответственность руководителей за обучение, стажировку, проверку знаний и инструктаж по охране труда

сезонных рабочих, нанимаемых по гражданско-правовым договорам и обучение животноводов, работающих на других видах работ, для организации летне-пастбищного выпаса скота [2, 5, 11]. На данный вид работ должна быть разработана инструкция по охране труда, где должны учитываться все вредные производственные факторы, в том числе и работа в сложных метеорологических условиях (ливни, грозы, шквалистый ветер), так как выпас скота приходится на месяцы с максимальной грозовой активностью – с мая по октябрь.

При летне-пастбищном выпасе скота часто используют электроизгородь – специальное устройство, состоящее из генератора импульсов и проводящих ток проводов, изолированных от земли. Основной задачей электрической изгороди является ограничения их свободного перемещения по пастбищу. К выполнению работ при выпасе скота с применением электроизгороди допускаются лица не моложе 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний, прошедшие производственное обучение, вводный и первичный на рабочем месте инструктаж по охране труда, стажировку, имеющие 1 группу по электробезопасности. При эксплуатации электроизгороди используют электроизолирующие перчатки. Требования безопасности при работе с электроизгородью должны быть включены в инструкцию по охране труда при выпасе скота [1, 12–14].

Обобщенный анализ материалов расследования несчастных случаев в отрасли животноводства показывает, что наибольшее число несчастных случаев происходит по причинам, связанным с неудовлетворительной организацией труда, отсутствием в организациях инструкций по охране труда для отдельных видов работ, нарушений потерпевшими требований трудовой и исполнительской дисциплины.

Заключение. Для животноводов, осуществляющих выпас скота, необходимо предусмотреть обучение безопасному поведению во время грозových проявлений, обеспечить надлежащими средствами индивидуальной защиты и контролировать их применение, а также максимально защитить работников от воздействия опасного природного фактора – разряда молнии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Повышение производственной безопасности при летне-пастбищном содержании скота / В. Г. Андруш, Е. В. Шелегова, Т. И. Ханда // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 29–33.

2. Бараш, В. П. Контроль аховы працы ў Рэспубліцы Беларусь / В. П. Бараш, В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024.

3. Безопасные условия труда – одно из основных прав человека и неотъемлемая часть понятия «достойный труд» // Международная организация труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ilo.org/htm>. – Дата доступа: 18.11.2023.

4. Босак, В. Н. Новые правила по охране труда и пожарной безопасности в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. В. Цайц // Вестн. техносферной безопасности и сельского развития. – 2023. – № 2. – С. 2–6.

5. Бренч, А. А. Повышение качества подготовки специалистов по охране труда / А. А. Бренч, В. Г. Андруш, В. Н. Босак // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 331–333.

6. В Беларуси на летне-пастбищный период перевели 35 процентов от общей численности коров // Беларусь сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/na-ferme-ili-na-pastbishche.html>. – Дата доступа: 18.11.2023.

7. Влияние кормления коров на производство молока / Д. Ф. Кольга [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2023. – № 3. – С. 13–18.

8. Выбор наиболее перспективного решения летнего содержания скота в условиях современных молочно-товарных комплексов / В. Г. Андруш [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2024. – № 2.

9. Доклад о соблюдении законодательства о труде и об охране труда в Республике Беларусь в 2022 году [Электронный ресурс]: Департамент государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь Режим доступа: http://git.gov.by/ru/page/doklad_o_sobludenii_zakonodatelstva/. – Дата доступа: 18.11.2023.

10. Мацкевич, И. В. Снижение травматизма по результатам расследования несчастных случаев / И. В. Мацкевич, В. Г. Андруш, Е. В. Шелегова // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 113–116.

11. Повышение качества подготовки специалистов по охране труда / В. Г. Андруш [и др.] // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 194–197.

12. Поташко, Е. С. Обеспечение охраны труда на животноводческих предприятиях / Е. С. Поташко, М. П. Акулич // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 194–196.

13. Рыжук, И. М. О профилактике травматизма на летнем пастбище / И. М. Рыжук, В. Г. Андруш, Е. В. Шелегова // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 215–216.

14. Федорчук, А. И. Снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в АПК / А. И. Федорчук, В. Г. Андруш. – Минск: БГАТУ, 2012. – 244 с.

Аннотация. Приведен обзор несчастных случаев, связанных с проявлением опасного и вредного природного фактора – удара молнии. Сделан вывод о недостаточной защищенности животноводов во время летне-пастбищного выпаса скота.

Ключевые слова: охрана труда, животноводство, несчастный случай, выпас скота, вредные и опасные производственные факторы.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Б. У. БАЙБАТЫРОВА¹, докторант
Ж. М. АЛТЫБАЕВ¹, PhD, доцент
В. Н. БОСАК², д-р с.-х. наук, профессор

¹НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова»,
Шымкент, Республика Казахстан

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Отходы – вещества или предметы, образующиеся в процессе экономической деятельности и жизнедеятельности человека, но не имеющие определенного предназначения по месту их образования, либо утратившие полностью или частично свои потребительские свойства вследствие физического или морального износа. Количество твердых отходов разнообразной деятельности человека в мире составляет более 300 млрд. т (около 50 т отходов на одного жителя Земли), что делает весьма актуальным разработку различных способов их переработки [1–10].

Основная часть. Ситуация с твердыми бытовыми отходами (ТБО) отражает одну из сторон экологического кризиса. Большая часть отходов чаще всего размещается на поверхности литосферы, при этом изымаются значительные земельные площади. Открытые свалки загрязняют биосферу, зачастую служат причиной пожаров, являются источником различных заболеваний и представляют реальную угрозу здоровью населения. ТБО представляют собой крайне нестабильную неконтролируемую смесь бумаги, пластмассы, резины, стекла и другого. Предварительная сортировка ТБО городским населением и коммунальными службами во многих странах практически не проводится. Механическая сортировка ТБО технически сложна и пока не находит широкого применения. Прямая переработка или сжигание огромных количеств отходов технически весьма проблематична, экологически опасна и экономически неэффективна. Поэтому вопросы безотходной и экологически чистой переработки ТБО и обеспечения наиболее экономически эффективного их использования в настоящее время являются актуальнейшей проблемой номер один во всем мире.

Существует два основных метода переработки ТБО: механико-биологический и термический [3, 4, 9].

К механико-биологическим методам относятся: компостирование отходов после предварительной сортировки: механизированная сортировка, сушка и уплотнение отходов для экологически безопасного их захоронения на специальных полигонах; сортировка отходов, производимая в основном населением, и распределение их (стекла, металла, полимеров, бумаги) по предприятиям переработки вторичных материалов.

Термические методы включают:

- сжигание отходов, преимущественно их бумажно-полимерных компонентов, которое производится в установках с колосниковыми решетками или в топках с кипящим слоем;
- пиролиз, представляющий высокотемпературное разложение отходов (выше 600 °С) без доступа кислорода во вращающихся трубчатых печах с получением полукокса и горючего газа;
- газификацию отходов, позволяющую преобразовывать их органическую часть в синтез-газ, который применяют для химического синтеза;
- комбинированные термические методы, сочетающие полукоксование с последующим сжиганием.

Перспективным направлением переработки и утилизации ТБО является технология термоудара. В предлагаемой технологии термоудара (высокоскоростного низкотемпературного пиролиза) многие экологические проблемы успешно решаются. В переработку различных отходов заложены принципиально новые технологические принципы.

В предлагаемой технологии процесс переработки ТБО происходит по модульной схеме, где предварительно отсортированный и измельченный материал подвергается сначала сушке (без потери влаги, которая собирается, очищается и используется в работе завода), а затем окислению или пиролизации с получением полезных продуктов – высококалорийного пиролизного газа и ценного углеподобного остатка – сырья для производства удобрений и для использования в строительной индустрии. Благодаря окислению и камере медной катализации газоочистки все вредные вещества выделяются в твердый остаток, их выброс (включая выброс диоксинов) практически равен нулю.

Заключение. На основе применения новейшей технологии переработки ТБО будут получены полезные продукты и энергоносители, то есть будет осуществлен рециклинг (возврат) энергии и вещества отходов в хозяйственный оборот. Никаких вредных выделений или остатков не будет. Решаются вопросы экологического благополучия, сани-

тарно-гигиенической и эпидемиологической безопасности населенного пункта и региона, рационального природопользования, а также повышения качества жизни человека. Технология переработки ТБО с использованием термоудара конкурентоспособна и относится к самым новейшим инновационным технологиям в соответствии с положениями Государственной программы форсированного индустриально-инновационного развития Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байбатырова, Б. У. Совершенствование методов утилизации твердых бытовых отходов / Б. У. Байбатырова, Ж. М. Алтыбаев, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024.
2. Байботаева, А. Д. Контаминация почв тяжелыми металлами и разработка методов их очистки / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 7–9.
3. Босак, В. Н. Адамның қауіпсіздік өміртіршілігі (Безопасность жизнедеятельности человека) / В. Н. Босак, К. Т. Жантасов, М. К. Жантасова. – Шымкент, 2022. – 280 с.
4. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
5. Досалиев, К. С. Перспективы применения техногенных отходов / К. С. Досалиев, К. Т. Жантасов, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2018. – Вып. 3. – С. 6–9.
6. Ковалевич, З. С. Безопасность жизнедеятельности человека: практикум / З. С. Ковалевич, В. Н. Босак. – Минск: МИТСО, 2024. – 292 с.
7. Сауан, Г. Ж. Разработка инновационных технологий переработки промышленных отходов / Г. Ж. Сауан, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024.
8. 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. – Sheffield: Science and Education LTD, 2019. – P. 21–25.
9. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2023. – 407 с.
10. 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. – Vol. 13, Nr. 6. – P. 1120–1125.

Аннотация. Рассмотрены различные методы переработки (механико-биологический и термический) переработки твердых бытовых отходов. Предложен перспективный термический метод переработки ТБО – технология термоудара.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, методы переработки, технология термоудара.

ХАРЧОВАЯ БЯСПЕКА І ЯЕ РОЛЯ Ё ЗАБЕСПЯЧЭННІ БЯСПЕКІ ЖЫЦЦЯДЗЕЙНАСЦІ

В. М. БОСАК, д-р с.-г. навук, прафесар
Т. У. САЧЫЎКА, канд. с.-г. навук, дацэнт

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

Введение. Харчовая бяспека – гэта забяспечаная адпаведнымі рэсурсамі і гарантыямі здольнасць той ці іншай супольнасці незалежна ад знешніх ці ўнутраных умоў задавальняць патрэбы насельніцтва ў асноўных прадуктах харчавання ў аб’ёмах і якасці, якія будуць дастатковымі для фізічнага і сацыяльнага развіцця асобы, паляпшэння здароўя і пашыранага ўзнаўлення насельніцтва [25].

Харчовая бяспека адначасова забяспечваецца на глабальным, міждзяржаўным, нацыянальным (дзяржаўным) і сямейным узроўнях.

Асноўная частка. Для забеспячэння харчовай бяспекі ў агульным кантэксце забеспячэння бяспекі жыццядзейнасці існуе цэлы шэраг мерапрыемстваў [25].

У галіне вытворчасці сельскагаспадарчай прадукцыі, сыравіны і харчавання высілка канцэнтруюцца на наступных накірунках:

– захаванне і павелічэнне глебавай урадлівасці шляхам штогадовага назапашвання і прымянення нарматыўнай колькасці мінеральных і арганічных угнаенняў [6, 16, 21, 22, 26];

– прадухіленне дэградацыі сельскагаспадарчых земляў;

– паглыбленне спецыялізацыі прадпрыемстваў з улікам глебава-кліматых і эканамічных умоў гаспадарання;

– інавацыйнае развіццё і комплексная мадэрнізацыя матэрыяльна-тэхнічнай базы АПК;

– укараненне рэсурсазберагальных тэхналогій [7–15, 17];

– аптымізацыя выкарыстання дзяржаўнай падтрымкі і рэгулявання;

– павелічэнне зацікаўленасці ў выніках свайёй працы;

– удасканаленне падрыхтоўкі кадраў для АПК і г. д. [1].

У галіне павелічэння эканамічнай даступнасці прадуктаў харчавання асабліваю ўвагу трэба скіраваць на:

– забеспячэнне росту заробку, які павінен быць залежным ад прадукцыйнасці працы;

– распрацоўку істотных механізмаў матывацыі і стымулявання працоўнай дзейнасці;

– арганізацыю сістэмы ўнутранай харчовай дапамогі насельніцтву;

– прыярытэтную падтрымку найбольш залежных груп насельніцтва;

– арганізацыю здаровага харчавання для цяжарных і кормячых жанчын, дзяцей, інвалідаў і г. д.

У галіне рэгулявання нацыянальнай харчовай бяспекі патрэбна забяспечыць:

– распрацаванне і ўкараненне механізмаў і інструментаў рэгулявання збалансаванасці ўнутранага харчовага рынку;

– фарміраванне і выкарыстанне рэзерваў сельскагаспадарчай прадукцыі, сыравіны і харчавання;

– правядзенне інтэрвенцыйных закупаў і прадаж;

– прымяненне біржавых метадаў фарміравання цэнаў;

– забеспячэнне ўдзелу айчынных вытворцаў у дзяржаўных закупках сельскагаспадарчай прадукцыі, сыравіны і харчавання;

– арганізацыю кантролю за якасцю і бяспекай прадукцыі на ўсіх этапах яе вытворчасці і г. д.

У галіне павелічэння канкурэнтаздольнасці вытворчасці і збыту неабходна:

– укараненне інавацыйных тэхналогій вытворчасці і перапрацоўкі прадукцыі [7–15, 17, 20];

– стварэнне новых айчынных сартоў і гібрыдаў, якія адаптаваны да глебава-кліматычных умоў Беларусі [11, 12, 18, 19, 23];

– стварэнне высокага генетычнага патэнцыялу парод і груп сельскагаспадарчых жывёл;

– забеспячэнне якасці і бяспекі прадукцыі з захаваннем ветэрынарнага, фітасанітарнага і санітарна-гігіенічнага рэжымаў;

– стымуляванне вытворчасці якасных прадуктаў харавання;

– стварэнне прававых умоў для прыцягнення ў эканоміку краіны інавацыйных тэхналогій і інвестыцый [2–4, 24];

– падрыхтоўка высокакваліфікаваных кадраў [1].

У галіне кааперацыі і інтэграцыі прадугледжваецца:

– развіццё галіновай і міжгаліновай кааперацыі па вытворчасці, захаванні і рэалізацыі прадукцыі на аснове выкарыстання інавацый;

– стварэнне інтэграваных харчовых сістэм, якія былі б арыентаваны на вытворчасць харчавання высокай якасці і г. д.

У галіне развіцця навукова-інавацыйнага патэнцыялу неабходна:

- прыярытэтае развіццё навуковых даследаванняў у АПК [5];
- развіццё інавацыйных тэхналогій [7–17];
- стварэнне інавацыйнай і канкурэнтаздольнай эканомікі АПК;
- павелічэнне эфектыўнасці выкарыстання навукова-тэхнічнага і інавацыйнага патэнцыялу, вытворчай і сацыяльнай інфраструктуры;
- паляпшэнне інавацыйна-інвестыцыйнага клімату.

Заклучэнне. Рэалізацыя комплексу прапанаваных мерапрыемстваў дазволіць на перспектыву забяспечыць харчовую бяспеку Рэспублікі Беларусь, што, у свою чаргу, будзе спрыяць агульнай бяспецы жыццядзейнасці нашай краіны.

ЛІТАРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Подготовка специалистов по охране труда / В. Г. Андруш, И. Е. Жабровский, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2018. – Вып. 3. – С. 47–51.
2. Босак, В. В. Роль банковского сектора в формировании инвестиционных ресурсов Республики Беларусь / В. В. Босак, В. Н. Босак // Экономическое развитие региона: управление, инновации, подготовка кадров. – 2015. – № 2. – С. 64–66.
3. Босак, В. В. Роля інвестыцый у забеспячэнні эканамічнай бяспекі / В. В. Босак, В. М. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – 2023. – Вып. 8. – С. 51–54.
4. Босак, В. В. Совершенствование инвестиционной деятельности в Республике Беларусь / В. В. Босак, В. Н. Босак // Экономика и управление производством. – Минск: БГТУ, 2015. – С. 79.
5. Босак, В. М. Накірункі развіцця студэнцкай навукі ў галіне аховы працы і бяспекі жыццядзейнасці / В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 3–5.
6. Босак, В. М. Роля мінеральных і арганічных угнаенняў ў забеспячэнні харчовай бяспекі / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамнянкова // Химическая технология и техника. – Минск: БГТУ, 2024.
7. Босак, В. Н. Агрэоэканамічная эфектыўнасць возделывания пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2023. – Т. 62. – С. 37–44.
8. Влияние кормления коров на производство молока / Д. Ф. Кольга [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2023. – № 3. – С. 13–18.
9. Выбор наиболее перспективного решения летнего содержания скота в условиях современных молочно-товарных комплексов / В. Г. Андруш [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2024. – № 2.
10. Лукьянов, Д. А. Перспективные направления совершенствования посева рапса / Д. А. Лукьянов, А. Н. Карташевич, В. Н. Босак // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 2. – С. 139–144.
11. Оценка душицы обыкновенной по хозяйственно-полезным признакам / Т. В. Сачивко [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 4. – С. 44–51.
12. Оценка новых сортов *Origanum vulgare* L. по хозяйственно-полезным признакам / Т. В. Сачивко [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. – 2023. – № 4 (72). – С. 151–159.

13. Оценка применения устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка в полевых условиях / А. С. Анищенко [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 3. – С. 172–175.

14. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. НГИЭИ. – 2023. – № 7 (146). – С. 44–59.

15. Поисковые эксперименты процесса выделения минеральных примесей из вороха льнокостры транспортером с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой / В. А. Шаршунов [и др.] // Агропанорама. – 2023. – № 3 (157). – С. 8–13.

16. Применение гуминового препарата гумат рост в земледелии / В. Н. Босак [и др.]. – Минск, 2024. – 14 с.

17. Результаты производственных испытаний и экономическая оценка применения роторного бильно-вычесывающего устройства на льноуборочном комбайне / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестні НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 324–336.

18. Сачивко, Т. В. Методика оценки хозяйственно полезных признаков герани крупнокорневищной / Т. В. Сачивко // Картофелеводство и овощеводство. – 2023. – Т. 1. – С. 302–309.

19. Сачивко, Т. В. Оценка новых сортов лука многоярусного по хозяйственно полезным признакам / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Овощи России. – 2024. – № 1. – С. 36–40.

20. Сачивко, Т. В. Приемы возделывания иссопа лекарственного / Т. В. Сачивко // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы: агрономия. – Гродно: ГГАУ, 2023. – Т. 62. – С. 127–133.

21. Сачыўка, А. В. Выкарыстанне ўгнаенняў у кантэксце забеспячэння харчовай бяспекі / А. В. Сачыўка, В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024.

22. Сачыўка, А. В. Экалагічная рызыка пры выкарыстанні ўгнаенняў у аграцэнозах / А. В. Сачыўка, В. М. Босак // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024.

23. Сачыўка, Т. У. Вострасмакавыя культуры ў ландшафтным будаўніцтве / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2024.

24. Смяянович, О. Ф. Совершенствование организации расчетных операций в банковском секторе Республики Беларусь / О. Ф. Смяянович, В. Н. Босак // Экономическое развитие региона: управление, инновации, подготовка кадров. – 2015. – № 2. – С. 215–217.

25. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

26. Bosak, V. Application of saponite-containing basaltic tuffs to improve the cultivation of agricultural plants / V. Bosak, T. Sachyuka // Аграрная наука – сельскохозйственному производству Евразии. – Улаанбаатар: МААН, 2023. – С. 284–286.

Анотацыя. Предложены основные мероприятия по обеспечению продовольственной безопасности в контексте обеспечения безопасности жизнедеятельности Республики Беларусь.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, безопасность жизнедеятельности, сельское хозяйство.

ОСОБЕННОСТИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ КАБИНЫ МСХТ

А. В. ГАРКУША, Т. В. СЕВАСТЮК, ст. преподаватели
А. Н. ГУРИНА, канд. техн. наук, доцент
Е. С. АНДРУХОВИЧ, студент

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

Введение. Состояние здоровья и работоспособность оператора МСХТ во многом зависит от микроклимата, запыленности, уровня концентрации вредных веществ на рабочем месте, шума, вибрации и других вредных факторов [1, 2]. Среди них вибрация и шум выделяются как постоянно действующие факторы высокой интенсивности, воздействие которых приводит как к ухудшению здоровья работающих, так и к снижению производительности труда [4, 8].

Одним из эффективных инженерных методов снижения воздействия вредных факторов является герметизация кабины. Хорошо герметизированная кабина транспортного средства не позволяет проникать вредным и опасным производственным факторам внутрь кабины через различные технологические отверстия и неплотности.

Основная часть. Кабина МСХТ частично защищает оператора от воздействия опасных и вредных производственных факторов и является сложной системой шумозащиты. Звуковая энергия, которая поступает в кабину, преобразуется в результате отражения и поглощения звука, возникновения резонансов, дифракции, звукоизлучения и других явлений. Кабина служит и акустическим фильтром, и акустическим экраном.

Шум в кабине трактора формируется: шумом двигателя, проникающим через капот и стенки кабины; шумами двигателя, коробки передач, отраженным от поверхности и проникающим через пол кабины; шумом выхлопа двигателя внутреннего сгорания; шумами коробки передач.

Звук от внешних источников, проникая через ограждающие конструкции кабины, создает в ней звуковое поле. Если в кабине нет акустической герметизации (уплотнение проемов, закрытие щелей и отверстий), то звук может дополнительно проходить через неуплотненные места, щели. При этом он частично отражается от внутренних ее поверхностей.

Кабины тракторов серии «Беларус» выполняются из металла с элементами остекления. В тракторах этой серии основными средствами звукоизоляции являются крыша и звукоизолирующий коврик внизу кабины. Стенки кабины – это остекление с резиновыми уплотнителями специального профиля с распорным шнуром, передние и задние стекла представляют собой герметизированные стеклопакеты. С увеличением срока эксплуатации трактора величина звукового поля в кабине трактора возрастает. Как результат, возрастает уровень шума на рабочем месте механизатора [6, 7].

Исследования, проведенные О. А. Гребенщиковой, М. М. Юрковым, Д. Н. Читановым, свидетельствуют о том, что неплотности в элементах кабины, выполняющих функцию перегородки, можно разделить, в соответствии с их назначением, на три группы: рычажные, коммутационные и технологические [3].

Основные отверстия и неплотности в кабинах тракторов серии «Беларус» – рычажные и технологические.

К первой группе относятся неплотности, которые необходимы для ввода рычагов и других элементов, при помощи которых тракторист управляет машиной из кабины. Неплотности этой группы являются трудногерметизируемыми, так как в проемах находятся подвижные части элементов. Ко второй группе относятся неплотности, которые образуются из-за некачественной подгонки сопрягаемых деталей: применением деталей из некачественного материала (деформирующегося, разрушающегося, отклеивающегося). Особую сложность представляет герметизация дверного проема и подвижных элементов системы управления транспортным средством.

Учитывая различный характер возбуждения отдельных элементов кабины (пол, стенки, стекла, потолок), целесообразно рекомендовать для отдельных элементов кабины различные конструктивные исполнения. На данный момент широко применяют установку уплотнителей на клеевой основе. Один из вариантов установки губчатых резиновых уплотнителей дверных проемов – путем отштамповки углублений в элементах каркаса кабины или кузова (или наклеивания на дверь по периметру). Дверь кабины, сжимающая профиль, фиксируется специальным устройством в закрытом положении. Поскольку губчатый профиль находится в сжатом состоянии, появление зазора в дверном проеме при вибрации закрытой двери и стенки кабины исключается. Для уплотнения дверного проема применяют также трубчатые губчатые резиновые профили. Их крепят механически двумя способами:

зажимают между двумя пластинами двери или прижимают к элементу металлоконструкции кабины через промежуточный зажим.

В своих исследованиях В. Н. Луканин установил, что при наличии сквозного отверстия диаметром 2,5 мм, звукоизоляция кузова снижается на 10–15 дБ [5]. Большое количество отверстий и проемов в кабинах тракторов обусловлено вводом педалей и рычагов управления. Для решения этой проблемы предлагается герметичный вывод педали. Для уменьшения трения внутренняя полость корпуса через отверстие заполняется смазкой.

Заключение. Для кабин МСХТ разработан комплекс мероприятий по снижению шума. Увеличение звукоизолирующих свойств отдельных элементов ограждения связано с конструкцией кабины. Применение многослойных стенок звукоизоляции, выбор количества слоев и их материалов наиболее целесообразно технически и экономически обосновать, произведя расчет звукоизоляции конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Охрана труда / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачева, Т. П. Кот. – Минск: РИВШ, 2021. – 620 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. Гребенщикова, О. А. Улучшение условий и охраны труда операторов мобильных колесных машин в условиях сельского хозяйства: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Санкт-Петербург – Пушкин, 2012. – 19 с.
4. Кисленко, А. К. Оценка условий труда операторов тракторов сельскохозяйственного назначения / А. К. Кисленко, М. А. Архилаев, П. Д. Веретенников // Вестн. Алтайского гос. аграр. ун-та. – 2004. – № 2 (14). – С. 236–239.
5. Луканин, В. Н. Снижение шума автомобиля / В. Н. Луканин, В. Н. Гудцов, Н. Ф. Бочаров. – Москва: Машиностроение, 1981. – 158 с.
6. Наумов, А.В. Совершенствование средств повышения экологической безопасности тракторов путем снижения уровня шума (на примере трактора «Кировец»): автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Саратов, 2011. – 20 с.
7. Осипов, Г. Л. Определение и нормирование шумовых характеристик машин / Г. Л. Осипов, Е. Н. Федосеева // Материалы всесоюзного совещания по проблемам улучшения акустических характеристик машин. – Москва, 1988. – С. 12–13.
8. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.

Аннотация. Исследованы кабины серийных тракторов «Беларус» и определены основные средства герметизации и шумопоглощения в кабинах, а также основные неплотности в их конструкциях.

Ключевые слова: МСХТ, кабина, опасные и вредные производственные факторы, шум.

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБРАЗОВАНИИ

А. Н. ГУРИНА, канд. техн. наук, доцент
М. В. БРЕНЧ, ст. преподаватель

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

Введение. Безопасность ведения сельскохозяйственных работ обеспечивается выполнением целого комплекса мероприятий: использованием новейших технологий производства, эффективной организацией рабочих мест, профессиональным отбором работающих, включением требований безопасности в технологическую документацию, производственным контролем. Особое место среди мероприятий, обеспечивающих безопасность производственной деятельности, занимает обучение работников. Формирование профессиональных компетенций является приоритетной задачей подготовки квалифицированных кадров, а проектная деятельность на этапе обучения является средством адаптации к будущей профессиональной среде [2, 3, 6].

Основная часть. Подготовка будущих инженеров должна быть ориентирована не только на усвоение профессиональных знаний, но и на развитие навыков самостоятельной поисковой деятельности, овладение методами познания, что позволит им в будущем свободно ориентироваться в профессиональном пространстве. В связи с этим основной образовательного процесса становится компетентностный подход, обеспечивающий формирование профессиональных компетенций обучающихся, отвечающих запросам будущих работодателей [7].

Применение компетентностного подхода как приоритетного направления подготовки квалифицированных специалистов обусловило значимость проектной деятельности, которая выступает как средство формирования профессиональных компетенций, необходимых будущим специалистам. Проектная технология в реализации компетентностного подхода – это научное проектирование и воспроизведение действий, направленных на формирование компетенций обучающихся и, как следствие, их профессиональной компетентности, которая рассматривается как качественная характеристика специалиста,

способного применять знания, умения и практический опыт для реализации себя в профессиональной сфере, и осознающего профессиональную значимость своей деятельности. Данный подход позволяет моделировать профессиональную ситуацию в образовательной деятельности, тем самым адаптируя к реальной профессиональной среде [4]. Это дает возможность обучающимся конкретнее представлять особенности своей профессиональной деятельности и дает возможность утвердиться в правильности выбранного профессионального направления.

Одной из профессиональных компетенций будущих специалистов по охране труда является: «Быть способным разрабатывать и внедрять мероприятия по защите работающих от воздействия вредных и опасных производственных факторов при выполнении различных видов работ, по проведению аттестации рабочих мест по условиям труда, паспортизации санитарно-технического состояния условий труда» [5]. Под условиями труда подразумевается комплекс факторов внешней среды, влияющий на состояние здоровья и работоспособность человека в процессе его трудовой деятельности. Факторы внешней среды разнообразны по своему происхождению. Например, к технико-технологическим факторам относятся: уровень автоматизации и механизации труда, особенности технологии и техники, оснащенность рабочих мест, режим труда и отдыха. Их воздействие определяет объемом статической нагрузки и физической работы за смену, увеличивает нервно-психическую напряженность, которая выражается объемом обрабатываемой информации, напряженностью аналитическо-мыслительной деятельности, устойчивостью внимания, темпом работы и монотонностью труда. Комплексное воздействие этих факторов формирует тяжесть трудового процесса. Группа факторов технической безопасности обеспечивает защиту работника от поражения током, от механических повреждений, от радиационного и химического загрязнения. Инженерно-психологические факторы гарантируют комфорт на рабочих местах, эргономическую согласованность органов управления и средств контроля за технологическим процессом, удобство обслуживания механизмов и машин. Немаловажное значение отводится санитарно-гигиеническим факторам, которые определяют параметры влажности, температуры, скорости движения воздушных масс на рабочем месте; уровни вибрации, шума, загазованности, запыленности, излучений; освещенность; контакт работника с токсичными веществами, машинным маслом, водой, а также общее состояние рабочих помещений [1]. На работоспособность оказывает влияние сложная сово-

купность факторов, учет которых будет способствовать созданию безопасной обстановки на рабочих местах.

Как известно, вредные условия труда, которые характерны для многих видов производственной деятельности, отрицательно сказываются на производительности труда и влекут рост профессиональных заболеваний работающих. Следовательно, ведущая роль в сохранении профессионального здоровья людей принадлежит производственной санитарии и гигиене труда, главной задачей которых является снижение рисков воздействия неблагоприятных факторов производственной среды на организм работающих, исключение недопустимых рисков и создание благоприятных условий труда [8].

Будущим специалистам по охране труда важно не только овладеть основами производственной санитарии и гигиены труда, но и научиться решать практические задачи по обеспечению безопасных условий труда, предупреждению травматизма и профессиональных заболеваний. Курсовое проектирование по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда» способствует формированию профессиональных компетенций, необходимых для обеспечения санитарной безопасности профессиональной деятельности работников, подвергающихся воздействию вредных производственных факторов. Профессиональная компетенция обучающихся по обеспечению безопасных условий труда включает знание принципов гигиенической оценки условий труда и видов организационно-технических мероприятий по предупреждению негативного воздействия на работающих вредных производственных факторов; умений анализировать состояние условий труда и прогнозировать их воздействие на работающих; владение методиками инструментальных исследований и инженерных расчетов в области производственной санитарии.

Выполнение курсового проекта по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда» выступает как средство адаптации к будущей профессиональной деятельности, способствует приобретению профессионального начального опыта. Решаемые в проекте проблемы носят опережающий характер и предусматривают проектное участие в поисковой работе с профессиональной направленностью. Например, в выборе оптимальных, экономически оправданных методов и средств коллективной и индивидуальной защиты, обеспечивающих сохранение здоровья работников и комфортные условия их деятельности.

В результате выполнения курсового проекта по дисциплине «Производственная санитария и гигиена труда» у обучающихся появляется

возможность моделировать отдельные этапы своей будущей профессиональной деятельности и решать конкретные инженерные задачи по обеспечению безопасных условий труда на рабочих местах. Это позволяет развивать профессиональные компетенции, и, как следствие, общую компетентность как специалиста [8].

Заключение. Проектная деятельность является не только практико-ориентированным видом образовательной деятельности обучающихся, но также и средством формирования их компетенций, повышает качество профессиональной подготовки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ состояния труда на предприятиях АПК как фактор безопасности производственной деятельности / М. А. Садовников [и др.] // Вестн. аграрной науки Дона. – 2019. – № 3 (47). – С. 74–78.

2. Босак, В. Н. Инновационные тенденции в управлении образовательным процессом в Институте повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ / В. Н. Босак, И. Е. Жабровский, С. А. Пуйман // Инновационные подходы в управлении агропромышленным комплексом. – Барнаул, 2013. – С. 419–420.

3. Босак, В. Н. Система подготовки специалистов по охране труда для сельского хозяйства Республики Беларусь / В. Н. Босак // Вестн. техносферной безопасности и сельского развития. – 2022. – № 1. – С. 2–4.

4. Корякина, И. В. Адаптация студентов к условиям образовательной среды / И. В. Корякина // Педагогическое образование и наука. – 2011. – № 7. – С. 63–66.

5. Образовательный стандарт высшего образования I ступени по специальности 1-74 06 07 «Управление охраной труда в сельском хозяйстве»: ОСВО 1-74 06 07-2019. – Минск, 2019. – 12 с.

6. Повышение квалификации и переподготовка по охране труда в УО БГСХА / В. Н. Босак [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 317–318.

7. Попов, А. В. К вопросу о взаимодействии университета и предприятия по формированию профессиональной компетенции будущего инженера / А. В. Попов, В. Г. Гладких // Вестн. ОГУ. – 2005. – № 1. – С. 89–94.

8. Производственная санитария и гигиена труда. Курсовое проектирование / Л. Т. Ткачева [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2017. – 180 с.

Аннотация. Рассматривается роль проектной деятельности в формировании профессиональных компетенций в рамках компетентного подхода в образовании; раскрыто значение курсового проектирования для формирования профессиональной компетенции обучающихся по обеспечению безопасных условий труда.

Ключевые слова: компетентностный подход, проектная деятельность, курсовой проект, компетенция, условия труда.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВИДА И УСЛОВИЙ ВЫПОЛНЯЕМЫХ РАБОТ В РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

А. Н. ГУРИНА, канд. техн. наук, доцент
В. М. РАУБО, канд. экон. наук, доцент
Т. В. СЕВАСТЮК, ст. преподаватель
Б. ДЖУРМАТОВА, магистрант

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

Введение. Современный агропромышленный комплекс Республики Беларусь представляет собой сложное объединение процессов, которые сопровождаются неблагоприятными производственными факторами, например, выделением в воздух рабочей зоны вредных веществ, воздействие которых может привести к профессиональным заболеваниям и отравлениям. Поэтому создание безопасных условий труда и сохранение нормального функционального состояния человека связано с обеспечением работников средствами индивидуальной защиты, в частности средств защиты органов дыхания [1, 2, 3, 7].

Основная часть. Одними из общих мероприятий, направленных на снижение развития заболеваний органов дыхания при повышенном содержании вредных веществ в рабочей зоне, являются:

- устранение воздушных загрязнений в источнике образования;
- предотвращение или снижение загрязнения воздуха;
- использование фильтрующих средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) [6, 8].

При выполнении производственных операций, когда содержание вредных веществ в окружающей среде превышает установленные уровни предельно-допустимых концентраций, необходимо применять средства индивидуальной защиты органов дыхания.

По способу обеспечения защиты СИЗОД делятся на две группы:

- фильтрующие – обеспечивают очистку вдыхаемого из окружающей среды воздуха от вредных веществ. Предназначены для использования при наличии в воздухе вредных веществ в виде аэрозолей, газов или паров известного состава и концентрации, при объемной доле кислорода не менее 18 %;

– изолирующие – обеспечивают изоляцию органов дыхания от окружающей среды и возможность дыхания от источника воздухообмена или дыхательной смеси. Предназначены для использования при наличии в воздухе вредных веществ известного состава и концентрации, при объемной доле кислорода менее 18 % и в случаях, когда не обеспечивается защита фильтрующими СИЗОД.

Объективной информацией для их выбора являются результаты аттестации рабочих мест по условиям труда и инструкции производителей о применении тех или иных веществ, применяемых в растениеводстве и животноводстве. Например, в растениеводческой отрасли широко используются пестициды, минеральные удобрения и другие биологически активные вещества, которые способны вызывать респираторные заболевания, болезни периферической нервной системы, кожные заболевания, заболевания мочеполовых органов и системы кровообращения [2, 4]. Особенно высокий риск существует при контакте с пестицидами через органы дыхания. Для правильного выбора средств защиты органов дыхания следует принимать во внимание не только агрегатное состояние и свойства вредных веществ, но и условия, при которых они применяются (на открытом воздухе, в помещении). Удобрения и средства для защиты растений, как правило, представлены в рассыпчатой форме либо в виде жидких растворов (пыль, аэрозоли), что предусматривает обеспечение работников фильтрующими средствами защиты органов дыхания. В случаях проведения работ в закрытых помещениях с веществами, обладающими токсичными запахами, надежной защитой являются маски, которые обеспечивают защиту органов дыхания и зрения. Использование фильтрующей полумаски или четверть маски рекомендуется при выполнении работ на открытом воздухе, а также в кабинах с плохой изоляцией.

Немаловажным критерием при выборе СИЗОД являются их эксплуатационные характеристики и конструктивные особенности [5]. Так, по проницаемости используемого фильтровального материала фильтрующие респираторы имеют три класса защиты:

– FFP 1 – для защиты при низком уровне запыленности, от мелкодисперсной пыли, жидких аэрозолей для зачистки, резки, сверления. Предельно допустимая концентрация примесей в воздухе до 4 ПДК. Задерживают 80 % частиц аэрозолей, находящихся в воздухе, 20 % может проникать через изделие. Обладают низкой эффективностью.

– FFP 2 – для защиты от мелкодисперсной пыли, жидких аэрозолей, типичных для работ с песчаной или древесной пылью, при сварочных

работах. Предельно допустимая концентрация примесей в воздухе до 12 ПДК. Задерживают 94 % частиц, 6 % может проникать через изделие. Обладают средней эффективностью.

– FFP 3 – для защиты от мелкодисперсной пыли, жидких аэрозолей, типичных с опасными порошковыми веществами. Предельно допустимая концентрация примесей в воздухе до 50 ПДК. Задерживают 99 % твердых и жидких частиц, 1 % может проникать через изделие. Обладают высокой эффективностью.

Для защиты органов дыхания работников в зависимости от вида выполняемых работ применяются различные средства защиты (таблица).

Средства защиты органов дыхания работников сельского хозяйства

Вид выполняемой работы	Степень защиты	Средство защиты
Распыление ядохимикатов и удобрений: – в закрытых помещениях; – на открытом воздухе.	от органических, неорганических паров и кислотных газов до 10 ПДК, аэрозолей до 4 ПДК	Полумаска 3М 6200 в комплекте с фильтрами 6057, 5911. Полумаска UNIX 1100 в комплекте с фильтрами противогазовыми UNIX 521 А1В1Е1 или UNIX 522 А2В2Е2 и фильтром противоаэрозольным UNIX. Респиратор Бриз-1102 (У-2К) FFP1RD. Респиратор фильтрующий «Бриз-3201(ПУ)» марки А1В1Е1Р1 RD. Респиратор Алина-АВ FFP2 NR D (с кл.). Респиратор Нева-211 FFP2 NR D (с кл.).
Распыление пестицидов на водной основе	FFP 1	Респиратор Алина-АВ FFP2 NR D (с кл.). Респиратор Нева-211 FFP2 NR D (с кл.).

В последние годы разработано достаточное количество технических решений СИЗОД с принудительной подачей воздуха. По своему конструктивному исполнению они бывают нескольких типов:

- дыхательные аппараты с воздухоудовками, носимыми человеком;
- дыхательные аппараты с вмонтированным в лицевую часть источником воздухообеспечения.

Принудительная подача очищенного воздуха в лицевую часть таких средств практически полностью исключает сопротивление дыханию на входе. Это благоприятно сказывается на условиях труда, повышается производительность и обеспечивается возможность непрерывной работы в течение рабочей смены. Циркуляция воздушного потока в лицевой части исключает запотевание смотрового стекла [9].

Перед использованием СИЗОД важно также провести обучение работников, во время которого они узнают о свойствах вредных веществ и защитных параметрах СИЗОД.

Заключение. При выборе СИЗОД необходимо учитывать качественный состав, агрегатное состояние и концентрации вредных веществ; специфику выполняемых производственных операций; назначение, принцип действия, конструктивные особенности и показатели защитных эксплуатационных свойств СИЗОД. Правильный выбор СИЗОД позволит снизить риск несчастных случаев и существенно сократить риск профессиональных заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Охрана труда / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачева, Т. П. Кот. – Минск: РИВШ, 2021. – 620 с.
2. Бараш, В. П. Роля індыўідуальных сродкаў аховы працы ў прадухіленні вытворчага траўматызму / В. П. Бараш, В. М. Босак // Актуальныя пытанні механізацыі сельскагаспадарчага вытворства. – Горкі: БГСХА, 2024.
3. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.
4. Дашков, В. Н. К вопросу применения средств защиты органов дыхания, глаз и кожи при работе с пестицидами в растениеводческой отрасли АПК / В. Н. Дашков, Л. В. Мисун, В. Л. Мисун // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2020. – № 54. – С. 53–57.
5. Защита органов дыхания для работников сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.beztruda.by/company/>. – Дата доступа: 20.11.2023.
6. Повышение защитной эффективности эластомерных фильтрующих респираторов / В. И. Голинько [и др.] // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 2/6 (74). – С. 60–64.
7. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.
8. Чиркин, А. В. Защитные свойства респираторов в производственных условиях / А. В. Чиркин, В. А. Капцов // Гигиена и санитария. – 2012. – № 4. – С. 43–46.
9. Шкрабак, В. С. Формирование параметрического типоряда источников воздухооборудования дыхательных аппаратов для защиты работников АПК / В. С. Шкрабак, Б. М. Тюрников, Ю. Н. Баранов // Вестн. ОрелГАУ. – 2009. – № 5. – С. 54–59.

Аннотация. Рассмотрены особенности применения средств защиты органов дыхания работников сельскохозяйственного производства, приведены СИЗОД при выполнении работ по внесению удобрений и распылению пестицидов.

Ключевые слова: средства защиты органов дыхания, вредные вещества, степень защиты, безопасность труда.

О ПОВЫШЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В. Н. ДАШКОВ, д-р техн. наук, профессор
Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор
Ал-р Л. МИСУН, канд. техн. наук

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

Введение. В современном сельскохозяйственном производстве, оснащенном сложными техническими системами, к оператору мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) предъявляются особые требования, с учетом его психофизиологических возможностей (эмоциональной устойчивости, скорости реакции, внимания и др.) и условий труда, предусматривается проведение ряда мероприятий по снижению производственно-обусловленных заболеваний оператора МСХТ, травматизма и повышению работоспособности [8].

Основная часть. В период уборочных работ оператор МСХТ должен постоянно воспринимать большой объем информации о состоянии технического средства, параметрах производственной среды, анализировать поступающую информацию и принимать соответствующее решение [3, 4, 7, 9].

Весь процесс от восприятия до совершения действия требует определенных затрат времени, которого зачастую может не хватить. В этом случае возможны неправильные действия оператора, вызванные его утомлением, которые могут сопровождаться получением травм при управлении МСХТ. При определенных условиях утомление, величину которого невозможно измерить только объемом выполненной работы, является причиной возникновения хронического заболевания или даже гибели работника. Особенно опасно при эксплуатации МСХТ неожиданное ухудшение состояния здоровья оператора, приводящее к потере сознания или выражающееся в сильных болевых ощущениях.

При информационной перегрузке имеют место «скачки» – переход от устойчивого состояния нервной системы работника к неустойчивому («стрессу»), т. е. потере контроля над собой, что, конечно же, сказывается на безопасности труда. Для недопущения таких случаев огромное значение отводится организации режима труда и отдыха оператора МСХТ с учетом их подготовленности и физического состо-

яния. При этом усталость работников, относящихся к данной профессии, это своеобразный сигнал организму о необходимости прекратить или снизить интенсивность работы, тем более что в состоянии утомления оператор может и не чувствовать усталости под влиянием эмоционального возбуждения, чувства долга, ответственности за порученное дело. При этом усталый мышечный аппарат, например, глаз, не обеспечивает четкого пространственного восприятия, и оператор может уснуть за рулем.

Для повышения безопасности труда оператора МСХТ были обобщены результаты ранее проведенных исследований, предложена конструкция технического устройства для поддержания работоспособности и внимательности оператора. Рассматриваемое техническое [10] устройство предполагает для коррекции зрения периодическое использование диафрагм со сквозными отверстиями в качестве очковых тренажеров, а также сменных прозрачных и затемненных линз соответствующих диоптрий для их пользователя (оператора МСХТ). При этом пользователь индивидуально производит перемещение диафрагм или линз с целью регулировки расстояния между носовыми упорами, межцентрового расстояния, а также осуществляет регулировку длины дужек за счет перемещения заушин. Такие регулировки позволяют использовать предлагаемого устройства операторами разного возраста и комплекции. Регулярное применение диафрагм со сквозными отверстиями по 30–40 минут в день способствует снятию излишнего напряжения глазных мышц, постоянной их зажатости. После тренировки глаз с помощью диафрагм со сквозными отверстиями оператор устанавливает сменные линзы (прозрачные или затемненные) соответствующих диоптрий. К положительным моментам предлагаемого технического решения можно отнести и то, что оно позволяет через сквозные отверстия трубки, покрытые снаружи слоем наполнителя из пористого материала, подавать с возможностью дозирования к носу оператора МСХТ пары раствора душицы или эфирных масел хвои, способствующие повышению работоспособности оператора, снятию состояния его утомления и усталости. Также для улучшения условий труда при управлении МСХТ, предупреждения от засыпания оператора может использоваться техническое устройство [11], которое крепится на ухе и содержит последовательно соединенными источник питания, выключатель, генератор звукового сигнала и датчик угла наклона с регулятором исходного положения. Датчик угла наклона выполнен в виде металлического корпуса, где размещены: электри-

ческий металлический шар, помещенный в шарообразное углубление на нижней грани, огибающей данное углубление; вторая контактная пластина корпуса датчика, а также первая контактная пластина, прикрепленная к нижней грани корпуса датчика, выполненная в U-образной форме из упругого металла, и верхним концом прикрепленная к верхней грани корпуса датчика. Нижний конец этой контактной пластины выполнен в виде двухзубцовой вилки, охватывающей металлический шар и расположенной параллельно первой контактной пластине с зазором. При управлении техническим средством, когда оператор МСХТ держит голову прямо, в датчике угла наклона металлический шар находится в сферическом углублении на нижней грани корпуса датчика. Первая и вторая контактные пластины при этом не замкнуты, электрическая цепь устройства разомкнута, несмотря на включенный источник питания. При засыпании оператора его голова склоняется вперед или в сторону. В таких случаях в датчике угла наклона металлический шар выкатывается из сферического углубления и попадает на нижний конец второй контактной пластины, прижимая ее к первой аналогичной пластине, и тем самым замыкается электрическая цепь устройства и включается генератор звукового сигнала для пробуждения оператора.

Для повышения безопасности труда оператора МСХТ рекомендуется и техническое устройство механизма рулевого управления [2, 6], содержащее рулевое колесо со спицами, рулевой вал, связанный с рулевым механизмом, щиток комбинации приборов, неподвижно закрепленный к кожуху рулевого вала и расположенный внутри периметра рулевого колеса. Предлагаемое устройство, выполнено в виде подушки безопасности, установленной в сложенном состоянии внутри рулевого колеса на оси рулевого вала, причем корпус подушки безопасности в верхней его части закрыт корпусом щитка комбинации приборов и органов управления, а в нижней – крышкой корпуса подушки безопасности.

Установлено, что довольно часто оператор МСХТ подвержен травмированию при спуске с лестницы МСХТ или подъеме в кабину [8]. Одной из основных причин такого положения является поведенческий фактор, который связан, в том числе, с нервным напряжением при выполнении работ, а в некоторых случаях и со спешкой. В результате возможно падение работника, например, при выходе из кабины МСХТ. Падая с лестницы МСХТ, оператор получает травмы, зависящие от многих причин: высоты падения, силы инерции тела человека, про-

скальзывания ноги на ступени лестницы, попадания на край ступени, от формы обуви, нарушения координации, сонливости, переутомления оператора МСХТ и др. В сложившейся обстановке операторам МСХТ необходимо внимательно смотреть куда он спускается, особенно у основания лестницы. Как показывает практика, многие несчастные случаи происходят в тот момент, когда оператор считает, что уже спустился – и делает шаг в пустоту. Известно, что, если смотреть на каждую последующую ступеньку лестницы, наш мозг обрабатывает полученную информацию и дает сигнал ногам о том, как правильно действовать. Но зачастую мы ступаем по инерции, не ожидая, что следующая ступенька может оказаться не на том месте. Для повышения безопасности труда оператора МСХТ при перемещении по ступенькам лестницы (спуске и подъятии), предлагается съёмная универсальная нескользящая подошва обуви [1], выполненная из износостойкого материала, содержащая элементы из материала высокой твердости, распределенные по объему подошвы. Такая подошва легко одевается на обувь разных размеров и крепится к обуви прочными эластичными петлями, одеваемыми на носок и задник обуви, или эластичными ремнями с замками – «липучками». Абразивный слой рабочей поверхности подошвы обеспечивает возможность многократного ее использования и безопасность оператора на скользких ступеньках МСХТ. Также для повышения безопасности перемещения оператора МСХТ по ступенькам вертикальной лестницы МСХТ, предлагается запатентованная нами [5] следующая ее конструкция, содержащая две боковины, соединенные между собой ступеньками, выполненными в виде горизонтальных площадок. Нижняя ступенька имеет площадку прямоугольной формы, а верхние ступеньки лестницы выполнены со скосами со стороны подъема на техническое средство. На одной из верхних ступенек, например, имеется скос с левой стороны, на следующей ступеньке – скос с правой стороны. Последующие ступеньки, имеющие скосы, расположены на лестнице, вертикально установленной в габаритах технического средства, поочередно, что позволяет избежать травмирование ног оператора МСХТ о верхние ступени лестницы, так как при подъеме по вертикальной лестнице выполненные по параболе скошенные края ступеней не препятствуют быстрому и удобному подъему и спуску и позволяют располагать ноги при подъеме в наиболее удобном месте с учетом размера обуви. Имеющиеся в ступеньках отверстия предназначены для удаления с их верхней поверхности грязевых отложений, а отбортовка отверстий

увеличивает сцепные свойства подошв обуви со ступеньками лестницы.

Заключение. Проведенный анализ безопасности при эксплуатации МСХТ позволил разработать патентные технические решения для улучшения условий труда оператора МСХТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасная съемная нескользящая подошва для обуви с каблуком оператора мобильной сельскохозяйственной техники: патент 12586 Республики Беларусь / А. Л. Мисун, О. Г. Агейчик, Л. В. Мисун [и др.]; заявл. 09.09.2020; опубл. 30.04.2021.

2. Безопасное рулевое управление для транспортного средства сельскохозяйственного назначения: патент 12365 Республики Беларусь / А. Л. Мисун, О. Г. Агейчик, Л. В. Мисун [и др.]; заявл. 18.04.2020; опубл. 30.08.2020.

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

4. Кляпицкая, И. А. Обеспечение безопасности труда при организации рабочих мест / И. А. Кляпицкая, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 108–110.

5. Лестница для технического средства: патент 11743 Республики Беларусь / Л. В. Мисун, В. В. Азаренко, А. Л. Мисун [и др.]; заявл. 14.01.2018, опубл. 18.06.2018.

6. Мисун, Л. В. К вопросу безопасности управления транспортным средством / Л. В. Мисун, А. А. Мисун // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 121–124.

7. Молош, Т. В. Повышение безопасности труда при выполнении технологических процессов уборки зерна / Т. В. Молош, С. А. Корчик, С. И. Бусел // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 36–40.

8. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун [и др.] – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.

9. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.

10. Устройство для повышения работоспособности и внимательности за рулем оператора технического средства сельскохозяйственного назначения: патент 12555 Республики Беларусь / А. Л. Мисун, О. Г. Агейчик, Л. В. Мисун [и др.]; заявл. 09.09.2020; опубл. 28.02.2021.

11. Устройство для предупреждения от засыпания за рулем оператора технического средства сельскохозяйственного назначения: патент 12303 Республики Беларусь / А. Л. Мисун, О. Г. Агейчик, Л. В. Мисун [и др.]; заявл. 12.11.2019; опубл. 30.06.2022.

Аннотация. Предложены патентные технические решения для повышения безопасности труда при эксплуатации МСХТ.

Ключевые слова: безопасность, мобильная сельскохозяйственная техника, оператор, технические решения.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

А. В. ДОМНЕНКОВА¹, канд. с.-х. наук, доцент

В. Н. БОСАК², д-р с.-х. наук, профессор

Т. В. САЧИВКО², канд. с.-х. наук, доцент

¹УО «Белорусский государственный технологический университет»,
Минск, Республика Беларусь

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. В Республике Беларусь леса являются одним из основных возобновляемых природных ресурсов и важнейших национальных богатств. Леса и лесные ресурсы имеют большое значение для устойчивого социально-экономического развития нашей страны, обеспечения ее экономической, энергетической, экологической и продовольственной безопасности. По ряду ключевых показателей, характеризующих лесной фонд (лесистость территории, площадь лесов и запас растущей древесины в пересчете на одного жителя), Беларусь входит в первую десятку лесных государств Европы [5].

Катастрофа на Чернобыльской АЭС считается самой крупной радиационной катастрофой в истории человечества. Выбросы Чернобыльской аварии загрязнили радиоактивными веществами (>37 кБк/м²) 23 % территории Республики Беларусь (47 тыс. км²); 0,5 % – территории Российской Федерации (35,2 тыс. км²), 4,8 % (28,5 тыс. км²) – территории Украины. В результате аварии на Чернобыльской АЭС около 23 % лесных угодий нашей страны подверглось радиоактивному загрязнению [1, 5, 16].

Радиоактивное загрязнение территории Республики Беларусь, в том числе лесного фонда, обусловило принятие комплекса мероприятий по радиационной безопасности, направленных на минимизацию негативного последствия радиоактивного загрязнения.

В лесном фонде особое внимание уделяется безопасному ведению лесного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения, радиационному контролю и радиационному мониторингу лесного фонда, охране и защите лесов в зонах радиоактивного загрязнения, особенностям ведения охотничьего хозяйства, обеспечению радиационной безопасности работников лесного хозяйства, порядку информирования населения о радиационной обстановке в лесах и т. д. [3–10, 13–18].

Основная часть. Важную роль в перемещении радионуклидов под полог леса играют процессы биологической миграции: опадение листьев, хвои, мелких ветвей и других загрязненных частей деревьев. В результате такой миграции в лиственных лесах уже через год после выпадения продуктов деления доля их в кронах снижается в несколько раз и, соответственно, возрастает загрязнение лесной подстилки и почвы. В хвойных лесах самоочищение крон происходит в 3–4 раза медленнее. По истечении этого наиболее опасного периода радиоактивные вещества перемещаются в лесную подстилку и почву, где прочно фиксируются. По степени накопления цезия-137 в лесных фитоценозах они расположились в следующем убывающем порядке: *лесная подстилка* > *хвоя* > *ветки* > *древесина* [2, 5, 11, 12].

С течением времени почва становится длительным постоянно действующим источником поступления радионуклидов в продукцию лесного хозяйства за счет поступления радионуклидов в растения по корневому пути. Этот процесс становится главным в загрязнении древесины, а с растительностью радионуклиды попадают в корм животных и пищу человека.

Режим поступивших в почву радионуклидов определяется многими факторами: генезисом (типом) почвы, ее гранулометрическим составом, степенью увлажнения и степенью окультуренности, химическими свойствами радионуклида и др.

Вертикальная миграция (совокупность процессов, вызывающих перераспределение радионуклидов вглубь по профилю почвы) радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в большей степени отмечена на легких малоплодородных почвах (песчаные почвы), меньше мигрируют радионуклиды в торфяных и суглинистых почвах.

Глубина миграции в среднем составляет 5–20 см. Более подвижен в почве радионуклид стронция-90, чем цезия-137.

Горизонтальная миграция радионуклидов (перераспределение радионуклидов по поверхности почвы в горизонтальном направлении) с загрязненных районов в «чистые» происходит по причине ветровой и водной эрозии почвы, перемещения их с транспортом, кормами, семенами, сельскохозяйственным сырьем, предметами потребления и др.

Особую опасность представляет биологическая миграция радионуклидов по трофической цепочке: *почва* → *растение* → *животное* → *человек*.

Уровень опасности загрязнения лесных земель определяется не только количеством радионуклидов, но и составом смеси радиоизото-

пов в почве, так как их физико-химические свойства являются основным фактором, определяющим поведение радионуклидов в почве, их биологическую активность в системе «почва – растение», а также способность к миграции по пищевым цепочкам.

Особую биологическую опасность представляют долгоживущие радионуклиды, в частности, ^{137}Cs и ^{90}Sr , являющиеся химическими аналогами калия и кальция, и отличающиеся высокой биологической активностью и подвижностью.

Цезий-137, попадая на наземные части древесно-кустарниковой растительности, довольно быстро переходит в древесину, в то время как поступление стронция-90 внекорневым путем идет в десятки и сотни раз медленнее. Обратная картина наблюдается при корневом поступлении: ^{90}Sr является наиболее подвижным радионуклидом и легко поступающим из почвы в древесные растения. В то же время ^{137}Cs сильнее сорбируется почвой и потому в относительно меньших количествах переходит в древесные растения.

Согласно данным по накоплению радионуклидов окоренной древесиной основных лесообразующих пород (вклад главной породы более 70 %), обобщенный ряд по величине накопления цезия-137 имеет следующий вид: *ель > сосна > осина > береза и дуб*. Обобщенный ряд по накоплению древесиной стронция-90 следующий: *береза и осина > ель > дуб и сосна*. Лесные насаждения в пределах одной и той же плотности загрязнения произрастают в различных эдафических условиях, способных оказать существенное влияние на накопление радионуклидов древесными растениями.

Заключение. Распределение радионуклидов в лесных экосистемах зависит от целого ряда факторов: плотности загрязнения, породного и возрастного состава, почвенных условий, условий увлажнения и т. д., что обуславливает разработку специальных мероприятий по снижению радионуклидов в лесной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белько, К. М. Оценка радиационной обстановки в Могилевской области / К. М. Белько, Т. В. Сачивко // Научный поиск молодежи XXI века. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 60–64.
2. Босак, В. М. Асаблівасці назапашвання радыёнуклідаў у лясных экасістэмах / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамнянкова // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2024.
3. Босак, В. Н. Обеспечение радиационной безопасности в лесном хозяйстве Республики Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, А. В. Домненкова // Дальневосточная весна-2018. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2018. – С. 221–223.

4. Босак, В. Н. Порядок информирования населения о радиационной обстановке в лесах / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, А. В. Домненкова // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2021. – С. 67–68.
5. Босак, В. Н. Радиационная безопасность в лесном хозяйстве / В. Н. Босак, Л. А. Веремейчик. – Минск: РИПО, 2018. – 277 с.
6. Босак, В. Н. Радиационный мониторинг в лесном фонде / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, А. В. Домненкова // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2020. – С. 71–72.
7. Героев, Е. Н. Влияние внесения древесной золы на поступление ⁹⁰Sr из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур / Е. Н. Героев, Т. В. Сачивко // Научный поиск молодежи XXI века. – Горки: БГСХА, 2017. – С. 105–107.
8. Домненкова, А. В. Прогноз изменения радиационной обстановки на территории Великолукского лесничества ГСЛХУ «Ветковский спецлесхоз» / А. В. Домненкова, И. Т. Ермак, В. Н. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2024.
9. Домненкова, А. В. Радиационный контроль продукции, заготавливаемой в лесах Республики Беларусь / А. В. Домненкова, Л. Н. Карбанович, В. Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2019. – С. 200.
10. Защитные мероприятия безопасности труда работников лесного комплекса Беларуси / В. В. Перетрухин [и др.] // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 22.
11. Переволоцкая, Т. В. Радиационное лесоводство (основы лесной радиэкологии) / Т. В. Переволоцкая. – Гомель: ГГУ, 2014. – 45 с.
12. Переволоцкий, А. Н. Основы ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения / А. Н. Переволоцкий, И. М. Булавик. – Минск, 2003. – 144 с.
13. Перетрухин, В. В. Контроль радиационной безопасности работающих при производстве продукции из древесины / В. В. Перетрухин, Г. А. Чернушевич, В. Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2016. – С. 5.
14. Перетрухин, В. В. Проблемы использования древесного топлива из зон радиоактивного загрязнения / В. В. Перетрухин, Г. А. Чернушевич, В. Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2015. – С. 35.
15. 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.
16. Распределение территории лесного фонда Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь по зонам радиоактивного загрязнения / А. В. Домненкова [и др.] // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 60–62.
17. Сермакшева, Е. В. Особенности обеспечения радиационной безопасности в лесном хозяйстве / Е. В. Сермакшева, А. В. Домненкова, В. Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2017. – С. 21.
18. Сермакшева, Е. В. Радиационная обстановка на объектах и рабочих местах лесного хозяйства / Е. В. Сермакшева, В. Н. Босак, А. В. Домненкова // Проблемы лесоведения и лесоводства. – 2017. – Вып. 77. – С. 388–395.

Аннотация. Рассмотрены основные закономерности распределения радионуклидов в лесных экосистемах.

Ключевые слова: лесное хозяйство, радионуклиды, радиационная безопасность.

ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА В БЕЛАРУСИ: ПОСЛЕДСТВИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

З. С. КОВАЛЕВИЧ, канд. с.-х. наук, доцент
УО Федерации профсоюзов Беларуси «Международный университет «МИТСО»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Под изменениями климата следует понимать устойчивую тенденцию к изменению статистических климатических характеристик за период в несколько десятилетий [1, 2, 9]. Согласно определению Всемирной метеорологической организации (ВМО), классическим периодом для усреднения климатических характеристик (температура и влажность воздуха, осадки, ветер, давление и др.) является период в 30 лет. В настоящее время климатической нормой считается период усреднения за 1991–2020 гг.

Причинно-следственные связи изменения климата в общей схеме включают: изменение качественного состава приземного слоя атмосферы (увеличение «парниковых газов» – углекислого газа, метана, оксидов серы и азота, выбросы тепловой энергии) → возникновение на Земле парникового эффекта, вызывающего повышение температуры окружающей среды → перераспределение выпадения осадков по территории суши, изменение гидрологического режима водных объектов, миграция фауны, изменение или замена видового состава растений, даже смещение климатических зон в северном направлении → повышение уровня Мирового океана, приводящее к затоплению территорий и возникновению сложных экономических и социальных ситуаций.

Потепление, превышающее среднегодовой глобальный показатель, наблюдается во многих регионах на суше и для различных времен года, однако, оно в 2–3 раза выше в Арктике. Потепление в основном выше над сушей по сравнению с океаном.

В специальном докладе Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) «О последствиях глобального потепления на 1,5 °С» показано, что за десятилетие (2006–2015 гг.) в результате деятельности человека температура в мире повысилась на 0,87 °С ($\pm 0,12$ °С) по сравнению с доиндустриальными временами (1850–1900 гг.). Если потепление продолжит повышаться такими темпами, глобальное потепление достигнет 1,5 °С в период между 2030 и 2052 годами. Согласно перспективным оценкам, возможные последствия потепления на 1,5 °С прогнозируют, в частности изменения:

– повышение средней температуры в большинстве районов суши и океана, экстремально жаркая погода в большинстве населенных регионов (в экстремально жаркие дни в средних широтах станет теплее почти на 3 °С), сильные атмосферные осадки и вероятность засухи и нехватки атмосферных осадков в некоторых регионах;

– увеличение глобального среднего уровня моря (относительно периода 1986–2005 гг.) в диапазоне от 0,26 до 0,77 м к 2100 г. Необратимые потери Гренландского ледникового покрова могут привести к многометровому повышению уровня моря в течение периода от сотен до тысяч лет;

– около 9, 6 % насекомых, 8 % растений и 4 % позвоночных животных утратят более половины своего климатически обусловленного географического ареала;

– уменьшение площади северных бореальных лесов, состоящих в основном из хвойных пород и продвижение в тундру древовидных кустарников;

– возрастет распространенность заболеваний и риск появления инвазивных видов, полная утрата некоторых экосистем;

– повышение закисления океана вследствие повышения концентрации CO₂, воздействующее на рост и развитие популяций, кальцификацию и выживаемость популяций большого числа видов;

– возрастут риски для здоровья, средств к существованию, продовольственной безопасности, обеспечения водой, т. е. безопасности жизнедеятельности человека.

На сегодняшний день усиление волн жары, засух и наводнений уже превышает пороги чувствительности некоторых растений и животных, вызывая их массовую гибель (деревья, кораллы).

Основная часть. В Беларуси потепление климата отмечается уже сегодня. По данным Росгидромета за последнее десятилетие, по сравнению с другими странами СНГ наиболее быстрое потепление отмечено в Беларуси (+0,63 °С) и Молдове (+0,6 °С). В России за десять лет потеплело на 0,51 °С, Армении – на 0,4 °С, Казахстане – на 0,32 °С, Кыргызстане – на 0,22 °С, Таджикистане – на 0,16 °С, Туркменистане – на 0,36 °С и в Узбекистане – на 0,32 °С [7].

Очевидные последствия отчетливо прослеживаются повсеместно.

Миграция животных. В Полесском государственном радиационно-экологическом заповеднике появился лесной кот, исчезнувший 90 лет назад. Появились лошади Пржевальского, самовольно пришедшие из украинской Зоны отчуждения ЧАЭС на территорию заповедника.

В Гомельской области отмечено появление нового вида ядовитого паука – воронкового паука (живет в паутинных воронках в почве на глубине до 2 м). В центральной и южной областях нашей страны появился южнорусский тарангул, укус которого для человека болезнен, может вызвать отек. Появились новые виды бабочек (среди которых опасный вредитель садов и парков – американская белая бабочка), крупная оса – гигантская сколия (до 5 см), богомол.

Конкуренция между аборигенными и чужеродными видами животных и растений. Отмечено вытеснение европейской норки американской норкой, конкурентное давление енотовидной собаки на лесного хорька, лесную куницу, барсука. Американский полосатый (сигнальный) рак, завезенный в Европу из Северной Америки в начале 80-х годов, на сегодняшний день является конкурентом аборигенным ракам за пищу, очень агрессивен, способен непосредственно питаться более мелкими обитателями водоемов.

Все более широкое распространение получают агрессивные чужеродные виды растений, такие как борщевик Сосновского, золотарник канадский, дурнишник эльбский, дуб красный, клен американский, робиния ложноакациевая. Золотарник распространяется очень быстро, так как не имеет естественных врагов из числа растений-конкурентов и насекомых, животными не поедается. Они выделяют в почву ядовитые вещества, подавляющие рост других растений [2, 4].

Адаптация к новым условиям. Под угрозой исчезновения находятся некоторые виды птиц (сипуха, сизоворонка, красный коршун, беркут, чернозобая гагара, белая куропатка), обыкновенный хомяк.

С потеплением климата в генетической программе некоторых птиц произошел сбой, например, все чаще остаются зимовать айсты, кулики, скворцы, зяблики и др. В последние годы все чаще отмечается осеннее цветение каштанов.

Интенсивное размножение вредителей леса с повышением температуры окружающей среды приводит к гибели деревьев.

Изменение гидрологического режима. Увеличение повторяемости и продолжительности засушливых периодов ведет к падению уровней в реках, озерах и водохранилищах и к ухудшению качества вод. Это негативно сказывается на состоянии популяций водно-болотных видов животных. Прогнозируется снижение численности и сокращение количества мест обитаний видов, включенных в Красную книгу Республики Беларусь. Происходит интенсивное зарастание открытых участков пойм рек и болот древесной и кустарниковой растительностью.

Увеличивается количество и продолжительность засух, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, а зачастую к гибели всходов и пересеву культур.

При жарком лете устанавливаются низкие уровни воды на реках, при которых перевозка грузов нерентабельна [5].

Рост инфекций и паразитарных заболеваний. В связи с потеплением климата и ввозом в нашу страну новых животных фиксируется рост инфекционных и паразитарных заболеваний южных широт (дирофиляриоз собак – глистное заболевание, вызываемое нематодами, паразитирующими в сердце и легочных артериях. Промежуточный хозяин – комары, инкубационный период заболевания – до 2 лет) [3].

В Беларуси произошло изменение границ агроклиматических областей (на 60–150 км): Северная агроклиматическая область практически распалась, а на юге республики образовалась 4-я агроклиматическая зона – «Новая агроклиматическая зона» с суммой активных температур более 2600 °С (рис. 1). Появилась возможность возделывания теплолюбивых культур (кукуруза, соя, подсолнечник, овощной горошек, сахарная кукуруза, спаржевая фасоль, виноград, абрикос, персик и др.). В то же время, для умеренно требовательных к теплу культур повышение температуры негативно сказывается на их росте и развитии (у картофеля при повышении среднесуточной температуры до 22–25 °С резко замедляется процесс клубнеобразования, для льна оптимальная температура роста составляет 14–18 °С).

Сроки перехода среднесуточной температуры воздуха через +5 °С и +10 °С осенью за период потепления сместились на более поздние (что необходимо учитывать при посеве озимых культур).

За период потепления сроки наступления почвенных засух весной отмечаются раньше, чем прежде (В Брестской и Гомельской областях – даже в первой декаде апреля).

По прогнозам, сумма активных температур (выше 10 °С) вырастет к 2041–2060 гг. в среднем на 480 °С и достигнет 2700–2800 °С на севере и 3050–3250 °С на юге страны.

Моделирование показало, что в наихудшем случае снижение к 2050 г. урожайности ячменя, рапса и кукурузы на песчаных почвах может достигнуть 15–25 % от уровня 2010 г. В наилучшем случае урожайность кукурузы на северо-западе страны может вырасти на 10–20 %. Падение урожайности рапса и ячменя из-за недостаточной обеспеченности влагой ожидается на всех выбранных для моделирования участках [6].

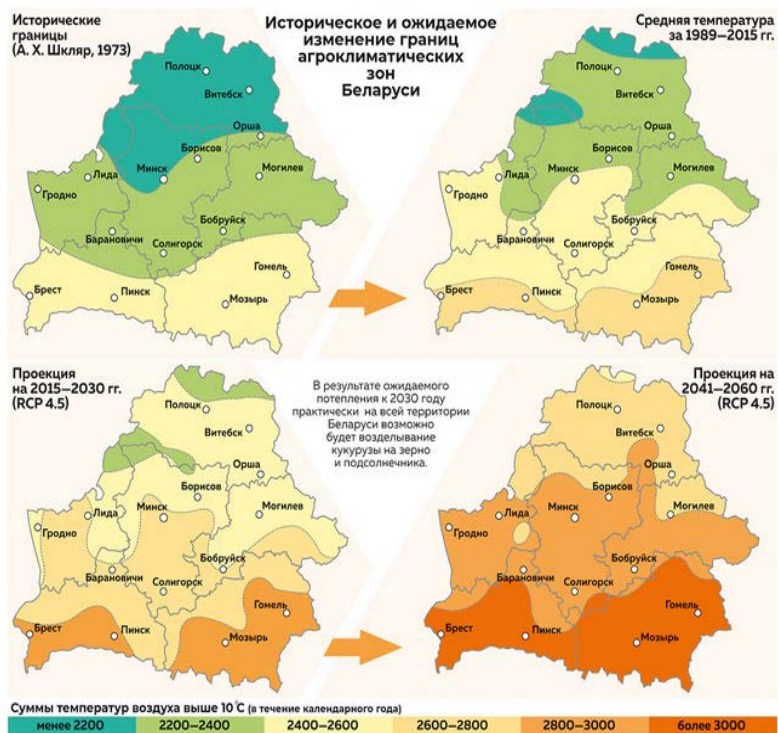


Рис. 1. Границы агроклиматических областей Беларуси
<https://www.sb.by/articles/zharkie-vskhody.html?ysclid=lphxixex9d722170469>

Все эти очевидные изменения климата требуют от аграриев ученых и практиков новых знаний и подходов в ведении сельского хозяйства.

В Республике Беларусь разработана и принята «*Стратегия адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата*».

В растениеводстве, в частности, основными стратегическими направлениями и мероприятиями являются:

- Оптимизация посевов, сельскохозяйственных культур и агротехнических приемов.
- Расширение сети участков, на которых ведется селекционная работа, и улучшение методического уровня проведения полевых

исследований с оперативным внедрением современных информационных технологий.

➤ Увеличение доли более теплолюбивых и засухоустойчивых культур (в том числе малораспространенных и нетрадиционных для Беларуси, таких как просо, чумиза, диплоидная рожь, лядвенец, люцерна, донник, озимая сурепица, сорго-суданковые гибриды и др.);

➤ Увеличение посевов озимым, способных в максимальной степени использовать весенние запасы почвенной влаги и меньше страдающих от летней засухи, чем яровые.

➤ Улучшения обеспечения растений минеральными элементами питания с учетом их содержания в почве, дробного применения азотных удобрений в период вегетации по данным почвенной и растительной диагностики.

➤ Смещение сроков сева яровых культур на более раннее время с целью эффективного использования ранневесенних запасов влаги («уход от засухи»).

➤ Нарращивание осеннего внесения органических удобрений (навоза, компоста), использование многолетних бобовых трав и пожнивных культур как компенсаторов дефицита органических веществ и фактора улучшения водного и теплового режима почв.

➤ Усиление комплекса мероприятий, направленных на охрану территории Беларуси от завоза и распространения карантинных для республики вредителей, возбудителей болезней и сорняков.

➤ Замена традиционных пестицидов новыми средствами защиты растений, более интенсивное развитие работ, связанных с поиском, созданием и скринингом нового поколения химических и биологических средств защиты растений, обладающих высокой экологической безопасностью и эффективностью против вредителей, фитопатогенов и сорных растений [8].

Заключение. Ведение растениеводства в Республике Беларусь требует от ученых аграриев и практиков научно-обоснованного и рационального подхода с учетом многих новых факторов формирования устойчивых урожаев в условиях повышения температуры окружающей среды и изменения климата в целом.

Стратегические направления и мероприятия с учетом новых факторов формирования устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур изложены в разработанной учеными аграриями «Стратегии адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата».

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 312 с.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, 3. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
3. Дирофиляриоз собак в Республике Беларусь / Т. Я. Мясцова [и др.] // Эпизоотология. Иммунобиология. Фармакология. Санитария. – 2019. – № 1. – С. 3–8.
4. Клочкова, Н. В. Ядовитые растения как фактор риска безопасности жизнедеятельности / Н. В. Клочкова // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 88–91.
5. Мониторинг животного мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsmos.by/uploads/archive/Sborniki/8%20ANIMALS%20Monitoring%202019>. – Дата доступа: 20.11.2023.
6. Оценка агроклиматических ресурсов территории Беларуси за период с 1989 по 2015 г. / В. И. Мельник [и др.] // Природные ресурсы. – 2018. – № 2. – С. 88–101.
7. Росгидромет: в Беларуси и Молдове самая высокая скорость потепления среди стран СНГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by/world/view/rosgidromet-v-belarusi-i-moldove-samaja-vysokaja-skorost-poteplenija-sredi-stran-sng-442334-2021/>. – Дата доступа: 23.11.2023.
8. Стратегия адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата: постановление НАН Беларуси и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 12 сентября 2019 г. № 08-1-12/5845 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/4-Minselxozprod-Strategija-adaptatsii-s-x.pdf>. – Дата доступа: 20.11.2023.
9. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

Аннотация. Приведены сведения о зафиксированных в Беларуси последствиях потепления (появление новых животных более южных широт; уменьшение популяций некоторых аборигенных видов; рост инфекционных и паразитарных заболеваний южных широт у животных; расширение ареала чужеродных агрессивных растений). Отмечено, что в «Новой агроклиматической области» на юге нашей страны с суммой активных температур 2600 °С появилась возможность возделывания теплолюбивых культур – кукуруза, соя, подсолнечник, овощной горошек, сахарная кукуруза, спаржевая фасоль, виноград, абрикос, персик. Приведены отдельные положения из «Стратегии адаптации сельского хозяйства Республики Беларусь к изменению климата».

Ключевые слова: потепление, новые теплолюбивые сельскохозяйственные культуры, новые факторы формирования урожайности.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПРОВЕДЕНИЕ РАБОТ С ПОВЫШЕННОЙ ОПАСНОСТЬЮ

А. Е. КОНДРАЛЬ, канд. техн. наук, доцент
В. Н. БОСАК, д-р с.-х. наук, профессор

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

Введение. В соответствии с Законом Республики Беларусь «Об охране труда», работодатель обязан обеспечивать безопасность при ведении технологических процессов и применении в производстве материалов, химических веществ. Наниматель, кроме этого, обязан обеспечить на каждом рабочем месте условия труда, соответствующие требованиям по охране труда, назначить должностных лиц, ответственных за организацию охраны труда и осуществление контроля за соблюдением работниками требований по охране труда в организации и структурных подразделениях, а также при выполнении отдельных видов работ. При отсутствии в нормативных правовых актах требований по охране труда, работодатели принимают необходимые меры, обеспечивающие сохранение жизни, здоровья и работоспособности работающих в процессе трудовой деятельности [5, 6, 10].

При разработке технологических процессов предусматриваются: устранение (снижение) воздействия на работающих вредных и (или) опасных производственных факторов, применение средств автоматизации и механизации, дистанционного управления технологическим процессом и операциями при наличии вредных и (или) опасных производственных факторов, применение средств коллективной и индивидуальной защиты работающих [1, 2, 9, 11–15].

Основная часть. При сложившемся в настоящее время уровне развития машин и технологий существуют виды работ повышенной опасности, при выполнении которых необходимо применять комплекс дополнительных мероприятий по обеспечению безопасности [10].

Работы с повышенной опасностью – работы, при выполнении которых на работающего могут воздействовать вредные и (или) опасные производственные факторы, для управления которыми требуется осуществить специальные организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работающих при выполнении этих работ. Типовой перечень работ с повышенной опасностью приведен в

постановлении Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28 ноября 2008 г. № 175 «Об утверждении Инструкции о порядке обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний работающих по вопросам охраны труда» (с изм. и доп.). В каждой организации, исходя из особенностей производства, составляется свой перечень работ с повышенной опасностью.

Организация работ повышенной опасности накладывает на работодателя дополнительные обязанности:

- ежегодное обучение безопасным методам и приемам выполнения работ повышенной опасности, к которым предъявляются дополнительные требования в соответствии с требованиями нормативных правовых актов;
- более частое проведение инструктажей по охране труда, если это следует из правил по охране труда по данной отрасли;
- организация стажировок и допуска к самостоятельному выполнению работ;
- ежегодное обучение по оказанию первой помощи;
- выдача дополнительных средств индивидуальной защиты и другие мероприятия, обеспечивающие безопасность работающих;
- разработка проекта производства работ и технологических карт, оформление наряда-допуска.

В целях исключения чрезвычайных происшествий и производственного травматизма работников, занятых на работах с повышенной опасностью, наниматель обеспечивает систематический контроль их физического состояния путем проведения предсменного (перед началом работы, смены) медицинского осмотра либо освидетельствования на предмет нахождения в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения [5, 11].

Работы с повышенной опасностью, требующие осуществления специальных организационных, технических мероприятий и контроля за их выполнением, выполняются по наряду-допуску, предусмотренному законодательством.

Наряд-допуск на выполнение работ с повышенной опасностью – задание на подготовку и выполнение работ с повышенной опасностью установленной формы, оформленное на бумажном носителе и определяющее наименование работ, место, сроки и время их выполнения, мероприятия по подготовке к выполнению работ, безопасному выполнению работ, состав исполнителей работ, лицо (лиц), ответственное (ответственных) за подготовку работ, лицо (лиц), ответственное (от-

ветственных) за безопасное выполнение работ, иные требования, обеспечивающие безопасное выполнение работ.

В организации, исходя из особенностей производства работ, составляется перечень работ, выполняемых по наряду-допуску, который утверждается руководителем организации.

Универсальная форма наряда-допуска приведена в Правилах по охране труда (постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 1 июля 2021 г. № 53) [3, 4, 7, 8].

К наряду-допуску при необходимости прилагаются эскизы защитных устройств и приспособлений, схемы расстановки постов оцепления, установки знаков и плакатов безопасности.

При выполнении работ в охранных зонах объектов газораспределительной системы, электрических и тепловых сетей, линий, сооружений электросвязи и радиофикации, магистральных трубопроводов наряды-допуски выдаются при наличии соответствующих разрешений на их проведение.

Наряд-допуск выдается на срок, необходимый для выполнения работ. Оформленный и выданный наряд-допуск регистрируется в журнале учета выдачи нарядов-допусков.

Работы по ликвидации аварий могут проводиться без оформления наряда-допуска, но только до устранения прямой угрозы травмирования людей. Дальнейшие работы по ликвидации аварий и локализации их последствий должны проводиться после оформления наряда-допуска, за исключением аварийно-спасательных и других неотложных работ, проводимых органами и подразделениями по чрезвычайным ситуациям.

Лицо, выдавшее наряд-допуск, устанавливает необходимость производства и объем работ, определяет возможность безопасного их выполнения и несет ответственность: за правильность и полноту указываемых в наряде-допуске мер безопасности; качественный и количественный состав исполнителей работ; назначение руководителя работ.

После полного завершения работ по наряду-допуску он закрывается руководителем работ и возвращается лицу, выдавшему наряд-допуск, который также делает в нем отметку о завершении работ.

Заключение. Строгое выполнение требований охраны труда при организации и проведении работ с повышенной опасностью обеспечит необходимый уровень безопасности труда при выполнении такого вида работ, а также будет способствовать сохранению жизни, здоровья и работоспособности работающих в процессе трудовой деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности человека. Средства индивидуальной и медицинской защиты / М. В. Цайц [и др.]. – Горки: БГСХА, 2024. – 43 с.
2. Босак, В. Н. Адамның қауіпсіздік өміртіршілігі (Безопасность жизнедеятельности человека) / В. Н. Босак, К. Т. Жантасов, М. К. Жантасова. – Шымкент, 2022. – 280 с.
3. Босак, В. Н. Новые правила по охране труда и пожарной безопасности в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. В. Цайц // Вестн. техносферной безопасности и сельского развития. – 2023. – № 2. – С. 2–6.
4. Босак, В. Н. Обеспечение техносферной безопасности в сельском хозяйстве / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль // Проблемы продовольственной безопасности. – Горки: БГСХА, 2023. – Ч. 2. – С. 146–148.
5. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеев, М. П. Акулич. – Минск: Выш. шк., 2019. – 317 с.
6. Босак, В. Н. Охрана труда, охрана окружающей среды и энергосбережение / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль. – Горки: БГСХА, 2023. – 107 с.
7. Босак, В. Н. Правила по охране труда: новое в законодательстве / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, А. В. Домненкова // Технология органических веществ. – Минск: БГУ, 2023. – С. 51–53.
8. Босак, В. Н. Совершенствование законодательства по охране труда и пожарной безопасности в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 7–9.
9. Кондраль, А. Е. Обеспечение охраны труда при выполнении строительных работ / А. Е. Кондраль, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 97–99.
10. Организация работ с повышенной опасностью / А. Е. Кондраль [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – 35 с.
11. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
12. Пожарная безопасность в сельском хозяйстве / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 209 с.
13. Сачыўка, А. В. Патрабаванні аховы працы да пасляўборачнай апрацоўкі прадукцыі раслінаводства / А. В. Сачыўка, В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 222–225.
14. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.
15. Юрцевич, Д. В. Безопасность труда при выполнении сельскохозяйственных работ на загрязненных территориях / Д. В. Юрцевич, М. П. Акулич // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 124–126.

Аннотация. Приведены требования по организации и проведению работ с повышенной опасностью, обеспечивающих необходимый уровень охраны труда на производстве.

Ключевые слова: охрана труда, работы с повышенной опасностью, наряд-допуск, производственная безопасность.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

С. А. КОНЧ, магистрант

Г. И. БЕЛОХВОСТОВ, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Использование теплоты отработавших газов – это важный аспект в современной промышленности и производстве, который позволяет эффективно использовать энергию и снизить негативное воздействие на окружающую среду [2, 9].

Отработавшие газы – это продукт сгорания топлива в двигателях, котлах и других устройствах. Они содержат значительное количество тепловой энергии, которая может быть использована для различных целей [1, 3–8].

Отработавшие газы являются распространенным и достаточно мощным источником вторичных энергоресурсов, с которыми отводится в окружающую среду от 25 до 35 % энергии сжигаемого в двигателе внутреннего сгорания ценного топлива. Применение на энергосиловых установках систем внешней утилизации теплоты отработавших газов сегодня рассматривается как один из основных путей снижения удельного расхода топлива и уменьшения загрязнения окружающей среды токсичными компонентами. При этом еще не созданы научные основы, необходимые для проектирования и изготовления высокоэффективных утилизационных теплообменников

Основная часть. Одним из способов использования теплоты отработавших газов является их переработка в теплообменниках. Теплота отработавших газов может быть передана на теплоноситель, который затем может быть использован для обогрева воды, пара или других процессов. Это позволяет значительно снизить затраты на энергию и повысить эффективность производственных процессов.

Кроме того, теплота отработавших газов может быть использована для производства электроэнергии. Для этого отработавшие газы подвергаются очистке и сжигаются в специальных установках, таких как турбины или генераторы. Это позволяет получить дополнительную энергию, которая может быть использована для собственных нужд предприятия или продана в сеть.

Использование теплоты отработавших газов имеет множество преимуществ.

1. Экономия энергии: использование теплоты отработавших газов позволяет эффективно использовать тепловую энергию, что помогает снизить расходы на энергию и повысить экономическую эффективность производства.

2. Снижение выбросов парниковых газов: переработка отработавших газов и использование их теплоты позволяет сократить выбросы парниковых газов, что способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду и борьбе с изменением климата.

3. Увеличение энергетической эффективности: использование теплоты отработавших газов для производства дополнительной энергии позволяет увеличить общую энергетическую эффективность производства.

4. Снижение зависимости от традиционных источников энергии: использование теплоты отработавших газов позволяет диверсифицировать источники энергии, снижая зависимость от традиционных источников, таких как нефть или уголь.

5. Улучшение общественного имиджа: компании, активно использующие теплоту отработавших газов, могут продемонстрировать свою заботу об окружающей среде и устойчивом развитии, что способствует улучшению их общественного имиджа.

6. Сокращение затрат на энергию: использование теплоты отработавших газов позволяет снизить затраты на энергию, так как она используется повторно в производственных процессах.

7. Уменьшение расходов на топливо: переработка отработавших газов и использование их теплоты может снизить потребность в дополнительном топливе для обогрева или производства электроэнергии.

8. Субсидии и налоговые льготы: во многих странах компании, использующие возобновляемые источники энергии, включая теплоту отработавших газов, могут получать субсидии или налоговые льготы, что также способствует экономической выгоде.

9. Уменьшение рисков: диверсификация источников энергии позволяет снизить риски, связанные с колебаниями цен на традиционные виды топлива, что также способствует экономической стабильности предприятия.

10. Увеличение конкурентоспособности: компании, снижающие затраты на энергию благодаря использованию теплоты отработавших

газов, могут предложить более конкурентоспособные цены на свою продукцию, что способствует увеличению своей доли на рынке.

Заключение. Использование теплоты отработавших газов является важным элементом современных производственных процессов. Это позволяет эффективно использовать ресурсы и снизить негативное воздействие на окружающую среду, что делает его неотъемлемой частью устойчивого развития промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акуленко, С. В. Использование теплоты отработавших газов в автофургонах для перевозки хлебобулочных изделий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / С. В. Акуленко; Могилевский технологический институт. – Могилев, 1995. – 21 с.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
3. Влияние процессов утилизации энергии отработавших газов поршневых двигателей внутреннего сгорания на газодинамические и акустические характеристики глушителей шума / В. Я. Груданов [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2022. – Т. 67, № 3. – С. 307–317.
4. Груданов, В. Я. Влияние процессов утилизации энергии отработавших газов на токсичность и эффективные показатели работы двигателей внутреннего сгорания / В. Я. Груданов, Г. И. Белохвостов, Л. Т. Ткачева // Горная механика и машиностроение. – 2023. – № 1. – С. 39–50.
5. Груданов, В. Я. Теплоотдача и гидравлическое сопротивление в процессах утилизации теплоты отработавших газов двигателей внутреннего сгорания / В. Я. Груданов, В. М. Осипов // Известия вузов. Энергетика. – 1990. – № 3. – С. 81–84.
6. Груданов, В. Я. Утилизатор тепла отработавших газов / В. Я. Груданов, К. Н. Тупальский, А. Н. Рубанов // Автомобильная промышленность. – 1986. – № 7. – С. 11–12.
7. Конч, С. А. Выбор основных концептуальных направлений проектирования глушителя шума – утилизатора теплоты отработанных газов двигателя внутреннего сгорания / С. А. Конч, Г. И. Белохвостов // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 118–121.
8. Современные подходы к разработке глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / Г. И. Белохвостов [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 40–44.
9. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

Аннотация. Сформулированы основные преимущества использования теплоты отработавших газов в двигателях внутреннего сгорания.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, отработавшие газы, утилизационный теплообменник, тепловая энергия.

ШУМОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ ЗДОРОВЬЕ ОПЕРАТОРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ТРАКТОРА

М. В. КУНАШ, аспирант

Г. И. БЕЛОХВОСТОВ, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Развитие сельского хозяйства требует более широкого внедрения усовершенствованной техники и оборудования, чтобы избежать ущерба здоровью работников из-за чрезмерного шума. Шум определяют как всякий нежелательный для человека звук. С физической точки зрения шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности (силы), возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах, частоты которых лежат в диапазоне от 16 до 20 000 Гц (звуковые, или акустические колебания) [1–4, 7, 9].

Постоянное воздействие шума на слуховую систему оператора сельскохозяйственного трактора может вызвать психические и физиологические проблемы. Основные причины заболеваний – работа в условиях превышения уровней факторов производственной среды гигиеническим нормативам, неприменение средств индивидуальной защиты и несовершенство технологий.

Основная часть. В структуре профессиональной патологии в зависимости от воздействующего вредного производственного фактора, лидирующее место в 2021 г. занимает патология от воздействия на организм промышленных аэрозолей (57,8 %), на втором месте – от воздействия на организм работников физических факторов, в том числе шума (26,9 %), на третьем – от воздействия биологических факторов (11,5 %); четвертое место разделили заболевания, вызванные воздействием химических факторов (1,9 %) и физическими перегрузками (1,9 %) (рис. 1).

Шумовые патологии подразделяются на специфические, наступающие в звуковом анализаторе (ауральные), и неспецифические, возникающие в других органах и системах (экстрауральные). Поражение органа слуха определяется главным образом интенсивностью шума (количеством звуковой энергии). Изменения в центральной нервной

системе наступают значительно раньше, чем нарушения в звуковом анализаторе.

■ Биологические факторы ■ Промышленные аэрозоли ■ Физические перегрузки
■ Химические факторы ■ Физические факторы

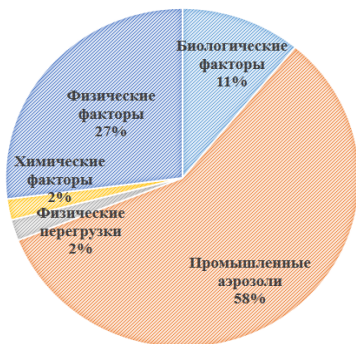


Рис. 1. Структура профессиональной патологии в зависимости от воздействующих производственных факторов, %

Шум с уровнем звукового давления до 30–35 дБ привычен для человека и не беспокоит его. Повышение этого уровня до 40–70 дБ создает значительную нагрузку на нервную систему, вызывая ухудшение самочувствия, и при длительном действии может быть причиной невротозов. Воздействие шума с уровнем звукового давления свыше 80 дБ может привести к потере слуха – профессиональной тугоухости. При действии шума высоких уровней звукового давления (более 140 дБ) возможен разрыв барабанных перепонки, контузия, а при еще более высоких (более 160 дБ) и смерть [1, 2, 4, 7].

При ежедневном воздействии интенсивный шум медленно влияет на незащищенный орган слуха и приводит к развитию тугоухости. Снижение слуха на 10 дБ практически неощутимо, при снижении на 20 дБ начинает серьезно мешать человеку, так как нарушается способность слышать важные звуковые сигналы, наступает ослабление разборчивости речи. Снижение слуха восстанавливается в редких случаях, если воздействие шума было непродолжительным и сосудистые изменения оказались незначительными. При длительном акустическом воздействии или при острой акустической травме происходят необратимые нарушения в слуховом анализаторе.

При воздействии шума наблюдаются также отклонения в состоянии вестибулярной функции, общие не специфические изменения в организме: головные боли, головокружения, боли в области сердца, повышение артериального давления, боли в области желудка. Шум вызывает снижение функции защитных систем и общей устойчивости организма к внешним воздействиям.

Шумовая болезнь – это общее заболевание организма с преимущественным поражением органа слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, развивающееся в результате длительного воздействия интенсивного шума. Формирование патологического процесса при шумовом воздействии происходит постепенно и начинается с неспецифических проявлений вегетативно-сосудистой дисфункции. Далее развиваются сдвиги со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, затем – специфические изменения в слуховом анализаторе.

Воздействие шума на центральную нервную систему вызывает увеличение латентного (скрытого) периода зрительной моторной реакции, приводит к нарушению подвижности нервных процессов, изменению электроэнцефалографических показателей, нарушает биоэлектрическую активность головного мозга с проявлением общих функциональных изменений в организме, существенно изменяет биопотенциалы мозга, их динамику, вызывает биохимические изменения в структурах головного мозга.

Сильный шум может способствовать возникновению травматизма как прямым, так и косвенным образом: воздействие на ЦНС, приводящее к утомлению, и отсутствие возможности различения звуковых сигналов. При высоких уровнях шума понижение слуховой чувствительности наступает уже через 5 лет работы, при средних она обнаруживается через 7–10 лет.

Длительное воздействие шума трактора влияет на частоту сердечных сокращений, артериальное давление, наблюдается сужение кровеносных сосудов, расширение зрачков, тошнота и утомляемость.

Разработка шумобезопасной техники – уменьшение шума в источнике – достигается улучшением конструкции машин, применением малошумных материалов в этих конструкциях. Защита от шума акустическими средствами предполагает виброизоляцию, вибропоглощение, звукоизоляцию, звукопоглощение [5, 6, 8, 10, 11].

На кафедре управления охраной труда учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет» в

результате проведенных исследований были разработаны новые конструкции глушителей аэродинамического шума, которые предложены к испытаниям в ОАО «Минский тракторный завод».

Заключение. Чрезмерный шум относится к вредным производственным фактором, который может приводить к профессиональным заболеваниям. Для защиты от шума, наряду с другими приемами, используются усовершенствованные глушители шума.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Охрана труда / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачева, Т. П. Кот. – Минск: РИВШ, 2021. – 620 с.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
3. Босак, В. Н. Охрана труда, охрана окружающей среды и энергосбережение / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль. – Горки: БГСХА, 2023. – 107 с.
4. Исследование производственного шума / А. Е. Кондраль [и др.]. – Горки: БГСХА, 2019. – 15 с.
5. Кунаш, М. В. Мероприятия по улучшению условий труда в кабине тракторов / М. В. Кунаш, А. Е. Федяньёв, Г. И. Белохвостов // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки, 2023. – С. 139–141.
6. Новые направления в конструировании глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / В. Я. Груданов [и др.] // Вестн. БарГУ. Серия: Технические науки. – 2022. – № 2 (12). – С. 74–84.
7. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
8. Расчет противодействия глушителя шума ДВС / А. Г. Коляда [и др.] // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 111–114.
9. Рыбина, А. Л. Шум как физический фактор. Влияние на организм и профилактика на производстве / А. Л. Рыбина, И. П. Семенов // Охрана труда. Технологии безопасности. – 2021. – № 7. – С. 74–79.
10. Современные подходы к разработке глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / Г. И. Белохвостов [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 40–44.
11. Улучшение гидравлических характеристик глушителей шума / М. В. Кунаш [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции. – Минск: БГАТУ, 2023. – С. 294–296.

Аннотация. Рассмотрено влияние шума на органы и системы организма, а также предложены меры по снижению шума оператора сельскохозяйственного трактора.

Ключевые слова: шум, акустическое воздействие, глушители шума, охрана труда, сельскохозяйственная техника.

ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ И ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Ал-р Л. МИСУН, канд. техн. наук
Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор
В. Л. МИСУН, инженер

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

Введение. Работа операторов транспортного средства сельскохозяйственного назначения (ТССН) протекает при неблагоприятных температурных условиях, повышенной влажности и требует больших физических усилий. Недостатки в организации труда операторов ТССН приводят к повышенной интенсивности и продолжительности работы, неудобной рабочей позе за рулем, перенапряжению отдельных мышечных групп, органов и систем организма. Знание гигиенических особенностей условий труда в кабине ТССН, а также неблагоприятных факторов, которые могут возникнуть при работе, позволяет принять необходимые меры по сохранению здоровья и работоспособности операторов ТССН. Физиологическая же норма реакции тела человека позволяет организму адаптироваться к охлаждающей или нагревающей температуре воздуха, микроклимату в кабине ТССН. В случае же возникающего перегревания или переохлаждения тела, даже если это и не опасно для жизни оператора, снижается его трудоспособность [4]. Если изменяются теплофизические условия производственной среды в кабине ТССН, то при различной деятельности оператора ТССН система терморегуляции организма приводит в соответствие процессы теплообмена и теплоотдачи, сохраняя при этом температуру тела на одном постоянном уровне ($36,6 \pm 0,5$) °С.

Основная часть. Для создания комфортных микроклиматических условий производственной среды должны учитываться особенности теплообмена человека, выполняющего физическую работу [1, 2, 5].

Температура кожи в любой точке тела является результатом действия ряда факторов, которые определяют передачу тепла от внутренних частей организма и легкость его отдачи в окружающую среду. Эти факторы в значительной мере отличаются в разных частях тела.

Во время выполнения физической нагрузки наблюдается интенсивное теплообразование, происходящее при сокращении работающих мышц. Так, умеренная двигательная активность увеличивает теплообразование в 2 раза, а тяжелая работа – в 4–5 раз, и более существенно возрастает роль физической теплорегуляции, увеличивается и изменяется соотношение способов теплоотдачи [3].

Следует также отметить, что постоянное пребывание оператора ТСХН за рулем может быть причиной целого ряда заболеваний. Недостаток движения сказывается на кровоснабжении в органах малого таза и приводит к нарушению работы нервной системы. Начальное поражение позвоночника и органов малого таза может привести к остеохондрозу. Симптомы такого профессионального заболевания у операторов ТССН очень разнообразны и неприятны: тупые либо колющие боли в районе хребта; ощущение сдавленности и неподвижности («каменная спина»); сильные боли в районе органов малого таза. Для снижения проявления этих заболеваний нами предлагается специальная накидка-чехол на сиденье ТССН [7], которая имеет ортопедические мягкие вставки с выделенной поясничной частью. При деформации – вставки принимают форму тела оператора, а после снятия нагрузки восстанавливают свою исходную конфигурацию, что способствует улучшению кровоснабжения в поясничной части спины и в органах малого таза.

Длительные работы в теплый период сказываются на дискомфорте. Поэтому не менее важным в процессе труда является возможность свободного испарения выделяющегося на поверхности тела пота. Задержка в испарении пота сопровождается смачиванием им спинки сидения и способствует переохлаждению организма оператора после рабочей смены. При этом температура кожи в любой точке тела является результатом действия ряда факторов, которые определяют передачу тепла от внутренних частей организма и легкость его отдачи в окружающую среду. Так, в условиях теплового комфорта с поверхности кожи в течение одного часа испаряется 40–50 г влаги. Выделение же пота в количестве, превышающем 150 г/ч, сопряжено с тепловым дискомфортом [3].

Для создания комфортных санитарно-гигиенических условий труда операторов в кабине ТССН может использоваться устройство [6], содержащее сменные гигроскопические впитывающие элементы, неподвижно закрепленные на спинке сидения двумя эластичными кольцами, связанными друг с другом стяжкой, которая, в свою очередь, непо-

движно прикреплена одним концом к оттяжке, закрепленной своим свободным концом и снабженной зацепом за спинку сидения. Эффективная и безопасная защита оператора от выделяемого пота в процессе работы при соприкосновении его спины со спинкой сидения достигается периодической и нетрудоемкой сменой впитывающих элементов, препятствующих перегреву организма.

Заключение. Предложенные профилактические и инженерно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов транспортных средств сельскохозяйственного назначения, способствуют повышению работоспособности, внимательности, снятия состояния утомления и усталости оператора, предупреждению возникновения травмоопасной ситуации при управлении транспортным средством сельскохозяйственного назначения.

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. 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.
3. Мисун, А. Л. Обеспечение безопасности производственной среды в кабине мобильной сельскохозяйственной техники / А. Л. Мисун // Вестн. Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – 2018. – № 11. – С. 24–27.
4. Мисун, Л. В. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, И. Н. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2021. – 200 с.
5. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
6. Устройство для защиты от пота: патент 2143937 РФ / В. М. Сорока; заявл. 05.09.1994; опубл. 10.01.2000.
7. Чехол для кресла транспортного средства: патент 11800 Респ. Беларусь / Л. В. Мисун, В. В. Азаренко, А. Л. Мисун [и др.]; заявл. 26.05.2018; опубл. 27.10.2018.

Аннотация. Проанализированы профилактические и инженерно-технические мероприятия по предупреждению возникновения травмоопасной ситуации при управлении транспортным средством сельскохозяйственного назначения. Предложены технические решения для повышения безопасности труда.

Ключевые слова: транспортное средство сельскохозяйственного назначения, микроклимат, безопасность труда.

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ ТРАКТОРА НА СКЛОНАХ

Ал-й Л. МИСУН, магистр техн. наук
Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор
В. Л. МИСУН, инженер

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

Введение. Работа сельскохозяйственной техники на полях с уклоном относится к затратному земледелию и требует определенных усилий от аграриев, а также «вплощения в жизнь» ряда инженерных решений для адаптации к конкретному типу технологических операций [1, 2, 4]. Так, трактора с классической рамой, хорошо справляются со своими функциями на равнинах, отличаются конструктивной особенностью, имея высокий центр тяжести. Наглядно достаточно просто представить расположение центра тяжести такого трактора, поставив его на склон и проведя вертикальную линию через ось качения трактора в переднем мосту. Становится очевидным, что весь вес (двигатель, кабина, противовесы, тракторист и т. д.) действуют против устойчивости и при достижении критического угла произойдет переворот трактора со всеми последствиями. Повысить же поперечную устойчивость трактора можно используя следующее:

- увеличить колею трактора, площадь контакта;
- использовать колеса меньшего диаметра, чтобы понизить центр тяжести;
- оснастить трактор постоянным полным приводом;
- использовать низкоклинренсные модификации тракторов при угле склона до 16° .

Основная часть. Для предотвращения несчастных случаев во время эксплуатации, например, при движении трактора Беларус 320 на подъем на дамбу клюквенного чека [3] и по поперечному уклону без опрокидывания, необходимо знать предельные углы, при которых возможно это движение. Опрокидывание наступает, когда передние колеса трактора полностью разгружаются и действующая на них нормальная реакция дороги равна нулю. При этом важно знать значение предельного статического угла подъема без опрокидывания. Так, при движении на подъем опрокидывания не произойдет, если угол будет

меньше 40° Динамический же угол подъема при движении трактора определяется из зависимости:

$$\alpha_{\text{дин}} = (0,4 \dots 0,6)\alpha_n,$$

где $\alpha_{\text{дин}}$ – динамический угол подъема трактора при движении без опрокидывания, град.

В нашем случае:

$$\alpha_{\text{дин}} = 0,4 \cdot 40^\circ = 16^\circ.$$

Максимальная скорость на развороте, при которой трактор может двигаться без угрозы опрокидывания:

$$g_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{gRB}{2h_1}},$$

где R – наименьший радиус разворота трактора, м (для трактора Беларус 320 $R = 2,5$ м);

B – ширина колеи трактора, Беларус 320 ($B = 1,25$ м);

h_1 – вертикальная координата центра тяг ести трактора, м.

Подставляя значения в предыдущую формулу, находим:

$$g_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{9,8 \cdot 2,5 \cdot 1,25}{2 \cdot 1,2}} = 3,57(\text{м/с}) = 12,85(\text{км/ч}).$$

Если скорость при развороте по наименьшему радиусу трактора Беларус 320 будет превышать 12,85 км/ч, то высока вероятность его опрокидывания.

Определим предельный статический угол поперечного уклона, то есть наибольший угол уклона, на котором трактор может стоять, не опрокидываясь набок и не сползая вниз. Состояние поперечной устойчивости обеспечивается в том случае, если удерживающий момент будет больше опрокидывающего момента. Используемый на клюквенных чеках трактор Беларус 320 будет двигаться без сползания и опрокидывания, если уклон чека менее или равен 27° . На поперечную устойчивость трактора дополнительно влияет качающаяся передняя ось, которая может поворачиваться в вертикально поперечной плоскости на некоторый ограниченный угол относительно остова. Вследствие этого при боковом крене трактора остов его сначала поворачивается вокруг шарнира передней оси, и только после упора в ограничители опрокидывание продолжается. Если учесть также разную деформацию

шин колес, расположенных на противоположных, сторонах трактора, то фактические значения предельных статических углов поперечной устойчивости будут снижены на 6–8° меньше по сравнению с расчетными. Для повышения устойчивости трактора при работе на склонах предлагается противоскатное устройство, содержащее тормозные элементы, их привод и блок управления [5]. Тормозные элементы (шипы) выполненные в виде конуса, жестко закреплены на несущей поверхности в шахматном порядке. При этом несущая поверхность противоскатного устройства жестко соединена со стержнем, который шарнирно связан с продольной тягой, жестко соединенной с навесной системой трактора. При движении трактора, например, на склон при неблагоприятных условиях, оператор при помощи навесной гидросистемы опускает навеску с жестко закрепленной на ней продольной тягой, которая через шарнир соединена со стержнем. Усилие передается на несущую поверхность устройства (шипы). При этом шипы углубляются в почву, образуя тупой угол между продольной тягой и центральной осью стержня, увеличивая тормозной эффект до полной остановки трактора.

Заключение. Рассмотрены направления повышения поперечной устойчивости трактора при работе на склонах. Предложено техническое решение для повышения безопасности работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арцименя, М. В. Требования безопасности труда при использовании пахотных машинно-тракторных агрегатов с дополнительным орудием на передней подвеске / М. В. Арцименя, М. А. Гринкевич, О. В. Гордеенко // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки, 2023. – С. 19–22.
2. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Выш. шк., 2019. – 317 с.
3. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
4. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
5. Противоскатное устройство тракторных транспортных агрегатов, оснащенных гидросистемой: патент № 2494893 РФ; заявл. 05.12.2011; опубл. 10.10.2013.

Аннотация. Проанализированы направления повышения безопасности эксплуатации трактора на склонах, основные причины его опрокидывания. Предложено техническое решение для повышения устойчивости трактора на склонах.

Ключевые слова: безопасность, устойчивость, опрокидывание, трактор, склон.

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ВИБРАЦИОННЫХ НАГРУЗОК НА ОРГАНИЗМ ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор
Ал-й Л. МИСУН, магистр техн. наук

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

Введение. Немаловажное значение для улучшения условий труда оператора мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) при ее эксплуатации имеет снижения вибрационных нагрузок, отрицательно воздействующих не только на узлы и детали МСХТ, но и на самого оператора. Колебания, возникающие во время эксплуатации МСХТ, являются не только причиной нарушения работы механизмов и выхода из строя всего технического средства, но и ухудшения здоровья оператора, появление боли в спине, что в дальнейшем может сказаться скапливается и на профессиональной нетрудоспособности [2, 4, 5, 8, 9].

Основная часть. Несмотря на то, что зачастую сиденье МСХТ не требуют обслуживания, оно все же подвержено износу. К наиболее частым неисправностям относятся выход из строя подшипника, поломки пружины и амортизаторов. Механические повреждения можно распознать по снижению комфорта и скрежету пружины. Большинство систем защиты сиденья отечественных МСХТ от вибрации не в полной мере обеспечивают эффективную защиту оператора от возникающих колебаний в процессе эксплуатации техники, в особенности от низкочастотных колебаний. Безопасная конфигурация сиденья должна учитывать особенности анатомического строения спины оператора – естественный S-образный изгиб позвоночника, сохраняющийся в положении стоя и изменяющийся в положении сидя, особенно при прямой посадке [10]. Оптимальное положение поясничного изгиба обеспечивается при некотором увеличении наклона спины назад и наличии опоры в области поясницы. Центральная точка опоры туловища в положении сидя должна приходиться на область между вторым и четвертым позвонками. Давление на сиденье МСХТ зависит от площади и жесткости опорной поверхности и от углов наклона подушки и спинки. Нами был проведен анализ литературных и патентных источников в области повышения эффективности гашения вертикальных колеба-

ний подвески сиденья МСХТ при интенсивных возмущающих воздействиях на него, снижения вибронгруженности на рабочем месте. Обозначены основные направления совершенствования технических устройств для защиты операторов МСХТ, обслуживающих технические средства, от воздействия вибрации. Установлено, что резонансные частоты подвески с оператором МСХТ весом 75 кг составляют: вертикальная – 1,75 Гц; горизонтальная – 1,5 Гц. Недостатком анализируемой конструкции подвески сиденья является довольно высокая собственная частота вертикальных колебаний (1,75 Гц). Для уменьшения передачи вибраций с основания МСХТ на сиденье, предлагается конструкция подвески, представленная на рис. 1.

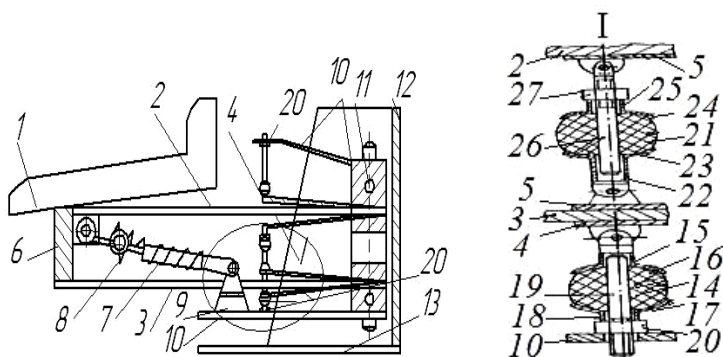


Рис. 1. Подвеска сиденья МСХТ [6]:

- 1 – подушка; 2, 3 – рессоры; 4, 5 – ограничители; 6 – планка; 7 – гаситель колебаний;
 8, 14, 21 – упругий элемент; 9 – серьга; 10 – каретка; 11 – штырь; 12 – каркас;
 13 – кронштейн; 15, 18, 22, 25 – труба; 16, 23 – опорная чашка;
 17, 24 – нажимная чашка; 19, 26 – стержень; 20, 27 – гайка

Для повышения эффективности вибрационной системы сиденья предлагается конструкция, представленная на рис. 2.

При аварийных ударах мобильного средства (спереди и сбоку) оператора МСХТ страхуют подушки безопасности (рис. 3).

В случае удара сзади передняя скоба вместе со штоком перемещается и сжимает амортизатор, обеспечивая за счет его упругой деформации снижение ударной нагрузки на оператора. Удобное, с точки зрения комфорта, положение оператора на сиденье устанавливается вращением маховика.

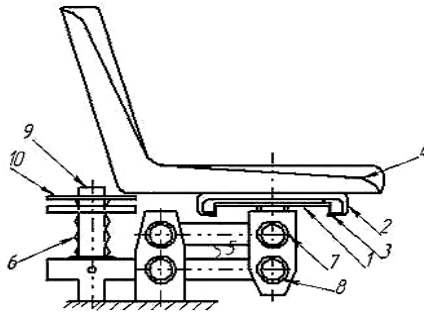


Рис. 2. Сиденье мобильного технического средства [3]:

- 1 – механизм стабилизации крена; 2 – каретка; 3 – трос;
 4 – подушка; 5 – параллелограммный механизм; 6 – упругий элемент;
 7 – горизонтальная ось; 8 – опора качения; 9 – регулировочный винт;
 10 – прижимная гайка

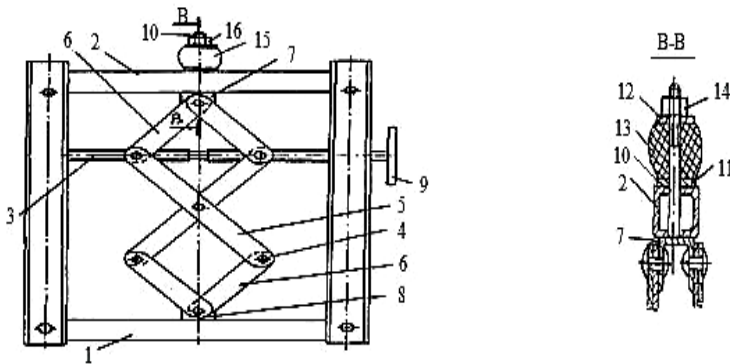


Рис. 3. Устройство безопасного сиденья МСХТ [1]:

- 1 – салазки; 2 – основание сиденья; 3 – ходовой винт; 4 – шарнир; 5, 6 – рычаги;
 7, 8 – скобы; 9 – маховик; 10 – шток; 11, 12 – прокладки;
 13 – резиновый амортизатор; 14 – гайка

Для повышения безопасности и улучшения условий труда оператора МСХТ может использоваться специальная подвеска сиденья (рис. 4), включающая раздельно размещенные между основанием и каркасом сиденья электромагнитный демпфер и пневмоцилиндр [7]. Активным элементом демпфера является набор индуктивных катушек, которые меняют величину магнитного поля в зависимости от величины электрического сигнала, поступающего от преобразователя.

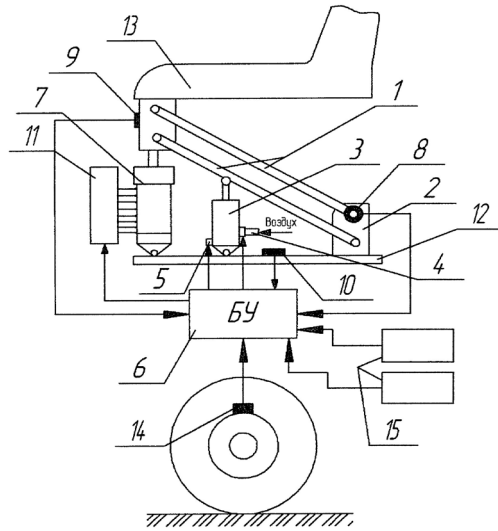


Рис. 4. Подвеска сиденья МСХТ:

- 1 – рычаг; 2 – кронштейн; 3 – пневмоцилиндр; 4 – впускной клапан;
 5 – выпускной клапан; 6 – блок управления; 7 – электромагнитный демпфер;
 8 – датчик углового положения рычага; 9 – датчик ускорения; 10 – датчик вертикальных ускорений кабины; 11 – преобразователей сигналов; 12 – основание сиденья;
 13 – каркас сиденья; 14 – датчик ускорения переднего моста

Эффективную работу преобразователя обеспечивает блок управления, принимающий сигналы от датчиков ускорений и датчика углового положения рычага. Демпфер выполнен в виде цилиндра, на внутренней поверхности которого установлены катушки индуктивности, и штока, на котором закреплены постоянные магниты, а упругий элемент выполнен в виде пневмоцилиндра. Эффективная работа данной подвески сиденья возможна после предварительной калибровки системы, которая осуществляется в течение нескольких первых часов работы. При этом оценивается передаточная функция элементов конструкции МСХТ, через которые передается транспортная вибрация от переднего моста к полу кабины, при различных скоростях движения. Воздействие вибрации от окружающей среды и механизмов МСХТ передается на основание и само сиденье. При возникновении колебаний и вертикальных перемещений сиденья, с датчика ускорений, потенциометрического датчика углового положения рычага, датчика вер-

тикальный ускорений кабины, поступает электрический сигнал, который передается на блок управления. Также в электронный блок передается сигнал с датчика ускорения переднего моста. В зависимости от уровня сигнала, поступающего от переднего моста, блок управления оценивает возможность гашения колебаний и принимает решение о режиме гашения.

Заключение. Выполнен анализ характеристик и основных неисправностей сиденья МСХТ с точки зрения его травмобезопасности. Приведены особенности анатомического строения спины оператора МСХТ. Предложено техническое решение для снижения вибронегативности на рабочем месте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасное сидение транспортного средства: патент 16448 Республики Беларусь / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, А. В. Агейчик [и др.]; заявл. 09.04.2010; опубл. 30.10.2012.
2. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеев, М. П. Акулич. – Минск: Выш. шк., 2019. – 317 с.
3. Вибрационная система сидения: патент 7727 Республики Беларусь / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, В. А. Агейчик [и др.]; заявл. 14.04.2011; опубл. 30.10.2011.
4. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
5. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
6. Подвеска сидения транспортного средства: патент 17141 Республики Беларусь / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, А. В. Агейчик [и др.]; заявл. 07.10.2010; опубл. 30.06.2013.
7. Подвеска сиденья транспортного средства: патент 176370 РФ / О. И. Поливаев [и др.]; заявл. 02.05.2017; опубл. 17.01.2018.
8. Усов, В. А. Анализ влияния вибрации на водителей колесных тракторов / В. А. Усов, А. А. Рудашко // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 256–258.
9. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.
10. Чехол для кресла автомобиля: патент № 11800 Республики Беларусь / Л. В. Мисун [и др.]; заявл. 26.05.2018; опубл. 27.10.2018.

Аннотация. Проанализированы основная неисправность сиденья МСХТ, с точки зрения его травмобезопасности, а также технические решения для улучшения условий труда оператора в кабине МСХТ.

Ключевые слова: мобильная сельскохозяйственная техника, безопасность, сиденье, вибрация.

ПОЖАРЫ В ОРЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПЕРИОД 2020–2022 гг.

Е. В. МИЩЕНКО, канд. техн. наук, доцент
 Д. С. КУБЫШКИНА, А. С. ТОЛМАЧЕВА, студенты

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет»,
 Орел, Российская Федерация

Введение. Пожар – это неконтролируемое горение, которое причиняет материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, а также интересам общества и государства [5, 6].

Пожар включает в себя горение с массо- и теплообменом, который развивается во времени и пространстве. К признакам начинающегося пожара относятся: запах гари, появление дыма, отблески пламени, потрескивание горящих предметов, запах горящей резины, электрические лампочки горят в полканала или гаснут совсем [6–9].

Для уменьшения возникновения пожаров необходимо собирать и анализировать статистику прошлых лет, а также проводить профилактические работы с населением по правилам обращения с пожароопасными предметами и правилам поведения во время пожара.

Целью работы является сбор и анализ статистической информации о пожарах в Орловской области.

Основная часть. На основании отчета на сайте Главного управления МЧС России по Орловской области рассмотрим статистику возникающих пожаров на территории Орловской области за период 2020–2022 гг. (табл. 1) [1, 4].

Таблица 1. Статистика пожаров в Орловской области

Показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Количество пожаров, всего	4949	3293	1862
Горение сухой травы	2574	1487	479
Горение мусора	1288	890	625
Горения стерни и пожнивных остатков	234	185	101
Количество людей, погибших на пожарах	27	50	41
Количество людей, получивших травмы на пожарах	23	33	30
Количество людей, спасенных	139	107	107
Количество людей, эвакуированных	413	779	537
Спасено материальных ценностей, на сумму	Более 167 млн. руб.	Более 8,5 млн. руб.	Более 16 млн. руб.

С целью уменьшения количества пожаров и нанесенного ущерба сотрудники городских и районных звеньев территориальной подсистемы РСЧС в обеспечении пожарной безопасности проводят профилактическую работу с населением, так как огромное число техногенных пожаров происходит на территории жилого фонда.

Самыми частыми причинами пожаров являются: неосторожное обращение с огнем, нарушение правил монтажа, эксплуатации газового и электрооборудования.

При проведении профилактических мероприятий особое внимание уделяется местам проживания социально-незащищенных слоев населения, многодетным семьям, одиноким пожилым людям, а также людям, которые злоупотребляют алкогольными напитками.

В табл. 2 приведена динамика проводимой сотрудниками РСЧС профилактической работы с населением за 2020–2022 гг. [1, 4].

Таблица 2. Профилактическая работа сотрудников РСЧС с населением

Показатели	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Количество домов и квартир, которые обошли сотрудники РСЧС	Более 300 000	Более 602 000	Более 604 000
Количество проинструктированных людей	Более 307 000	Более 740 000	Более 743 000
Количество сходов и обхват населения	Более 2000 сходов с охватом более 30 000 человек	3894 сходов с охватом более 57 000 человек	4561 сход с охватом более 77 000 человек
Количество подворовых обходов лиц, относящихся к «группе риска»	Более 37 000	88 586	83 357

С целью профилактики травматизма при пожарах проводится установка автономных пожарных извещателей, позволяющих существенно сократить время обнаружения пожаров и принять меры к самоспасению и, если это возможно, ликвидировать возгорание на первоначальном этапе его развития [3].

Для раннего обнаружения пожаров, связанных с горением мусора, сухой травы, стерни и пожнивных остатков используется система космического мониторинга, иногда причиной возникновения пожара может быть занесение постороннего источника огня. К причинам возгорания лесных массивов относятся: молния, самовозгорание торфяника, непотушенные костры, курение, сжигание мусора, оставленные в лесу стеклянные бутылки, осколки и т. д. [2].

Заключение. Таким образом, благодаря усилиям сотрудников РСЧС в рассматриваемом периоде с 2020 г. по 2022 г., количество пожаров становится меньше с каждым годом, это же просматривается по всем рассматриваемым категориям сгораемых материалов. За рассматриваемые 3 года показатели по спасению материальных ценностей остаются высокими. Профилактическая работа со всеми перечисленными группами населения по предотвращению пожаров с каждым годом растет и приносит положительные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГУ МЧС России по Орловской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://57.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/>. – Дата доступа: 13.11.2023.
2. Лесные пожары в Беларуси: материальный ущерб и опасные факторы пожара / А. К. Гармаза [и др.] // Тр. БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2017. – № 2. – С. 322–327.
3. Мищенко, Е. В. Противопожарные средства и огнезащитные материалы – краткий обзор / Е. В. Мищенко, Д. Н. Курочкина // Техногенная и природная безопасность. – Саратов, 2021. – С. 312–316.
4. МЧС России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://57-mchs-gov.ru/turbopages.org/57.mchs.gov.ru/s/deyatelnost/press-centr/novosti/>. – Дата доступа: 13.11.2023.
5. Пожар: стадии, фазы, виды, группы, зоны, параметры, признаки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fireman.club/inseklodepia/pozhar/>. – Дата доступа: 13.11.2023.
6. Пожарная безопасность в сельском хозяйстве / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 209 с.
7. Цубанова, А. А. Анализ нарушений требований пожарной безопасности в агропромышленном комплексе / А. А. Цубанова, А. Е. Кондраль // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 107–109.
8. 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. – Vol. 2 (446). – P. 167–173.
9. 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. – Vol. 3 (373). – P. 107–112.

Аннотация. Приведена статистика возникновения различных пожаров, происшедших в Орловской области в 2020–2022 гг., а также результаты профилактической работы, проводимой сотрудниками РСЧС с населением.

Ключевые слова: пожар, пожарная безопасность, профилактическая работа, статистический анализ.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ РАБОТНИКОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Т. В. МОЛОШ, канд. техн. наук, доцент
С. А. КОРЧИК, ст. преподаватель
Д. М. РОГОЖКИН, магистрант

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

Введение. Сельскохозяйственная отрасль имеет специфические опасности, которые могут оказать негативное воздействие на работников. К таким вредным и опасным производственным факторам относятся физические (шум, вибрация, микроклимат и т. д.), химические (удобрения, пестициды), биологические (животные, ядовитые растения и т. д.) и психофизиологические (тяжесть и напряженность трудового процесса и т. д.) [1, 5–8, 19].

Проблемы обеспечения охраны труда в сельскохозяйственном производстве на основе применения средств индивидуальной защиты требуют комплексного изучения, что даст возможность предупредить несчастные случаи и разработать мероприятия по профилактике профессиональных заболеваний [2, 3, 11, 12].

Основная часть. В условиях недостаточной оснащенности предприятий агропромышленного комплекса современным оборудованием, комплексным методом защиты от воздействия вредных и опасных производственных факторов на предприятиях являются средства индивидуальной защиты (СИЗ) [17].

Работникам, в зависимости от условий труда, кроме средств индивидуальной защиты, предусмотренных типовыми отраслевыми нормами для соответствующей профессии или должности, дополнительно необходимо выдавать дополнительные средства индивидуальной защиты: головы от механических воздействий (ударов) – каску защитную, каскетку защитную; глаз от воздействия твердых частиц, газов, пыли, брызг жидкостей, слепящей яркости света – очки защитные соответствующего типа; лица от воздействия твердых частиц, брызг жидкостей, слепящей яркости света – щитки защитные лицевые соответствующего типа; органов дыхания от воздействия пыли, дыма, паров и газов – респиратор или противогаз; рук от механических воздей-

ствий – перчатки трикотажные или перчатки швейные (от истирания, порезов, проколов), рукавицы для защиты от вибрации; рук от воды и растворов нетоксичных веществ – перчатки из полимерных материалов для защиты от воды и растворов нетоксичных веществ; от падения с высоты – пояс предохранительный, страховочную привязь или удерживающую привязь; органа слуха – противошумные наушники, противошумные вкладыши; от атмосферных осадков – плащ с капюшоном или полуплащ с капюшоном для защиты от воды; от наезда транспортных средств, травмирования в зоне работы грузоподъемных и иных машин и механизмов (в условиях ограниченной видимости) – жилет сигнальный [4, 9, 10, 13–16, 18].

Условия труда работающих в сельскохозяйственном производстве во многом связаны с особенностями выполняемых технологических процессов. Например, в растениеводстве широко используются пестициды, минеральные удобрения, стимуляторы роста и другие биологически активные вещества. Применяемые химические вещества могут вызывать респираторные заболевания, болезни периферической нервной системы, кожные заболевания, заболевания мочеполовых органов и системы кровообращения [7].

Для правильного выбора средств защиты органов дыхания (СИЗОД) следует принимать во внимание не только их агрегатное состояние, свойства, но и условия, при которых они применяются (на открытом воздухе, в помещении). Объективной информацией для выбора СИЗОД являются результаты аттестации рабочих мест по условиям труда и инструкции производителей о применении тех или иных веществ, применяемых в растениеводстве и животноводстве.

При выполнении работ на открытом воздухе, в кабинах сельскохозяйственной техники, имеющих плохую изоляцию, рекомендуются использовать фильтрующие маски. Правильный выбор СИЗОД определяется не только с учетом показателей пыли, аэрозолей на рабочем месте, но и условий микроклимата. При высоких и низких температурах окружающей среды следует рассматривать образцы изделий с клапанами выдоха. При наличии резких запахов предпочтение можно отдать противоаэрозольным СИЗОД с угольным наполнителем.

Важными критериями выбора СИЗОД являются их эксплуатационные характеристики и конструктивные особенности. При разработке правил охраны труда при работах с химическими веществами следует учитывать информацию о возможном их действии на здоровье, включая репродуктивное, с учетом Международной классификации и маркировки химических веществ.

Кроме того, работодатели должны принимать во внимание, что сами СИЗ могут создавать неудобства, их использование может создавать ложное ощущение безопасности, особенно, когда они используются неправильно или утратили свою эффективность. За время эксплуатации защитные свойства СИЗ снижаются на 47 % от механических воздействий; 8,5 % – химических факторов; 44,5 % – их комплексного воздействия. В связи с этим необходим всесторонний анализ СИЗ – не только их эффективности, но и возможного дополнительного риска.

Заключение. Обеспечение безопасности труда в сельскохозяйственном производстве может быть достигнуто путем использования средств индивидуальной защиты, выбранных путем проведения оценки условий труда на рабочем месте. Результаты такой оценки могут указывать, какие СИЗ необходимы для преодоления различных рисков, которые могут подвергать работников травмам и профессиональным заболеваниям. Вместе с тем, СИЗ не является заменой для технических средств, административного контроля или безопасных рабочих процедур, но могут быть использованы вместе с этими средствами управления.

Повышение эффективности применения СИЗ может служить основой для разработки предложений по совершенствованию типовых норм их выдачи для обеспечения безопасности труда в сельскохозяйственном производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Охрана труда / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачева, Т. П. Кот. – Минск: РИВШ, 2021. – 620 с.
2. Безопасность жизнедеятельности человека. Средства индивидуальной и медицинской защиты / М. В. Цайц [и др.]. – Горки: БГСХА, 2024. – 43 с.
3. Бараш, В. П. Роля індыўідуальных сродкаў аховы працы ў прадукцыйным вытворчага траўматызму / В. П. Бараш, В. М. Босак // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024.
4. Бараш, В. П. Страты ад траўматызму і іх прафілактыка на вытворчасці / В. П. Бараш, В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 28–30.
5. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
6. Босак, В. Н. Обеспечение техносферной безопасности в сельском хозяйстве / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль // Проблемы продовольственной безопасности. – Горки: БГСХА, 2023. – Ч. 2. – С. 146–148.
7. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Выш. шк., 2019. – 317 с.

8. Босак, В. Н. Охрана труда, охрана окружающей среды и энергосбережение / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль. – Горки: БГСХА, 2023. – 107 с.

9. Босак, В. Н. Травматизм на производстве: причины, состояние и мероприятия по снижению / В. Н. Босак // Вестн. техносферной безопасности и сельского развития. – 2023. – № 1 (32). – С. 2–6.

10. 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. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 9–12.

11. Дроздов, С. А. Способы и средства защиты рабочих от вредного влияния пыли и газов / С. А. Дроздов, О. В. Малашевская // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2020. – С. 29–30.

12. Заурбеков, Т. Т. Пыль в воздухе рабочей зоны: действие на организм и меры защиты / Т. Т. Заурбеков, К. С. Досалиев, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 90–92.

13. Ключкова, Н. В. Ядовитые растения как фактор риска безопасности жизнедеятельности / Н. В. Ключкова // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 88–91.

14. Кляпицкая, И. А. Обеспечение безопасности труда при организации рабочих мест / И. А. Кляпицкая, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 108–110.

15. Лабейко, Д. С. Повышение производственной безопасности при уборке навоза в животноводстве / Д. С. Лабейко, Т. В. Молош // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 144–146.

16. Молош, Т. В. Повышение безопасности погрузочно-разгрузочных и складских работ на птицефабриках / Т. В. Молош, Н. Н. Жаркова, Е. Я. Павлова // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 134–137.

17. Порядок обеспечения и расчет потребности средств индивидуальной защиты / М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 26 с.

18. Сачыўка, А. В. Патрабаванні аховы працы да пасляўборачнай апрацоўкі прадукцыі раслінаводства / А. В. Сачыўка, В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 222–225.

19. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

Анотацыя. Проблемы охраны труда на предприятиях АПК во многом связаны с особенностями технологических процессов, опасными и вредными условиями труда. К основным мероприятиям защиты работающих является применение средств индивидуальной защиты.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты, охрана труда, условия труда, опасные и вредные производственные факторы.

О ВОПРОСЕ ФИКСАЦИИ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

В. В. РУССКИХ, аспирант

Г. И. БЕЛОХВОСТОВ, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. В процессе своей трудовой деятельности работники сельскохозяйственного производства подвергаются воздействию разного рода опасных и вредных производственных факторов, приводящих к потере трудоспособности и смерти [1, 3, 6].

При выполнении работ с использованием крупногабаритной сельскохозяйственной техники, осуществляемых вблизи линий электропередачи (ЛЭП) происходит приближение транспортного средства (ТС) на недопустимое к проводам расстояние. Провода ЛЭП и тросы производят свою работу в тяжелых условиях, подвергаясь воздействию ветра, вибрациям, химических реагентов, находящихся в воздухе, гололеда и т. д. В материалах проводов и тросов ВЛ возникают большие механические напряжения. Бывают такие случаи, как приближение ТС, тракторов, комбайнов на опасное расстояние к проводам ВЛ, так и непосредственного задевания опор ЛЭП и проводов [4].

Основная часть. Первая и важная составляющая при работе под ЛЭП, на которую необходимо обратить внимание – это проходящее в проводах электричество. Под электрическим ударом следует понимать возбуждение живых тканей организма протекающим через него электрическим током, сопровождающееся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. Электромагнитное излучение (ЭМП) – процесс образования электромагнитных волн ускоренно движущимися заряженными частицами (то есть, взаимодействие друг с другом электрического и магнитного полей) [8, 9].

Магнитное поле (МП) – это силовое поле, действующее на тела и движущиеся электрические заряды, располагающие магнитным моментом, вне зависимости от состояния их движения. Оно характеризуется вектором магнитной индукции B , который определяет: силу, действующую в данной точке поля на движущийся электрический заряд, его действие на тела, имеющие магнитный момент, а также другие свойства.

МП возникает в результате движения заряженных микрочастиц (электронов, протонов, ионов) и благодаря наличию у микрочастиц собственного магнитного момента [2].

Электрическое поле (ЭП) – особый вид материи, обладающий собственной энергией, являющийся составным компонентом векторного электромагнитного поля. У ЭП нет границ, но его F воздействие стремится к нулю, при удалении от источника – заряженного тела или точечных зарядов.

Таким образом, ЭП неразрывно связано с МП, и возникает в результате его изменения. Эти два вида материи являются компонентами электромагнитных полей, заполняющих пространство вокруг заряженных частиц или заряженных тел [7].

Для того, чтобы понимать, как электромагнитное поле от ЛЭП распространяется окружающей среде, и воздействует на операторов крупногабаритной сельскохозяйственной техники мы произвели измерения напряженности электромагнитного поля, используя сертифицированный в Республике Беларусь измеритель напряженности электрических и магнитных полей ПЗ-80.

Измерения проводились между двумя параллельно проходящими ЛЭП Северная – Восточная с напряжением 110 кВ, одна из которых на железобетонных, а вторая на металлических опорах, на высоте 1,5 м, с шагом 2 м вправо и влево от линий, соответственно. Результаты измерений отражены на графиках (рис. 1).

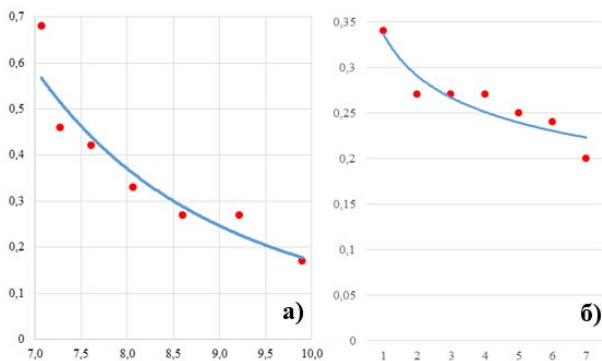


Рис. 1. Изменение электрического (а) и магнитного (б) полей при удалении от ЛЭП

Заключение. По результатам эксперимента можно сделать выводы, о наличии нелинейной зависимости в полученных данных. Карта распространения электромагнитного поля показывает, что с увеличением расстояния от проводов ЛЭП его величина уменьшается. При измерениях магнитного поля наблюдается значительный разброс в измеряемых показаниях, обусловленные влиянием условий их измерения и техногенной обстановки окружающей среды. Это доказывает актуальность проблемы и необходимость нашей разработки [5].

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. Магнитное поле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/072/373.htm>. – Дата доступа: 24.11.2023.
3. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
4. Русских, В. В. Классификация устройств-дальномеров, сообщающих расстояние до линий электропередач / В. В. Русских, Г. И. Белохвостов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 138–141.
5. Устройство для обнаружения и сигнализации при приближении к линии электропередач: положительный результат предварительной экспертизы по заявке на выдачу патента на изобретение: МПК G 01R 31/34/ В. Г. Андруш, Г. И. Белохвостов, В. В. Русских, А. А. Пинчук. – № а 20210180. Заявлен приоритет по дате: 22.11.2022.
6. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.
7. Что такое электрическое поле, его классификация и характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.asutpp.ru/elektricheskoe-pole.html>. – Дата доступа: 24.11.2023.
8. Электромагнитное излучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://propb.ru/library/wiki/elektromagnitnoe-izluchenie/>. – Дата доступа: 24.11.2023.
9. Электромагнитное излучение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://gymnasium441.ru/files/predmet/informatika/sites/Rusanov_11/map.htm. – Дата доступа: 24.11.2023.

Аннотация. Представлены экспериментальные данные по измерению электромагнитного поля. При измерениях магнитного поля наблюдается значительный разброс в измеряемых показаниях, обусловленные влиянием условий их измерения и техногенной обстановки окружающей среды.

Ключевые слова: охрана труда, линии электропередач, излучение, среда, измерения.

ПРОМЫШЛЕННЫЕ ОТХОДЫ КАК ИСТОЧНИК ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Г. Ж. САУАН¹, докторант

Г. Д. КЕНЖАЛИЕВА¹, канд. техн. наук, доцент

В. Н. БОСАК², д-р с.-х. наук, профессор

¹НАО «Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова»,
Шымкент, Республика Казахстан

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Вопросы экологии, ресурсосбережения и энергосбережения в настоящее время выходят на первый план [4, 14].

Идеология безграничного технического прогресса уступает место концепции устойчивого развития, учитывающей интересы не только нынешнего, но и будущих поколений. Одно из направлений реализации этой концепции – использование (переработка) отходов производства, накапливающихся в отвалах и на полигонах и представляющих собой техногенное сырье [1–3, 6–11, 13, 15–18].

Техногенное сырье – конкурентоспособный, перспективный минеральный ресурс, использование которого по инновационным технологиям обеспечивает не только значительный технико-экономический эффект, но и достигаемый попутно экологический эффект как естественное следствие нового уровня требований современного производства [5].

Основная часть. Разрабатываемая в настоящее время концепция устойчивого развития техносферы предусматривает, в том числе, решение экологических проблем путем использования отходов горно-промышленного комплекса. Поиск путей решения задачи снижения нагрузки на окружающую среду вызван как неблагоприятным воздействием на нее горно-промышленных отходов, так и нехваткой многих видов минерального сырья. Необходимость разработки технологических решений, обеспечивающих минимизацию антропогенного воздействия на окружающие экосистемы, обусловлена тем, что интенсивное развитие горнопромышленного комплекса привело к целому ряду неблагоприятных факторов, нарушающих экологическое равновесие. Так, увеличивающиеся площади хранилищ отходов выводят из хозяйственного оборота значительные площади земли; горнопромышленные отходы являются источником загрязнения воздушного бассейна. Кро-

ме того, данный вид отходов, как правило, содержит значительные остатки флотореагентов, цветных металлов, железа, сульфатов, фтора и ряд других вредных для окружающей среды и здоровья человека компонентов, поступающих с течением времени в подземные и поверхностные воды.

Однако, несмотря на очевидные преимущества, объем используемых горнопромышленных отходов в настоящее время составляет небольшой процент от общего объема извлекаемой из недр горной массы. Одной из главных причин, сдерживающих их использование, является непостоянство состава и свойств этого вида вторичного сырья, что не позволяет при заданных технологических параметрах процесса обеспечить стабильно высокое качество готовой продукции.

Техногенные отходы накапливаются в результате деятельности всех секторов экономики, однако наибольшие их объемы образуются в результате добычи и первичной обработки природных ресурсов. Основными отходообразующими отраслями экономики являются: угольная промышленность, образующая 56 % отходов, включая добычу, обогащение и агломерацию угля; черная металлургия – 11 %, включая добычу, обогащение и переработку железных руд; цветная металлургия – 15 %, включая добычу, обогащение и переработку руд цветных металлов; добыча урановой и ториевой руд – 5 %; добыча прочих полезных ископаемых – 9 %; менее 1 % от общего количества отходов образуют сельское и лесное хозяйство, химическая промышленность, производство неметаллических минеральных продуктов, теплоэнергетика [12].

Не все виды отходов представляют собой техногенное сырье. Часть из них непригодна к переработке при современном уровне развития технологий. К таким отходам относятся, в частности, углекислый газ, и ядерные отходы. Эти отходы подлежат захоронению в специальных хранилищах, в качестве которых используются геологические и техногенные формации, способные хранить и удерживать парниковые газы и ядерные отходы.

Общие запасы отходов добычи и обогащения некоторых крупных горных предприятий Казахстана приведены в таблице.

Для создания конкурентоспособной отечественной промышленности переработки отходов производства и, прежде всего, накопленных отходов производства от прошлой хозяйственной деятельности угольных, горнорудных, металлургических и теплоэнергетических предприятий, требуется создание опытных производств и типовых производственно-технических комплексов.

Запасы техногенных отходов некоторых крупных предприятий

Наименование предприятия	Запасы отходов, тыс. т
Казахмыс	1647806,2
Казцинк	373147,1
Ачполиметалл	142570,1
Донской ГОК	119398,1
Текелійський ГОК	56084,4
Белогорский ГОК	34473,8
Жайремский ГОК	9543,7
Жездинский ГОК	3262,9
АО «Костанайские минералы»	2040,0

Опытные производства необходимы для отработки технологий и разработки научно-технической и проектной документации, а также проведения регистрационных и сертификационных процедур. Необходима система государственного субсидирования опытных производств и типовых производственно-технологических комплексов по переработке накопленных отходов промышленности, финансирования опытно-технологических испытаний, созданных на основе отходов инновационных видов продукции.

Заключение. Промышленные отходы являются важным источником многих видов техногенного сырья. В условиях необходимости диверсификации экономики многих промышленных городов Республики Казахстан, в большинстве случаев базирующейся на угледобывающей и металлургической отраслях промышленности, развитие переработки техногенных отходов может стать одним из перспективных направлений их развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байбатырова, Б. У. Совершенствование методов утилизации твердых бытовых отходов / Б. У. Байбатырова, Ж. М. Алтыбаев, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024.
2. Байботаева, А. Д. Контаминация почв тяжелыми металлами и разработка методов их очистки / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 7–9.
3. Босак, В. Н. Адамның қауіпсіздік өміртіршілігі (Безопасность жизнедеятельности человека) / В. Н. Босак, К. Т. Жантасов, М. К. Жантасова. – Шымкент, 2022. – 280 с.
4. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
5. Грановская, Н. В. Техногенные месторождения полезных ископаемых / Н. В. Грановская, А. В. Наставкин, Ф. В. Мещанинов. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2013. – 93 с.

6. 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. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 20–22.

7. Досалиев, К. С. Перспективы применения техногенных отходов / К. С. Досалиев, К. Т. Жантасов, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2018. – Вып. 3. – С. 6–9.

8. Жалгасулы, Н. Возможности использования техногенных отходов горных предприятий для получения строительных материалов / Н. Жалгасулы, З. А. Естемесов, М. К. Сартбаев // Новости науки Казахстана. – 2017. – № 3 (133). – С. 108–122.

9. Исследование возможности применения отходов различных производств в тощих бетонах дорожной одежды / К. С. Досалиев [и др.] // Вестн. КазНУ. – 2019. – № 2. – С. 128–131.

10. Перспективы и оценка использования техногенных отходов фосфорного производства / К. С. Досалиев, К. С. Байболов, К. Т. Жантасов, В. Н. Босак // Вестн. БГСХА. – 2018. – № 2. – С. 205–208.

11. Сауан, Г. Ж. Разработка инновационных технологий переработки промышленных отходов / Г. Ж. Сауан, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024.

12. Техногенное минеральное сырье рудных месторождений Казахстана: справочник. – Алматы, 2000. – 122 с.

13. Тяжелые металлы и влияние дождевых червей на почву / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак, А. С. Наукунова // Fundamental and applied science. – Sheffield: Science and Education LTD, 2019. – P. 29–33.

14. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

15. Baibotayeva, A. Influence of heavy metals (As, Pb, Cd) on the environment / A. Baibotayeva, G. Kenzhaliyeva, V. Bosak // Industrial Technology and Engineering. – 2019. – Nr. 2. – P. 5–10.

16. 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.

17. Materials of box-type pavement / K. T. Zhantsov [et al.] // News of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences. – 2017. – Vol. 5. – P. 238–243.

18. Research to improve safety and vital functions in the operation of highways / K. T. Zhantsov [et al.] // Industrial Technologies and Engineering. – Shymkent: M. Auezov South Kazakhstan State University, 2018. – P. 65–69.

Аннотация. Изучены источники накопления промышленных отходов и проблемы их утилизации. Предложены направления использования промышленных отходов в качестве техногенного сырья.

Ключевые слова: промышленные отходы, вторичные ресурсы, техногенное сырье.

УЗНАЎЛЕННЕ ГЛЕБАВАЙ УРАДЛІВАСЦІ ЯК ФАКТАР ЗАБЕСПЯЧЭННЯ ХАРЧОВАЙ БЯСПЕКІ

Т. У. САЧЫЎКА, канд. с.-г. навук, дацэнт
В. М. БОСАК, д-р с.-г. навук, прафесар

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

Уводзіны. Адною з асноўных характарыстык глебы з'яўляецца яе ўрадлівасць – здольнасць глебы забяспечваць расліны вадой, цяплом, элементамі жывлення і паветрам [12]. Адрозніваюць прыродную, штучную, эфектыўную і эканамічную ўрадлівасць.

Прыродная ўрадлівасць – гэта ўласцівасць глебы, якая стварылася пад прыроднай расліннасцю пры натуральным цяжэнні глебаўтваральных працэсаў. Штучная ўрадлівасць ствараецца пры правядзенні апрацоўкі глебы, выкарыстанні ўгнаенняў, меліярацыі, вырошчванні разнастайных культурных раслін. Эфектыўная ўрадлівасць праяўляецца ў здольнасці ворных земляў падтрымліваць той ці іншы ўзровень ураджайнасці сельскагаспадарчых культур. Эканамічная ўрадлівасць вымяраецца велічынёй ураджаю.

Узровень урадлівасці глебы вызначаецца яе тыпам, структурай, грануламетрычным складам, водным, паветраным і цеплавым рэжымам, аграхімічнымі паказчыкамі, перш-наперш утрыманнем гумусу, элементаў жывлення і ступенню кіслотнасці [1, 3, 13, 14].

Асноўная частка. У Рэспубліцы Беларусь каля 68 % тэрыторыі і амаль 90 % ворных земляў займаюць дзярнова-падзолістыя і дзярнова-падзолістыя забалачваемыя глебы (адпаведна 47,0 і 40,5 %). Дзярновыя забалачваемыя і тарфяна-балотныя глебы сустракаюцца на 25 адсотках тэрыторыі (5,4 і 4,8 % ворных земляў). Невялікую колькасць займаюць поймавыя (алювіяльныя – 0,5 %), дзярнова-карбанатныя (0,1 %) і антрапагенна-пераўтвораныя (1,7 %) глебы. У зусім нязначнай колькасці сустракаюцца бурныя лясныя і падзолістыя глебы [12].

Дзярнова-падзолістыя і дзярнова-падзолістыя забалачваемыя глебы маюць невысокую прыродную ўрадлівасць: магутнасць гумусавага гарызонту 10–20 см, кіслая рэакцыя глебавага раствору, невялікая колькасць гумусу і пажыўных рэчываў. Урадлівасць дзярнова-падзолістых глебаў у значнай ступені залежыць таксама ад грануламетрычнага складу глебаўтваральных парод і характару іх

будовы. Найбольш урадлівымі з’яўляюцца звязнасупяшчаныя, лёгка- і сярэднесуглінкавыя глебы, якія падсцілаюцца звязнымі пародамі.

Для павелічэння ўрадлівасці дзярнова-падзолістых глебаў неабходна праводзіць вапнаванне, а таксама ўносіць дастатковую колькасць арганічных і мінеральных угнаенняў [2, 4–11, 15, 16, 18].

Прымяненне ўгнаенняў у Рэспубліцы Беларусь забяспечвае атрыманне болей 50 % ураджаю сельскагаспадарчых культур. Інтэнсіўнае выкарыстанне ўгнаенняў дазволіла таксама значна палепшыць аграхімічныя паказчыкі глебавай урадлівасці. На сучасны момант каля 30 % ворных земляў у нашай краіне маюць аптымальныя аграхімічныя паказчыкі (табліца).

Аптымальныя аграхімічныя паказчыкі ў залежнасці ад тыпу і грануламетрычнага складу глебы

Тып і грануламетрычны склад глебы	pH _{KCl}	Гумус, %	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	MgO, мг/кг
Дзярнова-падзолістая: гліністая і суглінкавая	6,0–6,7	2,5–3,0	250–300	220–250	150–300
супяшчаная	5,8–6,2	2,0–2,5	200–250	170–250	120–150
пяшчаная	5,5–5,8	1,8–2,2	150–200	100–150	80–100
Тарфяна-балотная	5,0–5,3	–	700–1000	600–800	450–900
Мінеральная лугавая	5,8–6,2	3,5–4,0	120–200	150–200	90–120

Для захавання і павелічэння глебавай урадлівасці неабходна штогод назапашваць і прымяняць не меней за 1,7 млн. т дзеючага рэчыва мінеральных угнаенняў, у тым ліку 0,7 млн. т – азотных, 0,3 – фосфарных і 0,7 млн. т – калійных угнаенняў, а таксама давесці аб’ёмы выкарыстання арганічных угнаенняў да нарматыўных (12–16 т/га) [17].

Заклучэнне. Узнаўленне глебавай урадлівасці з’яўляецца адным з асноўных фактараў захавання харчовай бяспекі. Захаванне і павелічэнне глебавай урадлівасці залежыць ад розных стасункаў, перш-наперш ад прымянення мінеральных і арганічных угнаенняў.

ЛІТАРАТУРА

1. Антоник, М. И. Свойства почв дубрав Белорусского Полесья / М. И. Антоник, В. Н. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2013. – С. 55.
2. Босак, В. М. Выкарыстанне ўгнаенняў у севазаротах і іх аграэканамічная эфектыўнасць / В. М. Босак, А. Ф. Смяяновіч // Современные технологии сельскохозяйственного производства. – Гродно: ГГАУ, 2015. – С. 24–25.

3. Босак, В. М. Глебава-экалагічныя ўласцівасці Беларускага Палесся: стан, праблемы, перспектывы / В. М. Босак // Загароддзе. – 2001. – № 3. – С. 48–50.

4. Босак, В. М. Роля мінеральных і арганічных угнаенняў ў забеспячэнні харчовай бяспекі / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамнянкова // Хімічная тэхналогія і тэхніка. – Мінск: БГТУ, 2024.

5. Босак, В. М. Уплыў працяглага прымянення ўгнаенняў на ўрадлівасць глебы / В. М. Босак // Почвы и их плодородие на рубеже столетий. – Минск, 2001. – С. 60–62.

6. Босак, В. Н. Агрэоэканамічная эфектыўнасць прымянення жома і дефеката на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. Н. Босак, О. Н. Марцуль // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно, 2013. – Т. 22. – С. 13–23.

7. Босак, В. Н. Агрэоэканамічная эфектыўнасць прымянення удобреній пры возделывании кормовых культур / В. Н. Босак // Кормопроизводство: технологии, экономика, почвосбережение. – Жодино, 2009. – С. 28–31.

8. Босак, В. Н. Динамика содержания гумуса в почвах Белорусского Полесья / В. Н. Босак // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця. – Брест, 2008. – С. 12.

9. Босак, В. Н. Применение сапонитсодержащих базальтовых туфов при возделывании базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L.) на дерново-подзолистых почвах / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Картофелеводство и овощеводство. – 2023. – Т. 1. – С. 294–301.

10. Босак, В. Н. Сравнительная динамика содержания гумуса и применения удобрений на окультуренных почвах / В. Н. Босак // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця. – Брест, 2009. – С. 87–90.

11. Босак, В. Н. Эфектыўнасць прымянення удобреній в зернопропашном севообороте / В. Н. Босак, О. Ф. Смянович // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця. – Брест, 2006. – С. 12.

12. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.

13. Лапа, В. В. Плодородие почв: применение удобрений (советы специалистов) / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Москва: Издательский Дом МСП, 2003. – 128 с.

14. Почвенная характеристика опытного участка «Полигон» / В. Н. Босак [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 28–30.

15. Роль органического вещества в повышении плодородия почвы и питании растений / В. В. Петрухин [и др.] // Главный агроном. – 2022. – № 2. – С. 8–12.

16. Сачыўка, А. В. Выкарыстанне ўгнаенняў у кантэксце забеспячэння харчовай бяспекі / А. В. Сачыўка, В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024.

17. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

18. Bosak, V. N. Agrochemische und biotechnologische Methoden des Sojabohnenbaus in Weißbrussland / V. N. Bosak, T. V. Koloskova, V. V. Bosak // Nährstoff- und Wasserversorgung der Pflanzenbestände unter den Bedingungen der Klimaerwärmung. – 2014. – S. 55–58.

Анотацыя. Изучена роль воспроизводства почвенного плодородия в обеспечении продовольственной безопасности. Показана роль удобрений в сохранении и повышении почвенного плодородия.

Ключевые слова: почвенное плодородие, продовольственная безопасность, минеральные и органические удобрения.

ПРОГНОЗ НАКОПЛЕНИЯ ^{137}Cs В ЗЕРНЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР, ВОЗДЕЛЫВАЕМЫХ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВАХ В ОТДАЛЕННЫЙ ПОСТЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПЕРИОД

И. И. СЕРГЕЕВА, канд. с.-х. наук, доцент
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. В рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на период до 2020 года, были выполнены исследования по оценке значений коэффициентов перехода (Кп) ^{137}Cs и ^{90}Sr в звене миграции почва-сельскохозяйственные культуры в отдаленный постчернобыльский период. На загрязненной территории получение сельскохозяйственной продукции с известным содержанием радионуклидов начинается с прогнозирования накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениях. Для этого необходимы данные, имеющиеся в хозяйствах, об агрохимических и агрофизических свойствах почв, плотности их загрязнения, планируемые к производству культуры и показатели коэффициентов перехода радионуклида в звене почва-растение, получаемые из Рекомендаций по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель [2–4, 6]. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных землях периодически издаются, в них вносятся обновленные показатели. Правки Кп вносятся из-за их меняющихся значений, на которые оказывают влияние тип почвы и ее свойства, время от поступления радионуклидов в почву, климатические условия и др. Поэтому точность прогнозирования накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственной продукции зависит от актуализированных значений показателей Кп. Используя коэффициенты перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr , можно сделать прогноз загрязнения сельскохозяйственных культур [1, 4, 5, 7, 8].

Основная часть. В соответствии с РДУ-99, предельное содержание ^{137}Cs в зерне на пищевые цели зерновых и зернобобовых культур не должно превышать 90 Бк/кг, а согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» – 60 Бк/кг, в фуражном зерне – 180 Бк/кг.

Установлено, что в соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза получение нормативно чистого зерна на

пищевые цели при плотности загрязнения дерново-подзолистой суглинистой почвы 5–10 Ки/км² возможно для всех исследуемых зерновых и зернобобовых культур (рожь озимая, тритикале озимое, пшеница озимая и яровая, ячмень, овес, просо, люпин, горох, вика, рапс яровой и озимый, кукуруза), за исключением гороха и люпина, при обеспеченности почвы обменным калием менее 141 мг/кг почвы. При плотности загрязнения почвы от 10 до 35 Ки/км² получение нормативно чистого зерна гороха на пищевые цели невозможно. В зависимости от обеспеченности почвы обменным калием, горох и люпин можно возделывать на зернофураж при плотности загрязнения ¹³⁷Cs до 20 Ки/км². Возделывание озимой пшеницы, озимой ржи и озимого тритикале на пищевые цели с содержанием ¹³⁷Cs 60 Бк/кг на дерново-подзолистых суглинистых почвах не ограничивается плотностью загрязнения. Однако следует отметить, что при плотности загрязнения дерново-подзолистых суглинистых почв 30–35 Ки/км² при обеспеченности почвы обменным калием до 141 мг/кг почвы невозможно получение зерна овса на пищевые цели.

При плотности загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв 25 Ки/км² получить нормативно чистое зерно пшеницы яровой, ячменя ярового и овса на продовольственные цели возможно только при обеспеченности почвы обменным калием не менее 141 мг/кг почвы, при плотности загрязнения 35 Ки/км² – не менее 201 мг/кг почвы, а овса – на песчаных почвах с содержанием подвижного калия более 300 мг/кг почвы. На фуражные цели зерно овса, пшеницы яровой, ячменя ярового, овса, озимой ржи и тритикале озимого можно использовать без ограничений. Использование семян рапса на переработку допускается с содержанием ¹³⁷Cs до 1500 Бк/кг. Поэтому возделывание рапса на семена, согласно нашим расчетам, допускается на дерново-подзолистых песчаных почвах при плотности загрязнения до 40 Ки/км².

В соответствии с требованиями Технического регламента Таможенного союза, получение нормативно чистого зерна гороха на пищевые цели возможно при плотности загрязнения дерново-подзолистых супесчаных почв до 10 Ки/км². Получение зерна овса на пищевые цели возможно и при плотности загрязнения дерново-подзолистых супесчаных почв до 40 Ки/км², но с содержанием подвижного калия не менее 141 мг/кг почвы. Зерно пшеницы яровой и озимой, ячменя ярового и озимого, ржи озимой, тритикале озимого на продовольственные цели возможно при плотности загрязнения 5–35 Ки/км² при содержании подвижного калия более 141 мг/кг почвы. На фуражные цели зерно

пшеницы яровой и озимой, ячменя ярового и озимого, ржи озимой, тритикале озимого также можно использовать без ограничений.

Заключение. Возделывание озимой пшеницы, озимой ржи и озимого тритикале на пищевые цели с содержанием ^{137}Cs 60 Бк/кг на дерново-подзолистых суглинистых почвах не ограничивается плотностью загрязнения. При плотности загрязнения от 10 до 35 Ки/км² получение нормативно чистого зерна гороха на пищевые цели по содержанию ^{137}Cs цели невозможно. При плотности загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв 25 Ки/км² получить нормативно чистое зерно пшеницы яровой, ячменя ярового и овса на продовольственные цели возможно только при обеспеченности почвы обменным калием не менее 141 мг/кг почвы, при плотности загрязнения 35 Ки/км² – не менее 201 мг/кг почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. 35 лет после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий. Национальный доклад Республики Беларусь / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС МЧС Республики Беларусь. – Минск: ИВЦ Минфина, 2020. – 152 с.
2. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь: стат. сб. – Минск, 2020. – 199 с.
3. Погодский, Н. С. Распределение сельскохозяйственных земель по плотности загрязнения стронцием-90 по областям Республики Беларусь / Н. С. Погодский, И. И. Сергеева // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 192–193.
4. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.
5. 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.
6. Сачивко, Т. В. Усовершенствование мероприятий по обеспечению радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 47–50.
7. Сергеева, И. И. Прогнозная оценка содержания ^{90}Sr в продукции основных сельскохозяйственных культур, возделываемых на торфяных почвах в зависимости от плотности их загрязнения / И. И. Сергеева, И. П. Козловская // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 151–153.
8. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность / Г. А. Чернуха [и др.]. – Минск: РИВШ, 2023. – 224 с.

ШЕСТЬ ПРАВИЛ УСПЕШНОГО ДИАЛОГА О ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИЛИ КАК ПРАВИЛЬНО ПРОВЕСТИ МИНУТКУ БЕЗОПАСНОСТИ

Л. Т. ТКАЧЕВА, канд. техн. наук, доцент
И. В. КАЧАНОВА, магистрант

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

Введение. Согласно статистике, уровень смертельного травматизма в Республике Беларусь неуклонно снижается. Однако в таких отраслях как сельское хозяйство, строительство и промышленность, он остается достаточно значительным. Из года в год, как свидетельствует анализ причин травматизма, к основным причинам несчастных случаев относятся нарушение трудовой дисциплины, требований нормативных правовых актов по охране труда со стороны потерпевших или невыполнение руководителями обязанностей по охране труда, т. е. в основе травматизма лежит человеческий фактор [1, 2, 7, 12].

Чтобы существенно снизить уровень травматизма нужно добиваться, чтобы ежедневные действия работников были осознанными и безопасными. Основные аспекты безопасности прописаны в правилах по охране труда. И многие работники знают эти правила, но не всегда четко им следуют в реальной жизни или выполняют их формально, считают их навязанными сверху и неохотно соблюдают. Поэтому важно эффективно напоминать о соблюдении правил охраны труда, чтобы безопасное поведение стало привычкой.

Основная часть. Когда речь идет о производственной безопасности, успешный диалог с работниками играет важную роль в обеспечении их безопасности и предотвращении несчастных случаев и происшествий на производстве [3–6, 8–11].

Одной из эффективных форм предупреждения происшествий на производстве и в офисе является организация проведения ежедневных «Минутки безопасности».

«Минутка безопасности» – это краткая беседа о безопасности в начале рабочего дня, экспресс-напоминание сотрудникам о необходимости переключить внимание на обеспечение собственной безопасности на производстве и в офисе. Короткая информация настраивает сотрудника на безопасное выполнение работы.

Цели программы проведения «Минутки безопасности»:

- формирование культуры безопасного поведения у работников организации;
- повышение уровня и опыта работников в идентификации опасностей и оценке рисков;
- повышение информирования коллег, сотрудников, собеседников о существующих опасностях и мерах предотвращения происшествий, извлечения уроков из произошедших происшествий.

Главное условие успешного воздействия «Минутки безопасности» – их регулярность и ежедневность.

Проведение «Минутки безопасности» должно стать не кратковременной кампанией, а повседневно действующей системой влияния на мышление и действия персонала, направленной на развитие навыков правильного поведения в производственной сфере.

Правило 1. Нет необходимости пытаться «объять необъятное», группируя несколько вопросов (даже если они кажутся вам одинаково важными и актуальными) в одну мини-беседу. Это не работает. Главное правило «минутки» – ее краткость. Говорите кратко, чтобы слушатели осмыслили тему минутки безопасности. Будьте ясными и доходчивыми: используйте простой и понятный язык, чтобы быть уверенными, что все работники понимают важность безопасности и необходимость следовать правилам. Избегайте сложных технических терминов, если они не являются необходимостью.

Правило 2. Для проведения «Минутки безопасности» необходимо выбирать реальные ситуации, чтобы польза от диалога была максимальной и мгновенной.

Правило 3. Обязательно делайте акцент на опасных условиях и опасных действиях. Вопрос должен предельно чётко описывать конкретную ситуацию и ее реальные или возможные нежелательные последствия, а ответ – давать однозначную рекомендацию.

Правило 4. История должна быть трагичной. Плохая развязка – инструмент для внимательного и детального изучения. При возможности рассказывайте о деталях, чтобы лучше запомнить. Детали рожают эмоции, эмоции откладываются в памяти.

Правило 5. Слушайте и уважайте. Диалог – это совместное обсуждение, анализ и выводы. Внимательное прослушивание позволяет создать доверие, а также активное участие в вопросах безопасности.

Правило 6. В процессе проведения «Минутки безопасности» необходимо объяснять слушателям причины за правилами. Понимание

причин и принципов, которые лежат в основе безопасного проведения работ может также поддерживать соблюдение правил. Работникам необходимо объяснить, что опасные условия и опасные действия могут представлять риск для безопасности, и поэтому необходимо следовать соответствующим правилам.

Нецелесообразно подменять «Минутки безопасности» инструктажем о мерах безопасности при производстве работ, информацией об эвакуационных выходах и действиях при срабатывании пожарной, иной сигнализации или объявлении тревоги и т. п.

«Минутка безопасности» проводится:

– в первой части или в самом начале встречи, планерки, приеме – передаче смены, совещания, обучающего семинара или любого другого официального мероприятия с участием двух и более человек;

– в начале любой видео конференции связи (переговоров).

Слово для проведения «минутки» предоставляется любому участнику мероприятия, желающему поделиться информацией по безопасности. В случае отсутствия желающих поделиться информацией, модератор (руководитель) мероприятия должен быть готов сам провести беседу о безопасности.

Ведущему диалог необходимо попытаться вовлечь аудиторию в обсуждение озвученной темы и (или) попросить желающих что-либо добавить (прокомментировать) по существу обсуждаемого вопроса.

В ходе проведения «Минутки» следует пробудить интерес у работников, для этого, необходимо определить проблему.

Основная задача – добиться осознанности поведения.

«Минутка безопасности» может сопровождаться презентационным материалом, видеофайлом, фотоматериалом и другими способами визуализации.

Время проведения беседы – 2–3 минуты, максимум до 5 минут. После предоставления информации обязательно следует сделать вывод, сообщить об уроках, которые необходимо извлечь из данной информации по безопасности с целью предотвращения возможных происшествий.

В структурных подразделениях организации минутки безопасности при передаче смены или выдаче сменного задания должны проходить в присутствии старшего в смене (бригаде), либо руководителя структурного подразделения.

К проведению минуток в качестве спикеров необходимо (циклично) привлекать весь персонал смены (бригады), и в первую очередь –

сотрудников, ранее получивших замечания за нарушения требований по охране труда или допустивших опасные действия при выполнении трудовой деятельности.

Рекомендуемый перечень тем «Минуток безопасности»

1. Происшествие (несчастный случай, травма на производстве или авария) произошедшее на аналогичном предприятии либо в отрасли.

2. Событие, свидетелем которого Вы стали и из которого можно извлечь соответствующий урок по безопасности.

3. Крупное происшествие на других предприятиях отрасли.

4. Истории, которые происходили в следствие несогласованных действий.

5. Изменения в условиях труда, меры безопасности при выполнении запланированных или специфических работ.

6. Сложные погодные условия.

7. Опасности и риски на рабочих местах.

8. Знаете ли вы, что, если не содержать СИЗ в надлежащем состоянии, они окажутся бесполезными?

9. Знаете ли вы почему необходимо устанавливать защитные ограждения на вращающиеся элементы оборудования?

10. Знаете ли вы что при выполнении работ на высоте повышается риск серьезных травм?

11. Знаете ли вы что непроверенный ручной инструмент может привести к серьезным последствиям?

12. Знаете ли вы что безопасное вождение начинается с пристегнутого ремня безопасности и понимания дорожной ситуации?

13. Знаете ли вы что одного снижения скорости при вождении в плохую погоду недостаточно для безопасности движения?

14. Знаете ли вы что при подъеме тяжелых грузов важна не только сила, но еще и ум?

15. Знаете ли вы почему необходимо держаться за перила при подъеме/спуске по лестнице?

16. Знаете ли вы как правильно пользоваться огнетушителем? Есть ли огнетушитель у Вас в автомобиле?

Заключение. Если мы будем направлять все усилия и внимание только на создание и обеспечение безопасных условий труда, забывая про формирование безопасного поведения мы не достигнем цели снижения травматизма. Пятиминутки позволяют концентрироваться на

безопасности, выискивать потенциальные опасности и акцентировать на этом внимание работающих – тем самым предостерегая их от опасности. Это простой, но действенный инструмент, который приучает работников замечать опасности, которые его окружают в повседневной рабочей жизни, и чем больше сотрудников будут вовлечены, тем безопаснее станет трудовая деятельность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Охрана труда / В. Г. Андруш, Л. Т. Ткачева, Т. П. Кот. – Минск: РИВШ, 2021. – 620 с.
2. Бараш, В. П. Страты ад траўматызму і іх прафілактыка на вытворчасці / В. П. Бараш, В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 28–30.
3. Босак, В. Н. Адамның қауіпсіздік өміртіршілігі (Безопасность жизнедеятельности человека) / В. Н. Босак, К. Т. Жантасов, М. К. Жантасова. – Шымкент, 2022. – 280 с.
4. 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.
5. Босак, В. Н. Организация рабочего времени с учетом фаз работоспособности / В. Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2015. – С. 36.
6. Босак, В. Н. Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности труда / В. Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2016. – С. 4.
7. Босак, В. Н. Травматизм на производстве: причины, состояние и мероприятия по снижению / В. Н. Босак // Вестн. техносферной безопасности и сельского развития. – 2023. – № 1 (32). – С. 2–6.
8. Захаров, П. А. Культура безопасности труда: человеческий фактор в ракурсе международных практик / П. А. Захаров, С. Пересыпкин. – Москва: Альпина ПРО, 2022. – 128 с.
9. Зеленковец, Е. Ф. Психические особенности человека и их влияние на вероятность нежелательных опасных ситуаций и травматизма / Е. Ф. Зеленковец, И. И. Сергеева // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 93–95.
10. Охрана труда / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
11. Ткачева, Л. Т. Управление трудовой деятельностью / Л. Т. Ткачева. – Минск: БГАТУ, 2023. – 336 с.
12. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

Аннотация. Рассмотрены правила проведения «Минутки безопасности», способствующие формированию безопасного поведения работников, снижению травматизма и аварийности в организациях и формированию достойной культуры безопасности

Ключевые слова: безопасность, культура безопасности, человеческий фактор, минутка безопасности.

Секция 2. МАШИНЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

УДК 631.531.027

ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ИХ АНАЛИЗ

И. М. АСТАПЕНКО, ст. преподаватель
О. П. ЛАБУРДОВ, канд. техн. наук, доцент
А. А. СЫСОЕВ, ст. преподаватель

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

Введение. Особого внимания требуют технологические приемы обработки семян и посадочного материала, выходящих из состояния покоя, для получения более ранних, дружных и выровненных всходов, закладывающих основу увеличения урожая, получения ранней и высококачественной сельскохозяйственной продукции. Болезни, переносимые семенами и появляющиеся на ранних стадиях роста растений, а также насекомые, могут оказать огромное опустошающее воздействие на урожай [1]. По данным международной Продовольственной и сельскохозяйственной организации, наряду с ростом валового объема производства, в мире увеличиваются также потери урожая.

Без высококачественных семян конкурентоспособную сельскохозяйственную продукцию нельзя вырастить, даже если соблюдать все агротехнические приемы. Для решения этой глобальной проблемы необходимо увеличение инвестиций в новые современные технологии сельского хозяйства и стимулирование адекватного развития аграрного производства [2, 3].

Цель исследования: анализ технологической эффективности предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур путем обоснования конструктивно-эксплуатационных, кинематических и др. параметров технических средств.

Объект исследования. В качестве объекта исследования выбраны технологические процессы и технические средства подготовки и обработки семян и компонентов искусственной оболочки.

Методы исследования. В исследовании использовались методы статистической динамики машин и оборудования.

Залогом высокого урожая и товарного качества сельскохозяйственной продукции является научно-обоснованная предпосевная подготовка семян, которая включает подготовку семенного материала, компонентов семян и их эффективное взаимодействие в процессе обработки.

Подготовке семян различных сельскохозяйственных культур к предпосевной обработке и их особенностям посвящены работы Ю. А. Быковского, В. А. Доронина, В. М. Дринчи и др. [3–5].

Эффективность электрофизического воздействия на семена и параметров различных установок исследовали М. В. Авдеев, Э. А. Каменир, В. В. Магеровский и др. Для повышения эффективности электрофизического воздействия на семена была установлена необходимость предварительной подготовки посевной партии, которая заключалась в отборе из всей партии семян с одинаковыми электрофизическими параметрами. Эффективность обработки зависит от условий взаимодействия семян с защитно-стимулирующими компонентами. Изучению взаимодействия семян с защитно-стимулирующими компонентами, а также оптимизации рабочих органов машин посвящены работы В. С. Бudyко, Б. Н. Емелина, А. В. Кравца и др. [3, 5].

Урожайность сельскохозяйственных культур и всхожесть в значительной степени зависят от качества семенного материала. Запасы элементов питания в семенах определяют величину урожая. В свою очередь, запас питательных веществ в семенах зависит от условий выращивания данной культуры, сроков ее уборки, хранения семян и их искусственного обогащения различными удобрениями и стимуляторами роста. Высев обогащенных семян позволяет им полнее использовать питательные вещества почвы.

Комплексное изучение влияния состава, физико-механических, химических свойств, а также концентрации различных наполнителей, связующих веществ на всхожесть, энергию прорастания семян и товарные свойства продукции проведены учеными М. Л. Кондак, О. А. Кротовой, Г. К. Лейкиной и др. [3].

Вопросам механизации процесса предпосевной обработки, в том числе дражирования семян различных сельскохозяйственных культур посвящены работы В. С. Бudyко, Г. Г. Маслова, А. А. Мурашова и др. Анализ работ вышеназванных авторов позволяет утверждать, что дражирование, более известное как средство для увеличения размеров семян, является наиболее перспективным способом предпосевной обработки семян [3].

В число компаний, занимающихся нанесением искусственных оболочек в настоящее время, входят: «Эсгроу», «Квализел», «Сид Дайнэмикс», Густавсон (США), «Сермер» (Франция), «Хиллезхог» (Швеция), «Клайнванцлебен», «СюЭТ», «Петкус» (Германия), «Марибо» (Дания), ОАО ГСКБ «Зерноочистка» (Россия) и др.

Однако, способ предпосевной подготовки семян нанесением искусственных оболочек в нашей стране не получил надлежащего применения. Необходимо отметить, что поставляемая на реализацию зарубежная продукция по качеству и товарному виду превосходит отечественную за счёт использования более прогрессивных технологий.

Учитывая особенности закупки и использования данного оборудования на территории Республики Беларусь, в УО БГСХА (г. Горки, Республика Беларусь) был разработан экспериментальный дражировщик. Эффективность работы которого подтверждена на семенах свеклы, а в настоящее время ведутся научные исследования по инкрустации семян рапса отечественных сортов для повышения их посевных качеств и в перспективе использования в технологиях точного земледелия [6, 7].

Практическая значимость. Использование результатов исследований в практической деятельности сельскохозяйственных товаропроизводителей обеспечивает: улучшение всхожести семян при использовании защитно-стимулирующих компонентов в их предпосевной обработке; возможность высева семян в экстремальных условиях (высокая влажность, нехватка влаги, пониженная температура и т. п.) с применением селективной технологии предпосевной обработки; снижение затрат на предпосевную подготовку и обработку семян уменьшением выхода крупной фракции и увеличением выхода мелких фракций.

Внедрение современных технологий нанесения искусственных оболочек в производство позволило бы повысить урожай и, в особенности, мелкосемянных культур. Основное достоинство семян с искусственной оболочкой – это возможность включения в его состав веществ, необходимых для активного роста растений (регуляторы роста, витамины, микроэлементы, препараты против болезней и вредителей), а также появляющаяся возможность обеспечить их точный высев. Пока широкое использование семян с искусственной оболочкой сдерживается дороговизной составляющих компонентов оболочек, и необходимость удешевления их за счёт наполнения дешевыми местными материалами так же является актуальной проблемой.

К настоящему времени недостаточно проведено исследований по разработке рациональной технологии нанесения искусственных покрытий.

Имеются все предпосылки для производства высококачественных семян, прошедших соответствующую предпосевную обработку, не уступающих по качеству зарубежным аналогам. Решение этой задачи требует научного обоснования каждого этапа процесса предпосевной подготовки и обработки семян.

Заключение. Повышение эффективности технологического процесса предпосевной обработки семян является актуальной проблемой для сельскохозяйственных товаропроизводителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
2. Механизация почвозащитного земледелия / Н. Д. Лепешкин [и др.] // Наука и инновации. – 2014. – № 10. – С. 26–28.
3. Поточные технологии подготовки семян / С. Д. Домбровский [и др.] // Совершенные агротехнологии. – 2010. – Вып. 3, 4.
4. Дринча, В. М. Основные принципы предпосевого химического протравливания и физического обеззараживания семян / В. М. Дринча, Б. Цыдендоржиев, Е. И. Кубеев // Аграрный эксперт. – 2009. – Вып. 3.
5. Ефимова, С. Г. Предпосевная подготовка семян дражированием. / С. Г. Ефимова, А. Ф. Триандафилов. – Сыктывкар: НИПТИ АПК РК, 2007. – С. 298–308.
6. Сысоев, А. А. О классификации способов предпосевной обработки семян и дражирователей / А. А. Сысоев, Д. А. Михеев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 343–3491.
7. Сысоев, А. А. Создание искусственных оболочек как путь к повышению посевного потенциала отечественных семян / А. А. Сысоев, Д. А. Михеев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 267–271.

Аннотация. Описаны технологические процессы и технические средства подготовки и обработки семян и компонентов искусственной оболочки, проведен их анализ и сравнение. Выявлен недостаток исследований в области предпосевной обработки семян, создания искусственной оболочки на поверхности семян и проектировании соответствующего оборудования.

Ключевые слова: оболочка, семена, урожайность, предпосевная обработка, оборудование.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В АГРОЦЕНОЗАХ

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук, профессор кафедры
Г. О. ИВАНЧИКОВ, аспирант

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

Введение. Применение минеральных удобрений – одно из основных условий повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также важное звено технологий их выращивания. Использование удобрений позволяет возвращать и вовлекать в круговорот питательные вещества взамен изъятых из агроценозов с основной и побочной продукцией, обеспечивая таким образом определенную устойчивость производственных процессов [1, 9, 16–18].

Основная часть. По оценке многих специалистов, 50–60 % сельскохозяйственной продукции в странах с развитым сельским хозяйством получают в результате применения минеральных удобрений [9]. Статистические данные свидетельствуют о том, что в настоящее время за счет продукции, получаемой с помощью удобрений, обеспечивается пищей каждый четвертый житель нашей планеты. Следовательно, отказ от применения агрохимикатов вызвал бы значительное сокращение производства продуктов питания. Речь может идти только об усовершенствовании технологий применения средств химизации, при которых исключались бы нежелательные последствия [3, 4].

Минеральные удобрения оказывают прямое и косвенное действие на сельскохозяйственные культуры, на почвенную биоту и, кроме того, на развитие биологических процессов в природных водах. Неблагоприятное влияние удобрений на окружающую природную среду, те или иные компоненты агроценозов может быть самое различное: загрязнение почв, поверхностных и грунтовых вод, усиление эвтрофирования водоемов, уплотнение почв; нарушение круговорота и баланса питательных веществ, ухудшение фитосанитарного состояния посевов и развитие болезней растений, снижение продуктивности сельскохозяйственных культур и качества получаемой продукции и т. д.

Внесение удобрений интенсифицирует микробиологические процессы в почвах [11, 16]. Однако чрезмерная активизация микробиологических процессов может иметь негативные экологические послед-

ствия, приводя к ухудшению физико-химических и биологических свойств почв. Кроме того, увеличивается доля микроскопических грибов (в том числе патогенов) в структуре микробного ценоза. Это грозит опасностью образования микотоксинов в почве и продуктах питания.

Основными причинами загрязнения окружающей среды удобрениями считают несовершенство организационных форм, а также технологий транспортировки, хранения, тукосмешения и применения удобрений, нарушение агротехнологии их внесения в севообороте и под отдельные культуры (в том числе неумеренное или несбалансированное), несовершенство самих удобрений, их химических, физических и механических свойств [5, 14].

Среди удобрений по содержанию основных компонентов выделяют азотные, калийные, фосфорные, известковые, сложные, а также микроудобрения [16].

Азот – основной элемент питания растений, поэтому вполне закономерно, что азотные удобрения относятся к базисным компонентам химизации земледелия. Для получения не только высоких, но и высококачественных урожаев необходимо вносить в почву органические и минеральные азотные удобрения. Однако, при несбалансированности элементов питания, нарушении водного режима, недостаточной освещенности и других неблагоприятных условиях высокие дозы азотных удобрений могут привести к снижению почвенного плодородия и загрязнению продуктов питания нитратами [6, 8].

Применение высоких доз азотных удобрений вызывает быструю минерализацию гумуса, азотсодержащих соединений почвы, рост газообразных потерь азота в ходе денитрификации и нитрификации, накопление нитратов в компонентах биогеоценоза. В результате денитрификации образуется диоксид азота, эмиссия которого в атмосферу приводит к уменьшению озонового слоя, защищающего живые организмы от жесткого ультрафиолетового облучения.

Проблема нитратов в сельскохозяйственной продукции тесно связана с низкой культурой земледелия. Неграмотное применение азотных минеральных удобрений в высоких и сверхвысоких дозах ведет к тому, что избыток азота в почве вызывает поступление нитратов в растения в больших количествах. Кроме того, азотные удобрения способствуют увеличению поступления из самой почвы нитратов, образующихся при минерализации органического вещества [2, 16].

В последние годы отчетливо прослеживается тенденция увеличения производства сельскохозяйственной продукции (особенно овощной) с

повышенным содержанием нитратов. Накопление нитратов в растениях происходит в результате того, что поглощенный азот не полностью расходуется на синтез аминокислот и белков (т. е. не все поглощенные нитраты восстанавливаются до аммиака).

Причиной нарушения процессов ассимиляции нитратов в растении могут служить до 20 факторов, среди них такие, как сроки, формы и дозы внесения удобрений, метеорологические условия, сортовые различия, сроки посадки и густота стояния растений, качество известкования, наличие и соотношение различных питательных веществ и т. д.

Недостаток магния и серы в растении, молибдена и марганца в почве, а также снижение температуры воздуха, которое приводит к падению активности нитратредуктазы, также способствует накоплению нитратов. Увеличение доз азотных удобрений приводит не только к повышению содержания нитратов в продукции, но и к снижению в ней содержания витамина С, сахаров и других веществ, а, следовательно, и ее биологической ценности [5].

Нитраты в растениях распределяются неравномерно. В генеративных органах нитраты отсутствуют или содержатся в меньших количествах, чем в вегетативных. В корне, стебле и черешках листьев нитратов значительно больше, чем в листовой пластинке. Активное накопление нитратов отмечается в сочных овощных и бахчевых культурах.

Для создания условий, благоприятствующих получению полноценного урожая, необходимо наличие в почве достаточного количества доступного фосфора. Однако примерно 1/3 посевной площади Республики Беларусь характеризуется низким и очень низким содержанием этого элемента. Кроме того, если дефицит азота можно компенсировать внесением органических удобрений или фиксацией атмосферного азота, то недостаток фосфора можно устранить только внесением минеральных удобрений [9, 16].

С фосфорными удобрениями в почву попадают многочисленные токсичные элементы, малоподвижные в почвенной среде. Кроме того, в фосфорных удобрениях содержатся токсичные соединения фтора. Большая часть фосфора, используемого как удобрение, остается в почве, так как связывается с содержащимися в ней кальцием, алюминием, железом. Результаты проводившихся исследований свидетельствуют о наличии в природных фосфатах радиоактивных элементов – урана, радия. По существующим кислотным способам переработки природного фосфатного сырья основная часть фтора, а также весь стронций остаются в удобрениях и попадают вместе с ними в почву.

Калийные удобрения содержат так называемые балластные элементы (Cl, Na), которые могут накапливаться в почве при систематическом применении повышенных доз удобрений, снижая ее плодородие. Эти элементы попадают в грунтовые воды, повышая в них концентрацию солей. Немалую опасность вызывают содержащиеся в калийных удобрениях металлы (Cd, Hg, Pb, Al), которые могут накапливаться в живых организмах, проникать в грунтовые воды и т. д. [7, 9, 16].

Для предотвращения больших потерь К и загрязнения поверхностных и грунтовых вод калийные удобрения следует вносить под основную обработку почвы.

В настоящее время пока отсутствуют радикальные способы борьбы с загрязнением окружающей среды нитратами и фосфатами минеральных удобрений. Однако разработано достаточно эффективных частных способов и приемов, позволяющих исключить ущерб, причиняемый ими природе и человеку. Прежде всего, должны соблюдаться правила хранения, транспортировки и применения удобрений.

Как показывает мировая практика, отрицательные последствия обусловлены не самими удобрениями как таковыми, а главным образом ошибками, допускаемыми при их производстве, хранении, транспортировке и применении. В профилактике загрязнения окружающей среды большое значение имеют рациональные технологии применения удобрений (правильный выбор дозы, сроки и способы внесения, способы регулирования процессов нитрификации, использование высококонцентрированных удобрений и др.). Не рекомендуется вносить азотные удобрения без заделки в почву [13, 15].

Снижение потерь питательных элементов минеральных удобрений вследствие вымывания можно достичь как агротехническими, так и химическими способами. Среди последних представляет интерес применение медленнодействующих удобрений, питательные элементы которых усваивались бы растениями постепенно, в течение всего периода вегетации – капсулированных удобрений.

В системе удобрений важное значение имеют органические удобрения [10]. Но создать высокопродуктивные почвы только за счет органических удобрений невозможно. При достаточном количестве органических удобрений в хозяйстве баланс гумуса в почве может быть положительным, однако обеспечение бездефицитного баланса фосфора и калия без применения минеральных удобрений достаточно проблематично. Кроме того, даже систематическое применение органических удобрений не позволяет добиться оптимального соотношения основ-

ных элементов питания в определенные периоды роста и развития, поскольку все культуры на первых фазах развития требуют обязательного наличия фосфора, озимые – весенней подкормки азотными удобрениями, многолетние травы – поукосного удобрения и т. д. [9, 16].

Питательные вещества из минеральных удобрений (особенно из азотных и частично калийных) максимально используются растениями почти сразу же после их внесения, а из органических – постепенно, по мере минерализации органического вещества. Поэтому при необходимости быстрого воздействия на питание растений следует вносить минеральные удобрения. Если последние в основном улучшают питательный режим почвы, то органические удобрения наряду с этим обогащают ее гумусом, улучшают физико-химические свойства, увеличивают активность почвенной микрофлоры.

Внесение органических удобрений в сочетании с минеральными превосходит по своей эффективности воздействие эквивалентного количества питательных веществ, применяемых раздельно органических или минеральных удобрений.

Также важным условием повышения продуктивности использования минеральных удобрений является применение современных машин и агрегатов. Особое внимание стоит обратить на применение агрегатов с дифференцированным способом ввода твердых минеральных удобрений [3, 5, 12].

Заключение. Использование органоминеральной системы удобрений в сочетании с другими агротехническими и биологическими приемами создает надежную основу для повышения плодородия почв, роста урожайности сельскохозяйственных культур, регулирования качества продукции и минимизации отрицательного воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, В. С. К вопросу значимости минеральных удобрений в управлении производственным процессом и повышении их эффективности при использовании различных машин и способов внесения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 2. – С. 192–194.
2. Астахов, В. С. К вопросу учета физико-механических свойств твердых минеральных удобрений при разработке перспективных машин для их внесения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Молодежь и инновации – 2022. – Горки, 2022. – С. 91–94.
3. Астахов, В. С. Концептуальные проблемы механизации дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений и пути их решения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков. – Горки: БГСХА, 2023. – 45 с.

4. Астахов, В. С. Проблемы применения систем точного земледелия при дифференцированном внесении твердых минеральных удобрений и пути их решения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 1. – С. 133–136.
5. Астахов, В. С. Экологические аспекты химизации почвы / В. С. Астахов, В. В. Гусаров, Г. О. Иванчиков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 34–39.
6. Босак, В. Н. Влияние минеральных удобрений на накопление нитратов и урожайность пряно-ароматических и зеленных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич // Овощеводство. – 2019. – Т. 27. – С. 18–24.
7. Босак, В. Н. Калийные удобрения / В. Н. Босак // Республика Беларусь: энциклопедия. – Минск, 2006. – Т. 3. – С. 840.
8. Босак, В. Н. Ограничение доз азотных удобрений при возделывании зеленных, пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России. – Красноярск, 2022. – С. 196–199.
9. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
10. Босак, В. Н. Органические удобрения / В. Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
11. Влияние удобрений на фосфатный режим и микробиологическую активность почвы / А. Ф. Минаковский [и др.] // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 226–229.
12. Иванчиков, Г. О. К вопросу выбора пневматической системы для равномерно-го внесения гранулированных минеральных удобрений / Г. О. Иванчиков, В. С. Астахов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 262–267.
13. Пронин, А. Ф. Заделка минеральных удобрений почвообрабатывающими машинами / А. Ф. Пронин // Известия ТСХА. – 1964. – № 6. – С. 30–35.
14. Сачыўка, А. В. Экалагічная рызыка пры выкарыстанні ўгнаенняў у аграэнозах / А. В. Сачыўка, В. М. Босак // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024.
15. Сендряков, О. В. Качество и способы внесения удобрений – важные факторы повышения их эффективности / О. В. Сендряков, Л. С. Кубарева // Основные условия эффективного применения удобрений. – Москва: Колос, 1983. – С. 9–12.
16. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2007. – 390 с.
17. Bosak, V. N. Agrochemische und biotechnologische Methoden des Sojabohnenanbaus in Weißrussland / V. N. Bosak, T. V. Koloskova, V. V. Bosak // Nährstoff- und Wasserversorgung der Pflanzenbestände unter den Bedingungen der Klimaerwärmung. – 2014. – S. 55–58.
18. Lapa, V. Impact of fertilization on fertility of Podzoluvisol and crop rotation productivity / V. Lapa, V. Bosak, A. Smeyanovich // Eurosoil. – 2004. – P. 412.

Анотацыя. Рассмотрены проблемы при использовании удобрений в сельском хозяйстве. Предложены варианты для улучшения качества внесения минеральных и органических удобрений.

Ключевые слова: химизация, почва, сельское хозяйство, экология, удобрения.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук, профессор кафедры
Г. О. ИВАНЧИКОВ, аспирант

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

Введение. В мировой практике существуют поверхностное и внутрипочвенное внесение удобрений. По виду внесения получили распространение три основных способа: допосевное, припосевное и послепосевное [1–4, 8, 10, 11, 19–21].

Допосевное внесение основной дозы удобрений обеспечивает элементами питания растения на весь период роста, поэтому большую часть дозы удобрений (основное удобрение), предусмотренной под ту или иную культуру, обычно вносят этим способом. Основную дозу удобрений вносят под глубокую зяблевую вспашку или под культивацию [14, 17].

Исследованиями, проведенными методом меченых атомов и позволяющими определить поглощение элементов питания из почвы, установлено, что фосфор, внесенный на большую глубину, используется растениями лучше, чем при мелкой заделке. При глубоком внесении фосфора в растения поступает в 5 раз больше, чем при мелком.

Основная часть. Сроки внесения удобрений до посева связаны с системой обработки почвы. Если осенью проведена глубокая обработка почвы, а весной только предпосевная культивация, то удобрение заделывается под зяблевую вспашку. Если весной зябь перепахивают, что иногда делают в условиях влажного климата на тяжелых почвах, то вносить удобрения, за исключением фосфорных, трудно растворимых, целесообразнее в весеннее время [10, 13].

Наиболее распространенным и производительным способом внесения минеральных удобрений при любой обработке почвы является поверхностное их распределение с последующей заделкой соответствующими орудиями. Исследования в данном направлении показали, что применение в течение четырех лет минеральных удобрений при поверхностном способе их внесения привело к накоплению их в верхних слоях почвы, вследствие чего было нарушено оптимальное соотношение азота и фосфора в растениях. В результате снизилась урожайность культур [9].

Однако при поверхностном разбросном способе внесения удобрений не обеспечивается равномерность внесения по ширине захвата машины. По агротехническим требованиям на внесение удобрений она не должна превышать 25 %, но на самом деле она достигает 80 %, особенно при внесении в ветреную погоду [4–6, 16, 18].

Исследованиями, проведенными А. Ф. Прониным [15], выявлена величина заделки удобрений и распределение в слое почвы различными орудиями, представленными в таблице.

Распределение удобрений в слое почвы при заделке их различными орудиями, %

Орудие и глубина обработки	Слой почвы, см			
	0–5	5–10	10–20	20–30
Вспашка				
Плуг отвалный с предплужником на глубину 20 см	17,5	20,6	61,9	–
Плуг отвалный без предплужника на глубину 20 см	48,1	30,4	21,5	–
Плугом с предплужником на глубину 30 см	14,8	17,8	37,1	30,3
Плугом без предплужника на глубину 30 см	43,4	26,5	24,2	5,9
Боронование и культивация				
Тяжелая дисковая борона БДТ-2,2 (в два следа)	17,3	39,3	43,4	–
Культиватор с универсальными лапами	37,8	38,1	24,1	–
Культиватор с пружинными лапами	24,1	33,2	42,7	–

Как видно из таблицы, удобрения, вносимые поверхностным способом и, в дальнейшем, заделываемые плугами, боронами или культиваторами, распределяются в пахотном слое почвы. При этом в слое 10–20 см максимальное количество удобрений может достигать 61,9 % при обработке плугом, 43,4 % при обработке тяжелыми боронами и 42,7 % при обработке культиваторами. Из этого можно сделать вывод о том, что основная доза будет использоваться корневой системой растений только в зоне 61,9 %, 43,4 % и 42,7 % соответственно при обработке различными орудиями, остальное удобрение будет практически недоступно растениями, особенно в засушливые периоды.

Основное удобрение должно находиться в слое почвы стойкого увлажнения и наилучшего развития корневой системы, т. е. на глубине 8–10 см для средних по механическому составу почв и до 16 см на легких. В последнее время все большее распространение получает внутрипочвенный способ внесения удобрений как наиболее эффективный, экологически чистый и ресурсосберегающий. Этот метод внесения удобрений перед посевом более эффективный, чем внесение вразброс.

При внесении удобрений внутрипочвенно на заданную глубину до-

стигается локализация их использования, растения более эффективно используют питательные элементы и, как результат, выше урожайность и меньше затраты за счет достижения высокой равномерности внесения. Внесение половинной дозы основного удобрения внутрипочвенным локальным способом дает те же результаты, что и разбросное [7, 12].

В засушливых районах и на склоновых землях в основном применяется внутрипочвенное внесение удобрений на фоне безотвальной обработки почвы. На склоновых землях внутрипочвенная система внесения удобрения вписывается в почвозащитную систему земледелия, предохраняя питательные вещества от потерь при ветровой и водной эрозии. Исключительную важность имеет обоснованный выбор глубины размещения, ширины ленты удобрения, расстояния между лентами. Глубина заделки удобрений при внутрипочвенном внесении определяется, прежде всего, характерным для данных типов почв режимом влажности. Чем быстрее высыхает верхняя часть пахотного слоя, тем глубже должно быть размещено основное удобрение [4, 19].

Заключение. На современном этапе развития земледелия особое внимание уделяется изучению возможностей уменьшения глубины обработки почвы, сокращению количества вносимых удобрений.

Следует отметить, что при обработке без оборота пласта, исключая перемешивание почвы и не обеспечивающей глубокой и равномерной заделки вносимых удобрений, наблюдается существенное изменение питательного режима почв. Особенно заметно это при внесении под сельскохозяйственные культуры твердых минеральных удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, В. С. К вопросу значимости минеральных удобрений в управлении производственным процессом и повышение их эффективности при использовании различных машин и способов внесения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 2. – С. 192–194.
2. Астахов, В. С. Концептуальные проблемы механизации дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений и пути их решения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков. – Горки: БГСХА, 2023. – 45 с.
3. Астахов, В. С. Обзор дозирующих устройств для посева гранулированных минеральных удобрений пневматической системой группового дозирования / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 252–255.
4. Астахов, В. С. Оценка способов внесения твердых минеральных удобрений в почву / В. С. Астахов, О. В. Гордсенко, Г. О. Иванчиков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 322–325.

5. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
6. Босак, В. Н. Применение сапонитсодержащих базальтовых туфов при возделывании базилика обыкновенного (*Ocimum basilicum* L.) на дерново-подзолистых почвах / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Картофелеводство и овощеводство. – 2023. – Т. 1. – С. 294–301.
7. Булаев, В. Е. Локальное внесение удобрений / В. Е. Булаев // Земледелие. – 1974. – С. 54–57.
8. Булаев, В. Е. О классификации приемов локального внесения удобрений / В. Е. Булаев // Бюллетень ВИУА. – 1983. – Вып. 63. – С. 3–7.
9. Доминго, Э. Н. Внутрипочвенное внесение минеральных удобрений с комбинированными агрегатами с усовершенствованным выравнивателем и уплотнителем: дис. ... канд. техн. наук / Э. Н. Доминго, 1993. – 142 с.
10. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
11. Кудряков М. Л. Механизация внесения удобрений / М. Л. Кудряков, А. Н. Кругляков. – Москва: Колос, 1965. – 210 с.
12. 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.
13. Найдин, П. Г. Сроки и способы внесения удобрений под зерновые культуры: справочник / П. Г. Найдин. – Москва: Колос, 1960. – 295 с.
14. Петровец, В. В. Допосевное ленточное внесение минеральных удобрений сошниками на упругих стойках: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. В. Петровец. – Торни, 1983. – 18 с.
15. Пронин, А. Ф. Заделка минеральных удобрений почвообрабатывающими машинами / А. Ф. Пронин // Известия ТСХА. – 1964. – № 6. – С. 30–35.
16. Ресурсосберегающая система удобрения сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2001. – 18 с.
17. Сендряков, О. В. Качество и способы внесения удобрений – важные факторы повышения их эффективности. / О. В. Сендряков, Л. С. Кубарева // Основные условия эффективного применения удобрений. – Москва: Колос, 1983. – С. 9–12.
18. Смянович, О. Применение удобрений в севообороте / О. Смянович, В. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. – 108 с.
19. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2007. – 390 с.
20. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур / В. М. Шлапунов [и др.] // Адаптивные системы земледелия в Беларуси. – Минск, 2001. – С. 134–143.
21. Lapa, V. Impact of fertilization on fertility of Podzoluvisol and crop rotation productivity / V. Lapa, V. Bosak, A. Smeyanovich // Eurosoil. – 2004. – P. 412.

Аннотация. Рассмотрены преимущества и недостатки различных способов внесения и заделки внесения твердых минеральных удобрений в почву.

Ключевые слова: сельское хозяйство, минеральные удобрения, внесение удобрений, почва.

СНОС РАБОЧИХ РАСТВОРОВ ПЕСТИЦИДОВ ПРИ ОПРЫСКИВАНИИ: БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ ОБЗОР

О. В. ГОРДЕЕНКО¹, канд. техн. наук, доцент
И. С. КРУК², канд. техн. наук, доцент

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. 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.

Внесение рабочих растворов пестицидов в полевых условиях неизбежно сопровождается потерями, полностью исключить которые на данном этапе не представляется возможным [1]. Этим обусловлена озабоченность общества во всем мире, в частности загрязнением пестицидами воздуха, воды и других природных ресурсов.

В статье обобщен материал исследований применения рабочих растворов пестицидов под воздействием различных факторов, влияющих на процессы сноса во время опрыскивания, а также рассматриваются методы измерения и моделирования дрейфа пестицидов.

Основная часть. Наибольший урон окружающей среде наносит снос препаратов за пределы обрабатываемого объекта при обработках в ветреную погоду. Во время опрыскивания до 30–50 % внесенного количества пестицидов может быть снесено и потеряно в атмосфере [2]. Впервые о присутствии пестицидов в атмосфере было сообщено в конце 1950-х годов, когда широко использовались хлорсодержащие пестициды, такие как ДДТ, линдан и дильдрин. Пестициды находятся в воздухе в трех формах: твердой, газообразной и жидкой [3], и они попадают в атмосферу во время опрыскивания сельскохозяйственных культур путем сноса (влияние ветра) и испарения.

Процесс сноса капель рабочего раствора с учетом воздействия на них факторов окружающей среды до конца не изучен, вследствие чего результаты практических экспериментов носят различный, иногда противоречивый характер. Было предпринято множество попыток ко-

личественно оценить потери пестицидов в результате сноса, а затем определить их причины [4–8].

Внесение пестицидов сопровождается множеством факторов. В 2001 г. Hofman и Solseng сгруппировали их в следующие категории [9]:

- характеристики рабочего раствора, такие как летучесть и вязкость пестицидной формулы;
- оборудование и техника (техническое состояние и настройка агрегата);
- природно-климатические условия в момент опрыскивания (скорость и направление ветра, температура, относительная влажность и стабильность воздуха);
- квалификация оператора, его отношение и мастерство в работе.

В большинстве опытов исследователи фокусировались на определении сноса капель пестицидов за пределы обрабатываемой территории (изучая влияние погодных условий и типов гидравлических форсунок), а не на количестве загрязняющих веществ в воздухе (ни в виде паров, ни в виде мелких капель). Снос препарата определялся как количество рабочего раствора пестицида, которое не достигло целевого объекта под воздействием климатических условий в процессе опрыскивания. Пестициды, которые попадают в атмосферу путем улетаживания (из культур, почвы и т. д.), деградации (гидролиз в воде и почве, фотолиз и реакция с радикалами ОН в атмосфере) и ветровой эрозии не считаются сносом [10].

В более ранних исследованиях 1975 г. Threadgill и Smith [8] предположили, что наиболее важными факторами в процессах капельного осаждения являются размер капель, стабильность атмосферы и скорость ветра (вертикальная и горизонтальная составляющие), влияющие на снос и осаждение капель в секторах, прилегающих к зоне опрыскивания. В параллельных исследованиях 1975 года Goering и Butler [11] также обнаружили, что температура, турбулентность воздуха и горизонтальная скорость ветра являются переменными, которые влияют на снос капель. В 1982 г. Smith и др. в своих исследованиях добавили к перечисленным ранее факторам, влияющим на снос и высоту установки распылителей.

В исследованиях, проводимых научным сообществом, учитывается все больше и больше факторов влияющих на снос пестицидов в атмосферу. Несколько авторов (Holterman и др., 1997 [13]; Mokeba и др., 1997 [14]; Phillips и Miller, 1999 [15]; Asman и др., 2003 [16]) использо-

вали логарифмический закон для оценки профиля ветра над пологом растений. Однако модели дрейфа не учитывают влияние атмосферной стабильности на снос. Поэтому они недооценивают снос мелкого аэрозоля.

Некоторые авторы в своих работах исследовали различные конструкции распылителей и влияние их эксплуатационных характеристик на спектр размера капель и потенциальный снос [4, 5].

Авторы работы [16] исследуют испарение и диффузию водяного пара в окружающий воздух из самой капли, что приводит к уменьшению их диаметра на траектории их движения.

Хотя физические принципы испарения капель при применении пестицидов хорошо описаны в библиографических источниках [18, 19] в течение нескольких десятилетий, скорость испарения в технологии сельскохозяйственного опрыскивания остается сложной проблемой, которая включает физические и химические свойства рабочего раствора, диаметры генерируемых распылителем капель и условия окружающей среды.

Моделирование сноса аэрозолей было важным моментом в предыдущих исследованиях, в основном для упрощения полевых испытаний, которые являются очень сложными и дорогостоящими. Использование компьютерных моделей и математического моделирования может стать важным дополнением к тяжелым испытаниям, где многие переменные окружающей среды и технические условия постоянно меняются как во времени, так и в пространстве.

Наиболее часто встречающиеся модели для прогнозирования движения капель в воздухе во время распыления делятся на модели шлейфа и модели траектории движения отдельных капель.

Модели траекторий движения капель оценивают перемещение и положение отдельных капель под действием внешних физических сил [20].

Raupach [21] и Craig [22] разработали модели шлейфа для оценки сноса в воздушных аэродинамических установках, и результаты проверки показали хорошую корреляцию с измерениями отложений на ветру для различных размеров капель и скорости ветра. Таким образом, можно предположить, что данная модель будет полезна для процедуры прогнозирования траекторий движения распыленных капель различного диаметра.

Авторы работы [23] разработали модель «случайной ходьбы», рассматривающую движение капель в турбулентной атмосфере с гауссо-

вым распределением скорости воздуха. Эта модель подходит для капель с начальной скоростью менее 2 м/с и максимальным диаметром капли 450 мкм.

На основе этого подхода ряд авторов (Miller, Hadfield, Hobson, Smith, Mokeba, Cox), разработали или адаптировали под свои исследования математические уравнения и вычислительные программы для прогнозирования движения капель аэрозоля в полевых условиях. Они подтвердили, что процедуры моделирования могут быть использованы для расчета расстояния сноса аэрозоля для широкого диапазона размеров капель и скоростей ветра.

Заключение. В представленном материале рассматриваются усилия научного сообщества по изучению сноса рабочего раствора пестицидов с целью обеспечения более безопасного применения средств защиты растений.

Использование математических и вычислительных моделей для определения сноса пестицидов упрощает проведение испытаний и полевых оценок. Тем не менее, данные модели нельзя рассматривать как замену исследований в полевых условиях, а скорее, как очень мощное дополнение, помогающее понять явление, а также адаптированное практическое применение для снижения рисков загрязнения окружающей среды.

Актуальным остается вопрос соблюдения технологических рекомендаций и использования технических устройств, снижающих или предотвращающих снос капель рабочих растворов при опрыскивании сельскохозяйственных культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Направления повышения качества внесения пестицидов в ветреную погоду / И. С. Крук [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2022. – Т. 60, № 3. – С. 320–331.
2. Van den Berg, F., Kubiak, R., Benjey, W.G., 1999. Emission of pesticides into the air. *Water, Air, and Soil Pollution* 115, 195–218.
3. Bedos, C., Cellier, P., Calvet, R., Barriuso, E., 2002. Occurrence of pesticides in the atmosphere in France. *Agronomie* 22, 35–49.
4. Клочков, А. В. Снижение потерь пестицидов при опрыскивании: монография / А. В. Клочков, П. М. Новицкий, А. Е. Маркевич. – Горки: БГСХА, 2017. – 230 с.
5. 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.
6. Courshee, R., 1959. Investigations on spray drift. Part II: the occurrence of drift. *Journal of Agricultural Engineering Research* 4, 229–241.

7. Frost, K., Ware, G. W., 1970. Pesticide drift from aerial and ground applications. ASAE Paper No. 1577.
8. Threadgill, E., Smith, D., 1975. Effects of physical and meteorological parameters on the drift of controlled-size droplets. Transactions of the ASAE 18, 51–56.
9. Hofman, V., Solseng, E., 2001. Reducing Spray Drift. North Dakota State University. <http://www.ext.nodak.edu/extpubs/ageng/machine/ae1210w.htm>. Дата доступа ноябрь 2023.
10. Kumar, Y., 2001. Pesticides in Ambient Air in Alberta. Science and Standard Division. Alberta Environment, Canada (30 pp).
11. Goering, C. E., Butler, B., 1975. Paired field studies of herbicide drift. Transactions of the ASAE 18, 27–34.
12. Smith, D. B., Harris, F. D., Butler, B. J., 1982. Variables affecting drift from ground boom sprayer. Transactions of the ASAE 25, 1499–1503.
13. Holterman, H. J., Van de Zande, J. C., Porskamp, H.A.J., Huijsmans, J.F.M., 1997. Modelling spray drift from boom sprayer. Computers and Electronics in Agriculture 19, 1–22.
14. Mokeba, M. L., Salt, D. W., Lee, B. E., Ford, M. G., 1997. Simulating the dynamics of spray droplets in the atmosphere using ballistic and random-walk models combined. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 67–68, 923–933.
15. Phillips, J., Miller, P. C. H., 1999. Field and wind tunnel measurements of the airborne spray volume downwind of single flat-fan nozzle. Journal of Agricultural Engineering Research 72, 161–170.
16. Asman, W., Jorgensen, A., Jensen, P. K., 2003. Dry deposition and spray drift of pesticides to nearby water bodies. Danish Environmental Protection Agency, Pesticide Research No. 66 (171 pp).
17. Ranz, W. E., Marshall, W. R., 1952. Evaporation from drops. Part I. Chemical Engineering Progress 48.
18. Goering, C. E., Bode, L. E., Gebhardt, M. R., 1972. Mathematical model of spray droplet deceleration and evaporation. Transactions of the ASAE 15, 220–225.
19. Williamson, R. E., Threadgill, E. D., 1974. A simulation for dynamics of evaporating spray droplets in agricultural spraying. Transactions of the ASAE 17, 254–261.
20. Гордеенко, О. В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / О. В. Гордеенко / БГСХА. – Горки, 2004. – 218 с.
21. Raupach, M. R., Briggs, P. R., Ahmad, N., Edge, V. E., 2001. Endosulfan transport: II. Modelling airborne dispersal and deposition by spray and vapour. Journal of Environmental Quality 30, 729–740.
22. Craig, I. P., 2004. The GDS model a rapid computational technique for the calculation of aircraft spray drift buffer distances. Computers and Electronics in Agriculture 43, 235–250.
23. Thompson, N., Ley, A., 1983. Estimating spray drift using a random-walk model of evaporating drops. Journal of Agricultural Engineering Research 28, 419–435.

Аннотация. Обобщен материал исследований по движению капель пестицидов под воздействием различных факторов, влияющих на снос капель за пределы обработки.

Ключевые слова: опрыскивание, пестициды, капли, снос, окружающая среда, модель.

ЗНАЧЕНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В СОВРЕМЕННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Г. О. ИВАНЧИКОВ, аспирант
В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук, профессор кафедры

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

Введение. Удобрения в современном земледелии играют преобладающую роль в увеличении урожайности и качества сельскохозяйственных культур, воспроизводстве почвенного плодородия, а также сохранении экологического баланса в агробиоценозах [1, 5, 7, 10, 12, 14].

Основная часть. В агропромышленном комплексе основную роль в настоящее время играют органические и минеральные удобрения. Все большее распространение, особенно в экологическом земледелии, получают различные агромелиоранты и биопрепараты [6, 11, 22–25].

Минеральные удобрения – соединения (в основном соли), содержащие элементы питания растений и способствующие увеличению урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции [15].

Основные правила, необходимые при применении удобрений: сбалансированное питание растений; антагонизм и синергизм элементов питания; применение комбинированного внесения минеральных удобрений с органическими [14, 18, 22].

Сбалансированное питание требует применение различных видов удобрений в оптимальных количествах, необходимых для полноценного развития культур (при внесении комплексных удобрений с равным количеством азота, фосфора и калия часто этот принцип нарушается, и избыток одного вида элемента питания над другим может привести к уменьшению урожая). Антагонизм элементов будет препятствовать поступлению других элементов, а синергизм способствовать поглощению элементов. Наблюдаются эти процессы между большинством элементов. Например, Al вызывает сильный дисбаланс макро- и микроэлементов, кальций вытесняется при наличии Sr и Mn; усвоение фосфора и кальция увеличивается при поступлении в растения Co и Mn. С увеличением обеспеченности азотом, фосфором и калием повышается потребность в микроэлементах и наоборот. Количество азота в растениях возрастает с поступлением в растения не только калия и фосфо-

ра, но и мезоэлементов, таких как Ca, Mg, а также микроэлементов Cu, Fe, Mn, Zn. При переизбытке фосфора снижается поступление в растения Cu, Fe, Mn. Перенасыщение растений калием сокращает поступление Ca и Mg; поступление самого калия увеличивается при внесении Cl, и сокращается под влиянием большинства микроэлементов (Mn, Cu, Ni, Fe, Mo, Zn, B).

Минеральные удобрения классифицируют по различным показателям: содержанию элементов питания, по их количеству (простые и комплексные), по суммарному содержанию NPK (концентрированные и неконцентрированные), по содержанию примесей (балластные и безбалластные), по размеру (порошок, гранулы), по агрегатному состоянию (твердые и жидкие). Одной из основных классификаций минеральных удобрений является классификация по виду элементов питания: основные (азот, фосфор и калий (NPK)) макро- и микроудобрения.

В последнее время все больше производится комплексных удобрений, в т. ч. с микроэлементами [17, 22].

Азотные удобрения классифицируются в основном по виду азота: нитратные, амидные и аммонийные. Наибольшей опасностью при их использовании является – возможность накопления азота в овощах (при передозировке удобрений) в виде NO_3 и NO_2 , вредных для здоровья человека (они накапливаются не только при избытке азота, но и при недостатке некоторых микроэлементов, в частности, Mo и Fe, способствующих восстановлению NO_3 до NH_4) [4, 8, 9, 19].

Аммиачная селитра используется практически для всех растений, максимальный эффект дает на нейтральных и известкованных почвах, при этом ее нельзя использовать для некорневой подкормки (опрыскивания) овощных культур. Карбамид (мочевина) вносится так же под все растения; наибольший эффект дает на нейтральных почвах, обладает небольшим подщелачивающим эффектом (т. е. уменьшает кислотность почвы, однако, после нитрификации – подкисляет) [14, 20, 22].

Фосфорные удобрения особенно необходимы для таких культур как зерновые, плодовые, ягодные, большинство овощей. В отличие от азотных удобрений, они не так опасны для растений даже при превышении доз внесения, однако и для них нужно придерживаться определенных норм внесения (в зависимости от плодородия почвы и видов применяемых удобрений). Способы внесения фосфорных удобрений различны, однако всегда удобрения должны быть быстро внесены и заделаны в почву. В открытой почве большая часть фосфорных удобрений вносится в осенний сезон под перекопку или вспашку, так как фосфор некото-

рых удобрений, в отличие от азота, практически не проходит в корнеобитаемые глубокие слои почвы «самостоятельно» (с дождевой или поливной водой). Оставшаяся часть фосфорных удобрений, примерно 20–30 % от общей нормы, вносится весной перед посевом или при посеве [15, 22].

В калийных удобрениях нуждаются все культуры, особенно в них нуждаются корнеплодные растения, выращиваемые на открытом грунте, они вносятся преимущественно осенью под перекопку. Калий хлористый (KCl), как правило вносят осенью (чтобы уменьшить отрицательное действие хлора), сульфат калия (K_2SO_4) вносится под все виды культур (в защищенном грунте используется перед высадкой рассады овощных культур), калиевая селитра (KNO_3) из-за достаточно большой стоимости используется преимущественно лишь в защищенном грунте, калимаг и калимагнезию применяют при недостаточном содержании в почве магния для основного внесения [22].

Отдельные макроэлементы, как правило, поступают в почву преимущественно с основными минеральными или известковыми удобрениями: например, Mg – при внесении в почву калимага или доломитовой муки; Ca – с кальциевой селитрой и доломитовой мукой; S – с простым суперфосфатом, сульфатом аммония и т. д. [16, 21].

Отдельно магниевые удобрения вносят при недостатке магния, особенно на легких почвах. К таким удобрениям относятся крупнотоннажные магниесодержащие промышленные удобрения калимаг, калимагнезия и дешевые медленно растворимые горные породы карналлит, полигалит, а также некоторые агромелиоранты, например, сапонитсодержащие базальтовые туфы [11, 25].

Таким образом, основные условия, способствующие повышению эффективности удобрений, следующие:

- строгое соблюдение агрономической технологии применения любых видов удобрений (с учетом доз, форм, сроков и способов их внесения);

- сбалансированное соотношение азота, фосфора и калия с микроэлементами в зависимости от плодородия почвы и биологических требований культуры [10, 22];

- проведение известкования [21];

- использование ингибиторов нитрификации [13].

Часть минеральных удобрений выпускают в пролонгированной (медленнодействующей) форме. Основные преимущества пролонгированных удобрений: увеличение коэффициента использования удобрений;

ний; снижение потерь питательных веществ в период между внесением удобрений и усвоением их растениями; снижение загрязнения окружающей среды; улучшение качества продукции и т. д. [22].

Важным моментом в системе применения минеральных удобрений является создание перспективных машин и агрегатов для их внесения и применение к ним адаптивных технологий [1–3].

Заключение. Минеральные удобрения являются значимой частью системы удобрения сельскохозяйственных культур и обеспечивают непосредственное влияние на продуктивность растений и воспроизводство почвенного плодородия. Для повышения эффективности их применения требуется строгое соблюдение технологии применения, а также разработка новых перспективных машин для внесения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, В. С. К вопросу значимости минеральных удобрений в управлении производственным процессом и повышении их эффективности при использовании различных машин и способов внесения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 2. – С. 192–194.
2. Астахов, В. С. Отбор существующих способов отбора почвенных образцов при дифференцированном внесении удобрений / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 256–261.
3. Астахов, В. С. Проблемы применения систем точного земледелия при дифференцированном внесении твердых минеральных удобрений и пути их решения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 1. – С. 133–136.
4. Астахов, В. С. Экологические аспекты химизации почвы / В. С. Астахов, В. В. Гусаров, Г. О. Иванчиков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 34–39.
5. Босак, В. М. Роля мінеральних і органічних угнаєнняў ў забяспячэнні харчовай бяспекі / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамьянкова // Хімічная тэхналогія і тэхніка. – Мінск: БГТУ, 2024.
6. Босак, В. Н. Агроэкономическая эффективность применения жома и дефеката на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. Н. Босак, О. Н. Марцуль // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2013. – Т. 22. – С. 13–23.
7. Босак, В. Н. Без «минералки» не обойтись / В. Н. Босак // Хозяин. – 2011. – № 4. – С. 16–17.
8. Босак, В. Н. Влияние минеральных удобрений на накопление нитратов и урожайность пряно-ароматических и зеленных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич // Овощеводство. – 2019. – Т. 27. – С. 18–24.
9. Босак, В. Н. Ограничение доз азотных удобрений при возделывании зеленных, пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, М. П. Акулич // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России. – Красноярск, 2022. – С. 196–199.
10. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.

11. Босак, В. Н. Природные агромелиоранты в альтернативном земледелии / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Проблемы продовольственной безопасности. – Горки: БГСХА, 2023. – Ч. 1. – С. 233–236.
12. Босак, В. Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легко-суглинистых почвах / В. Н. Босак. – Минск, 2003. – 176 с.
13. Влияние ингибиторов нитрификации на урожайность зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистых супесчаных почвах / И. Ю. Веробей [и др.] // Научные основы и практические приемы повышения плодородия почв Урала и Поволжья. – Уфа, 1988. – С. 126.
14. Иванчиков, Г. О. К вопросу значимости минеральных удобрений / Г. О. Иванчиков, В. С. Астахов, В. Г. Ковалев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки, 2023. – Вып. 8. – С. 163–167.
15. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.
16. Лапа, В. В. Применение сульфата аммония в сельском хозяйстве / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Тольятти, 2006. – 24 с.
17. Применение однокомпонентных и комплексных удобрений / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: БГТУ, 2018. – 30 с.
18. Сачивко, Е. В. Влияние минеральных удобрений на урожайность и качество капусты белокочанной / Е. В. Сачивко, А. И. Мыхлык, В. Н. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки, 2023. – С. 216–217.
19. Сачыўка, А. В. Экалагічная рызыка пры выкарыстанні ўгнаенняў у аграэкозах / А. В. Сачыўка, В. М. Босак // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024.
20. Смяянович, О. Применение удобрений в севообороте / О. Смяянович, В. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. – 108 с.
21. 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, 2014. – С. 120–124.
22. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2007. – 390 с.
23. Эффективность вермикомпоста при возделывании кукурузы и ярового тритикале / В. Н. Босак [и др.] // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: проблемы, перспективы достижения. – Минск, 2010. – С. 139–142.
24. Юрeня, А. В. Рост сеянцев сосны обыкновенной при применении фосфат- и калиймобилизирующих бактериальных удобрений / А. В. Юрeня, В. Н. Босак, О. А. Островский // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2012. – С. 64.
25. Bosak, V. Application of saponite-containing basaltic tuffs to improve the cultivation of agricultural plants / V. Bosak, T. Sachyuka // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Евразии. – Улаанбаатар: МААН, 2023. – С. 284–286.

Аннотация. Проведен обзор основных видов минеральных удобрений; изучено их влияние на урожайность и качество сельскохозяйственных растений.

Ключевые слова: минеральные и органические удобрения, сельское хозяйство, почва, растения.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО ВЫНОСА МОТОВИЛА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ РАБОТЫ КОМБАЙНА

В. Г. КОВАЛЕВ, канд. техн. наук, доцент
В. С. ПЕТРУСЕНКО, ст. преподаватель

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

Введение. Качество работы зерноуборочного комбайна в значительной степени зависит от правильности выбора значений его регулируемых параметров, которые определяют исхода из состояния убираемой культуры [1–6]. Для повышения эффективности воздействия мотовила на стебли при уборке полеглого и перепутанного стеблестоя рекомендуют вал мотовила выносить вперед относительно режущего аппарата. С увеличением выноса эффективность работы мотовила возрастает. Возможное горизонтальное перемещение вала, предусмотренное конструкцией жаток, составляет 20–40 см. Однако максимальный вынос для каждых конкретных условий может иметь намного меньшее значение.

Основная часть. Необходимость определения максимального выноса вала мотовила вперед относительно режущего аппарата обуславливается следующим. Из всех стеблей, захватываемых планкой мотовила, наибольший наклон, а, следовательно, и вероятность выскользывания из-под планки, имеют стебли, наиболее удаленные от режущего аппарата. При величине выноса, превышающей максимальный, срезание этих стеблей будет происходить без поддержания их планкой. Причем стебли за счет упругости будут отклоняться к первоначальному положению, затрудняя их срезание.

Планка мотовила при максимальном его выносе в момент срезания наиболее удаленных от режущего аппарата стеблей будет касаться их ближе к вершине, где они очень гибкие и легко могут выскользнуть из-под планки.

Расчетное значение максимального выноса вала мотовила вперед относительно режущего аппарата можно определить, решив систему уравнений:

$$b_{\max} = h \operatorname{tg} v_2' + R (\Delta\varphi_2' - S) / \lambda;$$

$$S = \varphi_1 + (\lambda^2 - 1)^{1/2} - \pi / 2;$$

$$\lambda = \omega R / V_m;$$

$$\operatorname{tg} v_2' = (\lambda \cos \Delta\varphi_2' - 1) / \lambda \sin \Delta\varphi_2';$$

$$\operatorname{tg} A = R (\Delta\varphi_2' - S) / (2R + \lambda l);$$

$$\cos(\Delta\varphi_2' - A) = (\lambda l + R (1 + \lambda^2)) \cos A / \lambda (2R + \lambda l),$$

где b_{\max} – максимальный вынос, м;

h – высота среза, м;

v_2' – угол наклона стеблей, наиболее удаленных от режущего аппарата, рад.;

R – радиус мотвила, м;

$\Delta\varphi_2'$ – угол поворота планки при выходе ее из стеблестоя, рад.;

φ_1 – угол входа планки в стеблестой, рад.;

ω – угловая скорость планки, рад/с;

V_m – скорость комбайна, м/с);

A – вспомогательный угол;

l – высота стеблестоя, м [4].

Как видно из уравнений, максимальный вынос зависит как от режима работы комбайна (скорости движения, частоты вращения мотвила, высоты среза), так и от состояния культуры (высоты стеблестоя).

Изучение влияния каждого параметра на максимальный вынос мотвила производилось при фиксированных остальных, которые принимались равными значениям, наиболее часто встречающимся на практике.

Для решения системы уравнений и обработки полученных данных использовалось приложение Excel.

Как показывают результаты расчетов, наибольшее значение максимального выноса при выбранных значениях исследуемых параметров не превышает 20 см. Причем это имеет место на уборке стеблестоя высотой не ниже 1,2 м при высоте среза не менее 20 см и достаточно высоком (около 2) показателе кинематического режима.

Наибольшее влияние на максимальный вынос оказывает показатель кинематического режима, изменение которого в пределах от 1,1 до 2,1 влечет за собой изменение максимального выноса от 5 до 20 см. Это необходимо учитывать при изменении скорости движения комбайна и частоты вращения мотвила. Так, при малой скорости движения комбайна (4–5 км/ч), как и при большой частоте вращения мотвила (45 об/мин), максимальный вынос составляет всего 5–12 см.

Влияние высоты среза на максимальный вынос мотовила менее существенно. При изменении высоты среза в пределах 8–32 см максимальный вынос изменяется всего от 11 до 16 см. Однако следует иметь в виду, что при уборке полеглого стеблестоя на малой высоте среза (до 10–15 см) для лучшего подвода стеблей к режущему аппарату его вынос не должен превышать 11–12 см.

При изменении высоты стеблестоя максимальный вынос мотовила изменяется незначительно. Уменьшение или увеличение высоты от среднего значения на 25 % вызывает соответствующее уменьшение или увеличение максимального выноса менее, чем на 5 %.

Заключение. Вынос мотовила вперед относительно режущего аппарата для повышения эффективности его работы (лучшего подъема полеглих стеблей, подвода их к режущему аппарату, поддержания их во время среза и передачи к шнеку) должен производиться с учетом максимально допустимого значения, которое определяется исходя из конкретных условий: режима работы комбайна и состояния стеблестоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев, С. М. Сельскохозяйственные машины и орудия: практикум / С. М. Григорьев, А. Б. Лурье, С. В. Мельников. – Москва: Сельхозгиз, 1957. – 384 с.
2. Клочков, А. В. Использование зерноуборочных комбайнов в Республике Беларусь / А. В. Клочков, Б. М. Шундалов, В. В. Гусаров // Вестн. БГСХА. – 2021. – № 1. – С. 156–160.
3. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
4. Летошнев, М. Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание. – Москва: Сельхозгиз, 1955. – 764 с.
5. Машины и оборудование в растениеводстве / А. В. Клочков [и др.]. – Минск: РИВШ, 2021. – 448 с.
6. Терсков, Г. Д. Расчет зерноуборочных машин / Г. Д. Терсков. – Москва-Свердловск, 1961. – 215 с.

Аннотация. Проведено определение максимального выноса мотовила при различных условиях работы комбайна. Установлено, что вынос мотовила вперед относительно режущего аппарата для повышения эффективности его работы должен производиться с учетом максимально допустимого значения, которое определяется исходя из конкретных условий: режима работы комбайна и состояния стеблестоя.

Ключевые слова: жатка, вал мотовила, комбайн, стеблестой, планка мотовила.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВЕТРОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ПЕСТИЦИДА ДЛЯ ШТАНГОВЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

И. С. КРУК¹, канд. техн. наук, доцент
О. В. ГОРДЕЕНКО², канд. техн. наук, доцент
Ф. И. НАЗАРОВ¹, канд. техн. наук, доцент
А. А. АНИЩЕНКО¹, ст. преподаватель
В. Д. ЗУБОВИЧ², ст. преподаватель

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Основным условием, определяющим эффективность проведения технологических операций защиты растений, является равномерность распределения пестицида по поверхностям обрабатываемого объекта [2–5, 8–13].

На данный показатель существенное влияние оказывают метеорологические условия, в которых проводится обработка. Результатами исследований Э. Боума, В. П. Дмитрачкова, Т. П. Кот, А. В. Клочкова, З. В. Ловкиса, А. Е. Маркевича, И. С. Нагорского, Н. В. Никитина, Д. Нюттенса, Ю. Ю. Ротенберга, Ю. Я. Спиридонова, Л. Я. Степука, В. Г. Шестакова, Д. Шпаара установлено, что при внесении средств защиты растений методом опрыскивания рабочими растворами пестицидов основное влияние на качество выполнения операции оказывает скорость и направление ветра, а также дисперсность факела распыла. Агротехникой возделывания допускается проведение технологических операций защиты растений при скорости ветра до 4 м/с. При этом потери из-за сноса могут составлять до 90 %. Особенно существенными они являются при ленточном внесении гербицидов, когда большая часть препаратов осаждается вне защитных зон рядков – в междурядьях, которые не требуют химической обработки [7]. Поэтому разработка способов и технических средств, позволяющих защитить факел распыла, является актуальной и важной.

Основная часть. Снизить степень воздействия ветра на факел распыла пестицидов можно применением различных устройств (рис. 1). В зависимости от конструкции и вида целевого объекта обработки они могут полностью или частично исключать в процессе обработки его

воздействие на движущиеся от сопла распылителя до обрабатываемой поверхности капли.

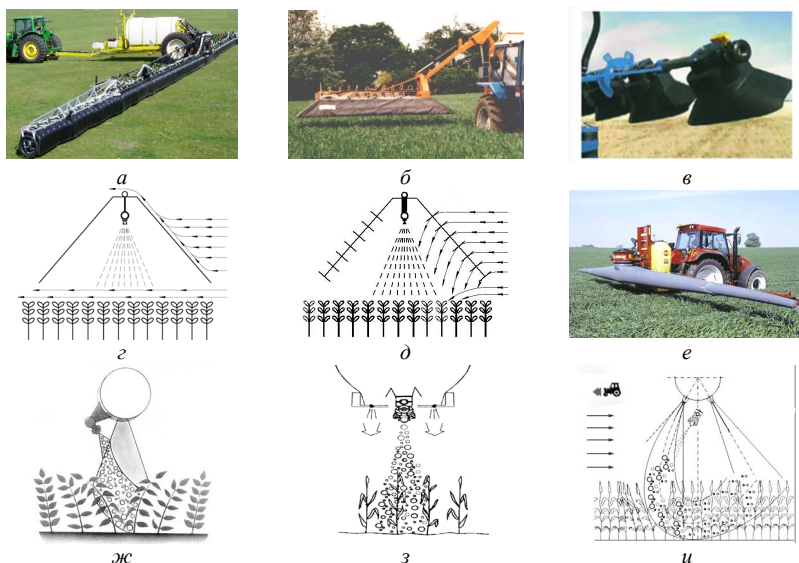


Рис. 1. Конструкции и схемы устройств защиты факела распыла штанговых опрыскивателей: *а* – ветрозащитные кожуха; *б*, *в* – ветрозащитные щитки; *г*, *д* – схемы движения воздушных потоков при использовании щитков и жалюзийной решетки; *е* – воздухораспределительная система; *ж* – схема принудительного осаждения капель воздушной струей; *з* – схема воздушноструйных защитных экранов (воздушные завесы); *и* – схема принудительного осаждения капель воздушными струями

При сплошном и дождевом внесении гербицидов возможно использование ветрозащитных устройств в виде щитков или кожухов, которые закрывают пространство между распылителем и почвой, что полностью исключает воздействие ветра на факел распыла (рис. 1, *а*). При данном виде обработки можно использовать дополнительные опорные колеса для копирования рельефа поверхности поля, а также поддержания штанги с увеличенной, за счет установленных на несущей конструкции щитков, массой. При послеуборочных обработках данный тип ветрозащитных устройств менее эффективен, так как нижний край щитков должен устанавливаться выше растений для исключения их повреждений при возникающих колебаниях штанги (рис. 1, *б*, *в*).

В это пространство проникает воздушный поток, создаваемый ветром. Двигаясь параллельно растительному слою с увеличенной скоростью, величина которой определяется расстоянием между нижними краями щитков и растениями, он выносит капли факела распыла из зоны обработки (рис. 1, з). Данный недостаток устраняется применением устройств, конструкции которых позволяют эффективно использовать энергию ветра для транспортировки капель рабочих жидкостей (рис. 1, д), либо создания «воздушных экранов». Данные устройства эффективны при ленточном внесении гербицидов. Однако, навешиваемые на несущую конструкцию штанги щитки, увеличивают ее массу. Невозможность использования без повреждений растений дополнительных опорных колес приводит к колебаниям штанги в вертикальной плоскости и вероятности вхождения крайних секций в растительные слои. При существенной площади щитков их поверхности воспринимают всю ветровую нагрузку, а также повышенное аэродинамическое сопротивление, что приводит к возникновению колебаний в горизонтальной плоскости и вероятности поломки несущей конструкции штанги.

Для снижения сноса в конструкциях штанговых опрыскивателей используются различные системы, основанные на применении струй сжатого воздуха, выходящих из щелей, расположенных над штангой или сбоку от нее воздушных рукавов (рис. 1, е). Данные системы имеют два исполнения. Одни основаны на принципе транспортировки капель направленной воздушной струей к обрабатываемому объекту (рис. 1, ж) [7], другие – на создании воздушных завес с двух сторон от факела распыла (рис. 1, з), скорость которых на всем пути падения капли, превышает скорость ветра [1]. В различных конструкциях опрыскивателей скорость воздуха на выходе из пневмопровода составляет 25–30 м/с, объем подаваемого воздуха 1600–2500 м³/ч на метр рабочей ширины захвата штанги. При этом скорость создаваемого воздушного потока в припочвенном слое составляет около 5–9 м/с.

При использовании распределительных воздушных систем следует учитывать следующие особенности. Струи сжатого воздуха, направленные в сторону обрабатываемого объекта, наклоняют стебли, шевелят листья и, доходя до поверхности почвы, частично отражаясь, подхватывают не осевшие на верхней части листьев капли, доставляя их к нижней части листьев. При этом происходит объемная обработка растений даже с высокой степенью облиственности.

Однако, как показывают полевые исследования, при использовании данных систем в сухую погоду эффективность химической защиты резко снижается. Это связано с тем, что направленный воздушный поток подхватывает с поверхности почвы пыль. В результате взаимодействия с ней капли рабочей жидкости образуются комочки грязи, которые оседают на растения и почву. Кроме того, поднимающаяся пыль покрывает тонким слоем обрабатываемые поверхности растений, что снижает эффективность препаратов. Отраженный от поверхности поля воздушный поток, взаимодействуя с восходящими потоками, выносит вверх не осевшие на обрабатываемых поверхностях растений мелкие капли, которые затем витают в воздухе и выносятся за пределы обрабатываемого участка. Поэтому данные устройства эффективны при достаточной влажности окружающей среды, которая не всегда совпадает со сроками проведения технологических операций химической защиты растений.

Для устранения выноса капель в атмосферу применяются воздухо-распределительные системы с двумя щелями, расположенными симметрично относительно распылителя в направлении движения опрыскивателя [5].

При достаточной влажности окружающей среды воздушный поток, выходящий из щелей воздухо-распределительной системы за распылителями, перенаправляет восходящие от поверхности почвы воздушные потоки и транспортирует витающие в воздухе капли к растениям, что повышает эффективность рабочей жидкости.

Следует также отметить, что использование нагнетательных и воздухо-распределительных систем приводят к удорожанию опрыскивателей, а, следовательно, и себестоимости выполняемых работ.

Заключение. Проблема потерь пестицидов из-за сноса в настоящее время остается актуальной. Несмотря на широкий спектр устройств, применяемых для защиты факела распыла от воздействия ветра, существует необходимость разработки комплексной оценки их эффективности, основанной на экономических, агротехнических, технологических, конструкционных и экологических критериях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Використання повітряної зависі для протидії зустрічному вітру під час обприскування польових культур / Ю. Г. Вожик, П. І. Вітрух, Ю. В. Косовець, В. І. Панасюк // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2020. – Вип. 11 (110). – С. 72–81.

2. Гордеенко, О. В. Основные направления использования сельскохозяйственной техники при внедрении инновационных технологий в растениеводстве / О. В. Гордеенко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 10–13.

3. Гордеенко, О. В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / О. В. Гордеенко. – Горки: БГСХА, 2004. – 218 с.

4. Гордеенко, О. В. Снос при внесении рабочих растворов пестицидов и возможности его управлением / О. В. Гордеенко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 79–82.

5. Ключков, А. В. Снижение потерь пестицидов при опрыскивании / А. В. Ключков, П. М. Новицкий, А. Е. Маркевич. – Горки: БГСХА, 2017. – 230 с.

6. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.

7. Крук, И. С. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей / И. С. Крук, Т. П. Кот, О. В. Гордеенко. – Минск: БГАТУ, 2015. – 284 с.

8. Машины и оборудование в растениеводстве / А. В. Ключков [и др.]. – Минск: РИВШ, 2021. – 448 с.

9. Направления повышения качества внесения пестицидов в ветреную погоду / И. С. Крук [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. 2022. – Т. 60, № 3. – С. 320–331.

10. Проблема сноса пестицидов, ее причина и решение [Электронный ресурс] // <https://t-i-t.com.ua/problema-znesennya-pestitsidv-yiyi-prichini-ta-rshennya/>. – Дата доступа: 23.11.2023.

11. Совершенствование машин для химической защиты с целью снижения влияния пестицида на качество сельскохозяйственных культур / В. С. Астахов, В. В. Гусаров, Г. А. Валоженич, А. К. Рендов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 326–330.

12. 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 доступа: 23.11.2023.

13. Evaluation of Drift-Reducing Nozzles for Pesticide Application in Hazelnut (*Corylus avellana* L.) [Электронный ресурс] // <https://www.mdpi.com/journal/agriengineering>. – Дата доступа: 23.11.2023.

Аннотация. Приведен обзор и критический анализ способов снижения потерь пестицидов из-за сноса при обработках в ветреную погоду и конструкций устройств, обеспечивающих защиту факелов распыла от воздействия ветра. Обоснована необходимость разработки комплексной оценки эффективности использования различных ветрозащитных устройств в конструкциях штанговых опрыскивателей.

Ключевые слова: ветер, устройство, капля, пестицид, факел распыла, опрыскиватель, штанга.

ГУМИНОВЫЕ СТИМУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ

А. М. КУЛИК, аспирант
П. Ю. КРУПЕНИН, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Одним из наиболее перспективных видов органических удобрений являются гуминовые удобрения, которые с успехом могут применяться как в традиционном, так и экологическом земледелии [3–6, 10–13].

Действующим компонентом таких удобрений являются гуминовые вещества – темно-коричневые или темно-бурые природные органические образования, широко распространенные в различных естественных объектах: в почвах и торфах, в углях и сланцах, в морских и озерных отложениях, в водах рек и озер [9].

Гуминовые вещества классифицируют по степени их растворимости в воде, кислотах и щелочах. По этому признаку их разделяют на прогуминовые вещества, гумусовые кислоты и гумин (рис. 1) [1].



Рис. 1. Классификация гуминовых веществ по Д. С. Орлову

Прогуминовые вещества – это высокомолекулярные остатки отмерших организмов и продукты жизнедеятельности, и линьки живых организмов, образующиеся при окислительной полимеризации фенольных соединений, включая азотсодержащие соединения.

Гумин является нерастворимым осадком, остающимся после извлечения гуминовых кислот. В его состав входит комплекс фульвокислоты и гуминовой кислоты, образующие соединения с минералами.

Под определением гумусовая кислота понимают совокупность органических высокомолекулярных азотсодержащих оксикислот, которые имеют различную растворимость в кислотах, воде и щелочах. Они являются наиболее мобильными и реакционноспособными компонентами гуминовых веществ, активно участвующими в природных химических процессах [7].

Составляющие гумусовой кислоты обладают различной растворимостью в кислотных или щелочных средах. По этому критерию согласно ГОСТ 27593-88 «Почвы. Термины и определения» их делят на гуминовые кислоты, гиматомелановые кислоты и фульвокислоты.

Основная часть. Гуминовые кислоты представляет собой группу темных гумусовых кислот, нерастворимых в кислотах и растворимых в щелочах. Их получают путем извлечения из бурых углей, сланцев, торфа, сапропеля. Гуминовые кислоты имеют сложную молекулярную структуру, в состав которой входят большое количество функциональных групп и активных центров, содержащих азот, фосфор, калий и ряд микроэлементов (цинк, железо молибден, медь). Соединения гуминовой кислоты с кальцием и магнием образуют коллоиды, цементирующие частицы (гранулы) почвы и водопрочные структурные агрегаты, характерные для наиболее ценных по плодородию черноземных почв. При этом увеличивается влагоемкость почвы и усиливается биологическая аккумуляция элементов минерального питания растений. Также, по мере накопления гуминовых кислот в почве, ее плотность снижается до значений оптимальных для большинства сельскохозяйственных культур [8].

Гиматомелановые кислоты – извлекаются из гуминовых кислот органическими растворителями (бензол, метиловый и этиловый спирты). Гиматомелановые кислоты имеют повышенное содержание углерода и обладают светло вишнево-красным окрасом. По химическим свойствам они схожи с гуминовыми кислотами, однако в данное время являются наименее изученной группой гуминовых веществ [2].

Фульвокислоты отлично растворимы в воде, по сравнению с гуминовыми кислотами, имеют более светлый окрас, содержит меньшее количество углерода.

Заключение. В комплексе гуминовых веществ наибольшим потенциалом для использования в растениеводстве обладают гуминовые кислоты. Качественное совершенствование технологий производства гуматсодержащих удобрений и стимуляторов роста растений должно обеспечивать увеличение выхода гуминовых кислот из сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базин, Е. Т. Физика и химия торфа / Е. Т. Базин, Н. И. Гамаюнов, И. И. Лиштван, А. А. Терентьев. – Москва: Недра, 1989. – 304 с.
2. Гостищева, М. В. Характеристика химических и биологических свойств различных фракций гуминовых кислот торфов и сапропелей / М. В. Гостищева // Болота и биосфера. – Томск: ЦНТИ, 2006. – С. 168–175.
3. Кулик, А. М. Анализ источников сырья для получения гуминовых веществ в Республике Беларусь // А. М. Кулик, П. Ю. Крупенин // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 61–63.
4. Кулик, А. М. Обоснование рационального способа производства гуминовых удобрений из торфа / А. М. Кулик, П. Ю. Крупенин // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 3. – С. 181–185.
5. Кулик, А. М. Практические результаты применения гуминовых веществ в сельском хозяйстве / А. М. Кулик, П. Ю. Крупенин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 204–207.
6. Кулик, А. М. Результаты отсеивающего эксперимента по обработке торфа кавитационным диспергатором при получении гуминовых кислот / А. М. Кулик, П. Ю. Крупенин, С. В. Курзенков // Вестн. БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 151–157.
7. Орлов, Д. С. Гуминовые вещества в биосфере / Д. С. Орлов. – Москва: Наука, 1993. – 237 с.
8. Перминова, И. В. Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века / И. В. Перминова // Химия и жизнь. – 2008. – № 1.
9. Попов, А. И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / А. И. Попов. – Санкт-Петербург: СПбУ, 2004. – 248 с.
10. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 183 с.
11. Применение новых видов гуминовых удобрений в агробиоценозах / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2020. – 14 с.
12. Применение регуляторов роста при возделывании овощных, пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / В. Н. Босак [и др.] // Пути повышения эффективности удобрений, качества растениеводческой продукции и плодородия почвы. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 47–49.
13. Сачивко, Т. В. Эффективность применения гуминовых удобрений при возделывании пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 337–339.

Аннотация. Рассмотрены предпосылки к совершенствованию технологий получения гуминовых кислот в контексте факторов воздействия этих веществ на объекты живой природы и имеющегося практического опыта их использования в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: гумус, гуминовые кислоты, применение, растениеводство.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ДВУХДИСКОВОГО СОШНИКА КОМБИНИРОВАННОЙ СЕЯЛКИ

О. П. ЛАБУРДОВ, канд. техн. наук, доцент

А. А. СЫСОЕВ, ст. преподаватель

И. М. АСТАПЕНКО, ст. преподаватель

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

Введение. В основу методики расчета параметров сошников положены результаты теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в соответствии с программой исследований БГСХА [6].

В ходе исследований установлено, что основными факторами, определяющими характер протекания изучаемого процесса работы комбинированного сошника, являются: соотношение диаметров тукового и семенного дисков, смещение дисков в горизонтальной плоскости вдоль направления движения, углы атаки дисков, толщина семенного диска. Значения вышеперечисленных факторов на серийных сеялках, оснащенных дисковыми сошниками, не регулируются. Подобные индивидуальные регулировки рабочих органов требуют больших затрат времени и поэтому нецелесообразны в условиях эксплуатации.

Для обеспечения максимальной эффективности работы комбинированных сошников, все факторы должны быть установлены на определенном уровне, и гарантировать выполнение агротребований к посеву с одновременным внесением основной дозы минеральных удобрений в реальных пределах изменения технологических условий [1–5, 7–9, 11].

Основная часть. Методика расчета предусматривает определение выделенных параметров на основании полученных математических и экспериментальных зависимостей со следующими исходными данными: глубина заделки семян – 2–4 см; глубина заделки удобрений – 4–8 см; скорость движения – 2–3 м/с; агрофон – средние суглинки нормальной влажности.

В результате поисковых экспериментов установлено, что диаметр тукового диска $D_1 = 0,375$ м, тогда диаметр семенного диска определим по выражению:

$$D_2 = D_1 - 2_{\Delta}h = 0,375 - 2 - 0,037 \approx 0,3 \text{ м}, \quad (1)$$

где $_{\Delta}h$ – разность между глубиной заделки удобрений и семян, принимается по агротребованиям.

Из условия бокового равновесия сошника на основании полученных теоретических выражений определим угол атаки семенного диска по зависимости:

$$tg2\alpha_2 = \frac{0,0058k\sqrt{(h_1)^3}\sqrt{(h_1+9c_1)^5}\sqrt{(D_1tg\psi_1)^5}(1+1,8tg2\alpha_1) + 0,154\rho V^2 h_1^2 tg2\alpha_1 \sqrt{\frac{D_2}{c_2}} - 0,0058k\sqrt{h_2}\sqrt{(h_2+9c_2)^5}\sqrt{(D_2tg\psi_2)^5}}{0,154\rho V^2 h_2^2 \sqrt{\frac{D_2}{c_2}} + 0,01k\sqrt{h_2}\sqrt{(h_2+9c_2)^5}\sqrt{(D_2tg\psi_2)^5}}, \quad (2)$$

где k – коэффициент объемного смятия, равный $2 \cdot 10^6$ Н/м³;

h_1, h_2 – глубины хода дисков соответственно равны 0,06 и 0,03 м;

c_1, c_2 – толщина тукового и семенного дисков соответственно равны 0,003 и 0,009 м;

α_1 – угол атаки тукового диска $\approx 5,5^\circ$;

ψ_1, ψ_2 – углы заточки дисков $\approx 45^\circ$;

ρ – плотность почвы ≈ 1000 кг/м³;

V – скорость движения ≈ 2 м/с.

Подставляя значения в зависимость 2 получим $tg2\alpha \approx 0,35$, что соответствует $\alpha \approx 9^\circ$.

Смещение дисков сошников в горизонтальной плоскости вдоль направления движения, определяющее качество бороздообразования, находим по зависимости

$$\Delta = \left(\frac{D_1}{2} + \sqrt{\left(\frac{D_1}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_1}{2} - h_1\right)^2} \right) \cos \alpha_1 - \left(\frac{D_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{D_2}{2}\right)^2 - \left(\frac{D_2}{2} - h_2\right)^2} \right) \cos \alpha_2 \quad (3)$$

Подставляя значения в зависимость 3, получим $\Delta \approx 0,083$ м.

Качество заделки высеваемых материалов проверяем по выполнению неравенства [6], для которого ϕ -угол трения (угол естественного откоса почвы) $\approx 40^\circ$.

Тогда для тукового и семенного дисков неравенства запишутся:

$$0,06 \cdot 1,19 > \sqrt{\frac{0,375^2}{4} - \left(\frac{0,375}{2} - 0,06\right)^2} \cdot 0,03;$$

$$0,03 \cdot 1,19 > \sqrt{\frac{0,3^2}{4} - \left(\frac{0,3}{2} - 0,03\right)^2} \cdot 0,16.$$

Так как неравенства верны, отсюда следует, что для полученных конструктивных параметров обоих дисков, в конкретных технологиче-

ских условиях заделка семян и удобрений будет происходить под действием самоосыпания стенок открываемых бороздок [1, 10].

Оптимальное расстояние между дисками сошников выбираем в интервале, определяемом неравенством из условия создания необходимого уровня плотности семенного ложа [6], для которого F_c – суммарная реакция почвы, воспринимаемая сошником ≈ 10 кг, P_{CP} – усредненное давление, оказываемое на слой почвы сошником ≈ 1 кг/см².

$$\frac{1}{2} \left(\sqrt{37,5^2 - (37,5 - 6)^2} \cdot 0,1 + \sqrt{30^2 - (30 - 3)^2} \cdot 0,16 + 2\sqrt{\frac{2 \cdot 10}{\pi \cdot 1}} \right) < B < \frac{1}{2} \times$$

$$\times \left(\sqrt{37,5^2 - (37,5 - 6)^2} \cdot 0,1 + \sqrt{30^2 - (30 - 3)^2} \cdot 0,16 + 4\sqrt{\frac{10}{\pi \cdot 1}} \right)$$

Из полученного интервала получаем $B = 7,5$ см, что будет соответствовать семенному и туковому междурядьям, равным 15 см.

В виду громоздкости проведенных вычислений, с целью упрощения подбора значений искомых параметров, для практических расчетов предлагается использовать номограмму (рис. 1), которая разработана с учетом результатов теоретических и экспериментальных исследований.

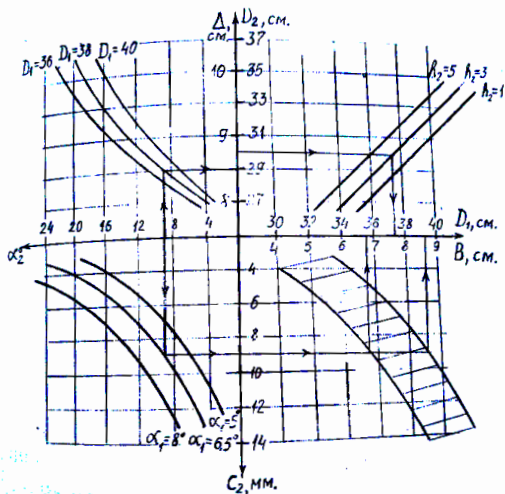


Рис. 1. Номограмма для определения параметров комбинированного сошника с разновеликими дисками

В первом квадранте изображен график, устанавливающий соотношения диаметров дисков сошников в зависимости от глубины заделки семян. Во втором квадранте номограммы приведены зависимости угла атаки семенного диска от величины смещения дисков сошников для различных диаметров. В третьем квадранте установлено графическое соотношение угла атаки и толщины семенного диска. В четвертом квадранте представлена область изменения расстояния между дисками сошников в зависимости от толщины семенного диска.

Пример. Исходные данные: диаметр семенного диска – 30 см; угол атаки тукового диска – $6,5^\circ$; угол атаки семенного диска 9° ; средняя глубина заделки семян – 3 см.

Из первого квадранта, проведя горизонталь из точки, соответствующей 30 см до пересечения с графиком $h_2 = 3$ см, восстанавливаем перпендикуляр к оси D_1 и определяем, что диаметр тукового диска равен 37,5 см. Во втором и третьем квадранте проводим вертикаль через точку, соответствующую $\alpha_2 = 9^\circ$. Во втором квадранте находим пересечение этой вертикали с графиком, соответствующим найденному в первом квадранте D_1 , и, проведя через точку пересечения горизонталь до координатной оси, определяем $\Delta = 8,5$ см. Найдя точку пересечения вертикали с кривой, соответствующей $\alpha_1 = 6,5^\circ$ в третьем квадранте, проводим через нее горизонталь до пересечения с координатной осью и определяем толщину семенного диска $C_2 = 8,8$ мм. Продолжая горизонталь в четвертом квадранте, находим точки ее пересечения с границами области изменения расстояния между дисками, восстанавливаем перпендикуляры к оси B и из полученного интервала определяем, что расстояние между рядками семян и удобрений 7,5 см [6].

Заключение. Параметры сошника, установленные с помощью, разработанной методики и номограммы, согласуются с опытными данными. Поэтому методика расчета и номограмма могут быть использованы при определении параметров комбинированных рабочих органов. Скорость движения агрегата с экспериментальной сеялкой следует ограничить 3–3,5 м/с. Наиболее стабильная работа сеялки наблюдается при установочной глубине хода семенных дисков 1–4 см.

ЛИТЕРАТУРА

1. Донец, С. М. Исследование технологического процесса заделки семян дисковыми сошниками при работе сеялок на повышенных скоростях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С. М. Донец. – Киев, 1963. – 20 с.
2. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.

3. Лабурдов, О. П. Анализ исследований сошниковой группы комбинированных сеялок / О. П. Лабурдов, А. А. Сысов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 331–336.

4. Лабурдов, О. П. Анализ устойчивости хода на заданной глубине и тягового сопротивления комбинированного сошника / О. П. Лабурдов, А. А. Сысов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2022. – № 1 (21). – С. 92–99.

5. Лабурдов, О. П. Определение реактивных усилий комбинированного сошника с разновеликими дисками / О. П. Лабурдов, А. А. Сысов, Г. А. Валоженич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 129–134.

6. Лабурдов, О. П. Повышение эффективности припосевного внесения минеральных удобрений комбинированными сошниками с разновеликими дисками: дисс. ... канд. техн. наук / О. П. Лабурдов. – Горки, 2002. – 168 с.

7. Лукьянов, Д. А. Перспективные направления совершенствования посева рапса / Д. А. Лукьянов, А. Н. Карташевич, В. Н. Босак // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 2. – С. 139–144.

8. Определение почвенной прослойки и бороздообразование комбинированными сошниками / О. П. Лабурдов, В. М. Кузюр, С. И. Будко, А. А. Сысов // Вестн. Брянской ГСХА. – 2021. – № 5 (87). – С. 55–59.

9. Оценка применения устройства для повышения равномерности распределения семян вдоль рядка в полевых условиях / А. С. Анищенко [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 3. – С. 172–175.

10. Петровец, В. Р. Исследование силовых характеристик сошников / В. Р. Петровец // Тракторы и сельхозмашины. – 1999. – № 8. – С. 24–25.

11. Петровец, В. Р. Техническое обеспечение процессов машинно-тракторных агрегатов, транспортных и погрузочных средств / В. Р. Петровец, Д. В. Греков. – Горки: БГСХА, 2023. – 32 с.

Аннотация. Описана методика расчета параметров сошников с разновеликими дисками для совмещенного внесения минеральных удобрений и посева зерновых культур, применяемых в комбинированных сеялках. К таким параметрам можно отнести угол атаки сошников, смещение сошников в горизонтальной плоскости, диаметр сошников. По результатам расчетов для определения параметров комбинированных сошников с разновеликими дисками предложена номограмма, которая позволяет определять параметры комбинированных сошников без громоздких вычислений; приведен пример ее использования.

Ключевые слова: сошник, номограмма, диск, методика, глубина заделки.

ОБЗОР И АНАЛИЗ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УБОРКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА

В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент
М. В. ЦАЙЦ, ст. преподаватель
А. В. ШИК, Д. Ю. БОСАК, студенты

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

Введение. Уборка льна является наиболее трудоемким процессом в технологии его производства (до 70 % всех трудозатрат) и во многом определяет экономические показатели отрасли в целом. Потери урожая и качества получаемой продукции в значительной степени зависят от применяемых технологий уборки и сроков их проведения [1, 4, 6–9].

Основная часть. В настоящее время в мировой практике различают четыре технологии: сноповую, комбайновую, раздельную и заводскую. Сноповая уборка сопряжена с большими затратами ручного труда и применяется в основном в селекции и семеноводстве, а также исключительно при неблагоприятных погодных условиях.

Технология комбайновой уборки (рис. 1) включает в себя теребление растений с одновременным очесом семенных коробочек и расстилом льносоломы в ленты.

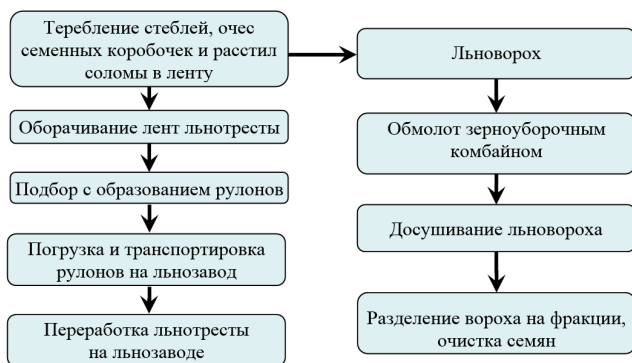


Рис. 1. Схема комбайновой уборки льна

Полученный в результате очеса стеблей льна льноворох обмолачивается зерноуборочным комбайном, досушивается, разделяется на фракции, производится очистка семян. Разостланную в поле ленту стеблей льна для получения льнотресты подвергают однодвухразовому оборачиванию, вспушиванию. После вылежки льнотресты подбирается и прессуется в рулоны и отправляется для переработки на льнозавод.

Оптимальными сроками уборки по комбайновой технологии являются желтая и бурая стадии спелости, что позволяет получать семенной материал высокого качества, в то же время оптимальным сроком уборки льна для получения качественного волокна является стадия ранней желтой спелости [1, 4, 7]. Комбайновая технология позволяет уменьшить затраты труда в 1,7–3,4 раза по сравнению со сноповой уборкой и в наименьшей степени зависит от погодных условий [1, 2, 4, 6].

Существенным недостатком комбайновой уборки является ее высокая энергоемкость из-за больших затрат энергоресурсов на искусственную сушку сырого льновороха при получении семян, более 48 кг/га топлива, т. е. около 30 % от затрат на всю технологию [1, 4, 6]. Позднее начало уборки ведет к недобору урожая волокна.

Технология раздельной уборки включает в себя теребление стеблей льна и расстил их на поле в ленты, естественную сушку, подъем лент льнотресты с очесом семенных коробочек, расстил очесанных лент льносолумы на льнище (рис. 2) [4].

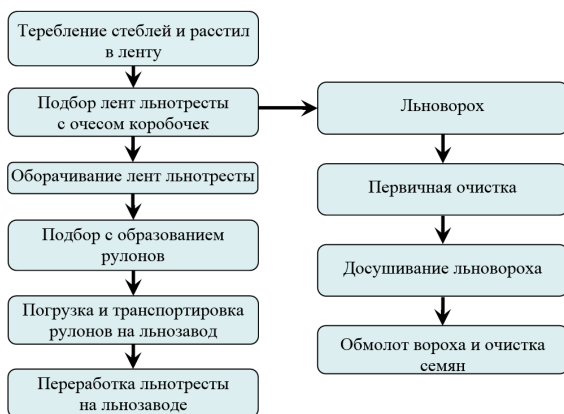


Рис. 2. Схема раздельной уборки льна

Полученный в результате очеса стеблей льна льноворох поступает на первичную очистку, досушивается, обмолачивается, производится очистка семян. Дальнейшие операции по приготовлению льнотресты такие же, как и при комбайновой технологии.

Раздельная технология позволяет начать уборку льна в оптимальные сроки для получения качественного волокна. При этом незрелые семена льна при благоприятных погодных условиях дозревают в вытеребленной ленте льна. Семенной ворох, полученный в результате очеса, более концентрированный и практически не нуждается в сушке.

Основной недостаток ее заключается в большой зависимости от погодных условий с точки зрения получения семенного материала. Затраты труда при комбайновой и раздельной уборке практически одинаковы и равны примерно 70 чел.-ч/га [1, 3, 4, 6].

Заводская технология уборки (рис. 3) отличается от раздельной технологии тем, что отделение семенной части урожая производится в линии первичной переработки льна на льнозаводе, что снижает ее зависимость от погодных условий с точки зрения получения семян льна. Кроме того, она позволяет сократить количество операций, проводимых в поле (подбор с очесом и транспортировка семенного вороха на льнозавод), а трудозатраты на отделение семенной части урожая от стеблей распределить равномерно на более длительный период, связанный с переработкой полученной льнотресты с семенными коробочками на льнозаводе [1, 4].

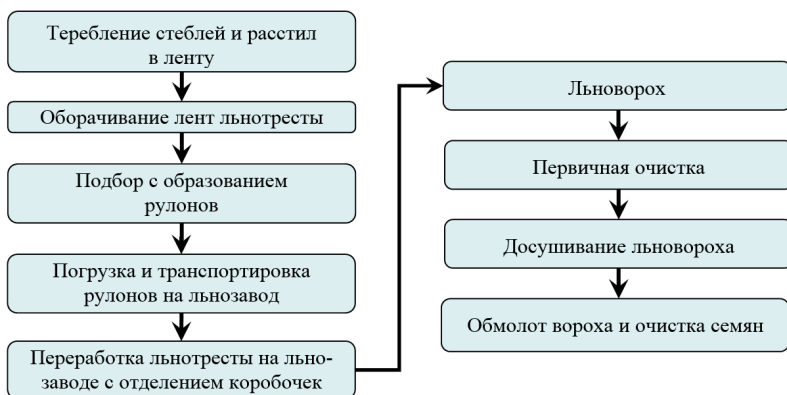


Рис. 3. Схема заводской технологии уборки льна

К недостаткам этой технологии относятся большие потери семян (до 70 %), как в поле во время вылежки и подбора с образованием рулонов, так и на льнозаводе из-за некачественной работы очесывающего устройства [5].

Заключение. В результате проведенного анализа существующих технологий уборки льна установлено, что их применение должно основываться на преимущественном получении продукции. В частности, для целей получения качественных семян льна целесообразно применение комбайновой и раздельной технологий, а для получения высококачественного волокна – раздельной и заводской технологий. Кроме того, при выборе технологий и их сочетаний необходимо учитывать климатические зоны и присущие им погодные условия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2017. – № 2. – С. 137–141.
2. Исследование качества обмолота льнотресты в линии первичной переработки льна / В. Е. Кругленья [и др.] // Вестн. Брянской ГСХА. – 2014. – № 3. – С. 69–72.
3. Ковалев, М. М. Технологии и машины для комбинированной уборки льна долгунца: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / М. М. Ковалев. – Тверь, 2010. – 615 с.
4. Левчук, В. А. Обзор и анализ технологий уборки льна / В. А. Левчук // Молодежь и инновации-2011. – Горки: БГСХА, 2011. – Ч. 2. – С. 80–83.
5. Левчук, В. А. Совершенствование процесса обмолота головок льна в линии первичной переработки фирмы «Van Dommelle» / В. А. Левчук, В. Е. Кругленья // Знания молодых: наука, практика и инновации. – Киров: Вятская ГСХА, 2013. – Ч. 2: Технические и экономические науки. – С. 31–33.
6. Льноводство: реалии и перспективы / Институт льна. – Могилев, 2008. – 408 с.
7. Отраслевой регламент. Возделывание и уборка льна-долгунца. Типовые технологические процессы. – Минск: ИСИ в АПК НАН Беларуси, 2019. – 12 с.
8. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. НГИЭИ. – 2023. – № 7 (146). – С. 44–59.
9. Результаты производственных испытания и экономическая оценка применения роторного бильно-вычесывающего устройства на льноуборочном комбайне / В. А. Шаршунов [и др.] // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 324–336.

Аннотация. Проведен обзор и анализ технологий уборки и первичной переработки льна. Установлены преимущества и недостатки технологий уборки льна-долгунца, используемых в Республике Беларусь. Даны рекомендации по применению механизированных технологий в условиях Республики Беларусь.

Ключевые слова: лен, технология, уборка, переработка льна, лента льна, семена льна, льнотреста.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРЕДПЛУЖНИКА С ПЛАСТИНЧАТЫМ ОТВАЛОМ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Ф. И. НАЗАРОВ¹, канд. техн. наук, доцент
Е. В. ЛЕЩЕНКО², главный конструктор

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

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

Введение. Для повышения качества заделки растительных остатков основную обработку почвы проводят плугами с предплужниками. Установка предплужников приводит к увеличению тягового сопротивления всего агрегата, поэтому важно обосновать не только необходимость его использования, но и рациональные параметры, позволяющие незначительно повысить удельные энергетические затраты на основную обработку почвы [1–5].

Целью данного исследования является определение сопротивления почвы перемещению предплужника с пластинчатым отвалом.

Основная часть. Испытания предплужника с пластинчатым отвалом проводились на испытательном полигоне РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Условия испытаний приведены в таблице. Для испытания предплужника была выбрана делянка с длиной гона 300 м.

Условия проведения испытаний

Наименование показателя	Значение
Дата	8 июня 2023 г.
Температура воздуха, °С	24
Относительная влажность воздуха, %	58
Скорость ветра, м/с	4
Тип почвы	Дерново-подзолистая легкосуглинистая
Влажность почвы, %	8,1
Плотность почвы, г/см ³ , в слое см: от 0 до 10 включ.	1,146
Масса растительных остатков на 1 м ² , г	273
Высота растительных остатков, см	5
Предшествующая обработка почвы	Культивация

Для определения тягового сопротивления предплужников была использована доработанная экспериментальная установка УВП-4,6 (рис. 1) [6, 7].

Согласно разработанной и утвержденной программе и методике полевых испытаний лемешного предплужника был составлен план эксперимента, в соответствии с которым были произведены измерения сопротивления почвы. При измерении тягового сопротивления предплужника изменялась рабочая скорость движения экспериментальной установки и глубина обработки почвы.

В результате обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии, позволяющее определить сопротивление почвы P в зависимости от рабочей скорости агрегата v и глубины обработки h :

$$P = 3,98 v + 22 h - 3,08,$$

где коэффициенты уравнения регрессии имеют размерность 3,98 кг/с, 22 кг/м², 3,08 Н.

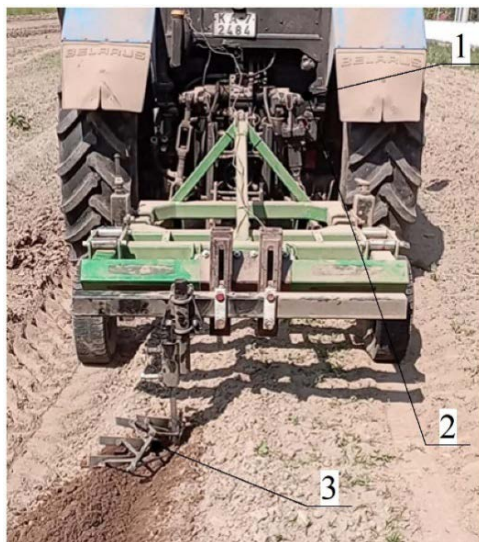


Рис. 1. Предплужник лемешный при проведении испытаний в полевых условиях: 1 – трактор; 2 – экспериментальной установка; 3 – предплужник с пластинчатым отвалом

Анализ полученных результатов показывает, что с увеличением скорости движения и глубины обработки предплужника растет сопротивление почвы. Наибольшее влияние на тяговое сопротивление оказывает глубина обработки, поэтому перед началом работы необходимо установить минимальную глубину обработки почвы, при которой подрезается и оборачивается только засоренный слой почвы.

Заключение. Получено уравнение регрессии, позволяющее определить сопротивление почвы при работе предплужника с пластинчатым отвалом в зависимости от рабочей скорости и глубины обработки. Анализ полученного уравнения показал, что наибольшее влияние на сопротивление почвы оказывает глубина установки предплужника.

ЛИТЕРАТУРА

1. Василенко, В. В. Роль предплужников в историческом развитии плугов / В. В. Василенко, С. В. Василенко, П. С. Востриков // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. – Воронеж: ВГУ, 2018. – Ч. 2. – С. 32–38.
2. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
3. Лаврухин, В. А. Влияние расположения предплужников на энергоемкость процесса вспашки / В. А. Лаврухин, Е. М. Суббота, В. Н. Щиров // Перспективные направления совершенствования средств механизации в полеводстве. – 1985. – С. 78–84.
4. Машины и оборудование в растениеводстве / А. В. Клочков [и др.]. – Минск: РИВШ, 2021. – 448 с.
5. Определение кинематических параметров движения пласта почвы по рабочей поверхности дискового предплужника / И. С. Крук [и др.] // Агропанорама. – 2022. – № 4. (152). – С. 14–18.
6. Программа и методика лабораторных исследований дискового предплужника / Е. В. Лещенко [и др.] // Современные тенденции развития сельскохозяйственного машиностроения, оснащения и технического сервиса в АПК. – Минск: БГАТУ, 2023. – С. 128–131.
7. Результаты исследований предплужников в полевых условиях / Е. В. Лещенко [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. – Минск: Беларус. навука, 2023. – С. 292–296.

Аннотация. Приведены результаты полевых исследований предплужника с пластинчатым отвалом. Представлено полеченное уравнение регрессии, позволяющее определить сопротивление почвы в зависимости от глубины обработки и скорости движения агрегата.

Ключевые слова: почва, предплужник, плуг, отвал, обработка.

СТАДИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЛЛЕТ ИЗ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОСТАТКОВ

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 [3].

В Республике Беларусь около 50–60 % образующегося вороха льно-костры 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 [6].

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 льно-костры являются пучки пакли и минеральные примеси.

Существует ряд направлений использования вороха льнокостры, одним из которых является производство пеллет [1, 5, 7].

Основная часть. На сегодняшний день выпускаются большое количество линий для производства пеллет из растительных остатков различными компаниями.

Расстановка оборудования на каждом предприятии может быть различная, в зависимости от вида и физико-механических свойств сырья, но в целом весь технологический процесс производства пеллет включает следующие стадии, которые представлены на рис. 1.

На стадии «складирование», сырье скапливается на открытых площадках, под навесом или на складе (закрытых помещениях) таким образом, чтобы обеспечить его своевременную и беспрепятственную подачу для дальнейшей переработки. Подача сырья на следующую стадию осуществляется с помощью мобильных транспортных средств в виде фронтальных погрузчиков и т. п. или с помощью транспортирующих машин в виде ленточных, скребковых конвейеров и т. п.

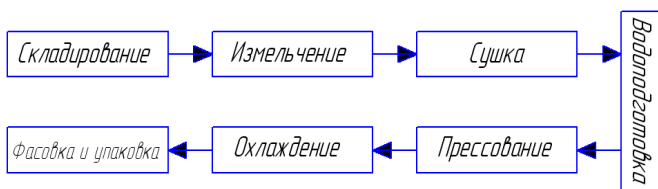


Рис. 1. Стадии производства пеллет из растительных остатков

Стадия «измельчение» производится в основном с использованием молотковых и роторных дробилок, ножевых измельчителей, шредеров и др. Используемые машины и установки измельчают сырье до необходимого размера. Полученная мелкоизмельченная фракция (3–5 мм) транспортирующей машиной подается на стадию «сушка» в сушильный комплекс, а именно в бункер-накопитель сушильной камеры. Из бункер-накопителя по материалопроводу сырье попадает в камеру сушильного агрегата или в барабанные сушильные комплексы. Сырье высушивается до влажности 8–15 % [2].

После стадии «сушка» сырье подается на стадию «водоподготовка». Сырье с влажностью менее 8 % плохо поддается прессованию, поэтому требуется, устройство дополнительного увлажнения сырья. Лучший вариант – это шнековые смесители, имеющие возможность подачи воды или пара. Пар применяют для снижения прочности и увеличения пластичности сырья. Прессы некоторых производителей из-за конструктивных особенностей не требуют добавления пара. Некоторые применяют пар для старого, слежавшегося сырья, но таким сырьем сложно получить гранулы хорошего качества.

Стадия «прессование» осуществляется с помощью пресс-гранулятора. Он играет главную роль в технологическом процессе при производстве пеллет, а также является самым сложным в изготовлении и дорогостоящим. Конструктивно многие пресс-грануляторы различаются по форме матрицы: с плоской и с кольцевой матрицей.

Продавливание сырья осуществляется сквозь калиброванные отверстия (фильеры) матрицы посредством зажатия между крутящимися роллерами и матрицей. Стандартный размер фильер в матрицах составляет 2–19 мм. Для производства пеллет применяемых чаще всего применяются матрицы с фильерами диаметром 6, 8 или 10 мм [4].

По исполнению фильеры матрицы пресс-гранулятора бывают без рассверловки (рис. 2, а), с цилиндрической рассверловкой (рис. 2, б) и с

конической рассверловкой (рис. 2, в). При производстве пеллет с использованием плоской матрицы обычно используют фильеры без рассверловки или с цилиндрической рассверловкой, а при использовании кольцевой матрицы – фильеры с конической рассверловкой.

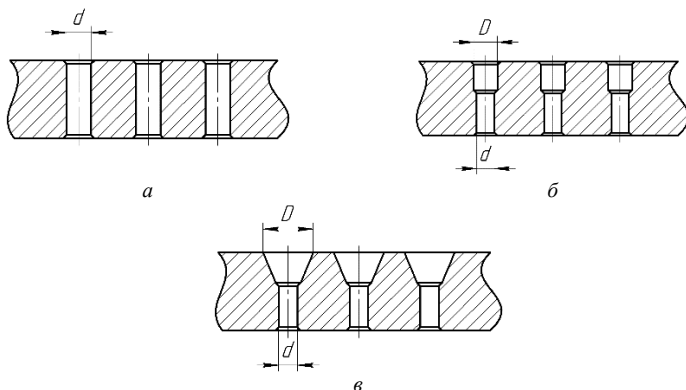


Рис. 2. Схема исполнения фильер матрицы пресс-грануляторов: а – фильера без рассверловки; б – фильера с цилиндрической рассверловкой; в – фильера с конической рассверловкой; d – диаметр фильеры; D – диаметр рассверловки

После завершения процесса гранулирования, сформировавшиеся пеллеты, а также несформировавшееся сырье и пылевидные отходы проходят через заборник системы очистки гранул и затем, транспортирующей машиной подаются на стадию «охлаждение».

На стадии «прессование» происходит сильный нагрев гранул, что существенно снижает их прочность. В силу этого, для достижения их требуемой твердости и прочности, гранулы попадают в колонну охлаждения гранул или шкаф охлаждения и просеивания, где происходит охлаждение и очистка гранул от мелкой фракции. Мелкая фракция подается обратно в бункер над пресс-гранулятором, делая процесс непрерывным и безотходным. После стадии «охлаждение» остывшие пеллеты до температуры окружающей среды, через дозирующее устройство поступают на стадию «фасовка и упаковка».

Фасовка гранул осуществляется по желанию потребителя, либо в свободном виде, либо в мелкую тару в виде мешков, вместимостью 10–25 кг, либо в большие мешки типа «Big-Bag» с массой до 500–1200 кг. Фасовка контролируется весами, которые связаны с дозатором охлаждающей установки, чем обеспечивается дозированная фасовка [8].

Заключение. Рассмотрев стадии производства пеллет из растительных остатков, можно сделать вывод о том, что чем больше в составе сырья компонентов, обладающих абразивными свойствами, способных нанести ущерб оборудованию, тем выше будут эксплуатационные издержки и ниже – качество готовой продукции. К таким компонентам относятся: минеральные примеси, металлические частицы и другие посторонние предметы. Следует уделять внимание бережному обращению с сырьем и его очистке. Поэтому в состав технологического процесса для производства пеллет необходимо включать участок предварительной очистки сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ермак, И. Т. Перспективы использования топливных гранул в Республике Беларусь / И. Т. Ермак, А. В. Домненкова, В. Н. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2024.
2. Кругленя, В. Е. Анализ машин для очистки льнокостры от примесей / В. Е. Кругленя, Н. С. Сентюров // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: АГАУ, 2015. – С. 72–74.
3. Методы и средства защиты окружающей природной среды в легкой промышленности / В. О. Попов [и др.]. – Москва: Легпромбытиздат, 1988. – 239 с.
4. Обзор линии для производства пеллет. Производство пеллет (топливных гранул): оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avbessonov.ru>. – Дата доступа: 05.09.2023.
5. Сапожников, С. С. Способы переработки отходов льна масличного в топливный брикет / С. С. Сапожников, В. Н. Босак // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2019. – С. 70–72.
6. 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.
7. Шаршунов, В. А. Определение размерных характеристик компонентов вороха льнокостры / В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц // Вестн. БГСХА. – 2020. – № 3. – С. 169–175.
8. Шаршунов, В. А. Технологический процесс производства топливных гранул / В. А. Шаршунов, В. Е. Кругленя, Н. С. Сентюров // Актуальные проблемы механизации мелиоративного и водохозяйственного строительства. – Горки, 2013. – С. 194–197.

Аннотация. Приведены направления использования отходов производства льна в Республике Беларусь. Представлено процентное содержание каждого отдельного компонента в общей массе вороха льнокостры. Рассмотрены стадии, входящие с технологический процесс производства пеллет из растительных остатков.

Ключевые слова: ворох льнокостры, производство пеллет, складирование, измельчение, сушка, прессование, охлаждение, фасовка.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕМЯН РАПСА БЕЗ ОБРАБОТКИ И С ИСКУССТВЕННОЙ ОБОЛОЧКОЙ

А. А. СЫСОЕВ, магистр техн. наук, ст. преподаватель
Д. А. МИХЕЕВ, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, необходимо применять современные технологии возделывания, учитывающие особенности каждой культуры, потребности в питательных веществах и специфику посева [1, 2].

Основой получения высокого урожая является использование при посеве качественных, высокопродуктивных семян. В свою очередь на качество семян помимо их генетического потенциала существенное влияние оказывает предпосевная обработка.

Среди комплекса процедур предпосевной обработки семян наиболее перспективной является создание искусственной оболочки на поверхности семян, которая помогает повысить потенциал семян [6].

Технология создания искусственной оболочки на поверхности семян является не новой для мирового сельского хозяйства, эта технология оказалась широкодоступной только в высокоразвитых странах. Учитывая, что все семена с искусственной оболочкой, импортируются Республику Беларусь. Считаем технологию создания искусственных оболочек на поверхности семян перспективной для сельского хозяйства нашей страны [5, 6].

Основная часть. Выполняемые сельскохозяйственной машиной технологические процессы должны учитывать свойства и состояние обрабатываемого материала, поэтому при проектировании машин и их рабочих органов в качестве исходных данных необходимо изучить физико-механические свойства исходного и конечного состояний обрабатываемых семян [7].

В процессе проведения экспериментальных исследований определяли коэффициенты внутреннего и внешнего статического трения, обычных семян рапса и семян рапса с искусственной оболочкой на основе минеральных наполнителей, так как от величины трения материалов зависят энергетические и конструктивные параметры машин.

С помощью приспособления, изображенного на рис. 1, определяли коэффициент внутреннего трения [3].

Коэффициент внутреннего трения семян определяли с помощью специального прибора, изображенного на рис. 1. Для определения коэффициента внутреннего трения диск 3 опускали на дно цилиндра 1 и затем насыпали на него семена. После этого диск поднимали по вертикали с помощью подъемного устройства 4 до выхода из цилиндра. Часть семян в процессе подъема ссыпалась обратно в цилиндр, а оставшиеся на диске семена образовывали форму конуса. Высоту конуса h_k определяли по шкале, нанесенной на центральном стержне 2.

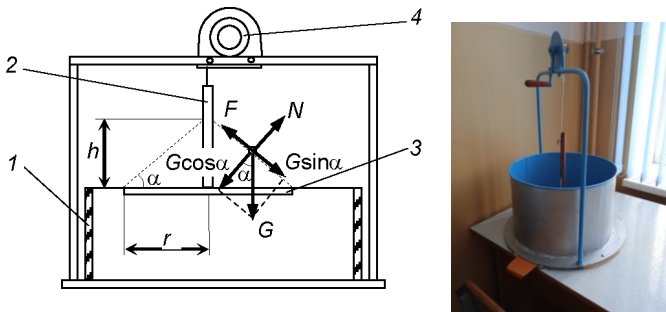


Рис. 1. Схема и общий вид прибора для определения коэффициента внутреннего трения: 1 – цилиндр; 2 – стержень; 3 – диск; 4 – подъемное устройство

Коэффициент внутреннего трения f_v определялся по следующей зависимости:

$$f_v = \operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{h_k}{r_d}, \quad (1)$$

где φ_0 – угол внутреннего трения материала, рад;

h_k – высота конуса, м;

r_d – радиус диска, м. Для данной установки $r_d = 0,15$ м.

Измерения проводились в трёхкратной повторности для обоих видов семян, затем выводилось среднее значение для каждого вида. В результате получили следующие значения: для необработанных семян $h_k^c = 0,060$ м, для обработанных $h_k^o = 0,062$ м. Подставляя значения в зависимость 1 получим:

$$f_v^c = 0,06/0,15 = 0,4 \quad f_v^o = 0,062/0,15 = 0,41.$$

Статический коэффициент f_c внешнего трения (коэффициент трения покоя) определялся на установке (рис. 2), состоящей из плиты 1, наклонной плоскости 3 и винта 2. С помощью винта 2 плоскость устанавливалась в горизонтальное положение, затем на нее помещали семена. Затем плавно изменяли угол β_c наклона плоскости к горизонту с помощью винта 2 до начала скольжения материала и измеряли его углом 4. Коэффициент статического трения равен тангенсу измеренного угла [3].

Измерения проводились в трехкратной повторности для обоих видов семян, затем выводилось среднее значение для каждого вида. В результате получили следующие значения: для необработанных семян $\beta_c^c = 12^\circ$, для обработанных $\beta_c^o = 10^\circ$, что соответственно равно $f_c^c = 0,213$ и $f_c^o = 0,0,176$.

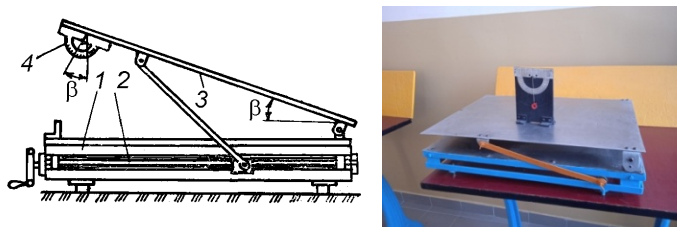


Рис. 2. Схема и общий вид прибора для определения коэффициента статического трения

Для измерения показателей формировали среднюю пробу семян из порций, загруженных в рабочую камеру дражировщика, согласно существующим правилам и методам отбора проб по ГОСТ 12036–85. Так средние пробы отбирали методом крестообразного деления, для чего семена высыпали на ровную поверхность, тщательно перемешивали, придавали им форму квадрата с толщиной слоя до 1,5 см, а затем с помощью планок делили квадрат по диагонали на четыре треугольника (рис. 3).

Из двух противоположных треугольников семена объединяли для составления средней пробы и удаляли два противоположных. Такое деление продолжали до тех пор, пока в двух противоположных треугольниках не останется необходимое количество семян для средней пробы [4].

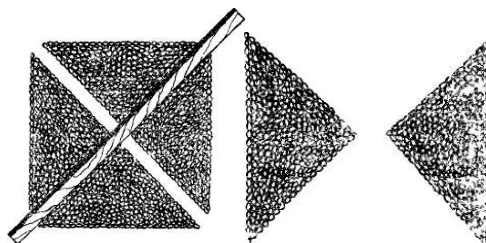


Рис. 3. Порядок отбора средней пробы методом крестообразного деления

Заключение. Проведенные исследования позволяют более подробно изучить процесс нанесения искусственной оболочки на поверхность семян и влияние наносимой оболочки на физико-механические свойства материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
2. Лукьянов, Д. А. Перспективные направления совершенствования посева рапса / Д. А. Лукьянов, А. Н. Карташевич, В. Н. Босак // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 2. – С. 139–144.
3. Сельскохозяйственные машины / А. В. Ключков [и др.]. – Горки: БГСХА, 2015. – 30 с.
4. Семенной контроль: лабораторный практикум / Е. В. Равков, Н. Г. Тарануха, В. И. Бушуева. – Горки: БГСХА, 2013. – 100 с.
5. Сысоев, А. А. О классификации способов предпосевной обработки семян и дражировщиков / А. А. Сысоев, Д. А. Михеев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 343–350.
6. Сысоев, А. А. О перспективах дражирования семян рапса / А. А. Сысоев, Д. А. Михеев // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Брянский аграрный университет, 2023. – С. 181–187.
7. Технология механизированных сельскохозяйственных работ. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 304 с.

Аннотация. Приведена методика определения физико-механических свойств обычных семян рапса и семян рапса с искусственной оболочкой.

Ключевые слова: физико-механические свойства, коэффициент трения, угол откоса, дражировщик, оболочка, драже, семена, рапс

СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А. Е. УЛАХОВИЧ, канд. техн. наук, доцент
Н. В. УЛАХОВИЧ, соискатель

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

Введение. Основные потери топлива при возделывании сельскохозяйственных культур связаны, в том числе, и с наличием не оптимально скомплектованного машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий, неправильным выбором состава и режимов работы агрегатов, нарушением правил использования и технического обслуживания тракторов, сельскохозяйственных машин, автомобилей и комбайнов [2–4].

Знание основных направлений экономии горюче-смазочных материалов и электроэнергии позволит руководителям и специалистам хозяйств целенаправленно добиваться ощутимого снижения затрат топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на единицу производимой продукции.

Экономное расходование нефтепродуктов обеспечивается лишь в тех хозяйствах, где налажен учет расхода ГСМ, упорядочены хранение и механизированная заправка, организовано техническое обслуживание техники и ведется постоянная работа по повышению квалификации специалистов и механизаторов.

Поэтому анализ причин повышенного расхода топлива и поиск путей его снижения при посеве сельскохозяйственных культур является актуальной задачей.

Основная часть. Нерациональный выбор состава, режимов работы агрегатов приводит к непроизводительным потерям топлива. Перерасход топлива в ряде случаев объясняется недоиспользованием тяговых возможностей тракторов и мощности их двигателей. При работе агрегатов на скоростных режимах, отличающихся от оптимальных, расход топлива также увеличивается [6].

Величина непроизводительных потерь топлива зависит от уровня организации использования техники. Нерациональное решение вопросов планирования механизированных работ в растениеводстве, подготовки полей, обслуживания механизаторов и т. д. приводит к непроиз-

водительным потерям времени на подготовку агрегатов, холостые переезды, к простоям по организационным и другим причинам. В результате, коэффициент использования времени смены агрегатов с тракторами иногда снижается до 0,35–0,40, при этом время холостой работы достигает 2–3 ч за смену [4]. Если учесть, что расход топлива за час работы двигателей тракторов тяговых классов 1,4, 3 и 5 на холостом ходу составляет 1,4, 2,3 и 4,2 кг, то нетрудно подсчитать количество топлива, которое теряется ежегодно [5].

Важный фактор, влияющий на расход топлива, – поддержание тракторов и сельскохозяйственных машин в технически исправном состоянии. Например, неисправность или неправильная регулировка одной форсунки дизельного двигателя увеличивает расход топлива примерно на 15 %. При отклонении угла начала подачи топлива на 3–5° удельный расход возрастает на 4–8 %. Понижение температуры охлаждающей жидкости на 30–40 °С приводит к увеличению расхода топлива на 5–10 % из-за ухудшения процесса сгорания. Увеличение толщины накипи на стенках системы охлаждения на 1,1 мм повышает расход топлива на 7–8 %. Велико влияние состояния ходовой системы тракторов на сопротивление движению и, следовательно, на расход топлива. Поддержание нормального давления в пневматических шинах тракторов – важное условие его экономии.

Значительные потери топлива происходят при работе с неисправными сельскохозяйственными машинами. Например, при вспашке не отрегулированным, неправильно соединенным с трактором плугом, лемеха которого затуплены, перерасход топлива достигает 20–30 %, при затуплении культиваторных лап он может увеличиться на 1 га до 0,4–0,5 кг.

Применение различных технических средств на одних и тех же технологических операциях сопровождается неодинаковым расходом топлива на единицу выполненных работ. На пахоте, предпосевной обработке и посеве зерновых, посадке картофеля расход топлива при использовании экономичных комбинированных агрегатов на 40–60 % ниже по сравнению с однооперационными. При этом максимальной топливной экономичности каждой операции соответствуют определенные технические средства [1, 7].

Своевременная диагностика и техническое обслуживание гарантируют исправность дизельного двигателя и спасают технику от перерасхода топлива.

В современных условиях техника оснащаются высококачественным современным навигационным и контрольным оборудованием, которое позволяет круглосуточно контролировать технические пара-

метры транспортных средств и сельскохозяйственной техники. Дополнительные топливные датчики устанавливаются в топливный бак. Количество и строение баков не имеют значения. Контрольные датчики устанавливаются и подключаются на механизмы управления и дополнительные агрегаты (контроль работы компрессора, поднятия-опускания «жатки», отгрузка из «бункера», и т. п.).

Оборудование может быть установлено на любые виды техники и транспорта независимо от года выпуска и производителя: комбайны, колёсные или гусеничные трактора и т. д.

Опыт подключенных к такой системе хозяйств показал, что сокращение расходов на ГСМ составляет от 15 до 30 %, значительно сокращаются простои техники.

Экономия топлива при обработке почвы возможна также за счет:

1. Использование комбинированных, широкозахватных машин повышает производительность труда в 1,5 раза. Экономия топлива – 20–50 %.

2. Замена вспашки безотвальным рыхлением чизельными агрегатами, тяжелыми дисковыми боронами, дискаторами снижает расход топлива на 7–15 кг/га, повышает производительность в 1,5–2,0 раза.

3. Применение почвообрабатывающе-посевных машин при возделывании озимых зерновых культур по сравнению с однооперационными технологиями позволяет сократить расход топлива на 25–30 % без снижения уровня продуктивности культур.

4. Применение бесплужных (мелкая, глубокая безотвальная) технологий обработки почвы при возделывании озимых ржи и тритикале в сочетании с применением комбинированных почвообрабатывающе-посевных машин при отсутствии многолетних сорняков и на фоне благоприятных предшественников обеспечивает получение урожайности зерна на уровне отвальной вспашки и экономии топлива от 14 до 44 %.

5. Разуплотнение подпахотных горизонтов глубокорыхлителями или плугами с дополнительными приспособлениями один раз в четыре года на глубину до 45 см обеспечивает прибавку урожая различных (яровые зерновые, зернобобовые и крестоцветные) культур в севообороте на 5,7–10 %.

Проведенные расчеты показывают, что внедрение комбинированной обработки почвы, предусматривающей чередование в севообороте вспашки с бесплужными обработками с использованием широкозахватных орудий, позволят сэкономить республике в год около 30 тыс. т топлива и обеспечить дополнительный сбор 500 тыс. т кормовых единиц.

А при доведении численности почвообрабатывающе-посевных агрегатов до 1 единицы на 1000 га потребление топлива сократится примерно на 10 тыс. т, затраты труда уменьшатся вдвое.

Заключение. Современная техническая база во многих сельскохозяйственных организациях уже сейчас позволяет внедрять энергоресурсосберегающие элементы при возделывании сельскохозяйственных культур за счет применения оборотных плугов; почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами; комбинированных почвообрабатывающих и почвообрабатывающе-посевных агрегатов; агрономически обоснованного сочетания отвальных и бесплужных обработок; применения энергонасыщенных тракторов и широкозахватных почвообрабатывающих и посевных машин и агрегатов; совмещения основной и предпосевной обработки почвы. Это позволит хозяйствам сократить расход топлива, времени и затраты труда на 30–50 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валуженич, Г. А. Разработка операционной технологии основной обработки почвы / Г. А. Валуженич, О. В. Гордеев. – Горки: БГСХА, 2017. – 42 с.
2. Выбор рационального режима работы пахотного агрегата / А. Н. Карташевич [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2010. – № 3. – С. 146–151.
3. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
4. Зангиев, А. А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / А. А. Зангиев, Г. П. Лышко, А. Н. Скороходов. – Москва: Колос, 1996. – 320 с.
5. Хитрюк, В. А. Экономное использование нефтепродуктов / В. А. Хитрюк, Е. Н. Логвинова. – Минск, 2005. – 68 с.
6. Энергосберегающие системы обработки почвы / С. С. Небышинец [и др.] // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси. – Минск, 2007.
7. Эффективность использования МТА на посеве зерновых культур / А. Е. Улахович [и др.] // Состояние, проблемы и перспективы развития современной науки. – Брянск, 2021. – С. 133–138.

Аннотация. Представлены результаты исследований по вопросам снижения расхода топлива при возделывании сельскохозяйственных культур. Рассмотрены варианты влияния рационального комплектования МТА, технической готовности сельскохозяйственных машин и организации работы агрегатов на экономию ТСМ.

Ключевые слова: топливо, экономия, возделывание, МТА, затраты, потери, энергоресурсосбережение.

АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ СЕМЕННОЙ ЧАСТИ ОТ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА

М. В. ЦАЙЦ, магистр техн. наук, ст. преподаватель
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент
С. В. КУРЗЕНКОВ, канд. техн. наук, доцент
А. Д. БУЛАТКИН, А. В. ШИК, студенты

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

Введение. Проектирование новой техники и технических средств для механизации уборки льна требует научно-обоснованные решения. Важную роль в проектировании инженерных конструкций играют теоретические и экспериментальные исследования [2, 3, 9–11, 13–15].

Цель работы – анализ теоретических и эмпирических исследований устройств для отделения семенной части льна от стеблей.

Материалы и методика исследований. М. И. Шлыковым [16] установлены основополагающие соотношения и зависимости для расчета параметров и режимов работы однобарабанного гребневого очесывающего аппарата. Ему принадлежат термины «мертвая» зона и «активная» зона очеса, а также «уплотняющая способность» аппарата. Им получена формула для определения числа прочесов $n_{пр}$, характеризующая процесс отделения семенных коробочек:

$$n_{пр} = \frac{n_6 \cdot z_{г} \cdot L_{г} \cdot \cos \alpha}{60 \cdot v_{тр}}, \quad (1)$$

где n_6 – частота вращения очесывающего барабана, об/мин;

$z_{г}$ – число гребней, шт.;

$L_{г}$ – длина гребня, м;

α – угол наклона барабана к зажимному транспортеру, рад.;

$v_{тр}$ – скорость зажимного транспортера, м/с.

Величину активной зоны очеса, которая должна быть больше или равна ширине зоны расположения семенных коробочек в ленте льна, уплотняющую способность гребня – η и угол – β отклонения стеблей зубьями М. И. Шлыков рекомендует определять по формулам:

$$a \geq D \cdot \cos \alpha + L_{г} \cdot \sin \alpha, \quad (2)$$

где D – диаметр барабана, м;

$$\eta = \frac{l_{\text{сл}}}{1 - \frac{b}{t_3}}, \quad (3)$$

где $l_{\text{сл}}$ – коэффициент, учитывающий увеличение толщины пронизываемого зубьями слоя;

b – толщина зуба, м;

t_3 – шаг зуба, м.

Г. А. Хайлис, Б. П. Можаров и В. Н. Бухаркин предложили методику определения ширины активной зоны очесывающего аппарата [4], в которой, согласно положению, высказанному М. И. Шлыковым в работе [5], для обеспечения выделения всех семян и коробочек необходимо, чтобы ширина активной зоны аппарата была больше или равна зоне расположения семенных коробочек в массе стеблей (снопах или ленте). Это условие может быть выражено формулой

$$a \geq a_1 \cdot m \cdot \mu, \quad (4)$$

где a – ширина активной зоны очесывающего аппарата, м;

a_1 – ширина зоны расположения семенных коробочек в стеблестое, м;

m – коэффициент, учитывающий неточность подачи лент или снопов в аппарат;

μ – коэффициент, учитывающий растянутость лент или снопов льна.

При механизированной уборке агротехническими требованиями растянутость снопов и лент льна допускается не более, чем в 1,2 раза. Поэтому максимальную растянутость принимали за расчетный коэффициент, т. е. $\mu = 1,2$.

Коэффициент неточности подачи лент в очесывающие аппараты при уборке комбайном или снопов при очесе на льномолотилках, определенный экспериментально Б. П. Можаровым, находится в пределах 1,1–1,3. С учетом зависимости этого показателя от навыков механизаторов и рабочих за расчетную величину принимали его среднее значение, т. е. $m = 1,2$. Исходя из принятых величин, ширина активной зоны очесывающего аппарата должна быть не менее 65 см.

По результатам экспериментальных исследований среднее значение ширины зоны очеса составило $m_b = 35$ –56 см. Таким образом, ка-

чество очеса будет зависеть от того, насколько случайный процесс $B_n(t)$ согласован с шириной активной зоны очесывающего аппарата a , обусловленной диаметром D очесывающего барабана. Авторы утверждают, что увеличение диаметра нецелесообразно, так как повышается количество путанины в ворохе, и что важным резервом повышения чистоты очеса является непрерывный контроль зоны очеса ленты льна и регулирование высоты тербления, угла наклона зубьев очесывающего аппарата или его положения относительно ленты льна.

С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц получили модель деформации семенной коробочки льна при сжатии ее рабочими органами, а также предложили зависимость для определения минимального молотильного зазора образуемого рабочими органами обмолачивающего устройства [6, 7]:

$$\Delta_{\min} = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{3}{4} \cdot \frac{V_c \cdot n_c}{\pi}}, \quad (5)$$

где V_c – объем семени, м^3 ;

n_c – количество семян в коробочке льна, шт.

Также ими была предложена зависимость для определения объема слоя стеблей льна, находящегося под воздействием бича обмолачивающего устройства [6]:

$$V_{\text{р.з}} = \frac{b_6 \cdot L_{\text{ст}} \cdot (h_{\text{в}} - h_{\text{к}})}{2}, \quad (6)$$

где b_6 – ширина бича, м;

$L_{\text{ст}}$ – длина участка ленты льна, на которой происходит воздействие бича, м;

$h_{\text{в}}$ – толщина ленты стеблей в верхушечной части ленты льна, м;

$h_{\text{к}}$ – толщина ленты стеблей в начале взаимодействия бича с лентой льна, м.

По мнению М. И. Шлыкова ширина его активной зоны, которая определяется расстоянием между точками входа и выхода гребней из слоя стеблей, должна быть больше или равна ширине зоны расположения коробочек в слое стеблей, подаваемых зажимным транспортером. Ширина активной зоны гребневого очесывающего аппарата льноуборочного комбайна ЛК-7 определялась по формуле

$$a = \sqrt{(L_{M3} + L_{\Gamma} \sin \alpha + D \cos \alpha)^2 (1 + \sin^2 \alpha) + D^2 \left(\sin \alpha - \frac{\pi v_{\Gamma}}{2 v_r} \right)^2 - \frac{L_{M3}}{\cos \alpha}}, \quad (7)$$

где v_r – наибольшая скорость гребня, м/с.

Представленная зависимость учитывает лишь конструктивные параметры очесывающего аппарата, тогда как вопрос соответствия ширины активной зоны и ширины зоны расположения коробочек остался не раскрытым.

В. С. Астахов, С. В. Курзенков, О. В. Гордеенко [1] предложили зависимость для определения увеличения ширины зоны расположения коробочек после тербления Δl учитывающую кинематические характеристики работы уборочного агрегата и агробиологические особенности стеблестоя, при уборке тербильными аппаратами с продольными криволинейными ручьями типа ЛК-4А и «Двина-4М»:

$$\Delta l = l_{\text{ст}} \left(\frac{\sqrt{S_M^2 + \frac{b_{\text{тер}}^2}{4} + (r_k - L \cdot \sin(\chi + \alpha_p - \alpha_{\text{рн}}))^2}}{r_k - L \cdot \sin(\chi + \alpha_p - \alpha_{\text{рн}})} - 1 \right), \quad (8)$$

где S_M – путь, пройденный сельскохозяйственной машиной за время t , м;
 $b_{\text{тер}}$ – ширина захвата секции тербильного аппарата, м;
 r_k – радиус полевого колеса, м;
 L – расстояние от оси вращения полевого колеса до точки начала затягивания стеблей льна в тербильный ручей, м;
 χ – угол определяющий наклон к горизонту в крайнем нижнем положении тербильного аппарата, рад;
 α_p – угол наклона тербильного ручья, рад;
 $\alpha_{\text{рн}}$ – угол наклона тербильного аппарата к горизонту в крайнем нижнем положении, рад.

Б. П. Можаровым [8] впервые была введена новая характеристика процесса – удельное число прочесов Q , характеризующая чистоту очеса гребневого аппарата независимо от его конструкции:

$$Q = \frac{v_6 \cdot z_6 \cdot z_{\Gamma} \cdot z_3}{200 \cdot \pi \cdot v_{\Gamma} \cdot R_6}, \quad (9)$$

где z_6 – число барабанов, шт.;
 z_{Γ} – число гребней барабана, шт.;
 z_3 – число зубьев гребня, шт.

Определены также критические значения удельного числа прочесов для одно- и двухбарабанных гребневых аппаратов, выполнены экспериментальные исследования по определению влияния скорости удельного числа прочесов на чистоту очеса, повреждения стеблей и отходов в путанину.

Работы П. Ф. Прибыткова [12] и П. К. Шрамко [17] посвящены выбору оптимального соотношения скорости зажимного транспортера и очесывающего барабана.

Оптимальное соотношение скорости зажимного транспортера $v_{тр}$ и частоты вращения очесывающего барабана, а также среднюю скорость очеса $v_{оч}$ П. Ф. Прибытков предлагает определять по следующим выражениям [12]:

$$v_{тр} = \sin \alpha (\sin \beta + \cos \beta) \frac{R_б \cdot n_б}{15}, \quad (10)$$

где β – угол наклона гребня к плоскости стеблей, рад;

$R_б$ – радиус очесывающего барабана, м;

$n_б$ – частота вращения очесывающего барабана, об/мин.

$$v_{оч} = \frac{2\pi \cdot R_б \cdot n_б \cdot \sin \beta \cdot \cos \beta}{60 \cdot \beta}. \quad (11)$$

Заключение. Полученные разными учеными аналитические зависимости, описывающие процесс отделения семенных коробочек от стеблей льна, применимы в основном для рабочих органов очесывающих устройств, имеющих систему гребней или щелевое пространство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, В. С. Анализ формирования растянутости ленты льна-долгунца при уборке комбайновой технологией / В. С. Астахов, С. В. Курзенков, О. В. Гордеенко // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 2. – С. 180–186.
2. Булаткин, А. Д. Анализ обеспеченности льносеющих хозяйств Могилевской области техническими средствами для уборки льна-долгунца / А. Д. Булаткин, М. В. Цайц // Научный поиск молодежи XXI века. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 288–290.
3. Булаткин, А. Д. Анализ сил, действующих на конструкцию очесывающего модуля льноуборочного комбайна ЛК-4А / А. Д. Булаткин, М. В. Цайц // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 57–59.
4. Быков, Н. Н. Исследование технологического процесса и устройств для зажима стеблей в льноуборочных комбайнах: дис. ... канд. техн. наук / Н. Н. Быков. – Торжок, 1969. – 163 с.
5. Кудрявцев, А. Н. Повышение эффективности обмолота льновороха эластичными вальцами молотилки: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А. Н. Кудрявцев. – Горки, 2001. – 182 с.

6. Курзенков, С. В. Методика расчета параметров слоя стеблей льна в зоне обмо­лота / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 1. – С. 154–159.

7. Курзенков, С. В. Обоснование скорости зажимного транспортера обмолачивающего устройства линии первичной переработки льна / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Агропанорама. – 2022. – № 1 (149). – С. 14–19.

8. Можаров, Б. П. Исследование, обоснование и разработка аппаратов для обмо­лота льна-долгунца: дис. ... канд. техн. наук / Б. П. Можаров. – Москва: ВИСХОМ, 1968. – 128 с.

9. Планирование и обработка результатов отсеивающего эксперимента обмо­лота льнотресты устройством с эластичным рабочим органом / В. А. Левчук [и др.] // Инно­вационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производ­ства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 171–178.

10. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. НГИЭИ. – 2023. – № 7 (146). – С. 44–59.

11. Поисковые эксперименты процесса выделения минеральных примесей из вороха льнокостры транспортером с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой / В. А. Шаршунов [и др.] // Агропанорама. – 2023. – № 3 (157). – С. 8–13.

12. Прибытков, П. Ф. Экспериментальные исследования процесса очеса льна у комбайна ЛК-7: дис. ... канд. техн. наук / П. Ф. Прибытков. – Ленинград: Пушкин, 1952. – 177 с.

13. Результаты производственных испытания и экономическая оценка применения роторного бильно-вычесывающего устройства на льноуборочном комбайне / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. НАН Беларуси. Серия аграрных наук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 324–336.

14. Шик, А. В. Анализ исследований влияния интенсивности и жесткости воздей­ствия рабочих органов на выход длинного волокна льна-долгунца / А. В. Шик, М. В. Цайц // Научный поиск молодежи XXI века. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 329–332

15. Шик, А. В. Коцептуальная схема прицепного льноуборочного комбайна / А. В. Шик, М. В. Цайц // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 81–84.

16. Шлыков, М. И. Льноуборочный комбайн (теория, расчет, конструкция) / М. И. Шлыков. – Москва: Машгиз, 1949. – 300 с.

17. Шрамко, П. К. Изыскание способов снижения выхода путанины в работе оче­сывающего аппарата в системе льнокомбайна ЛК-7: дис. ... канд. техн. наук / П. К. Шрамко. – Ленинград: Пушкин, 1955. – 167 с.

Аннотация. Приведены результаты теоретических и эмпирических исследований устройств для отделения семенной части от стеблей льна. Проанализированы основополагающие соотношения и зависимо­сти для расчета параметров и режимов работы аппаратов для отделения семенной части от стеблей льна.

Ключевые слова: очес, обмолот, активная зона, число прочесов, ми­нимальный зазор, объем слоя стеблей, уплотняющая способность.

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТЕБЛЕЙ И ЛЕНТ ЛЬНА

А. В. ЧАЙЧИЦ, канд. техн. наук, доцент
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент
М. В. ЦАЙЦ, магистр техн. наук, ст. преподаватель
А. В. ШИК, студент

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

Введение. Научно обоснованное совершенствование и создание новых технических средств для механизации процессов в льноводстве требует глубокого изучения физико-механических и технологических свойств стеблей и лент льна. Необходимость изучения механико-технологических свойств этой культуры диктуется дополнительно ее высокой чувствительностью к механическим воздействиям и легкой повреждаемостью при взаимодействии с рабочими органами льноуборочных машин. В связи с этим, разработка новых технических средств с рациональными параметрами для механизации технологических процессов в льноводстве тесно связано со свойствами льна-долгунца. Эти свойства характеризуются совокупностью показателей, учитывающих строение растения, его сопротивление воздействию на него нагрузкам, поведение его при различных деформациях и разрушении, содержание влаги, трение о рабочие поверхности [9, 10, 12, 15, 19–22].

Основная часть. М. И. Шлыковым [24] и В. Крагельским [6] проведены исследования по определению большого числа показателей стеблестоя льна. Ими были определены усилия выдергивания стеблей и обрыва коробочек, необходимая для этого работа, а также многие другие существенные показатели. Исследованием свойств стеблей при растяжении занимались Н. М. Чиликин, И. В. Крагельский [6], Г. А. Хайлис [16], Н. Н. Быков [1], С. В. Курзенков, В. А. Левчук и М. В. Цайц [7]. Ими были проведены исследования по удлинению стеблей в ленте под действием продольных сил обмолачивающего аппарата. Коэффициент, учитывающий удлинение стеблей в ленте льна k [14], можно определить по зависимости

$$k = -0,002 \cdot L_{06}^2 + 0,0162 \cdot L_{06} + 1,0385, \quad (1)$$

где L_{06} – длина участка стебля льна от места зажима до вершины.

В ходе исследования относительного удлинения стеблей льно-тресты установлено, что на участке стебля от 0,05 до 0,20 м при растяжении под углом его относительное удлинение имеет линейную зависимость от величины участка Δ_2 подверженного растяжению и описывается уравнением [7]:

$$\varepsilon_{ст} = -0,187 \cdot \Delta_2 + 0,0523, \quad (2)$$

Исследованиям конусности стеблей льна посвящена работа М. М. Ковалева [4]. Им получены эмпирические зависимости общей конусности стеблей льна от диаметра комлевой части и технической длины стеблей:

$$k_c = 0,58 \cdot d_{нс} + 0,0004, \quad (3)$$

где $d_{нс}$ – диаметра комлевой части стеблей льна, м.

$$k_c = -7 \cdot 10^{-8} \cdot l_{ст} + 0,002, \quad (4)$$

где $l_{ст}$ – техническая длина стеблей льна, м.

Исследования повторных сжатий стеблей льна с чередующимися ослаблениями проводились Г. А. Хайлисом [16]. Им было установлено, что изменения свойств ленты стеблей после прекращения воздействия на нее необратимы. Это обусловлено тем, что стебли не обладают достаточной упругостью [18]

Уравнение для первой кривой сжатия определено как:

$$q_c = q_{вг} \cdot \left(e^{a_{г \cdot \varepsilon}} - 1 \right), \quad (5)$$

где q_c – удельное сопротивление стеблей сжатию, Н/м;

$q_{вг}$ – внутреннее давление, соответствующее начальному прижатию стеблей друг к другу вследствие действия сил тяжести стеблей, сцепления между ними и предварительного их сжатия, Н/м;

$a_{г}$ – коэффициент, характеризующий свойства стеблей и их начальное состояние;

ε – относительное сжатие стеблей.

А. Н. Зинцов предложил зависимость к определению влияния угла перекоса ξ стеблей льна в ленте на плотность $\rho_{ст}$ ленты льна [2]:

$$\rho_{ст} = \frac{n_{ст}}{L_{л} \cdot L \cdot \cos \xi}, \quad (6)$$

где $n_{ст}$ – количество стеблей на участке ленты длиной $L_{л}$, ст./м (ленты);

$L_{д}$ – длина участка стеблей льна, м;

L – общая длина стебля льна, м;

ξ – угол перекося стеблей, град.

Зависимость удельного $p_{д}$ сопротивления стеблей сжатию от их плотности [5]:

$$p_{д} = p_{вг} \cdot \left[\exp \left[a_{г} \cdot \left(1 - \frac{\lambda_0}{\lambda} \right) \right] - 1 \right], \quad (7)$$

где $p_{вг}$ и $a_{г}$ – константы, характеризующие свойства стеблей и их начальное состояние:

– для сухих стеблей $p_{вг} = 0,012$ кН/м, $a_{г} = 8,4 \dots 8,7$;

– для свежесжатых стеблей $p_{вг} = 0,015$ кН/м, $a_{г} = 7,3 \dots 7,8$;

λ , λ_0 – коэффициенты заполнения сечения в сжатом и свободном состоянии, определяемые как

$$\lambda = \frac{\pi \cdot d_c^2 \cdot i_{сн}}{4 \cdot l \cdot (L_0 - s)}, \quad \lambda_0 = \frac{\pi \cdot d_c^2 \cdot i_{сн}}{4 \cdot l \cdot L_0}, \quad (8)$$

где l – ширина камеры сжатия, м;

d_c – средний диаметр стеблей, м;

$i_{сн}$ – число стеблей в снопе, шт.;

L_0 – первоначальная длина камеры сжатия, м;

s – ход поршня на участке l , м.

Кроме того, давление $p_{б}$ стеблей на боковые стенки камеры при их параллельном сжатии в канале с жесткими стенками можно определить из формулы [5]

$$p_{б} = p_{б.н} + \zeta \cdot p_{д}, \quad (9)$$

где $p_{б.н}$ – начальное боковое давление, имеющее место при $p_{д} = 0$, Н/м²;

$p_{д}$ – продольное давление в канале, Н/м²;

ζ – коэффициент бокового распора, равный у сухих стеблей 0,2–0,4 и у свежесжатых 0,3–0,6, имеющий тенденцию к росту при увеличении относительного сжатия стеблей, их диаметра, влажности и засоренности.

Число $i_{п}$ стеблей на одном погонном метре ленты льна в поле определяется по формуле

$$i_{п} = B_{м} \cdot i_0, \quad (10)$$

где $B_{м}$ – ширина захвата машины, м;

i_0 – число стеблей на квадратном метре поля (густота стеблестоя), шт./м².

Вес одного погонного метра ленты льна найдем как

$$m_{\Pi} = m_c \cdot i_{\Pi} \cdot g, \quad (11)$$

где m_c – масса одного стебля, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Число i_{Π} стеблей на одном погонном метре ленты льна в каком-либо транспортере льноуборочной машины при выполнении определенной технологической операции, пользуются формулой [3]

$$i_{\Pi} = B_M \cdot i_0 \cdot v_M / v_{\text{тр}}, \quad (12)$$

где v_M – скорость машины, м/с ;

$v_{\text{тр}}$ – скорость ремней транспортера, в котором определяется число стеблей на одном погонном метре, м/с .

Толщина ленты льна [18]:

$$h_{\text{сл}} = \pi \cdot i_{\Pi} \cdot r_c^2 / \lambda_{\text{л}0}, \quad (13)$$

где r_c – средний радиус стеблей льна в ленте, м ;

$\lambda_{\text{л}0}$ – коэффициент неплотности укладки стеблей в ленте (согласно [3], равный 0,15–0,20).

В. И. Соснов [13] исследовал устойчивость стеблей льна при продольном изгибе. Им установлено, что на величину критической нагрузки, при которой наступает потеря отрезками стеблей устойчивости, в значительной степени влияет диаметр стебля. В. О. Шейченко [23] исследовал явление отгиба ленты льна и определил условия, при которых происходит отрыв семенных коробочек от стеблей. С. Г. Порфирьев, В. Г. Игнатова [11] исследовали динамику созревания льна-долгунца, изменение урожайности, влажности и спелости стеблей и коробочек и др. Имеются многочисленные исследования по определению значений коэффициента трения стеблей о различные поверхности. основополагающие теоретические и экспериментальные исследования трения волокнистых веществ выполнены. И. В. Крагельским [6] разработана теория упруго-вязкого контакта трения волокнистых веществ, проведена классификация методов и приборов для определения коэффициента трения, определены коэффициенты трения покоя стеблей льна в зависимости от влажности и давления.

Закономерности изменения коэффициента трения от скорости скольжения и давления по резине и стали для свежесытербленных и сухих стеблей установлены автором работы совместно с Н. Н. Быковым [1]. К основным свойствам коробочек льна, имеющим прикладное значение, относятся: жесткость коробочки c_k и плодоножки c_{Π} при растяжении и сжатии, коэффициенты трения коробочек по различным

поверхностям сопротивление плодоножек сдвигу, прочность коробочки и плодоножки и некоторые другие.

Разрушение коробочки начинается при деформации сжатия [8]:

$$L_k = 1,5-1,6 \text{ мм.} \quad (14)$$

Зависимости деформации сжатия Δ_k , мм от усилия P_0 , описываемые эмпирическим уравнением [18]

$$\Delta_k = c_k \cdot P_0 + a_k, \quad (15)$$

где c_k – жесткость коробочки, мм/Н;

a_k – коэффициент, учитывающий смятие чашелистиков и ворсистого покрова коробочки, мм.

Следует отметить, что коэффициент вязкости семенной коробочки зависит от времени воздействия и в среднем составляет для коробочек в полной спелости $\eta = 0,104 \pm 0,004 \text{ Па}\cdot\text{с}$.

Заключение. Для производства рабочих органов, взаимодействующих со стеблями льна, лучше всего использовать листовую сталь, так как коэффициент трения стеблей льна с листовой сталью меньше, чем с остальными материалами, а, соответственно, меньше воздействие на стебли льна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков, Н. Н. Исследование технологического процесса и устройств для зажима стеблей в льноуборочных комбайнах: дис. ... канд. техн. наук / Н. Н. Быков. – Торжок, 1969. – 163 с.
2. Зинцов, А. Н. Обоснование и разработка процессов и машин для раздельной уборки льна-долгунца: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / А. Н. Зинцов. – Кострома, 2007. – 347 с.
3. Ковалев, М. М. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория и расчет) / М. М. Ковалев, В. П. Козлов. – Тверь, 2002. – 208 с.
4. Ковалев, М. М. Технологии и машины для комбинированной уборки льна долгунца: дис. ... д-ра техн. наук / М. М. Ковалев. – Тверь, 2010. – 615 с.
5. Ковалев, Н. Г. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства) / Н. Г. Ковалев, Г. А. Хайлис, М. М. Ковалев. – Москва: Родник, 1998. – 208 с.
6. Крагельский, И. В. Физико-механические свойства лубяного сырья / И. В. Крагельский. – Москва: Гизлегпром, 1935. – 299 с.
7. Курзенков, С. В. Обоснование скорости зажимного транспортера обмолачивающего устройства линии первичной переработки льна / С. В. Курзенков, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Агропанорама. – 2022. – № 1 (149). – С. 14–19.
8. Логинов, В. Е. Исследование зажима стеблей льна в зажимном транспортере с плоскими ремнями / В. Е. Логинов // Сб. тр. аспирантов и молодых науч. сотр. / ВНИИ льна. – Москва, 1966. – С. 131–137.
9. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. НГИЭИ. – 2023. – № 7 (146). – С. 44–59.
10. Поисковые эксперименты процесса выделения минеральных примесей из вороха льнокостры транспортером с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой / В. А. Шаршунов [и др.] // Агропанорама. – 2023. – № 3 (157). – С. 8–13.

11. Порфирьев, С. Г. Закономерность созревания льна-долгунца и сроки его уборки / С. Г. Порфирьев, В. Г. Игнатов // Повышение производительности и качества работы с.-х. машин в условиях НЗ РСФР: труды ВСХИЗО. – 1986. – Вып. 204. – С. 76–83.

12. Результаты производственных испытания и экономическая оценка применения роторного бильно-вычесывающего устройства на льноуборочном комбайне / В. А. Шаршунов [и др.] // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 324–336.

13. Соснов, В. И. Устойчивость комлевой части стеблей льняной тресты при продольном изгибе / В. И. Соснов // Труды ВНИИ льна. – 1974. – Вып. XII. – С. 190–195.

14. Теоретическое обоснование радиусов ротора и защитного кольца роторного бильно-вычесывающего устройства / В. А. Шаршунов [и др.] // Агропанорама. – 2023. – № 3 (157). – С. 14–21.

15. Теоретическое обоснование параметров роторного бильно-вычесывающего устройства льна / М. В. Цайц [и др.] // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2023. – № 1 (22). – С. 272–279.

16. Хайлис, Г. А. Механика растительных материалов / Г. А. Хайлис. – Киев: УААН, 2002. – 374 с.

17. Хайлис, Г. А. Теория и расчет льноуборочных машин / Г. А. Хайлис // Труды Великолукского сельхозинститута. – 1973. – Вып. XXVI. – 334 с.

18. Хайлис, Г. А. Элементы теории и расчет льноуборочных машин / Г. А. Хайлис. – Москва: Машгиз, 1963. – 149 с.

19. Цайц, М. В. К вопросу сообразности применения растянутости ленты льна как фактора при исследовании обмолачивающих и очесывающих устройств / М. В. Цайц // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России. – Красноярс, 2022. – С. 163–167.

20. Цайц, М. В. Обоснование параметров и режимов работы роторного бильно-вычесывающего устройства для обмола льна / М. В. Цайц // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 2. – С. 167–172.

21. Цайц, М. В. Сравнительный анализ размерно-массовых характеристик вороха льна-долгунца / М. В. Цайц // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 285–289.

22. Чайчиц, А. Н. Определение расятнутости ленты льна: теоретические аспекты / А. Н. Чайчиц, М. В. Цайц, Ю. А. Домчев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 290–293.

23. Шейченко, В. О. Обґрунтування параметрів та режиму роботи льнообрального апарата з поперечними рівкаками: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / В. О. Шевченко. – Дослічницьке, 2006. – 126 с.

24. Шлыков, М. И. Льноуборочный комбайн (теория, расчет, конструкция) / М. И. Шлыков. – Москва: Машгиз, 1949. – 300 с.

Аннотация. Обобщены результаты теоретических и эмпирических результатов исследований свойств льна как объекта уборки. Приведены исследования по определению показателей стеблестоя льна, параметров ленты стеблей льна и свойств семенных коробочек.

Ключевые слова: очес, деформация семенных коробочек, толщина ленты льна, плотность ленты стеблей льна, удельное сопротивление, коэффициент удлинения стебля, относительное удлинение льнотресты.

МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ УДОБРЕНИЙ

Е. М. ШАЛЫПИНА, магистрант
В. И. КОЦУБА, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Одним из перспективных направлений повышения урожайности сельскохозяйственных культур является внутрипочвенное внесение жидких удобрений. Существенным их преимуществом является обеспечение растений легкодоступными элементами питания на протяжении всего периода вегетации, что особенно важно в засушливые годы [2–11, 14, 16, 17].

Внутрипочвенное внесение жидких минеральных удобрений позволит обеспечить полноценное питание растений в различные периоды вегетации. В результате создаются условия для наиболее полного использования потенциала почвы и повышается урожайность возделываемых культур. Для внутрипочвенного внесения могут применяться минеральные, органические и комплексные жидкие удобрения. Внесение жидких минеральных удобрений требует точного соблюдения дозировок, так как превышение дозировки приводит к негативным последствиям вплоть до гибели растения.

В последнее время широкое распространение для внутрипочвенного внесения жидких минеральных удобрений получили ликвилайзеры. Рабочими органами ликвилайзера являются колеса с иглами-инъекторами, которые перекатываясь по поверхности поля, прокалывают почву и вводят жидкость на нужную глубину [15, 18].

Однако проблемой остается обеспечение равномерности их внесения по глубине, особенно при подкормке растений, а также исключение выноса удобрений на поверхность при использовании ротационных рабочих органов. Поэтому необходимы дополнительные исследования по обоснованию рабочих органов с целью повышения эффективности внутрипочвенного внесения жидких удобрений.

Цель работы – теоретически обосновать количество инъекторов на рабочем колесе, разработать программу и методику лабораторных исследований, а также разработать лабораторную установку для иссле-

дования параметров иньекторов для внутривпочвенного внесения жидких удобрений.

Материалы и методика исследований. Когда рабочее колесо перекатывается по поверхности поля, иньекторы погружаются в почву. Количество иньекторов, одновременно заглубленных в почву, определяется исходя из диаметра рабочего колеса, высоты иньектора и количества иньекторов на рабочем колесе (рис. 1).

Угол φ между вертикальной осью рабочего колеса и иньектором в точке касания почвы определяется по формуле [1, 15, 17]

$$\varphi = \arccos\left(\frac{R}{R+h}\right), \quad (1)$$

где R – радиус рабочего колеса, м;

h – высота иньектора, м.

$$\varphi = \arccos\left(\frac{0,30}{0,30+0,08}\right) = 37,9^\circ (0,6616 \text{ радиан}),$$

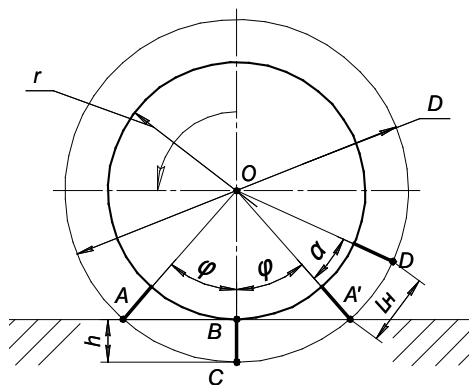


Рис. 1. Схема движения рабочего колеса

Угол α между двумя соседними иньекторами определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{2\pi}{N}, \quad (2)$$

где N – количество иньекторов на рабочем колесе, шт.

$$\alpha = \frac{2 \cdot 3,14}{12} = 0,523 \text{ рад}(29,97^\circ),$$

В свою очередь количество инжекторов на рабочем колесе определяется исходя из необходимого расстояния между точками внесения удобрения:

$$N = \frac{\pi(D + 2h)}{L_n}, \quad (3)$$

где D – диаметр рабочего колеса, м;

L_n – линейное расстояние между концами инжекторов, равное расстоянию между точками внесения удобрений, м.

$$N = \frac{3,14 \cdot (0,6 + 2 \cdot 0,08)}{0,20} = 11,9. \text{ Принимаем } N = 12.$$

Количество инжекторов, заглубленных в почву, определим делением удвоенного угла в точке касания инжектором почвы на угол между двумя смежными инжекторами:

$$n = \frac{2\varphi}{\alpha} = \frac{N \arccos\left(\frac{R}{R+h}\right)}{\pi}. \quad (4)$$

$$n = \frac{12 \cdot 0,6616}{3,14} = 2,53.$$

Анализ уравнений показал, что угол касания инжектором почвы и количество заглубленных инжекторов уменьшаются с увеличением радиуса рабочего колеса. Количество заглубленных инжекторов влияет на равномерность внесения удобрений, усилие заглубления и тяговое сопротивление рабочих колес.

На этапе лабораторных исследований ставится задача получить математическую модель процесса внутрипочвенного внесения жидких удобрений и определить рациональные конструктивные и технологические параметры разрабатываемых рабочих органов. Основным критерием при проведении исследований являются производительность процесса внутрипочвенного внесения жидких удобрений при соблюдении агротехнических требований.

Программа лабораторных исследований включает изучение физико-механических свойств жидких удобрений как материала для работы

инъекторов, обоснование интервалов и уровней варьирования основных факторов для проведения дальнейших исследований процесса внутрипочвенного внесения жидких удобрений, а также определение рациональных значений параметров инъекторов и получение математической модели процесса внесения жидких удобрений [12, 13].

В дальнейшем проводятся полевые испытания для проверки результатов теоретических и лабораторных исследований в производственных условиях, а также проведения сравнительной оценки предлагаемого аппарата для внутрипочвенного внесения жидких удобрений с существующими аппаратами.

Для проведения лабораторных исследований процесса внутрипочвенного внесения жидких удобрений была изготовлена лабораторная установка (рис. 2).

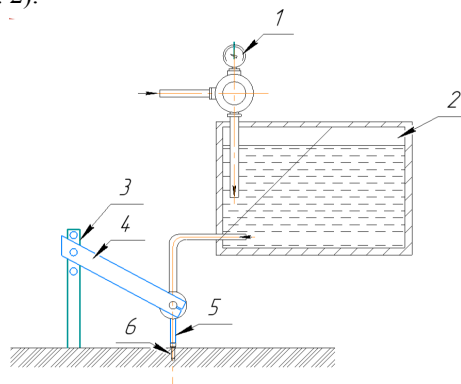


Рис. 2. Лабораторная установка для исследования внутрипочвенного внесения жидких удобрений: 1 – манометр; 2 – бак; 3 – стойка; 4 – кронштейн с отверстием; 5 – шланг; 6 – инъектор

Лабораторная установка состоит из установленного на раме установки бака 2 с раствором жидких минеральных удобрений. На стойке 3 с кронштейном 4 смонтирован сменный инъектор 6, который имеет возможность погружаться в слой почвы на различную глубину и под различным углом. Раствор из бака 2 под давлением через шланг 5 подается в инъектор и впрыскивается в почву. Различное давление в баке обеспечивается за счет компрессора и контролируется по манометру 1.

Конструкция лабораторной установки позволяет в необходимых пределах изменять следующие параметры: давление воздуха, поступающего в бак; глубину вхождения инъектора в почву; угол вхождения инъектора в почву; диаметр отверстия инъектора.

Экспериментальные исследования проводятся по шести факторам, области изменения которых определяются исходя из конструктивных и технологических соображений. По мере исследования каждого фактора дальнейшие эксперименты проводятся при фиксировании исследованного фактора на уровне, соответствующем наилучшему значению параметра оптимизации [12, 13].

Опыты по исследованию параметров предлагаемого аппарата для внутрипочвенного внесения жидких удобрений выполняются по нижеприведенной методике.

Бак заполняется раствором, с помощью компрессора в баке создается требуемое давление, измеряемое манометром. На кронштейн устанавливается инжектор с исследуемым диаметром отверстия и заглубляется в почву на требуемую глубину и под требуемым углом. После чего открывается кран и раствор из бака через инжектор подается в почву. При проведении опытов измеряется расход рабочего раствора, глубина и площадь его внесения в почву по размерам пятна влажной почвы. Каждый опыт проводится в трехкратной повторности.

Заключение. Теоретические исследования рабочих органов для внутрипочвенного внесения жидких удобрений показали, что угол касания инжектором почвы и количество заглубленных инжекторов уменьшаются с увеличением радиуса рабочего колеса. Количество заглубленных инжекторов влияет на равномерность внесения удобрений, усилие заглубления и тяговое сопротивление рабочих колес.

Разработана программа и лабораторная установка для выполнения лабораторных исследований инжекторов для внутрипочвенного внесения жидких удобрений. Конструкция лабораторной установки позволяет в необходимых пределах изменять следующие параметры: давление воздуха, поступающего в бак; глубину вхождения инжектора в почву; угол вхождения инжектора в почву; диаметр отверстия инжектора. Параметрами для оценки качества внесения удобрений являются расход рабочего раствора, глубина и площадь его внесения в почву

ЛИТЕРАТУРА

1. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – Москва: Наука, 1986. – 554 с.
2. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
3. Лапа, В. В. Влияние форм азотных удобрений на урожайность и качество сахарной свеклы / В. В. Лапа, В. Н. Босак, О. Ф. Смянович // Состояние и пути развития производства сахарной свеклы в Республике Беларусь. – Минск, 2003. – С. 98–99.

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. Применение жидких удобрений Адоб и Басфолиар в технологиях возделывания озимых культур / В. В. Лапа, М. В. Рак, В. Н. Босак // Белорусское сельское хозяйство. – 2006. – № 9. – С. 44–45.
6. Лапа, В. В. Эффективность различных форм азотных удобрений при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / В. В. Лапа, В. Н. Босак // Почвоведение и агрохимия. – 2002. – № 32. – С. 69–79.
7. Лапа, В. Применение жидких удобрений в технологиях возделывания озимых культур / В. Лапа, М. Рак, В. Босак // Главный агроном. – 2008. – № 7. – С. 15–17.
8. Максимова, С. Л. Применение жидких гуминовых удобрений на основе биогуруса в интенсивном земледелии / С. Л. Максимова, В. Н. Босак, Е. Г. Лузин. – Минск, 2014. – 14 с.
9. Применение однокомпонентных и комплексных удобрений / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: БГТУ, 2018. – 30 с.
10. Применение органических удобрений в интенсивном земледелии / И. Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2015. – 50 с.
11. Рак, М. В. Удобрения Эколист на посевах озимых зерновых культур / М. В. Рак, В. Н. Босак, В. С. Бобер // Белорусское сельское хозяйство. – 2004. – № 10. – С. 7–8.
12. Рогов, В. А. Методика и практика технических экспериментов / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. – Москва: Академия, 2005. – 283 с.
13. Спирин, Н. А. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента / Н. А. Спирин, В. В. Лавров. – Екатеринбург, 2004. – 257 с.
14. Справочник агрохимика / В. В. Лапа [и др.]. – Минск, 2007. – 390 с.
15. Теоретическое обоснование конструктивных параметров рабочих органов для внутрипочвенного внесения жидких удобрений / В. И. Коцуба, В. В. Пузевич, Е. М. Шальпина, В. М. Кузюр // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2023. – № 1 (22). – С. 238–244.
16. Шальпина, Е. М. Анализ рабочих органов машин для внутрипочвенного внесения жидких удобрений / Е. М. Шальпина, В. И. Коцуба // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 193–197.
17. Шальпина, Е. М. Теоретическое обоснование движения рабочих органов для внутрипочвенного внесения жидких удобрений / Е. М. Шальпина, В. И. Коцуба // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 78–80.
18. Dupont Liquiliser [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dupont.eu/resources/image/files/Folder%20Dupont%20Liquiliser%20april%202022%20EN%2028042022%20mailversie.pdf>. – Дата доступа: 27.10.2023.

Аннотация. Проведены теоретические исследования применения игольчатых дисков с полыми иглами-инъекторами для внутрипочвенного внесения жидких удобрений. Разработана установка для лабораторных исследований инъекторов.

Ключевые слова: жидкие минеральные удобрения, внутрипочвенное внесение, рабочие органы, инъекторы, лабораторная установка.

АНАЛИЗ И КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ СЕМЕННОЙ ЧАСТИ ОТ СТЕБЛЕЙ ЛЬНА

А. В. ШИК, Д. Ю. БОСАК, студенты
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент
М. В. ЦАЙЦ, магистр техн. наук, ст. преподаватель

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

Введение. Задачи по разработке и совершенствованию машин и оборудования для отделения семенной части урожая льна от стеблей являются актуальными. В связи с этим возникает необходимость исследования процесса очеса и выделения семян льна на основе изучения процесса взаимодействия различных типов рабочих органов с лентой льна, теоретического и экспериментального обоснования рациональных значений основных конструктивных и технологических параметров, обеспечивающих высокую производительность машин без снижения качества обрабатываемого материала [3, 5–10, 12].

Основная часть. Процесс отделения семенной части от стеблей является ответственной операцией, в значительной мере влияющей на количество и качество получаемой продукции, а также производительность всего комплекса машин [2].

Способы отделения семенных коробочек от стеблей льна и устройства для их осуществления отличаются большим многообразием (рис. 1). Изучение характера воздействия рабочих органов различных устройств на стебли льна и процесса отделения семенных коробочек или выделения из них семян позволяет заключить, что достичь данного результата можно тремя способами: плющения, отрыва и их комбинацией [1, 2, 4, 11].

В соответствии с приведенной классификацией способов отделения семенных коробочек от стеблей льна все известные до настоящего времени типы устройств, предназначенные для этих целей, могут быть разделены на две группы: простые и комбинированные (рис. 1) [2, 11].

Общим для всех аппаратов, предназначенных для отделения семенной части от стеблей, является наличие зажимных устройств для комлевой части стеблей, которые увлекают ленту льна в рабочее пространство. Задача отделяющего элемента заключается в создании (обеспечении) возрастающего давления на коробочки или прочеса стеблей, под действием которых и происходит их разрушение или отрыв [4].

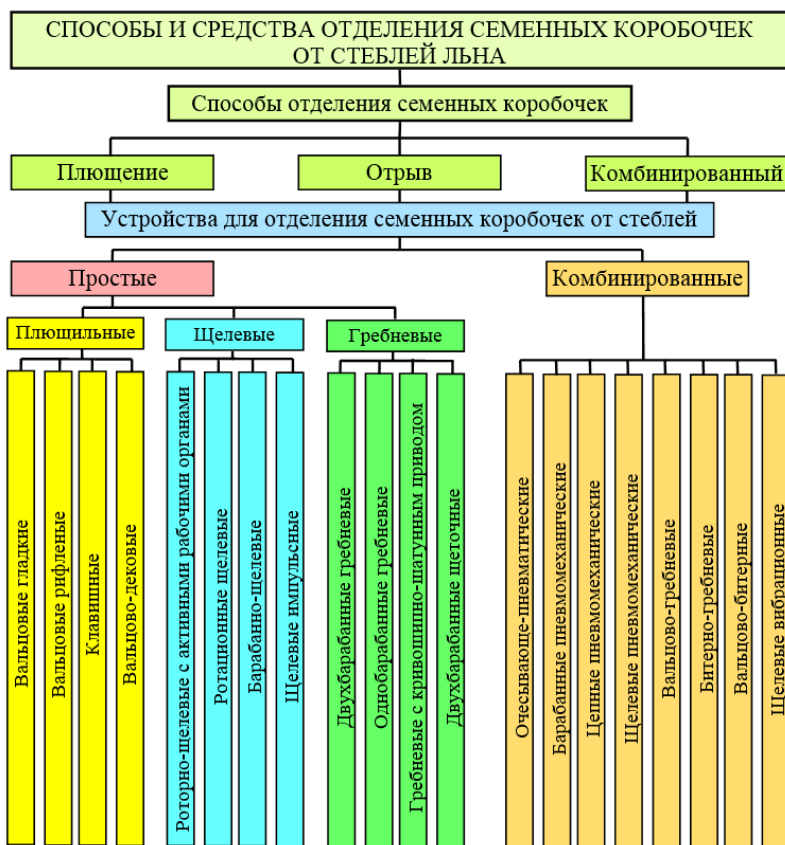


Рис. 1. Классификация способов и устройств для отделения семенных коробочек от стеблей льна

Заключение. Анализ известных конструкций аппаратов и существующих способов отделения коробочек от стеблей льна позволяет сделать вывод о том, что наиболее эффективным, с учетом физико-механических свойств стеблей льна, является комбинированное воздействие рабочих органов на обрабатываемый материал. Наиболее полное и качественное отделение семенной части от стеблей льна может быть достигнуто путем сочетания очесывающего и плющильного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ устройств для отделения семян льна от стеблей / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2017. – № 4. – С. 174–180.
2. Галкин, А. В. Повышение эффективности льноуборочного комбайна путем совершенствования гребневого очесывающе-транспортирующего аппарата: дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А. В. Галкин. – Тверь, 2007. – 239 с.
3. Домчев, Ю. И. Исследование разрушения коробочек льна / Ю. И. Домчев, П. Ю. Самуйлик, М. В. Цайц // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 39–42.
4. Кругленя, В. Е. Устройства для отделения семенных коробочек от стеблей – очесывающие аппараты / В. Е. Кругленя, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Конструирование, использование и надежность машин с.-х. назначения. – 2015. – № 1 (14). – С. 168–178.
5. Обоснование основных параметров бича роторного бильно-вычесывающего устройства льна-долгунца / С. В. Курзенков [и др.] // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2023. – № 1. – С. 258–263.
6. Обоснование параметров эластичного бича обмолачивающего устройства линии первичной переработки / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 2. – С. 153–159.
7. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов [и др.] // Вестн. НГИЭИ. – 2023. – № 7 (146). – С. 44–59.
8. Поискные эксперименты процесса выделения минеральных примесей из вороха льнокостры транспортером с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой / В. А. Шаршунов [и др.] // Агропанорама. – 2023. – № 3 (157). – С. 8–13.
9. Результаты отсеивающего эксперимента по обмолоту лент льнотресты в линии первичной переработки устройством с эластичным рабочим органом / В. А. Левчук [и др.] // Вестн. НГИЭИ. – 2022. – № 12 (139). – С. 18–30.
10. Результаты производственных испытаний и экономическая оценка применения роторного бильно-вычесывающего устройства на льноуборочном комбайне / В. А. Шаршунов [и др.] // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 324–336.
11. Родионов, Л. В. Способы и средства для очеса стеблей льна / Л. В. Родионов // Тракторы и с.-х. машины. – 1980. – № 11. – С. 22–23.
12. Цайц, М. В. Теоретическое обоснование молотильного зазора устройства для обмола та льна / М. В. Цайц, С. В. Курзенков, В. А. Левчук // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2022. – № 1 (21). – С. 213–218.

Аннотация. Проведен анализ и представлена классификация способов и средств для отделения семенной части от стеблей льна. Установлено, что наиболее полное и качественное отделение семенной части от стеблей льна может быть достигнуто путем сочетания очесывающего и плющильного воздействия.

Ключевые слова: лен, очесывающее устройство, обмолачивающее устройство, семена льна, лента льна.

ОПЕРАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО И ПИТАТЕЛЬНОГО РЕЖИМОВ ПОЧВЫ

Л. В. ШУЛЯКОВ, доцент
Н. П. ХРУЦКАЯ, ст. преподаватель
П. В. ЖАРЕНКОВ, инженер

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

Введение. Гидромелиорация предоставляет наибольшие возможности для осуществления интенсивных технологий выращивания сельскохозяйственных культур, а увеличение отдачи мелиорируемого гектара сопряжено с интенсификацией земледелия. Комплексное, научно обоснованное сочетание и использование таких факторов как интенсивные технологии, высокопродуктивные севообороты, может увеличить урожайность до потенциально возможных величин, удовлетворяя при этом требованиям окружающей среды [2, 3, 8, 9].

Основная часть. Анализ колебаний урожайности по годам, показывает, что эти колебания связаны с дефицитом тепла или с дефицитом влаги. Следовательно, получение высоких гарантированных урожаев при выращивании сельскохозяйственных культур, требует регулирования водного и питательного режимов. Для успешного осуществления регулирования факторов внешней среды, и в первую очередь водного и питательного режимов почвы, очень важно всемерное развитие комплексного системного подхода. Овладение биологическими закономерностями формирования урожая и совершенствование на их базе агрокультуры является резервом реализации потенциальной биологической продуктивности агроэкосистем. Здесь важно, чтобы экологические условия произрастания культурных растений соответствовали их биологическим особенностям.

Представляется возможным применить основные принципы и концепции экологии растений к регулированию факторов внешней среды, которое можно трактовать как одно из направлений конструктивной экологии. Для управления формированием урожая, моделирования и программирования этих процессов основным объектом являются экосистемы, и прежде всего антропогенные. Эти проблемы решаются преимущественно в области сельскохозяйственной деятельности, т. е. в агросфере.

Агробιοгеоценозы являются не просто окультуренными биогеоценозами, а новыми природными системами, созданными человеком и функционирующими по своим законам. Их отличает от естественных ценозов наличие цели, антропогенного элемента в системе, фактора управления, регулируемости. Это биотехническая управляемая система культивируемого фитоценоза [7].

Для эффективного и экологически безопасного регулирования водного режима почвы, например, с помощью дождевания очень важно установить диапазоны влажности почвы и содержания в ней питательных элементов, в пределах которых создаются благоприятные условия для развития растений, исключаются потери воды. Одним из самых важных звеньев регулирования водного режима является диапазон нижней границы оптимальной влажности почвы, то есть целесообразный интервал доступной влаги в почве, ее запасы, которые могут быть наиболее продуктивно использованы растениями. При этом наблюдается самое благоприятное соотношение роста и деятельности корневой системы растений и их надземной части, обеспечивающее получение высокого урожая.

Теоретический расчет можно осуществить путем решения уравнения баланса вещества и энергии в объеме корнеобитаемого слоя, которое записывается в следующей дифференциальной форме:

$$dC/d\tau = -\text{div } q + j, \quad (1)$$

где C – содержание вещества или энергии в единице объема системы;

q – плотность потока вещества или энергии;

j – плотность стоков (источников).

Изменение влагозапасов в пределах рассматриваемого массива за расчетный период в объеме активной зоны аэрации почвогрунтовой толщии можно описать уравнением:

$$W_K - W_H = ((P + m)(1 - \alpha) - E - E_T) \Delta\tau, \quad (2)$$

где $W_K - W_H$ – изменение запасов влаги за расчетный период времени;

$P + m$ – водоподача за счет осадков и увлажнения;

E – суммарное испарение (эвапотранспирация);

E_T – транспирация влаги корневой системой;

α – коэффициент потерь (стоков и сбросов);

$\Delta\tau$ – расчетный период.

Аналогично описываем изменение запасов питательных веществ

$$S_K - S_H = ((S_p + S_m)(1 - \beta) - S_T) \Delta\tau, \quad (3)$$

где $\Delta S = S_K - S_H$ – изменение запасов питательных веществ за расчетный период;

S_K, S_H – запасы питательных веществ на начало и конец периода, находящихся в почвенном растворе и в почвенно-поглощительном комплексе активной зоны аэрации;

β – коэффициент потерь питательных веществ;

S_T – количество питательных веществ, сорбируемых корневой системой растений;

S_m – поступление питательных веществ за счет осадков и увлажнения.

В свою очередь

$$S_p = pC_p; S_m = mC_m,$$

где C_p, C_m – концентрации инфильтрационного потока осадков и вносимого в почву раствора.

Уравнения баланса влаги и питательных веществ являются конечно-разностными аналогами выражения, справедливы для верхнего слоя почвы зоны аэрации при условиях глубокого залегания грунтовых вод, которые, таким образом, не участвуют в подпитывании и увлажнении корневой системы растений. Имея данные наблюдений по текущим значениям интенсивности осадков, испарения, транспирации влаги, концентрациям вносимого раствора при увлажнении и выпадении осадков, по полученным зависимостям возможно оценить изменение содержания влаги и питательных веществ в почве за заданный период времени и использовать эту информацию для оперативного управления водным и питательным режимами почвы. Для эффективного и экологически безопасного регулирования водного режима почвы, например, с помощью дождевания очень важно установить диапазоны влажности почвы и содержания в ней питательных элементов, в пределах которых создаются благоприятные условия для развития растений, исключаются потери воды.

Одним из самых важных звеньев регулирования водного режима является диапазон нижней границы оптимальной влажности почвы, то есть целесообразный интервал доступной влаги в почве, ее запасы, которые могут быть наиболее продуктивно использованы растениями. При этом наблюдается самое благоприятное соотношение роста и деятельности корневой системы растений и их надземной части, обеспечивающее получение высокого урожая.

Кроме того, полевые опыты с различными культурами указывают на то, что в связи с изменением требовательности растений к водному режиму в течение вегетационного периода, нижний предел оптимальной влажности почвы необходимо принимать дифференцированно по

фазам развития растений. Результаты многолетних опытов, проведенных, с различными культурами, показали, что основная масса корней (до 90 %) даже в фазы активной вегетации условиях орошения располагается на небольшой глубине (до 0,5–0,6 м). Следует иметь в виду, что в зоне неустойчивого увлажнения возможны наложения осадков и поливов и, непродуктивные сбросы воды.

Таким образом, уровень водообеспеченности растений оказывает влияние на их водный режим в зависимости от погодных условий. Чем выше температура и ниже влажность воздуха, тем труднее растению в условиях низкой влажности почвы поддерживать параметры водного режима листьев на необходимом уровне. В то же время совершенно очевидно, что гомотогидрические растения способны поддерживать свой нормальный водный режим в довольно широком диапазоне влажности почвы. Величина этого диапазона, по-видимому, будет колебаться для одного и того же вида растений в зависимости от почвенных, и особенно климатических, условий и общего числа хлоропластов в растении.

Важным показателем состояния водного режима растений является интенсивность транспирации. На этот процесс влияют как экзогенные (влажность почвы, температура и влажность воздуха, солнечная радиация, сила ветра и т. д.), так и эндогенные (физико-химическое состояние коллоидно-плазменной системы, физиолого-биохимические регуляторные механизмы) факторы.

Значение транспирации очень велико. С транспирационным током воды происходит передвижение питательных веществ из почвы через корни в надземные органы, регулируется температура растения. Основная часть транспирации осуществляется через устьичный аппарат, через него же в обратном направлении осуществляется диффузия углекислоты из воздуха к хлоропластам. Совершенно определенно установлено, что интенсивность транспирации зависит от условий водообеспеченности. Чем выше влажность почвы, если она не является избыточной и не нарушает нормальный воздушный режим, тем выше транспирация и наоборот.

Следует учитывать в снабжении растений водой не только количество доступной влаги в почве, но и скорость ее передвижения. Равенство скоростей движения воды в почве и в растении можно считать необходимым условием оптимальности водного режима. Недостаток влаги будет наблюдаться в случае передвижения ее в почве со скоростью меньшей, чем в растении. Интенсивное поступление воды к корневой системе, превышающее ее поглощение, влечет за собой сниже-

ние аэрации. Чем больше воды в почве, тем меньше воздуха, и наоборот: в сухой почве много воздуха, но нет влаги; при затоплении нет воздуха, но много влаги. Следовательно, почвенная влага и почвенный воздух – факторы неслучайные, а закономерно изменяющиеся, вода и воздух в почве являются, таким образом, антагонистами.

Оптимальную для растения влажность почвы надо признать самым существенным фактором, поэтому следует рассматривать не наличие какой-то доли ее от влагоемкости, а наиболее благоприятное для жизнедеятельности корневых систем сочетание воды и воздуха в почве. Существует мнение, что вода сама по себе не вредна для растений независимо от ее количества в почве. Но при ее избытке затрудняется приток кислорода к корневым системам и отвод углекислоты в атмосферу, нарушается аэрация, создаются анаэробные процессы. Приняв во внимание первый закон биологии факторы жизни незаменимы и равнозначны, можно предположить, что оптимум водного режима будет наблюдаться в том случае, когда объем активной порозности почвы будет в равной степени занят влагой и воздухом.

Оптимальное содержание питательных элементов в почве, а также необходимые для этого виды и дозы удобрений вытекают из известного закона возврата, открытого в прошлом столетии Юстасом Либихом: «Вещество и энергия, отчужденные из почвы урожаем, должны быть компенсированы (возвращены в почву) с определенной степенью превышения». Только таким образом реально поднять эффективное плодородие земли, и в итоге – урожайность. Соблюдение закона возврата оборачивается и другим преимуществом: получением экологически чистой продукции.

Выполненные полевые опыты позволили установить в конкретных условиях произрастания изменяющиеся по фазам развития растений потребности в обеспечении водой и питательными элементами и на основании этого разработать комплекс приемов регулирования водного и питательного режимов, создающих условия для наиболее полного использования почвенно-климатических условий, внедрения эффективных ресурсо- и энергосберегающих технологий.

Водосбережение может быть достигнуто путем максимизации продукционного процесса растений при незначительном по времени дефиците воды, учитывая способность их к саморегуляции, мобилизации жизненных функций и усиливая эти способности путем создания оптимального для растений уровня минерального питания с помощью удобрений.

Максимальный урожай формируется лишь при максимально возможном при данных метеорологических условиях водопотреблении, не ограниченном ни недостатком, ни избытком влаги в почве. И первым признаком водного голодания, когда растение только начинает испытывать затруднение в водоснабжении, является снижение транспирации. Интенсивная транспирация соответствует большей апертуре устьичных щелей (что определяет интенсивную диффузию углекислого газа) и вызывает активное поглощение воды и минеральных веществ из почвы.

Впервые было показано А. И. Будаговским [1], затем подтверждено М. Г. Санояном [6], что критическая влажность связана с испаряемостью линейной зависимостью:

$$W_k = W_3 + \gamma E_0, \quad (4)$$

где W_k – критическая влажность почвы;

W_3 – влажность устойчивого завядания;

γ – коэффициент;

E_0 – потенциальная транспирация.

Из уравнения следует, что чем выше потенциальная транспирация (или испаряемость), тем большей должна быть влажность почвы, обеспечивающая нормальное водоснабжение растений. И наоборот, чем ниже испаряемость, тем при меньшей влажности почвы будет обеспечиваться условия достаточного увлажнения.

При оптимизации водного режима растений Г. И. Афанасик и др. [2] в качестве исходного уровня предполагают такое состояние системы «почва-растение-воздух», при котором обеспечивается потенциально возможная в конкретных условиях погоды транспирация, а, следовательно, и максимальное суммарное испарение. Используя данное положение А. П. Лихацевич [5] аналитически описывает уровень оптимальности водно-воздушного режима почвы, учитывающий условия водопотребления трав. Полученная аналитически функция, как отмечает автор, имеет довольно громоздкий вид, что затрудняет ее широкое применение.

Учитывая, что чаще всего в условиях орошения зависимость суммарного испарения имеет тесную корреляционную связь с температурой воздуха получено для заданного расчетного периода (декада) следующее выражение:

$$V_0 = V_{\min} + \frac{V_{\max} - V_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}} (t - t_{\min}), \quad (5)$$

где V_0 – нижний предел оптимальной влажности;

V_{\min} – критическая влажность почвы, соответствующая минимальному для данной культуры водопотреблению;

V_{\max} – нижний предел оптимальной влажности почвы при максимальном для данной культуры суммарном испарении;

t – средняя за расчетный период суточная температура воздуха, °С;

t_{\max} и t_{\min} – соответственно биологический температурный максимум и минимум для растений.

Определение нижней границы оптимальной влажности выполнено для интерпретации результатов опытов по комплексному регулированию водного и питательного режимов суглинистой почвы при возделывании картофеля. Идентификация модели (расчетных зависимостей) проведена путем нахождения кардинальных точек и коэффициентов с использованием экспериментальной информации.

После преобразований тогда нижний предел оптимальной влажности можно определить как:

$$V_0 = V_{\text{НВ}} (0,22 + 0,026t), \quad (6)$$

где V_0 – нижняя граница оптимальной влажности почвы;

$V_{\text{НВ}}$ – наименьшая влагоемкость почвы;

t – среднесуточная температура воздуха за декаду, предшествующую расчетному периоду.

Температура воздуха определяется известными методами. Таким образом, по приведенной зависимости, представляется возможным рассчитать декадные значения нижнего предела оптимальной влажности почвы в пределах наблюдаемых значений среднесуточной температуры воздуха.

Имея данные наблюдений по текущим значениям интенсивности осадков, испарения, транспирации влаги, концентрациям вносимого раствора при увлажнении и выпадении осадков, по полученным зависимостям возможно оценить изменение содержания влаги и питательных веществ в почве за заданный период времени и использовать эту информацию для оперативного управления водным и питательным режимами почвы.

Заключение. Проведенные нами исследования по комплексному регулированию водного и питательного режимов почвы позволили установить влияние уровня минерального питания на способность растений адаптироваться к изменению влагообеспеченности и другим факторам, лимитирующим урожайность. Для решения данной задачи наиболее обоснованным применением является уравнение баланса, положенных

в основу теории энерго- и массообмена, отражающих законы сохранения энергии вещества и энергии в природе. Они позволили описать на микроуровнях закономерности обмена влаги и питательных веществ в корнеобитаемой среде, в зависимости от характеристик влагопроводности почвогрунта и интенсивности испарения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будаговский, А. И. Испарение почвенной влаги / А. И. Будаговский. – Москва: Наука, 1965. – 344 с.
2. Изменение климата и использование климатических ресурсов / И. Я. Аликина [и др.]. – Минск: БГУ, 2001. – 262 с.
3. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
4. Комплексное регулирование условий жизни растений на торфяных почвах / Г. И. Афанасик [и др.]. – Минск: Ураджай, 1988. – 136 с.
5. Лихацевич, А. П. Исследование режима дождевания и мелкодисперсного увлажнения многолетних трав на торфяных почвах Белорусского Полесья: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. П. Лихацевич. – Минск, 1982. – 24 с.
6. Саноян, М. Г. Агрометеорологические и агрофизические принципы и методы управления влагообеспеченностью посевов / М. Г. Саноян. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. – 296 с.
7. Усков, А. И. Управление продуктивностью агробиогеоценозов в системе нососферы / А. И. Усков // Управление продукционными процессами в агроэкосистемах. – Москва: Наука, 1976. – С. 21–27.
8. Факторы воздействия на окружающую среду / О. В. Кадацкая [и др.] // Состояние природной среды Беларуси. – Минск, 2007. – С. 298–329.
9. Шуляков, Л. В. Комплексное регулирование водного и питательного режимов почвы при возделывании сельскохозяйственных культур / Л. В. Шуляков // Проблемы мелиоративного строительства и водохозяйственного обустройства сельских территорий на современном этапе. – Горки, 1998. – С. 22–27.

Аннотация. Установлено влияние уровня минерального питания на способность растений адаптироваться к изменению влагообеспеченности и другим факторам, лимитирующим урожайность. Для решения данной задачи применены уравнения баланса, положенных в основу теории энерго- и массообмена, отражающих законы сохранения энергии вещества и энергии в природе. Они позволяют описать на микроуровнях закономерности обмена влаги и питательных веществ в корнеобитаемой среде в зависимости от характеристик влагопроводности почвогрунта и интенсивности испарения.

Ключевые слова: регулирование, уравнения баланса, водный режим растений, энерго- и массообмен, питательные элементы.

Секция 3. МЕХАНИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК 654.071.13

ИЗУЧЕНИЕ И ПОНИМАНИЕ СОВРЕМЕННЫМ ИНЖЕНЕРОМ СУЩНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

С. И. КОЗЛОВ¹, канд. техн. наук, доцент
С. А. БОРТНИК², ст. преподаватель

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. В современных условиях развития научно-технического прогресса в области производства сельскохозяйственной техники характерно широкое применение средств технической автоматизации, обеспечивающих автоматическое управление оборудованием различного назначения и конструкции, а также автоматическую сигнализацию и автоматический мониторинг его состояния. Знание и понимание содержания и сущности автоматизированной сельскохозяйственной техники дает возможность эксплуатировать ее профессионально и эффективно.

Современные мобильные и стационарные машины и агрегаты, а также стационарное технологическое оборудование, поставляемое на сельскохозяйственные предприятия, оснащаются различными средствами технической автоматизации. Эксплуатация автоматизированных систем автоматизации сельскохозяйственной техники позволяет существенно повысить ее производительность, улучшить качество выпускаемой продукции и различных видов выполняемых работ, а также улучшить условия труда человека [1–3, 6–8].

Поэтому актуальна проблема профессиональной подготовки современного инженера, который должен определять и уметь анализировать рабочий процесс систем автоматизации с целью выявления и определения причин отказов и неисправностей, а также уметь профессионально организовывать работу систем автоматизации сельскохозяйственной техники в производственных условиях.

Основная часть. В сельскохозяйственном производстве применяется достаточно большое количество и разнообразие сложных и простых по конструкции и назначению объектов автоматизации. Количество мобильных и стационарных транспортных средств только по маркам и названиям составляет несколько тысяч. При этом на базе мобильных и стационарных машин и механизмов создается значительное количество различных агрегатов. Знание устройства и процесса работы систем автоматизации, а также умение выявлять и находить возникающие отказы и неисправности в их конструкции характеризует достаточно высокую профессиональную подготовку инженерных кадров различного профиля. Высокий профессиональный уровень знаний необходим современному инженеру для повышения эффективности работы автоматизированной сельскохозяйственной техники и функционирования агропромышленного комплекса в целом.

Понимание современным инженером содержания и сущности систем автоматизации, выпускавшихся ранее и выпускаемых в последнее время, позволит осмыслить и понять самое главное и существенное не только в них, но и в системах автоматизации, которые будут выпускаться и иметь другие, более совершенные, технические средства по своей структуре автоматизации с точки зрения используемой элементной базы. Это обусловлено постоянством и неизменностью в настоящем и будущем по своему назначению и содержанию тех функций, которые выполняются техническими средствами различного исполнения в регуляторах автоматического управления, контроля и сигнализации (АРУ, АРУ и АРС). Постоянство и неизменность функций означает, что конструкция технических средств систематически меняется, но назначение, содержание и количественный состав функций в АРУ, АРК и АРС, как правило, остаются постоянными.

Целью повышения уровня профессиональной и практической подготовки современных инженерных кадров, способных технически грамотно организовать работу автоматизированной сельскохозяйственной техники в производственных условиях, является совершенствование и интенсификация их подготовки. Для достижения этой цели необходимо перечислить следующие задачи:

- научиться читать принципиальные схемы систем автоматизации;
- изучить содержание и сущность систем автоматизации, которые используются в сельскохозяйственном производстве;
- научиться выполнять структурный анализ систем автоматизации и чертить их упрощенные и расширенные структурные схемы [5, 9];

- научиться выполнять функциональный анализ систем автоматизации и чертить их функциональные схемы;
- научиться анализировать рабочий процесс систем автоматизации с целью выявления возникающих в них сбоев и неисправностей;
- научиться выполнять и понимать суть оперативной настройки систем автоматизации под заданный алгоритм функционирования объектов.

Однако следует помнить, что при изучении систем автоматизации неоспоримым фактом является то, что происходящие электрофизические процессы должны восприниматься в вашем сознании на основе абстрактного мышления. Это значит, что в вашем мысленном восприятии у вас должно сложиться определенное представление в виде абстрактного образа о реальном электрофизическом процессе, происходящем в каждом техническом средстве. Абстрактное мышление можно правильно и эффективно сформировать только на основе знаний свойств цепей постоянного тока, однофазных и трехфазных цепей, которые описываются в электротехнике, а также на основе знаний строения и рабочий процесс технических средств, описываемый в электронике и сельской электротехнике.

Однако следует помнить, что при изучении систем автоматизации неоспоримым фактом является то, что происходящие электрофизические процессы должны восприниматься в вашем сознании на основе абстрактного мышления. Это значит, что в вашем мысленном восприятии у вас должно сложиться определенное представление в виде абстрактного образа о реальном электрофизическом процессе, происходящем в каждом техническом средстве. Абстрактное мышление можно правильно и эффективно сформировать только на основе знаний свойств цепей постоянного тока, однофазных и трехфазных цепей, которые описываются в электротехнике, а также на основе знаний строения и рабочий процесс технических средств, который описан в электронике и электротехнике сельскохозяйственного производства [4, 5, 9].

Четкое и понятное описание сложных электрофизических процессов, происходящих в технических средствах автоматизации, а также описание процессов преобразования конструктивными элементами (техническими средствами) входных параметров в выходные параметры и описание устройства, порядка работы и настройки систем автоматизации. также обеспечить вовлеченность в процесс познания. Вовлеченность проявляется и в том случае, если обеспечивается зритель-

ное восприятие взаимодействия элементов конструкции в автоматических регуляторах различного типа и назначения. Это означает, что каждый структурный элемент систем автоматизации одного типа характеризуется конкретной по содержанию и назначению функцией. Эту же функцию выполняет конкретный элемент конструкции, который в однотипных системах автоматизации, как правило, имеет различную конструкцию.

Структурно-функциональная сущность и содержание применительно к системам автоматизации различных типов характеризуются выполняемыми функциональными задачами, которыми являются автоматическое управление (регулирование), автоматический контроль и автоматическая сигнализация. Целью выявления сущности и содержания таких задач было определение функционального и количественного состава конструктивных элементов, а также функциональной последовательности их расположения в автоматических регуляторах различного назначения, работающих в составе различных типов систем автоматизации. Определенный количественный набор конструктивных элементов и функциональная последовательность их расположения в автоматических регуляторах различного назначения обеспечивают реализацию конкретной функциональной задачи в системах автоматизации каждого конкретного типа. Такая работа была направлена на вполне осмысленное понимание эксплуатационного содержания и сущности систем автоматизации. Анализ функциональных задач позволил определить структурный состав регуляторов автоматического регулирования, регуляторов автоматического регулирования и регуляторов автоматической сигнализации.

Структурно-функциональная сущность и содержание применительно к системам автоматизации различных типов характеризуются выполняемыми функциональными задачами, которыми являются автоматическое управление (регулирование), автоматический контроль и автоматическая сигнализация. Целью выявления сущности и содержания таких задач было определение функционального и количественного состава конструктивных элементов, а также функциональной последовательности их расположения в автоматических регуляторах различного назначения, работающих в составе различных типов систем автоматизации. Определенный количественный набор конструктивных элементов и функциональная последовательность их расположения в автоматических регуляторах различного назначения обеспечивают реализацию конкретной функциональной задачи в системах автоматизации.

зации каждого конкретного типа. Такая работа была направлена на вполне осмысленное понимание эксплуатационного содержания и сущности систем автоматизации. Анализ функциональных задач позволил определить структурный состав регуляторов автоматического регулирования, регуляторов автоматического регулирования и регуляторов автоматической сигнализации. Постепенное и последовательное углубленное изучение содержания систем автоматизации и познание их сущности является последовательным и систематическим. Принципиальные электрические схемы АСУ обеспечивают решение и показывают наглядность функциональных задач управления, регулирования, контроля, защиты, измерения и сигнализации. Принципиальные электрические схемы автоматизированной системы управления служат основой для разработки последующих проектных документов, представляющих собой монтажные чертежи, схемы подключения и подключения. Проектирование автоматизированных систем управления (АСУ) начинается с решения задачи выбора структуры управления сложным объектом. Выбор структуры управления является первым этапом проектирования автоматизированной системы управления и реализуется посредством разработки и составления структурных схем. Выбор структуры управления сложным объектом оказывает существенное влияние на эффективность его работы, снижая относительную стоимость системы управления, повышая ее надежность, улучшая ремонтпригодность и т. д. [4]. Далее разрабатываются и чертятся функциональные схемы автоматизированной системы управления, в рамках которой функционирует сложный объект. Последовательность разработки схем различных разновидностей в такой последовательности и прогрессивном направлении при проектировании автоматизированных систем управления определяет очень высокую степень профессиональной подготовки инженеров. Высокий профессиональный уровень характеризуется абсолютно совершенными знаниями данной категории специалистов в области автоматизации промышленного производства.

Заключение. Аналитическая работа, проведенная с проектными материалами в области автоматизации промышленного производства, позволяет сформулировать совершенно очевидный и четко логичный вывод. Для успешного и продуктивного познания содержания и сущности изучаемых систем автоматизации различного вида сельскохозяйственного назначения в процессе подготовки инженерных кадров необходимо применять противоположное прогрессивное направление.

Используя принципиальные электрические схемы систем автоматизации, которые приведены и описаны в учебной литературе, необходимо выполнить структурный и функциональный анализ и на этой основе разработать и нарисовать структурные и функциональные схемы изучаемых систем автоматизации различных типов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – Москва: Колос, 2004. – 344 с.
2. Козлов, С. И. Контур автоматизации в понимании эксплуатационного содержания сущности систем автоматизации / С. И. Козлов, С. А. Бортник // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 198–203.
3. Козлов, С. И. Развернутый структурный анализ систем автоматизации и его эффективность / С. И. Козлов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 116–120.
4. Козлов, С. И. Структурный анализ автоматизированных систем управления сельскохозяйственной техники / С. И. Козлов, С. А. Бортник // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2019. – С. 276–281.
5. Козлов, С. И. Упрощенный структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С. И. Козлов, С. А. Бортник // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2020. – С. 138–143.
6. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А. С. Клюев [и др.]. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
7. Радченко, Г. Е. Автоматизация сельскохозяйственной техники / Г. Е. Радченко. – Минск: Технопринт, 2005. – 384 с.
8. Радченко, Г. Е. Автоматизация сельскохозяйственной техники / Г. Е. Радченко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2011. – 496 с.
9. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С. И. Козлов [и др.] // Технический сервис машин. – 2021. – № 4 (145). – С. 62–68.

Аннотация. В АПК эксплуатируется достаточно большое количество и многообразие объектов автоматизации по конструктивному исполнению и назначению. Поэтому актуальна проблема профессиональной подготовки современного инженера, который должен определять и уметь анализировать рабочий процесс систем автоматизации с целью выявления и определения причин возникающих отказов и неисправностей, а также профессионально организовать эксплуатацию автоматизированной сельскохозяйственной техники на производстве.

Ключевые слова: автоматизация, принципиальная схема, структурный анализ, структурная схема, функциональная схема.

ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ ПУЛЬСАЦИЙ РАСХОДА ЖИДКОСТИ ОТ СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ЧИСЛАМИ КАНАЛОВ РОТОРНО-ИМПУЛЬСНОГО АППАРАТА

П. Ю. КРУПЕНИН, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Роторно-импульсные кавитационные аппараты являются эффективным устройством для комплексного воздействия на обрабатываемую среду. Данные устройства применяются для измельчения различных материалов в жидкости, создания высокодисперсных суспензий и эмульсий, интенсификации массообменных процессов, гомогенизации и обеззараживания жидкостей [1]. Вышеперечисленные свойства роторно-импульсных аппаратов могут быть использованы в сельском хозяйстве для приготовления высокодисперсных кормов и кормовых добавок, пастеризации молочного корма для телят, подготовки субстратов для биогазовых комплексов, производства органических и комплексных удобрений [2, 3].

В результате анализа существующих математических моделей, описывающих движение жидкости в рабочих элементах роторно-импульсного аппарата [4, 5], установлено, что значительная их часть получена с существенными допущениями или же имеет узкоспециализированную направленность. Расхождение между расчетными значениями расхода жидкости через диспергатор и экспериментальными данными может составлять 25–40 % [6]. Из этого следует, что вопрос получения адекватной математической модели для теоретического описания процесса движения жидкости через роторно-импульсный кавитационный аппарат остается открытым.

Основная часть. В качестве базовой математической модели движения жидкости в сообщающихся каналах ротора и статора аппарата может быть принято уравнение Бернулли для неустановившегося потока [7]:

$$\frac{p_p + p_\omega}{\rho} + \frac{u_p(\tau)^2}{2} = \frac{p_o}{\rho} + \frac{u_c(\tau)^2}{2} (1 + \zeta(\tau)) + (l_p + l_c + \delta) \frac{du(\tau)}{d\tau}, \quad (1)$$

где p_p – абсолютное давление в полости ротора, Па;

p_o – абсолютное давление в рабочей камере статора, Па;

p_{ω} – прирост давления за счет раскрутки жидкости в каналах ротора, Па;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

$u_p(\tau)$, $u_c(\tau)$ – скорость жидкости на входе в канал ротора и на выходе из канала статора, м/с;

$\zeta(\tau)$ – обобщенный коэффициент гидравлического сопротивления каналов ротора и статора;

l_p , l_c – длина каналов ротора и статора, м;

δ – радиальный зазор между ротором и статором, м.

Для решения дифференциального уравнения (1) может использоваться численный метод Рунге – Кутты 4-го порядка [7, 8], в результате чего получают матрицу значений скорости потока жидкости в канале статора $u_{p-к}$.

В целом можно выделить 4 ключевых момента относительного времени τ : $\tau = \tau_1$ – начало цикла, соответствующее моменту начала совмещения канала статора с каналом ротора (состояние канала I статора на рис. 1); $\tau = \tau_2$ – момент времени, когда каналы ротора и статора полностью совмещены; $\tau = \tau_3$ – момент полного перекрытия канала статора (состояние канала III статора); $\tau = \tau_4$ – момент начала совмещения канала статора со следующим каналом ротора (конец цикла). Значения $\tau_1 \dots \tau_4$ могут быть определены по формулам [8]:

$$\tau_1 = 0; \quad \tau_2 = \frac{2 \arcsin(a_c / 2R_2)}{\omega_p}; \quad \tau_3 = \frac{4 \arcsin(a_c / 2R_2)}{\omega_p}; \quad \tau_4 = \frac{2\pi}{z_p \omega_p}, \quad (2)$$

где a_c – ширина канала статора, м;

R_2 – радиус внешней окружности ротора, м;

ω_p – угловая скорость вращения ротора, рад/с;

z_p – число каналов ротора.

Зная функцию скорости $u(\tau)$ мгновенный расход жидкости $q(\tau)$ составит:

$$q(\tau) = a_c h_c u(\tau), \quad (3)$$

где h_c – высота канала статора, м.

Для получения функции мгновенного расхода $Q(t)$ для роторно-импульсного аппарата в целом рассмотрим несколько каналов статора. При разном числе каналов ротора z_p и статора z_c угловые расстояния между каналами ψ_p и ψ_c также не равны друг другу, а, следовательно, в любой момент абсолютного времени t относительное время цикла τ

для разных каналов статора будет отличаться. Для смежных каналов статора, например, для каналов I и II , расхождение в относительном времени τ составит:

$$\tau_{\Delta} = \frac{\Psi_{\Delta}}{\omega_p} = \frac{\Psi_p - \Psi_c}{\omega_p}, \quad (4)$$

где Ψ_p, Ψ_c – угловое расстояние между смежными каналами на роторе и статоре, рад.

Положительные значения τ_{Δ} говорят о том, что рабочий цикл следующего по направлению вращения ротора канала статора опережает цикл предыдущего канала, отрицательные – отстает от него.

Поскольку движение жидкости по каналу статора осуществляется циклично (относительное время цикла τ увеличивается от $\tau_1 = 0$ до $\tau_4 = \tau_{\Pi}$, по достижении которого переменная τ «сбрасывается» на 0 и цикл повторяется) относительное время τ_I канала I может быть увязано с абсолютным временем t зависимостью

$$\tau_I(t) = |t + \tau_{\Pi}| \bmod \tau_{\Pi}, \quad (5)$$

где τ_{Π} – продолжительность цикла канала статора, $\tau_{\Pi} = \tau_4$, с.

Поскольку относительное время цикла τ канала II отличается на величину τ_{Δ} , то для него выражение примет вид:

$$\tau_{II}(t) = |t + \tau_{\Delta} + \tau_{\Pi}| \bmod \tau_{\Pi}. \quad (6)$$

В общем виде зависимость относительного времени цикла τ для i_c -го канала статора от абсолютного времени t запишется как

$$\tau_{i_c}(t) = |t + \tau_{\Delta}(i_c - 1) + \tau_{\Pi}| \bmod \tau_{\Pi}; \quad i_c \in 0 \dots z_c, \quad (7)$$

где i_c – порядковый номер канала статора;

z_c – число каналов статора.

Зависимость мгновенного расхода жидкости через i_c -й канал статора от абсолютного времени t получим из выражения (3) путем замены аргумента функции $u(\tau)$ с τ на $\tau_{i_c}(t)$:

$$q_{i_c}(t) = a_c h_c u(\tau_{i_c}(t)). \quad (8)$$

Рассмотрим влияние количества каналов ротора z_p и статора z_c на характер пульсаций суммарного расхода жидкости через роторно-импульсный аппарат Q . На рис. 1 представлены графические зависи-

мости расхода Q при различных сочетаниях z_p и z_c . Прочие конструктивно-технологические параметры неизменны и зафиксированы на вышеприведенных в статье уровнях.

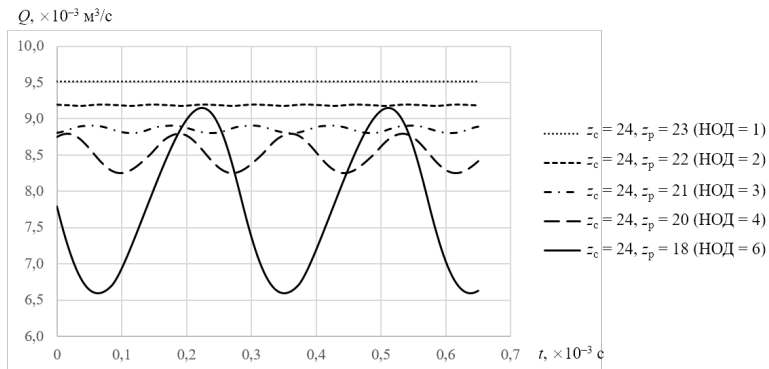


Рис. 1. Зависимость расхода Q от времени t при различных числах каналов статора z_c и ротора z_p

В результате теоретических исследований выявлена закономерность роста значений амплитуды и периода пульсаций расхода Q по мере увеличения наибольшего общего делителя (НОД) чисел каналов ротора z_p и статора z_c . Например при $z_p = 23$ и $z_c = 24$ (НОД = 1) амплитуда пульсаций расхода A_Q составляет менее $1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ при периоде $T_Q = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ с}$. При увеличении НОД чисел z_p и z_c до 6 ($z_p = 18$, $z_c = 24$) амплитуда пульсаций расхода возрастает на 4 порядка до $A_Q = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, а период становится равным $T_Q = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ с}$.

Также следует отметить влияние НОД чисел z_p и z_c на средний расход \bar{Q} жидкости через роторно-импульсный аппарат. Как видно из графика на рис. 1, увеличение НОД с 1 до 6 понижает средний расход \bar{Q} на 17 % с $9,5 \cdot 10^{-3}$ до $7,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, что обусловлено как меньшим числом каналов ротора z_p , а следовательно, уменьшением количества их совмещений с каналами статора, так и повышением амплитуды пульсаций Q , увеличивающих инерционное гидравлическое сопротивление проточных частей аппарата.

Заключение. Мгновенный расход жидкости $Q(t)$ через роторно-импульсный аппарат характеризуется периодическими пульсациями, образующимися в результате наложения друг на друга его составляю-

щих – расходов жидкости $q_c(t)$ по отдельным каналам статора. Установлена зависимость амплитуды A_Q и периода T_Q пульсаций расхода Q от наибольшего общего делителя чисел каналов ротора z_p и статора z_c . При $z_p = 23$ и $z_c = 24$ (НОД = 1) амплитуда пульсаций расхода A_Q составляет менее $1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$, а период $T_Q = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ с}$. При увеличении НОД чисел z_p и z_c до 6 ($z_p = 18$, $z_c = 24$) амплитуда пульсаций расхода возрастает на 3 порядка до $A_Q = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$; период пульсаций увеличивается до $T_Q = 2,9 \cdot 10^{-4} \text{ с}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Промтов, М. А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества / М. А. Промтов. – Москва: Изд-во «Машиностроение-1», 2004. – 136 с.
2. Червяков, А. В. Диспергирование площеного зерна кукурузы / А. В. Червяков, П. Ю. Крупенин // Комбикорма. – 2009. – № 5. – С. 36–37.
3. Кулик, А. М. Обоснование рационального способа производства гуминовых удобрений из торфа / А. М. Кулик, П. Ю. Крупенин // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 3. – С. 181–185.
4. Карепанов, С. К. Реализация математической модели течения рабочей жидкости в каналах ротора и статора гидромеханического диспергатора / С. К. Карепанов, В. П. Ружицкий // Математические методы в механике прерывистых течений. – Санкт-Петербург: Технопанорама, 1999. – С. 19–27.
5. Червяков, А. В. Теоретические и экспериментальные исследования производительности роторного кавитационного измельчителя-диспергатора кормов / А. В. Червяков, П. Ю. Крупенин // Вестн. БГСХА. – 2010. – № 3. – С. 131–135.
6. Червяков, А. В. Влияние конструктивно-технологических параметров на подачу роторно-импульсного кавитационного диспергатора кормов / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, П. Ю. Крупенин // Вестн. БГСХА. – 2016. – № 1. – С. 102–106.
7. Крупенин, П. Ю. Математическая модель движения кормовой суспензии в каналах роторного импульсного аппарата / П. Ю. Крупенин // Вестн. Барановичского гос. ун-та. Серия: Технические науки. – 2018. – Вып. 6. – С. 96–103.
8. Крупенин, П. Ю. Теоретические исследования движения жидкости в каналах роторно-импульсного аппарата / П. Ю. Крупенин // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 1. – С. 137–142.

Аннотация. Статья посвящена теоретическому исследованию рабочего процесса роторно-импульсного аппарата. Выявлена закономерность роста значений амплитуды и периода пульсаций общего расхода жидкости через аппарат по мере увеличения наибольшего общего делителя чисел его каналов ротора и статора.

Ключевые слова: роторно-импульсный аппарат, кавитация, уравнение Бернулли, метод Рунге – Кутты, теоретические исследования, Mathcad.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ УБОРКИ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ МОКРЫМ СПОСОБОМ

П. Ю. КРУПЕНИН, канд. техн. наук, доцент
А. К. РЕНДОВ, магистрант

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

Введение. Из дикорастущих растений нашей страны особенно ценна клюква. Клюква – группа цветковых растений семейства Вересковые. Это низкие, ползучие кустарнички до 2 метров и высотой от 5 до 20 сантиметров. Ягода, которая больше листьев растения изначально светло-зеленая, при созревании становится красной. Она съедобна, но с кисловатым вкусом, который обычно перебивает ее сладость. Ягоды ее широко используются в пищевой промышленности, домашней кулинарии, находят разносторонне применение в научной и народной медицине. Высокие пищевые и лечебно-профилактические достоинства клюквы обусловлены содержанием в ней значительного количества физиологических активных веществ: органических кислот, пектинов, тритерпеноидов, витаминов, макро- и микроэлементов. Все это обеспечивает им высокий спрос как на внутреннем, так и на внешнем рынке [1, 5].

В Республике Беларусь обеспечение населения высоко лечебной ягодной продукцией стало особенно актуальным после аварии на Чернобыльской атомной электростанции, так как в плодах клюквы содержится большое количество пектина, образующего с тяжелыми металлами (стронцием, цезием, свинцом) нерастворимые соединения, которые не перевариваются и выводятся из организма человека [6]. В настоящее время происходит сокращение площади, занимаемой дикорастущими растениями клюквы, нужно переходить на промышленное выращивание [2, 3].

Основная часть. Началом окультуривания клюквы считается 1816 г., США (Массачусетс). В мире крупнейшими производителями (более 95 % общемирового производства) являются США, Канада и Чили. Как показал многолетний зарубежный опыт культура клюквы высокорентабельная. Площадь ягодников клюквы крупноплодной в мире составляет свыше 20 тыс. га.

Работы, проводимые на протяжении нескольких десятилетий по изучению биологии видов, их экологии, закономерности развития, показали возможность плантационного выращивания в Республике Беларусь клюквы крупноплодной [2–4]. В Беларуси посадки клюквы крупноплодной занимают менее 100 га, а сбор ягод составляет 5–6 т/га, что в 1,5–4,5 раза ниже показателя урожайности в тройке крупнейших мировых производителей.

Промышленный сбор ягод клюквы в Беларуси начинается в конце сентября и длится до 35 дней. Из этого следует, что сроки уборки ягод должны быть максимально сжатыми, чтобы с одной стороны не допустить перезревания ягод и, как следствие, потери их товарных качеств, а с другой – успеть собрать урожай при максимальном содержании биологически активных веществ в плодах. Таким образом, применяемый на практике срок уборки клюквы крупноплодной уже не может считаться оптимальным в сложившихся условиях жесткой конкуренции на международном рынке.

За последние несколько десятилетий промышленного возделывания клюквы применяются следующие способы уборки: «сухой» и «мокрый».

Прототипом машин для «сухой» уборки клюквы послужил инструмент, используемый при ручном сборе ягод – совок с зубьями. К достоинствам «сухого» способа уборки можно отнести малое количество примесей в собранном ворохе, минимальное повреждение ягод и травмирование плодоносящих побегов. Его недостатками являются: увеличение сроков уборки, большие затраты труда, сложность реализации на засоренных сорняками плантациях [4].

Более подробно нужно рассмотреть уборку ягод крупноплодной клюквы на воде, так как этим способом убирается более 90 % урожая. Процесс уборки ягод «мокрым» способом включает в себя: затопление чека водой на глубину около 40 см, установку вешек по его периметру, отделение ягод от побегов уборочной машиной, сгребание ягод к месту погрузки, погрузку ягод в транспортные средства и их транспортирование к сортировальному пункту. По окончании уборки воды с чека спускают в отводной канал.

В качестве оборудования для отделения ягод могут использоваться как хедеры, имеющие активный, похожий на мотовило, рабочий орган, так и машины с пассивными рабочими органами, схожими по конструкции с пружинными загортачами зерновой сеялки. Отделенные ягоды всплывают на поверхность воды, после с помощью понтонов

транспортируются к машине, обеспечивающей их погрузку в транспортное средство. Сбор ягод с поверхности затопленного чека с последующей погрузкой в транспортные средства может производиться механическим или гидравлическим способами.

Механический способ предусматривает использование скребковых транспортеров, захватывающих ягоды с поверхности воды и транспортирующих их в тракторный прицеп. Подобный тип оборудования может использоваться при большом количестве плавающего в чеке растительного мусора (стеблей и листьев сорных растений, фрагментов кустарника и т. п.). Но механический способ также имеет и недостатки: низкая производительность оборудования, повреждение ягод, высокие затраты труда [4].

Альтернативой механическому способу погрузки ягод является гидравлический, предполагающий использование установок типа «ягодная помпа». Такое оборудование включает в себя всасывающий трубопровод с заборной воронкой, опускаемой ниже уровня воды в чеке, центробежный насос и наклонный лоток с решетчатым дном. Принцип работы «ягодной помпы» заключается в следующем. Насос всасывает воду из чека, захватывая при этом и ягоды клюквы. Поток воды с ягодами подается в верхнюю часть машины, где поступает на наклонный лоток. В процессе движения по лотку вода с мелкими примесями проходит через щели в решетчатом основании и сливается обратно в чек, а ягоды скатываются в транспортное средство [2].

«Ягодная помпа» имеет большую, по сравнению со скребковыми конвейерами, производительность, однако требуют высокой культуры агротехники возделывания клюквы. Наличие большого количества плавающего длинного растительного мусора в виде стеблей и листьев сорняков может приводить к засорению заборной воронки и нарушению рабочего процесса.

Заключение. Таким образом для процессов механизации уборки клюквы необходимо разработать и исследовать отечественный комплекс машин, используя результаты испытаний лучших зарубежных аналогов. Отказаться от применения малопроизводительных и трудоемких скребковых транспортеров, которые применяются для сбора ягод с поверхности затопленного чека.

Перспективным типом технических средств для забора ягодного вороха с поверхности затопленного чека являются гидротранспортные установки «ягодные помпы», имеющие высокую производительность и при минимальном повреждении ягод. С другой стороны, при высо-

кой засоренности ягодного вороха, эффективность работы ягодных помп существенно снижается, возможно только после оснащения машин элементами, обеспечивающими отделение длинных и средних примесей от ягод. В настоящее время отечественные машиностроительные предприятия не разрабатывают технические средства для уборки клюквы крупноплодной, а воспроизводство зарубежных образцов машин не всегда целесообразно, поскольку они не отвечают требованиям технологических процессов выращивания клюквы в зональных условиях Республики Беларусь. Разработка и внедрение эффективных технических средств для возделывания и уборки клюквы крупноплодной является актуальной народнохозяйственной задачей, решение которой обеспечит существенное повышение объемов производства ценной ягоды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клюква крупноплодная в Белоруссии / АН БССР, ЦБС. – Минск: Наука и техника, 1987. – 238 с.
2. Крупенин, П. Ю. Направление совершенствования технического обеспечения процесса уборки клюквы крупноплодной / П. Ю. Крупенин, А. К. Рендов, А. Г. Лягуский // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: АГУ, 2023. – Т. 1. – С. 131–132.
3. Рендов, А. К. Повышение эффективности промышленного производства клюквы путем совершенствования средств механизации для ее возделывания / А. К. Рендов, П. Ю. Крупенин // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 94–97.
4. Рендов, А. К. Техническое обеспечение процесса уборки клюквы крупноплодной «мокрым» способом / А. К. Рендов // Научный поиск молодежи XXI века. – Горки: БГСХА, 2022. – Ч. 1. – С. 306–309.
5. Сачивко, Т. В. Коллекция рода *Vaccinium* в Ботаническом саду БГСХА / Т. В. Сачивко // Ботанические сады и дендрологические парки высших учебных заведений. – Горки: БГСХА, 2017. – С. 83–86.
6. Характеристика сортов, включенных в Государственный реестр за период с 2005 года по 2007 год / ГУ «Государственная инспекция по испытанию и охране сортов растений». – Минск, 2007. – 439 с.

Аннотация. Рассмотрены основные способы, технологии и оборудование для уборки клюквы крупноплодной в Республике Беларусь. Разработка указанных элементов и внедрение усовершенствованных гидротранспортных установок позволит предприятию оптимизировать сроки уборки клюквы и сэкономить до 10 чел.-ч трудовых затрат в расчете на 1 т ягод.

Ключевые слова: клюква крупноплодная, «ягодная помпа», гидротранспорт, хедер, скребковый транспортер.

КОНСТРУКЦИИ СКАРИФИКАТОРОВ СЕМЯН

К. А. МАЧЁХИН, ст. преподаватель

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

Введение. Большое значение перед посевом имеет определение количества твердых семян, которые могут не прорасти в год посева и способны прорасти в течение второго и последующих лет вегетации. В связи с этим твердые семена необходимо скарифицировать, т. е. нарушить твердую оболочку и тем самым сделать семена прорастающими, при этом нужно помнить, что чрезмерные ударные нагрузки на семена могут привести к травмированию. Скарификацию лучше проводить перед посевом, поскольку семена после скарификации теряют всхожесть [1–3, 9, 10].

Основная часть. Скарификация – нарушение твердой водонепроницаемой оболочки семян с целью облегчения их набухания и прорастания, а также увеличения процента всхожести.

Способы скарификации бывают:

- механический;
- химический;
- термический;
- ультразвуковой.

Механическая скарификация нашла наиболее более широкое применение для семян сельскохозяйственных культур, поскольку такая технология является наиболее эффективной, 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 [4–7].

Рассмотрим несколько конструкций механических скарификаторов для предпосевной обработки семенного материала.

Скарификатор семян П. А. Власова содержит загрузочный бункер с отверстиями, к которым прикреплены трубы и скарифицирующий элемент в виде круга или диска с абразивной поверхностью и привод. К корпусу прикреплен рукав. Трубы имеют односторонние вертикальные вырезы, закрытые шторкой из эластичного материала.

Скарификатор работает следующим образом: семена через сетку загружаются в бункер и включается привод, заслонкой устанавливают подачу семян в трубы и далее на движущуюся абразивную поверхность скарифического элемента. Семена, падая на движущуюся абразивную поверхность, подвергаются скарификации путем частичного разрушения и нанесения царапин на твердую оболочку. Слетая со скарифического элемента, семена поступают в корпус, рукав и в упаковочную тару.

Достоинство данного скарификатора – высокая производительность. Недостатком является получение семенами значительной ударной нагрузки при встрече с абразивным диском, также отмечается высокая неравномерность обработки [8].

Следующая конструкция скарификатора семян согласно патенту ВУ 5332 состоит из цилиндрического корпуса, в верхней части которого расположена засыпная горловина, а в нижней части – съемный лоток. Регулировка потока семян осуществляется задвижкой. Внутри корпуса находится вал, приводящийся в действие электродвигателем через ременную передачу. Вал установлен на подшипниках, закрытых крышками. На валу расположены крыльчатки, через фланцы контактирующие с наждачным диском. Между дисками установлены распорные втулки. В нижней части они опираются на скатывающий лоток, а сверху зажимаются гайкой. После каждой батареи крыльчаток с наждачными дисками установлены распределители семян. Внутренняя стенка цилиндра состоит из наждачных лент, разделенных распорными втулками [11].

В процессе работы семена попадают на распределительную крыльчатку и, через направляющие канавки, скользя по наждачному диску, равномерно распределяются и ударяются о шероховатую поверхность колец семяприемника. Затем по наклонной поверхности приемника семян скатываются на S-образную крыльчатку следующего диска. S-образная крыльчатка за счет центробежной силы заставляет семена скользить на большее расстояние по диску и ударяться о кольца наждачного семяприемника.

Достоинством данной конструкции скарификатора семян – высокая производительность. Недостатками этого скарификатора является низкое качество обработки семян из-за большой пропускной способности. При движении большого потока семян их часть не подвергается скарификации.

Скарификатор зарубежного производства фирмы Kimseed состоит из электропривода, ступенчатых шкивов, абразивных дисков, загрузочной горловины, приводного вала, закрывающегося клапана, основания. Семена подаются в машину через небольшую загрузочную горловину, где они затем проходят через абразивные диски и v-образные кольца и попадают в контейнер для сбора. Степень скарификации регулируется скоростью вращения дисков и количеством пропусков семян через машину.

Привод с регулируемой скоростью вращения делает машину сложной в эксплуатации, однако процесс скарификации можно производить с различной скоростью вращения абразивных дисков. Вращающиеся диски могут быть оснащены различной величиной абразивного зерна в зависимости от измельчаемых обрабатываемых семян [12].

Достоинства – компактность, возможность изменения скорости вращения рабочих органов. Недостатки – нет возможности для регулирования времени обработки семян, неравномерность обработки.

Далее рассмотрим конструкцию порционного скарификатора семян. В процессе работы семена попадают в приемный бункер, затем открывается впускная заслонка и семена попадают в рабочую камеру с вращающимся днищем. Семена, вовлеченные во вращательное движение под действием центробежной силы, поднимаются по стенке камеры смешивания, на которой установлен абразивный элемент и далее попадают на лопасти, отражаясь от которых они падают на днище и опять поднимаются по стенке камеры смешивания. В результате такого движения семена несколько раз переворачиваются при прохождении по абразивному элементу. Это позволяет достичь максимального качества обработки. После необходимого времени обработки семян открывается выгрузная заслонка и семена поступают в выгрузной бункер. Достоинством этой конструкции является высокое качество обработки семян, к недостаткам можно отнести снижение производительности, по сравнению с поточными скарификаторами. Однако для семян сельскохозяйственных культур, имеющих небольшую норму высева на 1 га, приоритетным показателем оборудования является качество обработки. Поэтому скарификатор порционного действия, с возможностью регулирования времени обработки имеет не оспоримые преимущества перед поточными машинами.

Заключение. Рассмотрев конструкции механических скарификаторов, можно сделать вывод, что для повышения качества обработки семян, имеющих небольшую норму высева, целесообразно использо-

вать оборудование порционного действия с возможностью регулирования времени обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахламов, Ю. Д. Машины для семеноводства трав / Ю. Д. Ахламов, И. М. Гринчук, В. К. Журкин. – Москва: Машиностроение, 1968. – 172 с.
2. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
3. Люцерна – резерв повышения молочной продуктивности / В. Н. Босак [и др.] // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве. – Минск: БГАТУ, 2014. – С. 166–168.
4. Мачехин, К. А. Скарификация семян галеги как путь повышения продуктивности производства кормов / К. А. Мачехин, Д. А. Михеев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 113–115.
5. Мачехин, К. А. Способы скарификации семян / К. А. Мачехин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 208–210.
6. Михеев, Д. А. Конструкция скарификаторов семян / Д. А. Михеев, К. А. Мачехин // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2023. – № 1 (22). – С. 263–272.
7. Михеев, Д. А. Перспективные способы предпосевной обработки семян / Д. А. Михеев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2018. – Вып. 3. – С. 75–78.
8. Описание изобретения к патенту [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://patents.s3.yandex.net/RU2146861C1_20000327.pdf. – Дата доступа: 10.11.2023.
9. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
10. Смелик, В. А. Предпосевная подготовка семян нанесением искусственных оболочек / В. А. Смелик, Е. И. Кубеев, В. М. Дринча. – Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2011. – 272 с.
11. Устройство для скарификации семян бобовых трав [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bypatents.com/2-u5332-ustrojstvo-dlya-skarifikacii-semyan-bobovyh-trav.html>. – Дата доступа: 07.02.2023.
12. Kimseed Seed Scarifier [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kimseed.com.au/wp-content/uploads/2020/10/Kimseed-Seed-Scarifier.pdf>. – Дата доступа: 07.11.2023.

Аннотация. Описана необходимость скарификации семян с твердыми оболочками с целью повышения их всхожести. Произведен анализ конструкций скарификаторов, используемых для этих целей.

Ключевые слова: скарификация, сельское хозяйство, всхожесть, зеленая масса, оболочка, повреждение.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СКРЕПЕРНОЙ УСТАНОВКИ ДОНС-1В

А. В. МЕЛЕХОВ, ст. преподаватель

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

Введение. В настоящее время для уборки навоза используются различные установки, которые классифицируются по конструктивным и технологическим параметрам. Систему уборки навоза из помещений, где размещен крупный рогатый скот, определяют с учетом технологии содержания животных, природно-климатических условий, возможности утилизации полученного навоза и т. п. [1–12].

Для удаления навоза из помещений при подстилочном содержании животных могут быть использованы как мобильные, так и стационарные механические средства, при бесподстилочном содержании, кроме них, еще и гидравлические способы уборки навоза [1, 4, 7, 12].

Основная часть. Скреперная установка ДОНС-1В предназначено для работы в животноводческих помещениях, отвечающих действующим Республиканским нормам технологического проектирования новых, реконструкции и технического перевооружения животноводческих объектов. Используется как отдельная машина для уборки бесподстилочного навоза в помещениях с беспривязно-бوكсовым содержанием коров и должно вписываться в размер здания для беспривязно-боксового содержания крупного рогатого скота. ДОНС-1В удаляет навоз из навозных лотков шириной 1,8–4,1 м и глубиной 0,2 м.

В данном скрепере существует проблема не начисто убирает перемешанный твердый и жидкий так как лопасти скрепера не копируют пол в горизонтальной плоскости. В модернизации предлагается пол изготовить под уклоном к центру не более 2°. Тем самым жидкий навоз будет стекать к центру. А лопасти изготовить на шарнире что бы они перемещались в горизонтальной плоскости.

При движении скреперной установки ДОНС-1В (рис. 1) действуют различные силы на канат. Например, такие как вес самого скрепера, сила перемещения навоза, вес самого каната.

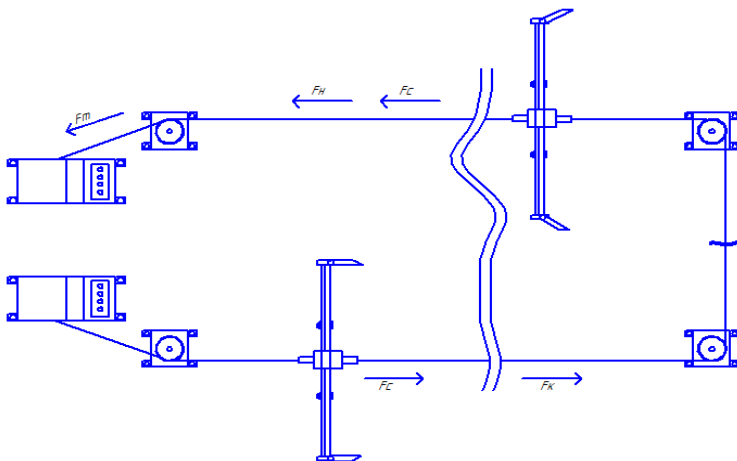


Рис. 1. Схема к силовому расчету скреперного оборудования ДОНС-1В

Определяем силу сопротивления движению скреперного оборудования

$$F_T = F_H + 2F_C + F_K, \text{ Н}, \quad (1)$$

где F_H – сила сопротивления перемещению навоза, Н;

F_C – сила сопротивлению перемещению пустого скрепера, Н;

F_K – сила трения каната о пол, Н.

Определяем силу перемещения навоза.

$$F_H = m_H \cdot f_{T.H}, \text{ Н}, \quad (2)$$

где m_H – масса перемещаемого навоза;

$f_{T.H}$ – коэффициент трения навоза $f_{T.H} = 0,8-1,2$.

Определяем массу навоза, убираемого скрепером.

$$m_H = q_{\text{сут}} / z, \text{ Н} \quad (3)$$

где $q_{\text{сут}}$ – среднесуточный выход экскрементов;

z – кратность уборки навоза в сутки

$$m_H = \frac{21040}{8} = 2630 \text{ кг}$$

$$F_H = 2630 \cdot 1,2 = 3156 \text{ Н}$$

Определяем силу сопротивления скрепера.

$$F_c = m_c \cdot f_{т.н}, \text{ Н}, \quad (4)$$

где m_c – масса скрепера, $m_c = 35$ кг;

$f_{т.н}$ – коэффициент трения сталь-бетон $f_{т.н} = 0,8$ [5].

Определим силу трения каната.

$$F_k = l_k \cdot m_{п.к} \cdot f_{т.к}, \quad (5)$$

где l_k – длина каната, $l_k = 225$ м;

$m_{п.к}$ – погонная масса каната, $m_{п.к} = 2,1$ кг/м.п.;

$f_{т.к}$ – коэффициент трения каната – бетон $f_{т.к} = 0,1$ [5];

$$F_k = 225 \cdot 2,1 \cdot 0,1 = 47,5 \text{ Н},$$

$$F_T = 3156 + 2 \cdot 28 + 47,5 = 3259,5 \text{ Н}.$$

Определяем мощность привода установки.

$$N = \frac{F_T \cdot U_c}{\eta_n} \text{ Вт}, \quad (6)$$

где U_c – скорость движения скрепера $U_c = 0,089$ м/с;

η_n – коэффициент полезного действия механизма привода $\eta_n = 0,88$.

По данным расчетам выбираем электродвигатель

$$N = \frac{3259,5 \cdot 0,089}{0,88} = 329,65 \text{ Вт} = 0,33 \text{ кВт}.$$

По данным расчетом выбираем 0,75 кВт электродвигатель серии АИР80А6 с мощностью 0,75 кВт и частотой вращения ротора 920 об/мин, так как он по техническим характеристикам может осилить данную нагрузку.

Заключение. Анализ передового опыта ведущих хозяйств показывает, что эффективность технологического процесса производства молока на основе беспривязного способа содержания определяется несколькими факторами, одним из которых – является применение модернизированной скреперной установки ДОНС-1В. Данная установка позволяет в 2,0–2,5 раза снизить затраты труда, в 1,7–2,1 раза – затраты энергии, увеличить производительность труда и снизить эксплуатационные затраты

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев, Н. М. Комплексная механизация в животноводстве / Н. М. Беляев // Достижение науки и техники в АПК. – 2014. – № 5. – С. 50–53.
2. Белянчиков, Н. Н. Механизация животноводства и кормоприготовления / Н. Н. Белянчиков, А. И. Смирнов. – Москва: Агропромиздат, 2015. – 432 с.
3. Боровой, И. А. Охрана труда при эксплуатации машин для уборки и удаления навоза / И. А. Боровой, А. С. Симченков // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 24–26.
4. Вагин, Ю. Т. Технологии и техническое обеспечение производства продукции животноводства / Ю. Т. Вагин, А. С. Добышев, П. А. Курдеко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 640 с.
5. Влияние кормления коров на производство молока / Д. Ф. Кольга [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2023. – № 3. – С. 13–18.
6. Выбор наиболее перспективного решения летнего содержания скота в условиях современных молочно-товарных комплексов / В. Г. Андруш [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2024. – № 2.
7. Крупенин, Ю. А. Теоретические исследование рабочего процесса скреперного навозоуборочного оборудования в проходах с подпольным каналом / Ю. А. Крупенин, П. Ю. Крупенин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 80–85.
8. Лабейко, Д. С. Повышение производственной безопасности при уборке навоза в животноводстве / Д. С. Лабейко, Т. В. Молош // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 144–146.
9. Охрана труда в животноводстве / А. В. Гончаров [и др.]. – Витебск: ВГАВМ, 2021. – 251 с.
10. Пискунов, Е. М. Алгоритм управления системой навозоудаления при беспривязном способе содержания коров / Е. М. Пискунов, А. В. Мелехов // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 69–70.
11. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
12. Техническое обеспечение процессов в животноводстве / В. К. Гриб [и др.]. – Минск: Белорус. наука, 2004. – 831 с.

Аннотация. Проанализированы современные скреперные установки для удаления навоза на примере ДОНС-1В.

Ключевые слова: скрепер, приводная станция, тяговый контур, навоз.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОВЫШЕНИЕ ВЫХОДА БИОГАЗА

А. А. ОСТРЕЙКО, ст. преподаватель

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

Введение. В настоящее время в мире наблюдается повышенный интерес к возобновляемым источникам энергии, что обусловлено непрерывным уменьшением запасов энергоносителей, их удорожанием, ухудшением экологии, а также желанием многих стран достичь определенного уровня энергетической безопасности. Одним из них является биомасса, из которой получают биогаз и ценные биоудобрения. Лидерами в этом производстве являются Дания, Германия, США, Китай, Индия и другие страны [1–10].

Перечень органических отходов, из которых можно производить биогаз достаточно широк: навоз (как плотный, так и жидкий), птичий помет, зерновая и меласная послеспиртовая барда, пивная дробина, фекальные осадки, отходы рыбного и забойного цеха, бытовые отходы, отходы молокозаводов, отходы производства биодизеля и т. д. Для производства биогаза используются также специально выращенные энергетические культуры. Установлено, что 86 % биогазового потенциала содержится в сельскохозяйственном сырье и лишь 8 % – в промышленных и коммунальных отходах [2, 4, 10].

В процессе получения биогаза необходимо выделить основные факторы, влияющие на его выход и на производительность биогазовых установок, такие как правильный подбор компонентов сырья, из которого производится биогаз и грамотная их подготовка к ферментации.

Основная часть. Биогаз, получаемый при переработке отходов сельскохозяйственного производства, состоит на 55–75 % из метана, 27–44 % CO_2 , 0–3 % N_2 , 0,01–0,02 % H_2 , 0,01–0,02 % CO и включает до 1 % H_2S . Он образуется в результате разложения органического сырья в анаэробных условиях.

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 сы-

рье (таблица). Именно от этих показателей зависит время его сбраживания, количество получаемого биогаза и его состав.

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

Тип сырья	Выход газа на кг сухого вещества, м ³	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	7,3–9,7
Конский навоз	0,20–0,30	56–60	25
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
Овсяная солома	0,29–0,31	59	50
Кукурузная солома	0,38–0,46	59	50
Трава	0,28–0,63	70	12

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, должна быть не менее 85 % в зимнее время и 92 % в летнее время года, а выход биогаза напрямую зависит от вида используемого сырья, а также температуры процесса сбраживания. 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 (рис. 1). В качестве единицы измерения для минимального времени разложения в ферментаторе служит время генерации соответствующего вида бактерий, поэтому если время брожения будет коротким, то бактерии не успеют удвоить своей бактериальной массы, что приведет к падению газообразования и соответствует нижней границе необходимого времени для брожения.

Верхняя граница времени для брожения определяется технически и экономически моментом, когда количество вырабатываемого газа настолько мало, что увеличение объема ферментатора будет дороже, чем добытый газ.

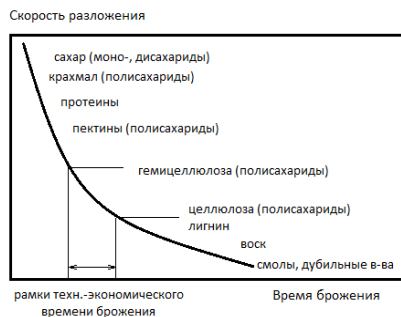


Рис. 1. Скорость разложения групп веществ

Рис. 2 наглядно показывает разницу в выходе газа из выделений различных видов животных и птицы в зависимости от продолжительности периода брожения. Похожая зависимость имеет место при брожении энергетических растений и других органических остатков, для которых время брожения в ферментаторе должно составлять минимум 42 дня, а для сырья в виде отходов переработки агропромышленности от 20 до 35 дней.

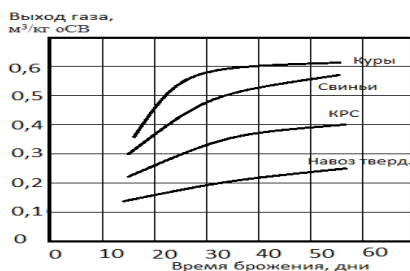


Рис. 2. Выход газа при термофильном режиме в зависимости от вида сырья и продолжительности брожения

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.

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 и других. Эти микроэлементы особенно необходимы бактериям для образования ферментов, ускоряющих процесс брожения. Все эти вещества в необходимом количестве содержатся в жидком и твердом навозе [9].

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: 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. Поэтому содержание органической сухой массы в соотношении с общей массой, является главным критерием для выбора составляющих смеси.

Содержание метана в биогазе определяется в первую очередь составом сырья. Максимальное его количество получается из протеинов – 71 %; жиры дают – 68 %, а углеводороды – лишь 50 %. 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 м³ метана на килограмм органического сухого субстрата с отклонениями до ±30 %.

Повышение эффективности биогазовой установки определяется подбором компонентов по однородности и степенью предварительного их измельчения, последнее влияет на количество произведенного газа через длительность периода брожения. Твердые материалы, в особенности растительного происхождения, в составе смеси не должны превышать 12 % и быть предварительно измельчены до размеров частиц не более 30 мм с помощью режущих, разрывающих или плющильных устройств перед подачей в ферментатор.

Заключение. Проанализированы факторы, влияющие на повышение выхода биогаза для различных типов сырья. Выявлено, что для

повышения выхода биогаза из биогазовой установки необходимо тщательно подбирать исходное сырье, которое характеризуется определенными качественными показателями, от которых зависит время его сбраживания, количество получаемого биогаза и его состав. Определено оптимальное их соотношение, обоснована необходимость применения сырьевых смесей и предварительной их подготовки перед загрузкой в ферментатор.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтэрнатыўная энергетыка ў Рэспубліцы Беларусь: накірункі і перспектывы развіцця / Т. У. Сачыўка [і інш.] // Хімічная тэхналогія і тэхніка. – Мінск: БГТУ, 2024.
2. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – Москва: Колос, 1982. – 148 с.
3. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
4. Веденев, А. Г. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике / А. Г. Веденев, Т. А. Веденева – Бишкек: Евро, 2006. – 90 с.
5. Острейко, А. А. Методы интенсификации процесса метанового брожения / А. А. Острейко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 214–217.
6. Острейко, А. А. Оценка качественных характеристик сырья, используемого для получения биогаза / А. А. Острейко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 98–101.
7. Острейко, А. А. Получение биогаза из смесей сырья животного и растительного происхождения / А. А. Острейко, К. Л. Пузевич // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 31–34.
8. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.
9. Шаршунов, В. А. Особенности анаэробной обработки бесподстилочного навоза и навозных стоков с получением биогаза / В. А. Шаршунов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 105–109.
10. Эдер, Б. Биогазовые установки: практическое пособие / Б. Эдер, Х. Шульц. – Москва, 2006. – 238 с.

Аннотация. Проанализированы факторы, влияющие на повышение выхода биогаза для различных типов сырья. Определено их соотношение, обоснована необходимость применения сырьевых смесей и предварительной их подготовки перед загрузкой в ферментатор.

Ключевые слова: биогаз, ферментатор, биогазовая установка, органические отходы, метан.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ПРИ ХРАНЕНИИ НАВОЗА

О. В. ПОНТАЛЁВ, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Тепловой насос – это холодильная установка, аккумулирующая теплоту низкого потенциала из окружающей среды и, за счёт затраченной работы отдающая потребителю теплоту высокого потенциала рабочим телом (хладагентом). Хладагент представляет собой вещество с низкой температурой кипения. В тепловых насосах чаще всего в качестве хладагента используются различные фреоны (R407C, R134a, R410a), а также углекислый газ и пропан.

С 1940-х гг. тепловые насосы начали активно использоваться для отопления домов и производственных помещений [2].

В последние годы применение тепловых насосов значительно расширяется во многих отраслях промышленности, включая и сельское хозяйство. Использование тепловых насосов в сфере производства сельскохозяйственной продукции является перспективным направлением, но требующее значительных финансовых вложений для их реализации.

Основная часть. Область использования тепловых насосов в сельскохозяйственном производстве представлена следующими направлениями:

1. Использование для обогрева теплиц. Тепловые насосы позволяют эффективно и экономично поддерживать оптимальную температуру в теплицах, что способствует улучшению роста и развития растений. Такие насосы имеют возможность использовать тепло, сгенерированное при работе других систем, например, системы кондиционирования или системы водоснабжения, что дополнительно снижает затраты на энергию.

2. Применение для хранения и охлаждения продуктов. Тепловые насосы способны создавать оптимальные условия хранения продуктов в сельскохозяйственных предприятиях, их использование позволяет поддерживать постоянную температуру в хранилищах, что способствует увеличению срока годности продуктов и сохранению их каче-

ства. Кроме того, их можно использовать для охлаждения продуктов, что позволяет сохранять их свежесть и предотвращать возникновение бактериального загрязнения.

3. Для обеспечения тепла в процессах обработки продуктов. В процессе обработки сельскохозяйственной продукции часто требуется высокотемпературное тепло. Тепловые насосы позволяют обеспечить это тепло с использованием возобновляемых источников энергии, что способствует снижению затрат на энергию и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Рассмотрим один из возможных способов получения тепла из низкопотенциальных тепловых источников, образованных отходами производства сельскохозяйственной продукции.

На данный момент в Республике Беларусь поголовье КРС составляет более 4,2 млн голов. При их содержании годовой выход навоза от них составляет около 50 000 тыс. т. При этом лишь 25–30 % от общего объема подвергаются специальной обработке с целью устранения патогенной микрофлоры [3].

Существуют различные способы хранения навоза с целью улучшения его физико-механических свойств и обеззараживания. Особый интерес представляют способы, способствующие появлению температуры в объеме перерабатывающего навоза:

1. Плотный, или холодный способ хранения, представляет собой укладку навоза в навозохранилище или в полевых штабелях с уплотнением.

В уплотненном навозе температура в зимний период не опускается ниже 15–25 °С, а летом находится в пределах 30–35 °С.

2. Рыхлоплотное (горячепрессованное) хранение применяется для быстрого разложения навоза.

При таком способе хранения температура внутри объема хранимого навоза достигает 70 °С [1, 4].

Тепловой насос начинает аккумулировать теплоту при любых температурах среды, обязательным условием является то, что ее значение должно быть выше «абсолютного» нуля.

Эффективность работы теплового насоса оценивается коэффициентом преобразования теплоты (коэффициентом преобразования электрической энергии в тепловую – COP).

Рассмотрим работу теплового насоса, аккумулирующего теплоту навоза при его хранении (рис. 1).

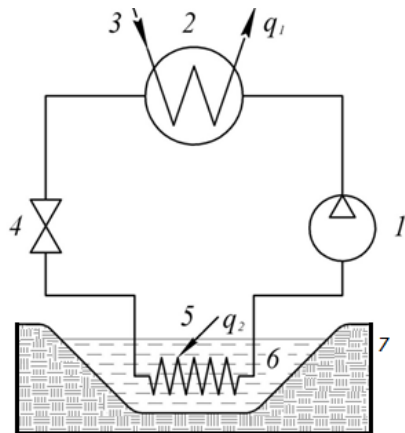


Рис. 1. Конструктивная схема геотермального теплового насоса:
 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – трубопровод; 4 – дроссель; 5 – испаритель;
 6 – навоз; 7 – навозохранилище

Сухой насыщенный пар хладагента адиабатно сжимается в компрессоре 1 до состояния перегретого пара.

Из компрессора перегретый пар поступает в конденсатор 2, где при конденсации отдает теплоту q_1 воде, циркулирующей в системе отопления по трубопроводу 3, и превращается в жидкость. Далее эта жидкость подается к дросселю 4, пройдя через который она превращается во влажный насыщенный пар со степенью сухости $x = 0,1-0,3$.

Влажный насыщенный пар поступает в испаритель 5, где под действием теплоты q_2 , отбираемой от навоза 6 в навозохранилище 7, влажный насыщенный пар превращается в сухой насыщенный.

Сухой насыщенный пар поступает в компрессор 1 и цикл повторяется [2]. При расчете коэффициента преобразования теплоты с учетом температур теплоприемника и конденсатора (обратный цикл Карно) получим:

$$\psi = \frac{q_1}{l_p} = \frac{q_1}{q_1 - q_2} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} .$$

Для оценки эффективности работы теплового насоса используем реальные условия. Принимаем температуру навоза при хранении равной $t_2 = 15^\circ\text{C}$ ($T_2 = 288 - 343\text{ K}$), а необходимую температуру воды в системе водоснабжения – $t_1 = 77^\circ\text{C}$ ($T_1 = 350\text{ K}$).

С учетом данных условий определим теоретическое значение коэффициента преобразования теплоты:

$$\Psi = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{350}{350 - 288} = 5,7$$

Данные расчеты показывают, что тепловой насос передает в систему водоснабжения теплоты в почти 6 раз больше, чем затраченная работа на привод компрессора.

Так, например, затратив на работу теплового насоса 1 кВт электроэнергии, в системе водоснабжения мы получим 6 кВт тепловой энергии.

Цикл паровой компрессорной холодильной установки, по которому работает тепловой насос, менее совершенен по сравнению с обратным циклом Карно, поэтому для реальных тепловых насосов значения коэффициента преобразования теплоты составляет 40–60 % от теоретического.

Заключение. Тепловые насосы предоставляют сельскохозяйственным предприятиям уникальные возможности для энергоэффективного использования тепла в производстве сельскохозяйственной продукции. Благодаря их использованию, возможно существенно сократить затраты на энергию, увеличить срок годности и сохранить качество сельскохозяйственной продукции. Все это способствует развитию устойчивого и экологически чистого сельского хозяйства, а также повышению эффективности отрасли в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. Н. Органические удобрения / В. Н. Босак. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 256 с.
2. Понталёв, О. В. От цикла Карно к тепловым насосам / О. В. Понталёв. – Барановичи: БарГУ, 2022. – 73 с.
3. Самосюк, В. Г. Проблемы применения навоза в Беларуси, России и пути их решения / В. Г. Самосюк // Вестн. ВНИИМЖ. – 2011. – № 4. – 68 с.
4. Состав и эффективность различных видов органических удобрений / В. Н. Босак [и др.] // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 6. – С. 39–42.

Аннотация. Рассмотрена возможность получения тепловой энергии при хранении навоза.

Ключевые слова: тепловой насос, отходы производства, навоз, температура.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬЧИРУЮЩЕЙ ПЛЕНКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СЕМЯН ФАСОЛИ

К. Л. ПУЗЕВИЧ¹, канд. техн. наук, доцент
В. И. КОЦУБА¹, канд. техн. наук, доцент
В. В. ПУЗЕВИЧ¹, магистр техн. наук
А. И. ФИЛИППОВ², канд. техн. наук, доцент

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

²УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
Гродно, Республика Беларусь

Введение. С каждым днем возрастает понимание того, что продукция сельского хозяйства жизненно необходима человеку, что она дает ему энергию, силу, развитие, а самое главное – здоровье. В этих условиях основное внимание уделяется улучшению качественных параметров продукции с тем, чтобы она была конкурентоспособной не только на внутреннем, но и на внешних рынках. При этом необходимо учитывать, что на сегодня основное требование мирового рынка к качеству овощной продукции состоит в ее экологичности. Люди хотят быть уверенными, что употребляемые ими продукты не только не несут никакой угрозы их здоровью, а наоборот, улучшают его. Поэтому производство высококачественной, экологически чистой продукции приобретает повышенную актуальность. Особенно с учетом того, что многие из них являются не только продуктами питания, но и имеют ярко выраженные диетические и лечебные свойства [7, 16].

Фасоль – ценная овощная культура, которая имеет многостороннее использование. Отличается большим содержанием минеральных веществ (кальций, фосфор, магний, калий, натрий), а также микроэлементов (медь, цинк, железо, йод и др.), витаминов (С, Е, В₂, В₆, РР, провитамин А). Необходимо отметить высокую калорийность семян (336 калорий на 100 г сухих семян), что значительно превышает количество калорий в других культурах. По питательной ценности белок фасоли наиболее приближен к белку говядины [13, 14].

Фасоль требовательна к теплу. Минимальная температура для прорастания семян фасоли составляет +8...+12 °С. В фазе всходов фасоль не переносит даже кратковременных заморозков и погибает при температуре до –2 °С. Температура от 0 до +5 °С вызывает нарушение фи-

физиологических процессов, что приводит к снижению продуктивности фасоли до 10–70 %.

Фасоль – требовательное к свету растение, особенно в молодом возрасте. В период цветения требовательность к свету снижается.

Основная проблема, с которой необходимо бороться при выращивании фасоли – сорняки. Для этого проводят дождевую внутрипочвенную обработку гербицидами, а далее в период вегетации культуры при появлении всходов сорняков еще 1–2 опрыскивания. Что же касается вредителей, то бороться с ними химическими методами нежелательно, так как это влияет на качество и экологичность урожая.

Одним из очень эффективных методов защиты почвы является мульчирование. Самым технологичным и самым универсальным мульчирующим материалом является полиэтиленовая пленка. Мульчирующую пленку используют для защиты сельскохозяйственных культур от агрессивных условий окружающей среды. Она обладает целым рядом преимуществ и активно используется для сохранения тепла и борьбы с сорняками [1, 3, 4, 9, 12].

Все это не только укладывается в концепцию экологического земледелия, но и положительно сказывается на росте и развитии растений, ускоряет созревание и увеличивает урожай от 40 до 60 % [2, 8, 10].

Основная часть. Весной 2023 г. на опытном поле УО БГСХА (участок «Полигон») были проведены полевые опыты с целью выявления влияния мульчирующей пленки на показатели семян фасоли овощной. Для опытов использовался сорт Чыжовенка селекции УО БГСХА [13, 14] при применении технологии традиционного посева и посева под мульчирующую пленку.

Как и указывали другие авторы [5, 11, 15], мульчирующая пленка способна создать условия для более раннего появления всходов, что и отражается на качестве полученного урожая.

Полученные семена фасоли были протестированы испытательной лабораторией качества семян УО БГСХА 11 октября 2023 г. Для этого использовались методы определения в полученных семенах фасоли протеиногенных аминокислот, массовой доли синтетических аминокислот, а также методы оценки посевных качеств семян. Применяемое оборудование: аминокислотный анализатор FA-600 (E) Fully Automatic Biochemistry Analyzer, капиллярный электрофорез «Капель-105М».

В состав растений входит вода и сухое вещество, представленное органическими и минеральными соединениями. Соотношение между количеством воды и сухого вещества в растениях, их органах и тканях

изменяется в широких пределах. Сухое вещество растений на 90–95 % представлено органическими соединениями – белками и другими азотистыми веществами, углеводами (сахарами, крахмалом, клетчаткой, пектиновыми веществами), жирами, содержание которых определяет качество урожая [6].

Азот необходим растениям для роста и развития. В первую очередь он помогает регулировать рост вегетативной массы, способствует метаболизму культуры, а также получению урожая. Общее количество азотсодержащих веществ в растении образуют сырой протеин.

Роль жиров заключается в форме запасных питательных веществ, т. е. они нужны как источник энергии в период прорастания растений, а также защищают растение от воздействия низких температур.

На рис. 1 представлены результаты содержания жира, протеина, зола, клетчатки и суммарных углеводов в семенах фасоли, полученных при различных технологиях выращивания.

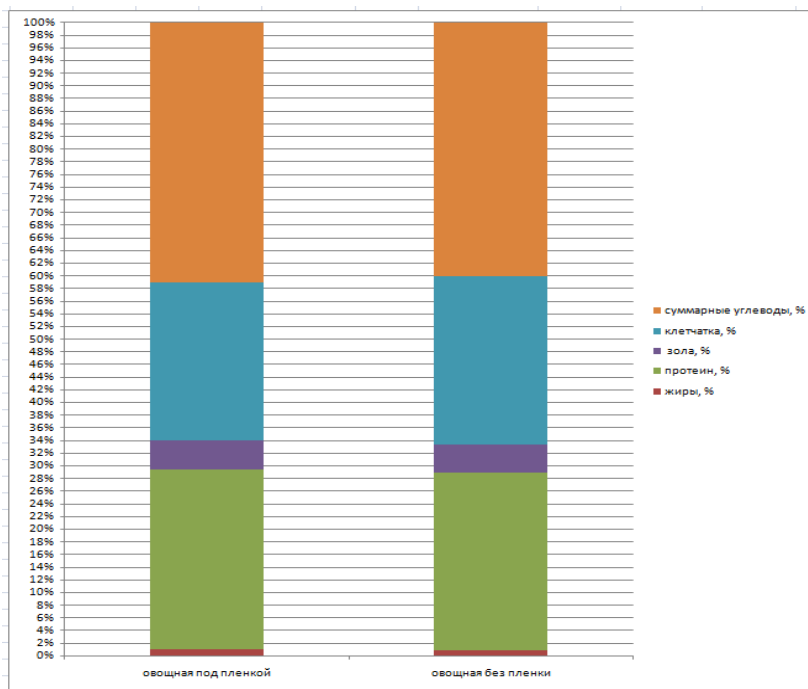


Рис. 1. Состав семян фасоли при различных технологиях посева

Углеводы состоят из углерода, водорода и кислорода. Последние два элемента находятся между собой в таком же количественном сочетании, как в воде (H₂O), т. е. на определенное число атомов водорода приходится в два раза меньшее число атомов кислорода. Углеводы составляют до 85–90 % веществ, входящих в растительный организм. Углеводы являются основным питательным и опорным материалом в клетках и тканях растений.

Клетчатка – это элементы перегородок клеток растения. Они состоят из частиц, которые не перевариваются в кишечнике (лигнин), а также углеводов, которые способны частично перевариться, – целлюлоза, гемицеллюлоза. Последние объединены с элементами лигнина, что делает их частично непереваримыми в кишечнике.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что при применении мульчирующей пленки удастся добиться в семенах фасоли повышения жиров, протеина и суммарных углеводов за счет снижения содержания клетчатки. Содержание золы по обоим вариантам остается приблизительно на одном уровне.

Мульчирующая пленка также позволяет получить большую энергию прорастания (рис. 2, а) и, как следствие, увеличенную лабораторную всхожесть (рис. 2, б) семян фасоли.

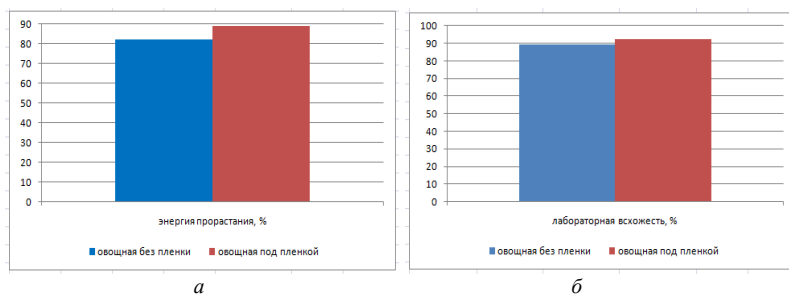


Рис. 2. Показатели посевных качеств семян фасоли, выращенных по различным технологиям посева

Закключение. Анализируя приведенные данные, можно сделать вывод, что применение мульчирующей пленки приводит к улучшению физиологических показателей семян фасоли, а также к повышению их посевных качеств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агрегаты для посева сельскохозяйственных культур под мульчирующую пленку / К. Л. Пузевич [и др.] // Вестн. БарГУ. – 2022. – № 1. – С. 88–95.
2. Анализ машин для посева под мульчирующую пленку и обоснование движения их рабочих органов / В. И. Коцуба [и др.] // Вестн. БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 146–150.
3. Анализ мульчирующих пленок / К. Л. Пузевич [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 135–137.
4. Анализ способов мульчирования / К. Л. Пузевич [и др.] // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: БрГАУ, 2021. – С. 159–166.
5. Дудка, В. Мульчирование почвы / В. Дудка // Лидер-Агро. – № 12 (22). – Кишинев, 2018.
6. Лапа, В. В. Применение удобрений и качество урожая / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2006. – 120 с.
7. Логвинович, Н. А. Экологическое сельское хозяйство – архиважная концепция развития белорусских предприятий / Н. А. Логвинович // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий. – Рязань, 2019. – С. 248–251.
8. Обоснование конструкции высевающего аппарата для посева под мульчирующую пленку / В. И. Коцуба [и др.] // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: БрГАУ, 2022. – С. 195–201.
9. Обоснование технологической схемы агрегата для посева сельскохозяйственных культур под мульчирующую пленку / К. Л. Пузевич [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 6. – С. 121–129.
10. Определение формы высевающих клещей для посева под мульчирующую пленку / В. В. Бечикова [и др.] // Молодежь и инновации. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 94–99.
11. Подробно о мульчировании почвы: практические рекомендации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://east-fruit.com/article/podrobno-o-mulchirovanii-pochvy-prakticheskie-rekomendatsii>. – Дата доступа: 25.11.2022.
12. Посев сельскохозяйственных культур под мульчирующую пленку / К. Л. Пузевич [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 163–166.
13. Приемы возделывания бобовых овощных культур / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 183 с.
14. Сачивко, Т. В. Особенности селекции и характеристика новых сортов фасоли овощной / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Земледелие и защита растений. – 2017. – № 2. – С. 43–44.
15. Способы мульчирования грунта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vladam-seeds.com.ua/ru/agronomiya/sposoby-mulchirovaniya-grunta>. – Дата доступа: 25.12.2022.
16. Цвирков, В. В. Перспективные направления ведения аграрного бизнеса в условиях ландшафтно-усадебных поселений / В. В. Цвирков, В. Н. Босак // Вестн. БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 15–19.

Аннотация. Рассмотрены результаты анализа семян фасоли овощной, полученных с использованием мульчирующей пленки.

Ключевые слова: фасоль овощная, мульчирующая пленка, качество.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПТИЧНИКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА

А. С. СИМЧЕНКОВ, ассистент

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

Введение. Основу птицеводства мясного направления составляют крупные птицефабрики промышленного типа, удельный вес которых в производстве мяса превышает 60 %. На сегодняшний день значительный процент промышленного мяса производится в птичниках напольного содержания птицы (около 50). Напольное содержание является значительно более выгодным с экономической точки зрения по сравнению с другими видами содержания. Тем не менее, с технологической точки зрения, птичник напольного содержания является чрезвычайно сложным объектом. Высокая концентрация птицы, средств производства, наличие агрессивной среды, технологические особенности производства – все это влияет на качество управления [1, 3, 4, 6, 7].

Эффективное управление значительными мощностями традиционными методами является чрезвычайно сложной задачей, а иногда и вообще, неразрешимой. Построить адекватную математическую модель процессов, протекающих в птичнике в процессе функционирования, в таких условиях чрезвычайно трудно. Построить управление таким объектом на основе моделей, учитывающих все его особенности, на технической базе предприятия еще труднее [2, 5].

Основная часть. Создание системы автоматического управления температурным режимом с использованием современной элементной базы и энергоэффективных алгоритмов работы для уменьшения энергозатрат на создание микроклимата в промышленных птичниках.

Достижение поставленной цели обусловило необходимость выполнения следующих задач:

- анализ характеристик информационных потоков в птичнике и разработка на их базе имитационной модели теплового обмена;
- разработка математической модели и схемы рекуператора тепла воздуха, выходящего из птичника;

- обоснование и выбор современных технических средств автоматики с учетом регулирования рекуперированного воздуха;
- оценка устойчивости и качества работы САР;
- разработка энергоэффективных алгоритмов работы оборудования для создания микроклимата;
- оценка экономической эффективности внедрения, разработанной САР.

Эти задачи сформулированы на основе анализа работ, посвященных созданию микроклимата в промышленных птичниках и современных мировых тенденций энергетической оценки производства продукции.

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса, оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации.

Функциональные схемы являются основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса, оснащения объекта управления приборами и средствами автоматизации (в том числе средствами телемеханики и вычислительной техники).

Общие принципы разработки функциональных схем автоматизации:

- уровень автоматизации технологического процесса в каждый период времени должен определяться не только целесообразностью внедрения определенного комплекса технических средств, но и перспективой модернизации и развития технологических процессов. Необходимо сохранить возможность наращивания функций управления;
- при разработке функциональных и других схем автоматизации и выборе технических средств необходимо учитывать:
 - вид и характер технологического процесса, условия пожаро- и взрывоопасности, агрессивность и токсичность окружающей среды;
 - параметры и физико-химические свойства измеряемой среды;
 - расстояние от мест установки датчиков, вспомогательных устройств, исполнительных механизмов, приводов машин и запорных органов до пунктов управления и контроля;
 - необходимая точность и быстродействие средств автоматизации;
 - система автоматизации технологических процессов должна быть построена, как правило, на базе унифицированных средств автомати-

зации и вычислительной техники, выпускаемых серийно и характеризующихся простотой сопряжения, взаимозаменяемостью, удобством компоновки на щитах управления. Использование однотипной аппаратуры дает значительные преимущества при монтаже, наладке, эксплуатации, обеспечении запчастями и др.;

– в качестве локальных средств сбора и накопления первичной информации (автоматических датчиков), вторичных приборов, регулирующих и исполнительных устройств необходимо использовать преимущественно приборы и средства автоматизации государственной системы промышленных приборов или сертифицированные для использования на территории Беларуси;

– в случаях, когда функциональные схемы автоматизации не могут быть построенными на базе только серийного оборудования, в процессе проектирования выдаются соответствующие технические задачи на разработку новых средств автоматизации;

– выбор средств автоматизации, использующих вспомогательную энергию (электрическую, пневматическую и гидравлическую), определяется условиями пожаро- и взрывоопасности автоматизируемого объекта, агрессивности окружающей среды, требованиями к быстрдействию, удаленности передачи сигналов информации и управления;

– количество приборов, аппаратуры управления и сигнализации, устанавливаемой на оперативных щитах и пультах, должно быть ограничено. Избыточное количество аппаратуры усложняет эксплуатацию, отвлекает внимание обслуживающего персонала от наблюдения за основными приборами, определяющими течение технологического процесса, увеличивают стоимость установки и сроки монтажных и наладочных работ. Приборы и средства автоматизации вспомогательного назначения целесообразно размещать на отдельных щитах, которые располагаются в производственных помещениях вблизи технологического оборудования.

Определение типа привода исполнительных механизмов, автоматически или дистанционно управляющих регулируемыми и запорными органами технологического оборудования.

Размещение КТЗ автоматизации на щитах, пультах, технологическом оборудовании и трубопроводах и т. п., определение способов отображения информации о состоянии технологического процесса и оборудования.

На рис. 1 изображена функциональная схема автоматизации температуры воздуха в промышленном птичнике.

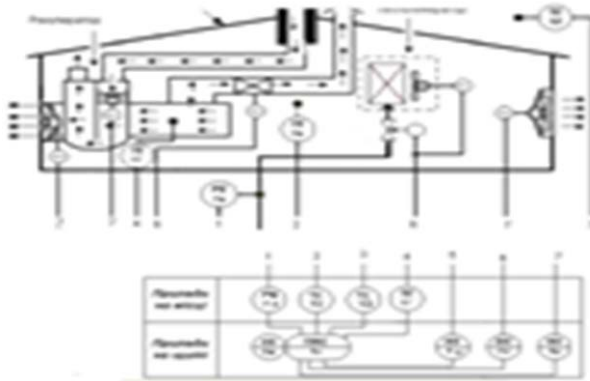


Рис. 1. Функциональная схема автоматизации температуры воздуха в промышленном птичнике

Система работает следующим образом. Вытяжные вентиляторы, вмонтированные в стены птичника, работают постоянно. При этом в помещении создается разрежение, благодаря чему через приточные шахты в середину птичника попадает воздух из окружающей среды, чем обеспечивается необходимый воздухообмен.

В зависимости от значения температуры в середине птичника (датчик температуры $T_э$ (1в)), автоматическое управляющее устройство ТИРС (1С) формирует сигналы управления исполнительными механизмами – магнитными пускателями NS (1У), которые включают теплогенераторы, и частотным преобразователем СЧ (1И), благодаря которому увеличивается или уменьшается скорость вращения вытяжных вентиляторов.

Если значение температуры в помещении больше необходимого значения, частотный преобразователь СЧ (1И) увеличивает скорость вращения вытяжных вентиляторов, увеличивая кратность вентиляции и уменьшая тем самым температуру в птичнике. Частотный преобразователь настроен таким образом, чтобы минимальная скорость вращения вентиляторов обеспечивала минимальную кратность воздухообмена, необходимую для нормальной жизнедеятельности птицы.

В зависимости какой температура воздуха в рекуператоре $T_э$ (1г) автоматическое управляющее устройство ТИРС (1С), формирует сигнал управления исполнительным механизмом магнитным пускателям NS (1н) который включает электропривод заслонки.

Если значение температуры в птичнике уменьшается ниже необходимого значения, автоматическое управляющее устройство формирует сигнал управления теплогенераторами.

Функционально-структурная схема САУ, соответствующая описанной выше функционально-технологической схеме, изображена на (рис. 2).

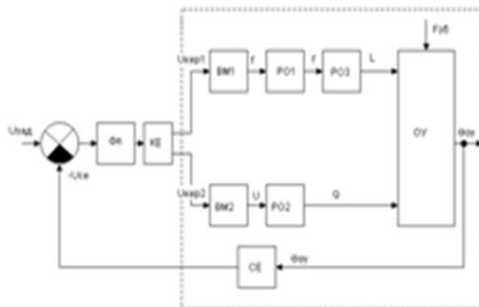


Рис. 2. Функционально-структурная схема САУ температурным режимом в промышленном птичнике

На функционально-структурной схеме имеются:

ФП-фиксатор нулевого порядка;

КЭ-управляющий элемент регулятора;

В М 1-частотный преобразователь;

РО1-электродвигатель привода вентилятора;

РО3-электродвигатель привода заслонки;

В м2-электромагнитный пускатель;

РО2-теплогенератор; у-объект управления (птичник);

СЭ-воспринимающий элемент (датчик температуры);

Uкэр1, Uкэр2 - напряжение управления;

Θоу-температура в птичнике;

СЭ-напряжение на выходе, соответствующее температуре Θоу.

Заключение. В результате выполнения исследований в направлении как объект управления температурным режимом, разработана математическая модель птичника как теплового объекта, из которой получена передаточная функция.

Для экономии энергоресурсов была разработана математическая модель рекуператора, которая показала свою эффективность.

Для реализации системы автоматического управления температурным режимом в птичнике предложены функционально-технологическая и функционально-структурная схемы САУ, обоснован выбор современного КТЗ автоматики, в частности выбрано промышленное устройство частотного регулирования серии с100/200, и разработана электрическая принципиальная схема системы управления на базе микроконтроллера ICP CON 8837, разработанное программное обеспечение. Предложен энергосберегающий алгоритм работы тепло-вентиляционного оборудования в зависимости от температуры окружающей среды.

При исследовании показателей качества работы САУ установлено, что система является устойчивой, время регулирования составляет 275 С. Расчет экономической эффективности показал, что внедрение разработанной системы является целесообразным, себестоимость продукции снизится на 4,76 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабаханов, Ю. М. Оборудование и пути снижения энергопотребления систем микроклимата / Ю. М. Бабаханов, Н. А. Степанова. – Москва: Россельхозиздат, 1986. – 232 с.
2. Бесекерский, В. А. Цифровые автоматические системы / В. А. Бесекерский. – Москва: Наука, 1976. – 567 с.
3. Бронфман, Л. И. Воздушный режим птицеводческих помещений / Л. И. Бронфман. – Москва: Россельхозиздат, 1974. – 144 с.
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. Изерман, Р. Цифровые системы управления / Р. Изерман. – Москва: Мир, 1984. – 541 с.
6. Измайлович, И. Б. Птицеводство / И. Б. Измайлович, Б. В. Балобин. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 342 с.
7. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.

Аннотация. Рассмотрены современные системы автоматического регулирования микроклимата на примере птичников.

Ключевые слова: птичник, техническое обеспечение, микроклимат, система автоматического регулирования.

Секция 4. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 631.432

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ БЛОКОВ ЦИЛИНДРОВ МЕТОДОМ РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ

И. И. ГАВРИЛОВ, ст. преподаватель
В. И. КОЦУБА, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Цилиндропоршневая группа является важнейшим рабочим элементом двигателя. По мере изнашивания цилиндропоршневой группы герметичность рабочего объема цилиндра становится недостаточной. Следствием этого являются затрудненный пуск (топливо не самовоспламеняется) и перебои в работе двигателя. Из-за повышенного прорыва газов уменьшается давление их на поршень, что приводит к снижению мощности двигателя [1–5].

Наиболее интенсивно цилиндр изнашивается в зоне остановки верхнего компрессионного кольца при положении поршня в ВМТ. Помимо этого, поверхность цилиндра изнашивается в плоскости вращения кривошипа вследствие контакта с юбкой поршня, в результате чего цилиндр становится овальным. На цилиндрах могут образовываться продольные царапины, вызванные попаданием с воздухом, топливом и моторным маслом частиц загрязнений и продуктов изнашивания деталей.

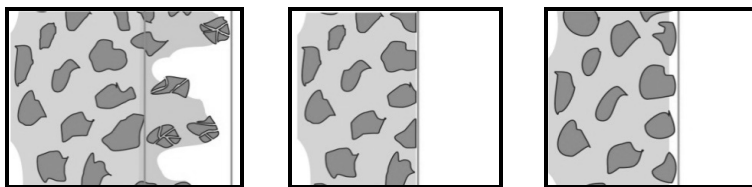
Цель работы – изучить особенности технологического процесса расточки и хонингования алюминиевых блоков цилиндров.

Материалы и методика исследований. Цилиндры восстанавливаются под ремонтные размеры, если у них отсутствуют трещины, сколы и скрытые дефекты. Восстановлению подлежат блоки цилиндров, полностью изготовленные из алюминиево-кремниевого сплава (ALUSIL) с большим содержанием кремния (например, AlSi17Cu4Mg) или изготовленные из сплава с меньшим содержанием кремния (например, AlSi9Cu3) и локально обогащенные кремнием (LOKASIL).

Алюминиевые гильзы, имеющие покрытие из нитрида титана, никеля, железа или упрочненные посредством лазерного легирования, восстановлению путем расточки под ремонтный размер не подлежат.

Результаты исследований и их обсуждение. Обработка алюминиевых блоков цилиндров отличается от обработки блоков цилиндров из

серого чугуна. На рис. 1 представлены технологические операции обработки алюминиевых блоков цилиндров.



а
б
в
Рис. 1. Порядок обработки алюминиевых блоков цилиндров:
а – расточка; б – хонингование; в – раскрытие кремниевых зерен

Расточка цилиндров блока выполняется на вертикально-расточных станках. Чтобы уменьшить степень разрушения кристаллов кремния в стенке цилиндров, их расточку следует производить алмазными резцами. Резцы с твердосплавными пластинами при расточке цилиндров из алюминиево-кремниевого сплава применять нельзя, так как они при резании кристаллов кремния быстро изнашиваются, в результате чего значительно возрастает степень разрушения кристаллов кремния.

Из-за более высокого давления резания повреждаются кристаллы, лежащие не только на наружной поверхности (рис. 1, а), но и в глубине металла. Эти кристаллы кремния в дальнейшем выламываются при хонинговании цилиндров или в процессе эксплуатации, что приводит к абразивному износу поршня и рабочей поверхности цилиндра.

При расточке алюминиевых блоков необходимо избегать их чрезмерного нагрева для исключения термических деформаций. Соседние отверстия цилиндров следует растачивать только тогда, когда блок цилиндров остынет. Кроме того, при растачивании рекомендуется применение смазочно-охлаждающей жидкости. Замер диаметров цилиндров также производится только после их охлаждения до температуры воздуха в помещении.

Хонингование алюминиевых блоков цилиндров также имеет свои особенности. Шероховатость поверхности у цилиндров с алюминиево-кремниевой рабочей поверхностью не зависит от величины зерна применяемых абразивных брусков и глубины рисков. Для алюминиевых цилиндров шероховатость поверхности определяется главным образом размером зерна кристаллов кремния и глубины их раскрытия (рис. 2). Кристаллы кремния образуют возвышения, по которым скользят поршни и поршневые кольца.

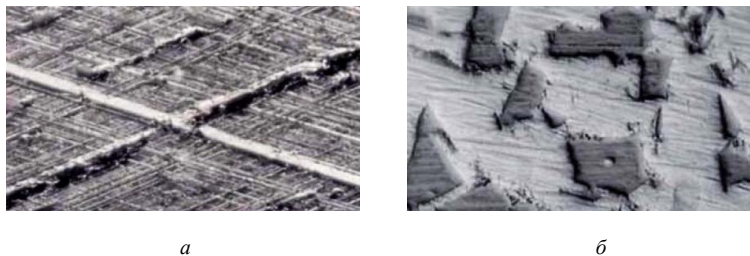


Рис. 2. Внешний вид рабочей поверхности чугунных (а) и алюминиевых (б) цилиндров

Хонингование алюминиевых цилиндров производится при более высокой частоте вращения шпинделя и более медленном перемещении хона по длине цилиндра. В результате получаются более пологие углы (15–20°). Кроме того, прилагаемое к хонинговальным брускам давление должно быть намного ниже, чем при хонинговании цилиндров из серого чугуна, так как стенка цилиндра под высоким давлением может деформироваться и нарушится геометрия отверстия.

Для хонингования алюминиевых цилиндров, следует применять только алмазные хонинговальные абразивные бруски с пластмассовой связкой. Твердость алмазов обеспечивает резание кремниевых зерен, а пластмассовая связка – самозатачиваемость алмазных брусков. В процессе хонингования необходимо следить за тем, чтобы кристаллы кремния резались чисто и не вырывались из внутренней поверхности.

Раскрытие кремниевых зерен осуществляется травлением, обработкой войлочными брусками с абразивной пастой, а также механической обработкой пористыми брусками (рис. 3).

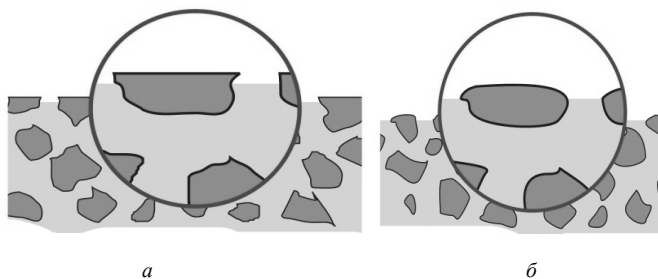


Рис. 3. Результаты раскрытия кремниевых зерен травлением (а) и механической обработкой (б)

При раскрытии травлением алюминий вытравляется 10–20 % едким натром. Однако при раскрытии травлением образующиеся в процессе хонингования острые края кристаллов кремния остаются острыми, что при приработке ведет к повышенному износу поршневых колец (рис. 3, *а*).

Раскрытие войлочными брусками с абразивной пастой требует последующей очистки блока цилиндров от остатков притирочной пасты, которая может привести к износу двигателя.

При механическом раскрытии алюминий удаляется с помощью высокопористых брусков со связкой из искусственной смолы и абразивными зёрнами из корунда. Благодаря пористой структуре и эластичности связки бруски мягкие, они проминаются под выступающими из стенки цилиндра кристаллами кремния, а алюминий между кристаллами снимается. При механическом раскрытии острые края кристаллов кремния дополнительно округляются (рис. 3, *б*), что способствует уменьшению износа поршневых колец.

Заключение. Восстановление алюминиевых блоков цилиндров методом ремонтных размеров кроме расточки и хонингования включает операцию по раскрытию кремниевых зёрен. Механическое раскрытие с помощью высокопористых брусков позволяет скруглить острые края кристаллов кремния, образующиеся в процессе хонингования, что способствует уменьшению износа поршневых колец.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коцуба, В. И. Анализ методов диагностирования цилиндропоршневой группы автотракторных двигателей / В. И. Коцуба, Е. В. Сулима // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2020. – № 1. – С. 113–119.
2. Астапенко, И. М. Анализ неисправностей цилиндропоршневой группы и метод их диагностирования / И. М. Астапенко, Е. В. Сулима // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 232–235.
3. Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники. Расточка и доводка цилиндров автотракторных двигателей / В. А. Хитрюк, В. И. Коцуба, С. Н. Ничипорук. – Горки: БГСХА, 2018. – 36 с.
4. Особенности ремонта алюминиевых блоков цилиндров двигателей / В. И. Коцуба, Е. В. Сулима // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2023. – № 1. – С. 244–251.
5. Ремонт алюминиевых блоков цилиндров. – Neckarsulm: MSI Motor Service International GmbH, 2006. – 100 с.

Аннотация. Приведены особенности технологических операций расточки и хонингования алюминиевых блоков цилиндров двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: цилиндропоршневая группа, двигатель внутреннего сгорания, износ, восстановление, расточка, хонингование.

ВЫБОР ЭФФЕКТИВНОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В. С. МИРОНОВ, магистрант
В. И. КОЦУБА, канд. техн. наук, доцент
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Автоматизация в автомобилестроении становится неотъемлемой частью, с течением времени неуклонно расширяется и, как следствие, современные автомобили с каждым днем все более и более совершенствуются, как в конструкционном плане, так и в плане насыщенности их различным электрооборудованием, представляющим собой автоматизированные электронные системы, оснащенные программным обеспечением для реализации умной мобильности [1].

По сути, сегодняшний автомобиль – это высокотехнологичная машина, точнее система, состоящая из множества элементов, каждый из которых представляет свою собственную систему. Исходя из этого, необходимо корректировать, изыскивать новые методы и подходы к техническому обслуживанию, а в частности диагностики технического состояния автомобиля, для того чтобы в течение эксплуатации авто-владелец не нес чрезмерные убытки, связанные с устранением возникших отказов.

Основная часть. Для определения технического состояния деталей и узлов электрооборудования разработан и использован на практике ряд методов [2]:

1. Методы комплексно-тестовой оценки технического состояния, для которых характерны: диагностические испытания; применение множества датчиков для измерения параметров двигателя; анализ характеристик работы двигателя, установление дефектов, прогноз технического состояния; использование информационных технологий для расчета.

2. Функциональные методы контроля, предполагают выявление дефектов в процессе работы двигателя, что является их существенным преимуществом, но недостаток их практического применения – зависимость от изменения параметров в момент нагрузки и трудности их учета.

3. Методы контроля отдельных узлов двигателя. Необходима разборка аппарата, а, следовательно, процесс сопровождается затратами, как временными, так и трудовыми. Эти методы не могут являться основанием для ремонта двигателей по фактическому состоянию.

Анализ используемых способов наблюдения технического состояния электронной системы управления двигателем позволяет сделать вывод о том, что на сегодняшний день не существует общепринятых методов, которые можно применять для эксплуатационного контроля технического состояния.

Инспекционный контроль при проведении технического обслуживания не должен требовать больших затрат времени и ресурсов, но должен соответствовать следующим условиям:

- осуществляться с использованием динамических свойств двигателя;
- вестись по обобщенному диагностическому параметру;
- давать не только общую оценку технического состояния, но и собирать, обрабатывать данные для примерного прогнозирования технического состояния до следующего технического обслуживания (ТО).

Эксплуатация и обслуживание современного электрооборудования – сложной системы, отвечающей за работу узлов и агрегатов требует эффективной системы диагностики в работающем состоянии, сегодня традиционный контроль в отключенном состоянии неэффективен.

Дороговизна машин и оборудования, которые на сегодняшний день оснащены сложными электронными узлами (блоками), требует от диагностики своевременного выявления дефекта. Для исключения отказов, приводящих к сложным и высоким по стоимости ремонтам, необходимо разработать методы и средства контроля техсостояния двигателя в рабочем режиме. Эта задача усложняется определением специфических параметров, с помощью которых можно получить информацию о техническом состоянии при различных нагрузках и параметрах качества электроснабжения электронного блока управления (ЭБУ).

Таким образом, следует рационально применять различный подход к контролю в зависимости от групп, марок, режимов работы машин и тому подобное. В настоящее время наиболее прогрессивной формой организации диагностирования является регулярная оценка технического состояния двигателя в рабочем режиме с последующей передачей его, для предупреждения серьезного отказа – в специализированные предприятия. Для контроля технического состояния двигателя в

рабочем режиме можно комплексно анализировать электрические параметры его работы с помощью диагностического прибора, который позволит получить значения электрических и механических параметров через определенные интервалы времени, при различных режимах работы. Обработанный результат может быть представлен в графической форме. Все это создает возможность оперативного управления процессом [2].

На современном этапе автопроизводителями большое внимание уделяется электронной системе управления двигателем (ЭСУД), вследствие того, что уменьшение расхода топлива с обеспечением достаточной мощности двигателя, а также соблюдение экологических требований обеспечивается одновременно за счет правильного и по времени точного дозирования и полного сжигания топлива при любых режимах работы двигателя [3].

ЭСУД постоянно автоматизируется, число ее параметров растет, модернизируются алгоритмы управления работой двигателя. Каждый узел и система двигателя и автомобиля в целом, также, как и в ЭСУД, может отказать в течение длительной эксплуатации. Этому способствуют: нарушение регулировок в узлах, выход из строя разъемов и самих датчиков, сгорание проводки, предохранителей, что влияет на изменение в худшую сторону показателей работы двигателя и в случае их несвоевременного обнаружения к полному отказу работы ЭСУД. В данный момент, следствием отсутствия оптимальных режимов ТО ЭСУД, является снижения надежности при эксплуатации и увеличение затрат на поддержание в работоспособном состоянии этих конструкционно сложных систем.

Соблюдение требований к условиям использования электронных элементов – это залог безотказности ЭСУД. Электронные компоненты также требуется поддерживать в рабочем состоянии. Необходимо, чтобы следы коррозии отсутствовали на разъемах датчиков, для обеспечения подачи импульсов к электронному блоку управления (ЭБУ) без ошибок, проводка должна содержаться в сухом и чистом виде.

Ряд изменений работоспособности двигателей и системных регулировок приводят к отказам, и часто неверно принимаются за отказ одного из элементов системы управления. Причиной может являться снижение давления в конце сжатия, переизбыток воздуха, наличие препятствий в системе выпуска, некачественное топливо в системе, система изменения фаз газораспределения, несоблюдение периодичности производства ТО [1]. Для определения технического состояния ЭСУД разработана методика диагностирования, предполагающая

определенную последовательность операций, позволяющих своевременно обнаружить и предотвратить отказы в электронной системе [4].

1. Из памяти ЭБУ считываются коды отказов с помощью специального диагностического оборудования, представляющего собой прибор-сканер [5], который подключается к разъему ЭБУ, позволяющему провести диагностику. Считав коды с ЭБУ, работник, исходя из собственного опыта и соответствующих инструкций, определяет части ЭСУД, в которых с большой вероятностью произошел отказ.

2. Для получения достоверной информации о следствиях возникновения неисправности необходимо посредством сканера контролировать меняющиеся значения параметров при запущенном двигателе и сопоставлять их с номинальными значениями.

3. Полученная информация позволяет диагносту, используя техническое руководство, определить неисправный элемент.

4. Проводятся контрольные тесты для проверки вероятно неисправного элемента посредством диагностического сканера.

5. Иногда для уточнения возникает необходимость проверки электропитания, чтобы убедиться в целостности проводки, отсутствии механических повреждений и т. п. Также может возникнуть потребность в проверке отсутствия разрушения металла в электросоединениях, электропроводке и питании датчика. Современные системы управления двигателем состоят из элементов, неисправность которых определяется только путем замены на исправный элемент, так как их диагностика затруднена.

6. В случае возникновения отказа из-за работы ЭБУ и отсутствия возможности считывания неисправностей из памяти ЭБУ, требуется проверить электропитание, проводку и разъем подключения оборудования с целью диагностирования исправности используемого для диагностики оборудования.

Из практики известно, что системы, позволяющие произвести самодиагностику в автомобилях, требуют модернизации и совершенства, а это слишком затратное для автопроизводителя мероприятие, которое непременно отразится на рыночной стоимости автомобиля [6].

Для того, чтобы избежать отказов, сопровождающихся значительными капитальными вложениями для их устранения, необходимо решать вопросы развития диагностирования и прогноза вероятности отказа ЭСУД. Применение эффективной методики диагностики составных элементов ЭСУД на предприятиях по техническому обслуживанию и ремонту автомобильного транспорта снижает трудоемкость работ по диагностике отказов, соответственно позволяет сократить время

оказания услуги клиенту и снижает себестоимость работ по ТО и ремонту автотранспортных средств.

Заключение. Таким образом, в современных условиях повсеместной автоматизации технологических процессов, в том числе и в автомобилестроении, изменяется основной принцип диагностирования и развития системы контроля. Сегодня его можно трактовать, как переход от наблюдения отдельных характеристик двигателей и агрегатов к мониторингу их состояния на протяжении всего срока эксплуатации. При выборе метода диагностирования следует уделять внимание возможности определения признаков, позволяющих установить диагностические параметры для конкретных механизмов и их связь с отказами в конструкциях узлов, систем и агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Книсс, М. Ю. Перспективы автомобильного транспорта будущего // Транспортные и транспортно-технологические системы / М. Ю. Книсс. – Тюмень, 2019. – С. 146–149.
2. Русан, В. И. К обоснованию методов диагностирования технического состояния электродвигателей / В. И. Русан // Белорусский промышленно-инвестиционный форум; Институт энергетики АПК НАН Беларуси. – Минск, 2020.
3. Шуваева, И. М. Снижение расхода топлива автомобилями в зимний период путем оптимизации режима прогрева и совершенствования норм: дис. ... канд. техн. наук / И. М. Шуваев. – Москва, 2005. – 182 с.
4. Баженов, Ю. В. Диагностирование электронных систем управление двигателем / Ю. В. Баженов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8–1. – С. 18–23.
5. Сургутсков, К. Н. Проблемы компьютерной диагностики современных автомобильных двигателей / К. Н. Сургутский // Инженерный вестник Дона. – 2019. – № 1.
6. Лупиченко, Д. В. Анализ оборудования для диагностирования топливной аппаратуры Common Rail / Д. В. Лупиченко, В. И. Коцуба // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 132–134.

Аннотация. В современных условиях как предприятия, так и индивидуальные владельцы автомобилей заинтересованы в уменьшении затрат времени и средств, связанных с содержанием и эксплуатацией автомобиля, поэтому возникает необходимость совершенствования подходов к техническому обслуживанию сложных электронных автоматизированных систем автомобиля, а в частности методики диагностики их технического состояния.

Ключевые слова: диагностика, методика, электронная система управления двигателем, техническое обслуживание, электронный блок управления, двигатель, автомобиль.

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

С. Н. НИЧИПОРУК, ст. преподаватель

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

Введение. Рассматривая гидропривод строительных, дорожных и сельскохозяйственных машин с точки зрения теории надежности как систему взаимодействующих элементов, необходимо выделить рабочую жидкость как составной элемент гидравлического привода, влияющий на надежность всего гидрооборудования. В качестве рабочих жидкостей в гидроприводах в основном применяют масла нефтяного происхождения.

Вода в рабочей жидкости гидропривода транспортно-технологических машин наносит существенный вред работе узлов и деталей гидроагрегатов, особенно в условиях эксплуатации, когда колебание температур достигает значительных значений [1]. Ухудшается смазывающая способность рабочей жидкости, повышаются энергетические затраты на передачу усилия и крутящего момента на исполнительные механизмы гидропривода, усиливается коррозионная активность масел, активизируется окисление углеводородов, интенсивнее образуются в масле кислоты и щелочи, снижается действие присадок в масле.

Теоретическое исследование.

Вода попадает в гидросистему:

- вследствие конденсационных процессов в полостях гидробаков при изменениях температуры окружающего воздуха [2];
- вместе со свежим гидравлическим маслом, при нарушении технологии хранения.

Как показывают исследования, интенсивность изнашивания трущихся поверхностей деталей в масляной среде повышается в присутствии эмульсионной воды. В практике эксплуатации машин в транспортном комплексе попадание воды в масло является обычным явлением [3]. Вода значительно снижает долговечность, например, шариков подшипников качения из стали ШХ-15, причем время до выкрашивания металла сокращается с увеличением концентрации воды в масле. Температура масла при эксплуатации машин отличается от температуры воздуха, а перепад температуры влияет на изменение

концентрации воды в масле. При резком понижении температуры вода из масла не успевает перейти в воздух и выделяется в виде микрокапель, образуя свободную воду, которая находится в равновесии с растворимой в нем водой.

Попадающая в гидросистему вода частично растворяется в рабочей жидкости, а оставшаяся часть может образовывать с маслом эмульсию или выпадать в осадок. Степень обводненности зависит от концентрации водяных паров в воздухе, с которым контактирует рабочая жидкость, и перепада температур жидкости и окружающей среды.

При понижении температуры в рабочей жидкости могут образовываться кристаллы льда, из-за изменения растворимости воды в масле и конденсации воды на поверхности масла, остающиеся вследствие малой плотности во взвешенном состоянии и забивающие фильтры, дроссели, клапаны и другие агрегаты гидравлических систем [4].

В нефтяных маслах влага может существовать в разных видах. Некоторое количество влаги растворено в масле и ее количество может значительно меняться в зависимости от внешних условий и наличия присадок. Также влага может находиться в масле в состоянии эмульсии, дисперсность и стабильность которой зависят от физико-химических свойств масла. Эмульгированная вода может частично переходить в растворенную и обратно при изменении температуры и давления. С течением времени часть эмульгированной влаги может отстояться и выпасть в осадок. Кроме того, вода в масле может быть в химически связанном состоянии, то есть вступать в химические реакции с компонентами масла. При недостаточной гидролитической стабильности составляющих масла вода может вступать с ним в иные реакции, сопровождающиеся образованием кислот, щелочей и других веществ, способных существенно ухудшать свойства масла.

Под воздействием воды ухудшаются смазывающие свойства масла (особенно у масел, содержащих присадки) [4, 5]. При образовании стабильной водомасляной эмульсии микрокапли воды в смазывающем слое масла отрицательно влияют на процесс смазывания. В теплонапряженных узлах вода может испаряться; при этом происходят разрывы масляной пленки между трущимися поверхностями, а также проявляются кавитационные явления. Ухудшение смазывания повышает износ смазываемых деталей.

Наличие воды приводит к усилению коррозионного воздействия масел на металлы, в том числе на цветные (медь, свинец); это объясняется повышением активности низкомолекулярных кислот, содержа-

щихся в масле, в присутствии влаги. В присутствии воды значительно активнее протекают процессы окисления углеводов, что приводит к образованию твердых частиц, которые ускоряют забивание маслоочистительных устройств (в первую очередь фильтров тонкой очистки), а также других агрегатов масляных систем. В результате окислительных процессов вследствие образования органических кислот при химическом взаимодействии углеводов базового масла с водой повышается его кислотность.

В присутствии воды резко возрастает коррозионная агрессивность содержащихся в масле химически активных веществ, в первую очередь низкомолекулярных органических кислот [6]. В обезвоженном масле указанные кислоты не представляют большой опасности, но появление даже следов воды в масле увеличивает скорость коррозии под влиянием этих кислот более чем в 20 раз.

Образование микрокапель воды возможно при потеплении воздуха. В этом случае масло имеет более низкую температуру, и водяные пары конденсируются на его поверхности, а затем проникают в глубь нефтепродукта. При охлаждении гидравлического масла, насыщенного водой с 50 до 20 °С, в нем образуются микрокапли воды со средним диаметром 0,6–0,7 мкм. С течением времени они укрупняются и постепенно осаждаются на дне резервуаров, образуя отстойную воду.

Присутствие воды в маслах приводит к ухудшению их смазывающей способности, к усилению коррозионного воздействия масел на металлы, к активации процессов окисления входящих в состав углеводов, к усилению водородного разрушения поверхностных слоев трущихся сопряжений. Практически все трущиеся поверхности деталей из стали, чугуна, титана и других металлических материалов имеют повышенное содержание водорода, а это рано или поздно сказывается, особенно во влажном и холодном климате.

Микрокапли воды в смазывающем слое масла отрицательно влияют на процесс трения между сопряженными поверхностями. Разрыв масляной пленки особенно ярко проявляется в теплонапряженных узлах, вода может испаряться, вызывая сухое трение между поверхностями деталей, резко ухудшая противоизносные свойства масел [7].

Снижение вязкости масла способствует повышенному выкрашиванию рабочей части зубьев шестерен, так как водомасляная эмульсия с понижением вязкости легче проникает в микротрещины, имеющиеся на поверхностях трения, и разрушает материал зубьев, действуя как гидравлический клин.

Способность воды к проникновению в микротрещины объясняется меньшими величинами ее молекул по сравнению с углеводородами.

Уменьшить интенсивность изнашивания, снизить силу трения в зоне контакта деталей гидрооборудования можно за счет применения более совершенных конструкций фильтроэлементов, строгого выполнения технико-эксплуатационных требований и оптимизации температуры рабочей жидкости.

Поддерживая рабочую температуру масла в оптимальном диапазоне (+40...+60 °С), можно существенно снизить вероятность возникновения отказов и неисправностей гидрооборудования.

Одним из важнейших свойств, определяющим эксплуатационные свойства рабочих жидкостей, является их кинематическая вязкость.

Вязкость рабочей жидкости – это свойство оказывать сопротивление перемещению одних слоев жидкости относительно других, то есть вязкость – это силы внутреннего трения. Уровень вязкости оказывает непосредственное влияние на рабочие процессы, происходящие в гидрооборудовании, и зависит от теплового режима гидропривода. С повышением температуры рабочей жидкости ее вязкость уменьшается в соответствии с ее вязкостно-температурными свойствами. При этом гидромеханические потери уменьшаются, а объемные потери существенно возрастают вследствие увеличения утечек жидкости главным образом в подвижных соединениях деталей гидрооборудования. Снижение объемного коэффициента полезного действия (КПД) оборудования приводит к уменьшению скорости исполнительных механизмов машины и нарушению синхронности их работы [5].

При достижении температуры рабочей жидкости порога допустимых значений (более 75–85 °С) наружные утечки возрастают, внутренние перетечки рабочей жидкости в шестеренных гидронасосах резко увеличиваются, нарушается надежность смазки сопряженных поверхностей деталей, жидкостное трение заменяется граничным или полусухим. В этих условиях возникают: непосредственный контакт взаимно перемещающихся поверхностей трения, локальный перегрев, интенсивный износ и даже схватывание сопряженных деталей, что приводит к частичной или полной потере работоспособности гидравлического оборудования. Кроме того, резко активизируются процессы окисления рабочей жидкости, которые сопровождаются образованием смолистых соединений, вызывающих частичную или полную закупорку проходных каналов и дроссельных щелей, нарушающие нормальную работу гидропривода. Дальнейшее повышение температуры рабо-

чей жидкости может привести к повреждению или отказу работы гидрооборудования [5].

Увеличение вязкости рабочей жидкости приводит к повышению гидромеханических потерь и снижению давления в магистральных трубопроводах.

Снижение давления приводит к уменьшению усилий и моментов на штоках гидроцилиндров и валах гидромоторов. Таким образом, снижается общий КПД гидропривода.

Увеличение вязкости вызывает повышение инерционности гидропередачи. Имеются данные, согласно которым время срабатывания гидравлических устройств при низких температурах возрастает в 1,5–2,0 раза. Повышение инерционности гидропривода увеличивает продолжительность рабочего цикла, в результате которого сокращается эксплуатационная производительность техники [8].

На основе проведенных исследований было установлено:

1. Вязкость гетерогенных систем, состоящих из рабочей жидкости и эмульгированной воды, увеличивается при повышении содержания воды.

2. Характер влияния содержания воды на кинематическую вязкость гидравлических масел ВМГЗ, произведенных разными компаниями, зависит от состава базового масла и пакета присадок.

3. Наличие воды в рабочей жидкости вызывает осадкообразование, способное затруднить работу гидропривода строительных и дорожных машин [2].

Также наличие воды в масле влияет на коэффициент трения, причем с увеличением концентрации воды в масле в исследованных пределах (0–10 %) в принятых условиях увеличивается примерно в два раза и коэффициент трения. При наличии воды в масле около 8 % коэффициент трения приближается к значению сухого трения, т. е. обводненное масло теряет свою основную функцию [9–11].

Заключение. Наличие воды в гидравлических рабочих жидкостях оказывает негативное влияние на их эксплуатационные свойства. Представляют интерес дальнейшие исследования по данной тематике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рылякин, Е. Г. Влияние воды на свойства гидравлических рабочих жидкостей / Е. Г. Рылякин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2014. – № 2 (10). – С. 195–198.

2. Корнеев, С. В. Влияние содержания воды на вязкостные свойства гидравлического масла МГ-15В (ВМГЗ) / С. В. Корнеев, Н. В. Дорошенко,

А. М. Кавыев // Транспорт. Транспортные и технологические машины. – Омск: Вестн. СибАДИ, 2009. – С. 27–32.

3. Рылякин, Е. Г. Повышение работоспособности тракторных гидросистем терморегулированием рабочей жидкости / Е. Г. Рылякин. – Пенза, 2007. – 149 с.

4. Коваленко, В. П. Загрязнения и очистка нефтяных масел / В. П. Коваленко. – Москва: Химия, 1978. – 302 с.

5. Васильченко, В. А. Гидравлический привод строительных дорожных машин / В. А. Васильченко, Ф. М. Беркович. – Москва: Стройиздат, 1978. – 165 с.

6. Диев, А. Е. Совершенствование технического обслуживания и ремонта гидропривода экскаваторов в условиях Севера / А. Е. Диев. – Омск, 1990. – 128 с.

7. Рылякин, Е. Г. Изменение надежности гидроагрегатов мобильных машин / Е. Г. Рылякин // Materiały X Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Kluczowe aspekty naukowej działalności – 2014», vol. 20. Techniczne nauki // Przemysł. Nauka i studia. – 2014. – S. 57–60.

8. Зорин, В. А. Повышение долговечности дорожно-строительных машин путем совершенствования системы технического обслуживания и ремонта / В. А. Зорин. – Москва, 1998. – 273 с.

9. Коцуба, В. И. Влияние обводненности нефтяных масел на их эксплуатационные показатели / В. И. Коцуба, С. Н. Ничипорук // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 114–119.

10. Лаврухин, А. К. Система очистки масла паропоршневого двигателя от воды / А. К. Лаврухин // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. – 2012. – Т. 1. – С. 247–249.

11. Ничипорук, С. Н. Влияние содержания воды на смывающую способность нефтяных масел / С. Н. Ничипорук // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 240–243.

Аннотация. Рассматривается процесс насыщения рабочих жидкостей гидропривода транспортно-технологических машин водой в эксплуатационных условиях. Рассмотрены вопросы влияния обводненности на эксплуатационные свойства гидравлических рабочих жидкостей. Перечисляются основные неисправности деталей и узлов гидроагрегатов, вызванные наличием воды в масле. Рассмотрено влияние воды на вязкостные свойства и смазывающую способность рабочих гидравлических жидкостей.

Ключевые слова: гидропривод, вода, загрязнения, транспортно-технологические машины, температурные условия, влага, гидравлические жидкости, рабочие жидкости, гидравлическое оборудование, вязкость, нефтяное масло, обводненность масла, вязкость, коэффициент трения.

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ОБЩЕИНЖЕНЕРНЫХ ДИСЦИПЛИН

М. Л. ПАРХОМЕНКО, канд. техн. наук, доцент
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент
В. В. АМЕЛИЧЕВ, ассистент

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

Введение. В образовательном процессе учреждений образований, где обучают студентов инженерного профиля, точные науки являются приоритетными базовыми дисциплинами. Знание физических явлений и фундаментальных законов, объясняющих эти явления, создает не только фундаментальную базу для освоения в дальнейшем дисциплин прикладного характера, но и формирует у будущих инженеров умение мыслить.

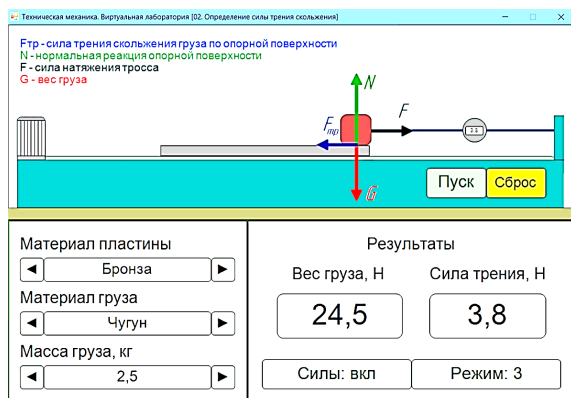
В последние годы с развитием информационных технологий возникла необходимость внедрения современных технологий в процесс обучения [1].

При выполнении лабораторных работ не всегда возможно использовать традиционные способы и методы проведения экспериментов. Например, в связи с невозможностью приобретения дорогостоящего оборудования. Внедрение информационных технологий способствует устранить эту проблему с помощью применения виртуальных лабораторий.

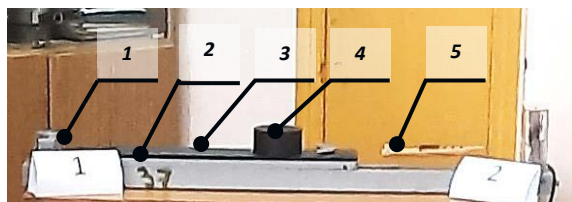
Основная часть. Виртуальная лаборатория представляет собой программу или комплекс программ, позволяющих проводить опыты без непосредственного контакта с реальной установкой или при полном ее отсутствии [2]. К их достоинствам можно отнести возможность использования в дистанционном обучении, когда отсутствует возможность работы в лабораториях учреждения образования; возможность проведения повторного эксперимента, что позволяет сократить время на подготовку установки и затраты ресурсов. Использование персонального компьютера упрощает контроль не только за ходом выполнением работы, но и за подготовкой обучающегося к проведению конкретной лабораторной работы [3].

При изучении общинженерных дисциплин предлагаем использовать виртуальные лаборатории «Определение силы трения скольжения» и «Испытание стального образца на растяжение». Программу

«Определение силы трения скольжения» (рис. 1, *a*) можно использовать на лекционных занятиях при изучении темы «Трение» по дисциплине «Теоретическая механика». Здесь показаны направления действия сил, возникающие при включении виртуальной лабораторной установки, а также видеть, как будут меняться значения силы трения в зависимости от материала пластины и груза. Эта программа позволяет моделировать на компьютере процесс проведения опыта по определению силы трения скольжения груза по горизонтальной поверхности на измерительной установке аналогичной ТММ-32А (рис. 1, *б*) или ПМП-1.



a



б

Рис. 1. Интерфейс виртуальной лаборатории «Определение силы трения скольжения» (*a*) и лабораторная установка по измерению силы трения ТММ-32А (*б*)

Работа данной установки осуществляется следующим образом. Электродвигатель 1 приводит в движение каретку 2 с установленной плитой 3. При движении каретки 2 влево образец с грузом 4 стремится сдвинуться вместе с кареткой и натягивает тягу с динамометром 5.

В результате образец скользит по плите. Усилие, удерживающее образец, будет силой трения [4].

Для проведения опыта после запуска виртуальной лаборатории необходимо выбрать материал пластины, материала и массы груза. В данной программе заложены следующие материалы груза и пластины: сталь, чугун и бронза. При выборе массы груза программа автоматически определяет вес груза в Ньютонах. Груз можно принять массой от 1 до 5 кг. Для определения силы трения, который будет показан в соответствующем индикаторе, необходимо нажать на кнопку «ПУСК» на измерительной установке. Результаты опытов сводятся в табл. 1. Для повторения опыта необходимо нажать кнопку «СБРОС».

Таблица 1. Результаты опытов

№ п/п	Материал пластины	Материал груза	Вес груза G , Н	Сила трения $F_{тр}$, Н		Коэффициент трения $f_{факт}$
				Каждого замера	Среднее значение	

По полученным результатам определяется коэффициент трения скольжения как отношение силы трения скольжения к весу груза, после чего сравниваются полученные результаты со справочными.

Программу «Испытание стального образца на растяжение» (рис. 2) можно использовать на лабораторных занятиях по дисциплине «Материаловедение и технология конструкционных материалов» при выполнении лабораторной работы «Свойства материалов», но как дополнение к испытаниям на реальной разрывной машине. Данная программа позволяет моделировать процесс растяжение стального образца ГОСТ 1497-84 в зоне пропорциональности при нагрузке до 15 кН, т. е. в той зоне, где для материала справедлив закон Гука. В программе изображена разрывная машина, которая работает по принципу гидравлического пресса, по давлению в цилиндре которой определяют растягивающую силу, а смещение поршня – изменение размера образца.

Для проведения опыта после запуска программы необходимо выбрать тип и номер образца в верхнем правом окне, иначе программа будет выдавать ошибку. После этого необходимо включить разрывную машину и измеритель деформации с помощью кнопок «СЕТЬ». Для управления измерителя деформации используются кнопки пере-

ключения для отображения на экране значений продольной деформации «КАНАЛ 1» и поперечной «КАНАЛ 2» в десятитысячных долях миллиметра. Для управления разрывной машины используются кнопки «НАГР ▲», «НАГР ▼» и «СТОП», что соответствуют созданию увеличения, уменьшения нагрузки и остановки машины.

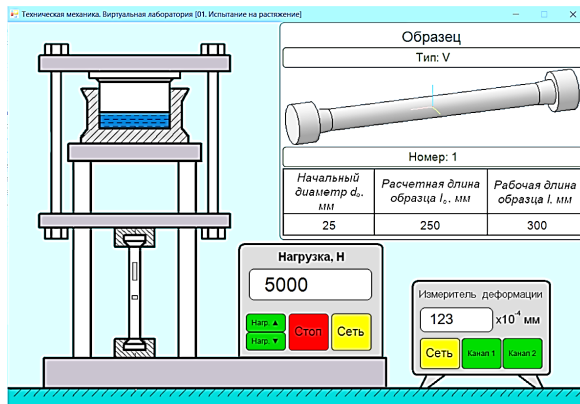


Рис. 2. Интерфейс виртуальной лаборатории «Испытание стального образца на растяжение»

Данную виртуальную лабораторию можно использовать на учебных занятиях по дисциплине «Механика материалов». Например, для определения модуля продольной упругости E и коэффициента Пуассона ν . Их значения можно определить по формулам

$$E = \frac{Fl_o}{\Delta l A}, \quad (1)$$

$$\nu = \frac{\Delta d l_o}{d_o \Delta l}, \quad (2)$$

где F – нагрузка, действующая на опытный образец, Н;
 l_o – расчетная длина опытного образца, мм;
 Δl – продольная деформация опытного образца, мм;
 A – площадь поперечного сечения опытного образца, мм²;
 Δd – поперечная деформация опытного образца, мм;
 d_o – начальный диаметр поперечного сечения опытного образца, мм [5].
 После получения результатов опытов данные вносятся в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний образца на растяжение

Образец		Размеры до испытания, мм		Нагрузка F , Н	Изменение размеров после испытаний, мм		Модуль продольной упругости E , МПа	Коэффициент Пуассона ν
Тип	Номер	d_0	l_0		Δd	Δl		
Среднее значение								

Заключение. Стоит отметить, что любой эксперимент нельзя полностью заменить компьютерным, так как нельзя полностью передать исследуемое физическое явление, что приводит к недопониманию студентами практической направленности лабораторных работ. Кроме этого, происходит отсутствие навыка по работе с реальной установкой, измерительными инструментами и приборами [6]. Поэтому виртуальные лаборатории должны дополнять традиционные, а не заменять их.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рамазанова, Г. Г. Преимущества и недостатки использования виртуальных лабораторных работ по физике // Проблемы и перспективы информатизации физико-математического образования / Г. Г. Рамазанова. – Елабуга, 2016. – С. 110–112.
2. Трухин, А. В. Виды виртуальных компьютерных лабораторий / А. В. Трухин // Открытое и дистанционное образование. – 2003. – № 3 (11). – С. 12–21.
3. Дубровин, В. С. Роль виртуальных лабораторных работ в повышении качества подготовки бакалавров по направлению подготовки «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» / В. С. Дубровин, В. В. Никулин // Интеграция образования. – 2014. – № 1. – С. 109–115.
4. Соколовская, В. П. Техническая механика. Лабораторный практикум: пособие / В. П. Соколовская. – Минск: Выш. шк., 2010. – 270 с.
5. Эрдеди, А. А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов / А. А. Эрдеди, Н. А. Эрдеди. – 8-е изд., стер. – Москва: ИЦ «Академия», 2007. – 320 с.
6. Другомилова, О. В. Проблемы применения виртуальных лабораторий в образовательном процессе при подготовке специалистов инженерного профиля / О. В. Другомилова // Молодежь и инновации-2020. – Горки: БГСХА, 2021. – Ч. 2. – С. 72–74.

Аннотация. Приведены достоинства и недостатки применения виртуальных лабораторий при изучении общеинженерных дисциплин, а также описана последовательность их использования.

Ключевые слова: информационные технологии, виртуальная лаборатория, программа, трение, растяжение.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СИЛ РЕЗАНИЯ

Л. И. САВЕНОК, канд. техн. наук, доцент
М. Э. БОРЦОВ, ассистент
В. С. СЕМАШКО, студент

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

Введение. Одним из основных дефектов корпусных деталей является износ отверстий под подшипники, который влечет за собой нарушение межосевого расстояния между валами в механизме, что провоцирует изнашивание других, находящихся в сопряжении деталей, например, зубьев шестерен. В ремонтном производстве все более широкое применение находит технология восстановления посадки отверстия под вал с помощью мобильных расточных и наплавочных станков. Они позволяют осуществлять ремонт узлов без снятия с машины, а также восстанавливать отверстия, в том числе соосные, крупногабаритных корпусных деталей [1].

Анализ выпускаемых мобильных станков показал, что они состоят из рабочего инструмента в виде борштанги, механизма вращения и механизма продольной подачи борштанги, а также суппортов, закрепляемых на обрабатываемой детали, на один из которых устанавливается шасси расточного станка.

Среди задач обеспечения эффективности работы расточных станков одной из важных задач является обеспечение точности обработки, так как борштанга представляет собой нежесткий вал, потому что ее длина превышает диаметр более чем в 10–12 раз.

Цель работы – определить силы резания, воздействующие на резец и борштангу в зависимости от режимов обработки детали.

Материалы и методика исследований. В процессе резания на лезвие резца со стороны срезаемого слоя действуют силы упругой и пластической деформации снимаемого слоя, а со стороны обработанной поверхности также действуют силы упругой и пластической деформации. При относительном перемещении резца и детали возникают силы трения по передней и задней поверхности резца. Эта система сил приводится к одной силе резания [2, 3].

В практических расчетах используют составляющие силы резания:

P_z – главная составляющая силы резания, касательная к поверхности резания и совпадающая с направлением главного движения. По ней рассчитываются мощность, затрачиваемая на резание и детали механизма главного движения станка;

P_x – осевая сила, действующая параллельно оси заготовки в направлении, противоположном движению подачи. По ней рассчитывается мощность, необходимая для осуществления движения подачи;

P_y – радиальная сила, направленная перпендикулярно к оси обрабатываемой заготовки. По ней рассчитывается станок на жесткость. В нашем случае радиальная сила позволяет определить величину изгиба борштанги при резании.

Результаты исследований и их обсуждение. В процессе лабораторных исследований определялась тангенциальная сила в зависимости от параметров резания, а затем определялась радиальная сила по зависимости $P_y = 0,4P_z$.

Опыты проводились на токарном станке 1К62, обеспечивающем требуемую жесткость системы станок – инструмент – деталь. Использовалась заготовка из стали 45 диаметром 140 мм, резец токарный проходной с пластиной из твердого сплава ВК-6 с углами $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\lambda = 0^\circ$ [3].

Для определения тангенциальной силы от параметров резания использовался однокомпонентный механический динамометр ДК-1, позволяющий измерять величину силы резания P_z до 6000 Н. Динамометр был установлен на верхнем суппорте токарного станка 1К62 (рис. 1), вместо предварительно снятого резцедержателя, и закреплен болтом.



Рис. 1. Установка динамометра ДК-1 на токарный станок

Перед началом работы была проверена надежность закрепления измерительного прибора на станке, так как при недостаточно прочном закреплении возникают вибрации резца, искажающие результаты испытаний. Также проверялась надежность закрепления заготовки.

Во избежание вибраций в процессе резания применялся резец с положительным передним углом и значительным углом в плане, резец располагался несколько выше центра.

Экспериментальное исследование содержало три серии опытов с трехкратной повторностью. В первой серии опытов заготовка обрабатывалась с четырьмя различными глубинами резания (t_1, t_2, t_3, t_4), оставляя все другие факторы (подачу, скорость резания и др.) неизменными.

Во второй серии опытов заготовка обрабатывалась при переменной подаче (S_1, S_2, S_3, S_4), а глубина и скорость резания оставались постоянными.

В третьей серии опытов обработка велась при переменной скорости резания (V_1, V_2, V_3, V_4), а подача и глубина резания сохраняли свои значения постоянными.

Для каждого значения подачи фиксировались показания индикатора и определялась величина силы P_z . Полученные в эксперименте результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты испытаний по влиянию режима обработки на вертикальную составляющую силы резания при точении

Серия опытов	№ опыта	Диаметр заготовки d , мм	Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об	Частота вращения шпинделя n , мин ⁻¹	Скорость резания V , м/мин	Показания индикатора	Сила P_z , Н
$P_z = f(t)$	1	140	1	0,1	200	88	5	250
	2		2				10	500
	3		3				15	750
	4		4				20	1000
$P_z = f(S)$	1	140	1	0,1	200	88	5	250
	2		1	0,2			8	400
	3		1	0,3			12	600
	4		1	0,4			15	750
$P_z = f(V)$	1	140	1	0,1	200	88	5	250
	2		1		315	136	4,7	235
	3		1		500	219	4,4	220
	4		1		710	312	4,2	210

Графическая интерпретация результатов эксперимента показана на рис. 2–4.

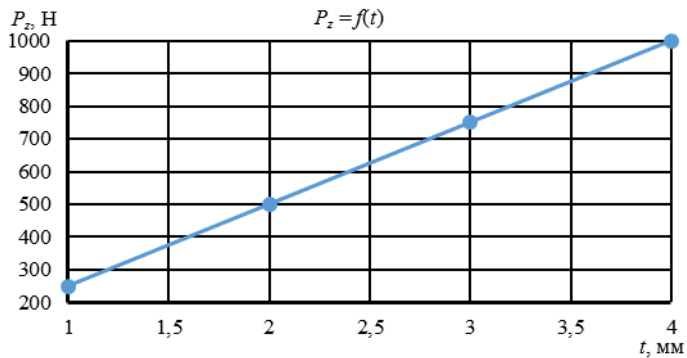


Рис. 2. Зависимость силы резания P_z от глубины резания t

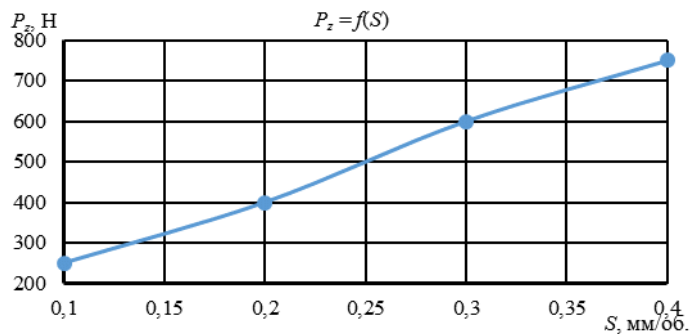


Рис. 3. Зависимость силы резания P_z от подачи S

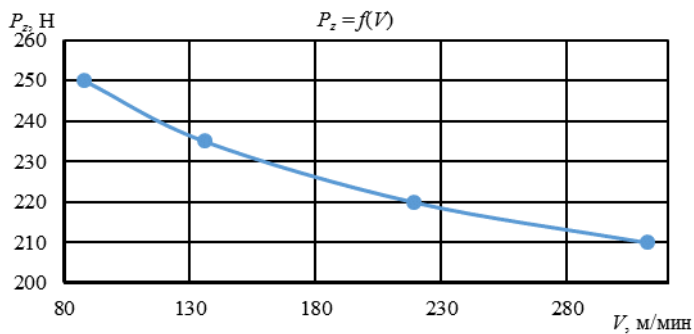


Рис. 4. Зависимость силы резания P_z от скорости резания V

Анализ рис. 2–4 показал, что при увеличении глубины резания t и подачи S сила резания P_z увеличивается в прямой зависимости. Увеличение скорости резания V значительно уменьшает силу резания P_z , однако при увеличении скорости резания может происходить повышенный износ резца и в итоге, снижение качества обработки.

В результате обработки опытных данных получена обобщающая зависимость для практического расчета силы резания P_z :

$$P_z = 2664t^1 S^{0,75} V^{-0,14}, \text{ Н.} \quad (1)$$

Для статистической проверки полученной зависимости использовались данные опытов (табл. 1). Например, для четвертого опыта первой серии при глубине резания $t = 4$ мм, подаче $S = 0,1$ мм/об и скорости резания $V = 88$ м/мин, подставив эти значения в зависимость (1) получили расчетное $P_{\text{зр.р.}} = 1012,43$ Н. В результате эксперимента при данных показателях была получена сила $P_z = 1000$ Н.

Определим абсолютную и относительную ошибку:

$$\Delta P_z = P_{\text{зр.р.}} - P_z = 1012,43 - 1000 = 12,43 \text{ Н;} \quad (2)$$

$$B = \frac{\Delta P_z}{P_z} = \frac{12,43}{1000} \cdot 100 = 1,24 \text{ \%}. \quad (3)$$

Результаты обработки результатов эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты испытаний по влиянию режима обработки на вертикальную составляющую силы резания при точении

Серия опытов	№ опыта	Глубина резания t , мм	Подача S , мм/об	Скорость резания V , м/мин	Сила резания P_z , Н	Сила резания расчетная $P_{\text{зр.р.}}$, Н	Абсолютная ошибка, Н	Относительная ошибка, %
$P_z = f(t)$	1	1	0,1	88	250	253,11	3,11	1,24
	2	2			500	506,22	6,22	1,24
	3	3			750	759,33	9,33	1,24
	4	4			1000	1012,43	12,43	1,24
$P_z = f(S)$	1	1	0,1	88	250	253,11	3,11	1,24
	2	1	0,2		400	425,68	25,68	6,42
	3	1	0,3		600	576,96	-23,04	-3,84
	4	1	0,4		750	715,90	-34,10	-4,55
$P_z = f(V)$	1	1	0,1	88	250	253,11	3,11	1,24
	2	1		136	235	238,14	3,14	1,34
	3	1		219	220	222,78	2,78	1,26
	4	1		312	210	212,01	2,01	0,96

Анализ табл. 2 показал, что полученная зависимость силы резания от режимов резания дала, за исключением трех опытов относительную погрешность менее 2 %.

Следовательно, полученная зависимость (1) может использоваться для определения силы резания P_z расточного станка и соответственно мощности его привода и диаметра борштанги. При изменении условий резания следует вводить в зависимость поправочные коэффициенты.

Заключение. В результате эксперимента были определены силы резания и получена математическая зависимость для аналитического определения сил резания. Среди факторов, влияющих на погрешности обработки расточным станком, следует отметить деформацию (прогиб) борштанги под действием радиальной составляющей силы резания (или стрелу прогиба).

Результаты эксперимента показали, что при расточке отверстий для получения 5–7-го квалитетов точности следует использовать борштанги диаметром не менее 40 мм, а при установке опор на расстоянии более 600 мм следует использовать режимы резания с уменьшенной подачей и глубиной обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Столяров, А. О. Анализ технологии восстановления корпусных деталей / А. О. Столяров, К. В. Костерев, В. И. Коцуба // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 128–131.
2. Савенок, Л. И. Обработка заготовок деталей машин резанием (Проектирование технологического процесса) / Л. И. Савенок. – Горки: БГСХА, 2004. – 124 с.
3. Савенок, Л. И. Зависимость вертикальной составляющей силы резания от режима обработки при точении: методические указания по выполнению лабораторной работы / Л. И. Савенок, В. И. Коцуба. – Горки: БГСХА, 2018. – 24 с.
4. Некрасов, С. С. Обработка материалов резанием / С. С. Некрасов. – Москва: Агропромиздат, 1988. – 336 с.

Аннотация. Для обеспечения эффективности работы расточных станков одной из важных задач является обеспечение точности обработки детали, на которую влияет жесткость борштанги. В материалах приведены результаты эксперимента по определению сил резания, служащих основой для выбора диаметра борштанги, обеспечивающего получение требуемого квалитета точности при расточке отверстий.

Ключевые слова: расточка отверстий, борштанга, режимы резания, силы резания, жесткость, диаметр борштанги.

Секция 5. ТРАКТОРЫ, АВТОМОБИЛИ И МАШИНЫ ДЛЯ ПРИРОДОБУСТРОЙСТВА

УДК 620.92

ОБЗОР ОСНОВНЫХ МОТОРНЫХ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА

А. А. АРБУЗОВА¹, бакалавр
А. Л. БИРЮКОВ¹, канд. техн. наук, доцент
П. Ю. МАЛЫШКИН², ст. преподаватель

¹Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина,
Вологда, Российская Федерация

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Применение альтернативных видов топлив является актуальной темой на сегодняшний день. В мире, где все стремятся к стабильному будущему и снижению негативного воздействия на окружающую среду, поиск и разработка альтернативных источников энергии становятся все более важными. Альтернативные виды топлив представляют собой энергетические ресурсы, отличающиеся от традиционных ископаемых и способные уменьшить зависимость от нефти, угля и газа. Введение экологичных и энергоэффективных источников топлива может принести огромные выгоды, включая снижение выбросов парниковых газов, улучшение качества воздуха и сокращение зависимости от поставщиков топлива [1–9].

Основная часть. Топливо, которое используют в большинстве случаев, получают из невозобновляемых ресурсов, таких как природный газ или нефть. Такие виды топлив влияют на окружающую среду и на здоровье живых организмов посредством их переработки и выброса в виде углекислого газа.

Тенденция выбросов углекислого газа (рис. 1) идет на спад, однако минимального уровня загрязнения окружающей среды мы добьемся не скоро, так как переход на альтернативные источники топлива – процесс не быстрый, в связи со сложностями, связанными с переработкой, потреблением, инфраструктурой альтернативных топлив.

Также наши ресурсы ограничены, и поэтому все больше внимания ученых уделяется альтернативным источникам топлива. Конечно, такие виды топлива имеют свои преимущества, но нам также важно помнить и о их недостатках. Существует несколько видов альтернативных топлив,

вот некоторые из них: водород, биотопливо, природный газ, а также развиваются электрические и гибридные технологии.

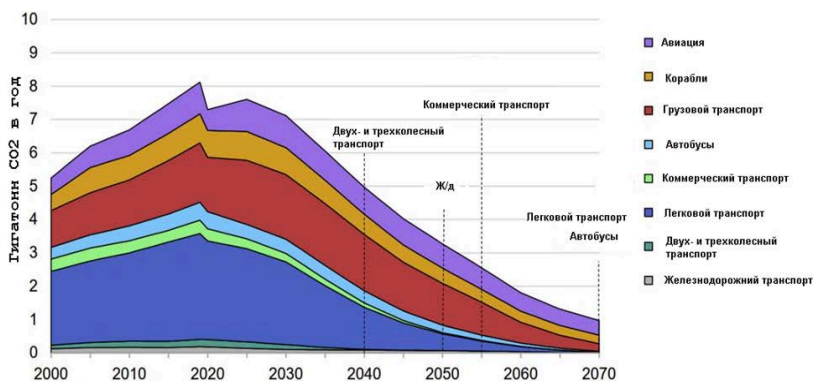


Рис. 1. Динамика выбросов углекислого газа

Рассмотрим некоторые из видов альтернативных топлив.

Этанол – это биотопливо, получаемое из растительного материала, такого как зерновые культуры (например, кукуруза) или сахарные тростники. Он широко используется в настоящее время как альтернатива нефти и природному газу как источники энергии для автомобилей.

Преимущества: этанол является возобновляемым видом топлива, отсутствует содержание в топливе серы и ароматических веществ, стойкость к детонации и улучшение сгорания за счет более высокого октанового числа, чем у бензина, сокращение выбросов отработавших газов, особенно твердых частиц, практически нет необходимости в модификациях существующих бензиновых двигателей вплоть до использования 10 % этанола.

Недостатки: стоимость топлива выше, чем у бензина, влияние на стоимость и доступность продуктов питания (для съедобного сырья), проблема холодного запуска при высокой концентрации этанола в холодном климате, необходимость модификации существующих бензиновых двигателей для использования более 10 % этанола, повышенный расход топлива из-за более низкой плотности, чем у бензина, ограниченная доступность этанола в мировом масштабе (в настоящее время только некоторые страны имеют сырье и технологии для производства этанола в больших масштабах).

Биодизель – это вид возобновляемого топлива, который произво-

дится из растительных масел или животных жиров. Он широко используется в качестве альтернативы дизельному топливу, применяемому в автомобилях и других дизельных двигателях. Процесс производства биодизеля включает в себя химическую реакцию, известную как трансэфирирование, при которой растительное масло или животный жир преобразуется в моноэстеры, подходящие для использования в дизельных двигателях.

Преимущества: возобновляемое топливо, сокращение выбросов отработавших газов, сокращение выбросов парниковых газов в течение жизненного цикла за счет использования возобновляемого сырья, а также снижение расхода дизельного топлива, практически не содержит серы и ароматических веществ в топливе, практически нет необходимости в модификациях существующих дизельных двигателей вплоть до использования 20 % биодизеля с незначительным уменьшением мощности двигателя, меньший ущерб в случае разлива или попадания биодизеля в окружающую среду, безопаснее в обращении, хранении и транспортировке, чем дизельное топливо, улучшение смазывающей способности топлива (увеличение срока службы движущихся частей двигателя) и повышение цетанового числа (улучшение качества сгорания) смеси.

Недостатки: более высокая стоимость топлива, чем у дизельного топлива, необходимость модификации существующих дизельных двигателей для использования более 20 % биодизеля, вызывает загрязнение резервуаров для хранения топлива, такое как рост микробов и образование осадка, увеличивает вероятность засорения топливного фильтра, а также загрязнения форсунок, качество биодизеля сильно различается из-за использования различных типов сырья, использование биодизеля с высокой концентрацией (более 20 %) может привести к повреждению резиновых и пластиковых деталей топливной системы или накоплению нагара в двигателе.

Природный газ – это вид топлива, который состоит в основном из метана (CH_4) и других углеводородных соединений. Он образуется в результате разложения органического материала в природных условиях, таких как донные отложения морей и океанов или под землей.

Преимущества: сокращение выбросов парниковых газов (CO_2) как непосредственно (от транспортного средства), так и в течение жизненного цикла по сравнению с традиционными бензиновыми или дизельными транспортными средствами; например, автомобили малой грузоподъемности, работающие на природном газе, сокращают выбросы парниковых газов на 6–11 % по сравнению с бензиновыми автомоби-

лями на протяжении всего жизненного цикла, продление срока службы смазочного масла двигателя за счет сжигания меньшего количества углерода, содержащегося в природном газе, сохранение мощности, природный газ дешевле бензина или дизельного топлива, обеспечивает более чистую и долговечную эксплуатацию двигателя (свечи зажигания, моторное масло и цилиндры двигателя).

Недостатки: природный газ является весьма горючим веществом и может представлять угрозу безопасности при неправильном обращении или при авариях на газопроводах. Взрывы и утечки газа могут иметь серьезные последствия, при неправильном или неполном сгорании природного газа может выделяться угарный газ (CO), который может быть опасен для здоровья и жизни людей, требует специальной инфраструктуры для его транспортировки и хранения.

Водород – ученые смогли создать топливо из водорода, при этом, топливо получилось весьма интересным. Оно может содержать множество добавок, а может быть полностью чистым. Сегодня развитием водородного топлива в основном занимаются японские разработчики.

Преимущества: при сгорании выделяет малое количество вредных веществ, особенно при сравнении с традиционным бензином, нет никаких лимитов по производству водорода и его использованию в автомобилях.

Недостатки: себестоимость водородного топлива слишком велика, она выше бензина в четыре раза, довольно сложно организовать инфраструктуру для использования водородного топлива в городах и других населенных пунктах.

Заключение. Альтернативные виды топлива представляют собой перспективное решение для снижения зависимости от ископаемых и сокращения негативного воздействия на окружающую среду. Эти виды топлива, такие как водород или биотопливо, имеют ряд преимуществ и недостатков.

Среди преимуществ можно выделить низкий уровень выбросов вредных веществ и парниковых газов, что способствует более чистому воздуху и снижению глобального потепления. Кроме того, альтернативные виды топлива обычно имеют более высокую энергоэффективность и более низкие затраты на эксплуатацию. Это может создать возможности для сокращения экономической зависимости от нестабильных рынков нефти и газа.

Однако недостатки также существуют. Во-первых, внедрение альтернативных видов топлива требует значительных инвестиций в ин-

фраструктуру и технологии производства. Кроме того, эффективность и доступность этих топлив может быть ограничена. Например, ограниченная инфраструктура водородных заправочных станций может затруднить популяризацию этих технологий.

В целом, альтернативные виды топлива имеют потенциал для снижения негативного воздействия на окружающую среду и повышения энергоэффективности при их использовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бирюков, А. Л. Оценка некоторых экологических показателей дизельного двигателя при работе на рапсовом масле / А. Л. Бирюков, Ф. А. Новокшанов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 163–167.

2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.

3. Малышкин, П. Ю. Оценка экологической и экономической эффективности применения газового топлива для питания дизелей / П. Ю. Малышкин, А. Н. Карташевич // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 2. – С. 185–189.

4. Малышкин, П. Ю. Улучшение технико-экономических и экологических показателей дизеля добавкой газового топлива / П. Ю. Малышкин, А. Н. Карташевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 292–296.

5. Работа дизелей на нетрадиционных топливах / В. А. Марков, А. И. Гайворонский, Л. В. Грехов, Н. А. Иващенко. – Москва: Легион-Автодата, 2008. – 464 с.

6. Новокшанов, Ф. А. Исследование мощностных показателей дизельного двигателя при работе на рапсовом масле с подачей воды на впуске / Ф. А. Новокшанов, А. Л. Бирюков, П. Ю. Малышкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 306–309.

7. Преимущества и недостатки альтернативных видов топлива [Электронный ресурс]: Пункты приема макулатуры. – Режим доступа: <https://makulaturorg.ru/preimushhestva-i-nedostatki-alternativnyih-vidov-topliva/>. – Дата доступа: 12.12.2023.

8. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

9. Экологизация транспорта как одна из проблем мировой экономики / А. Д. Лепешкин [и др.] // Поколение профессионалов. – Краснодар, 2018. – С. 98–105.

Аннотация. Проведен обзор существующих видов топлив, которые служат альтернативам топлив из нефтепродуктов, также проанализированы преимущества и недостатки каждого. Исходя из чего можно сделать вывод, что альтернативные виды топлива – перспективное, но долгосрочное направление.

Ключевые слова: альтернативное топливо, углекислый газ, биотопливо, водород, этанол.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ КОСИЛОК

А. Л. БОРИСОВ, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Для скашивания растительности на откосах мелиоративных каналов, дамб мелиоративных систем в настоящее время широко применяются разнообразные мелиоративные косилки. К ним предъявляют ряд жестких конструктивных и технологических требований, обусловленных экономикой мелиоративной отрасли, особенностями их эксплуатации и биологией срезаемых растений [1–5, 7].

Необходимо отметить, что условия скашивания растительности на откосах, бермах мелиоративных каналов и дамб заметно отличаются от условий скашивания растительности на сельскохозяйственных угодьях. На работу режущего аппарата мелиоративной косилки отрицательное влияние оказывают следующие факторы: скашиваемая растительность имеет различные диаметры поперечного сечения, а также различный биологический состав; неровности берм и откосов каналов; различные углы наклона режущего аппарата; часто встречающиеся непреодолимые препятствия.

Основная часть. Разнообразии косилок, применяемых на мелиоративных объектах, определено следующими классификационными признаками: способом агрегатирования режущего аппарата; числом одновременно установленных режущих аппаратов на одной базовой машины; местом расположения режущего аппарата относительно базовой машины; типом привода рабочих элементов и т. д. [8]. На рис. 1 приведена классификация мелиоративных косилок по основным признакам.

В зависимости от способа агрегатирования режущего аппарата косилки бывают: прицепные, навесные и полунавесные. При окашивании откосов мелиоративных каналов и дамб прицепные режущие аппараты применяются редко, так как возникают трудности при управлении ими на различных уклонах.

По числу одновременно установленных режущих аппаратов косилки делятся на однобрусные, двухбрусные, трехбрусные и пятибрусные. Наибольшее распространение получили однобрусные косилки.

Двухбрусные и трехбрусные косилки используются при окашивании одновременно бермы и откоса канала либо при большой длине

окашиваемого элемента канала. Их основным недостатком является то, что не всегда востребованы все режущие аппараты. Пятибрусные косилки применяются редко по следующим причинам: сложность в управлении, большая материалоемкость и, как отмечалось выше, не всегда полностью задействованы все рабочие органы.

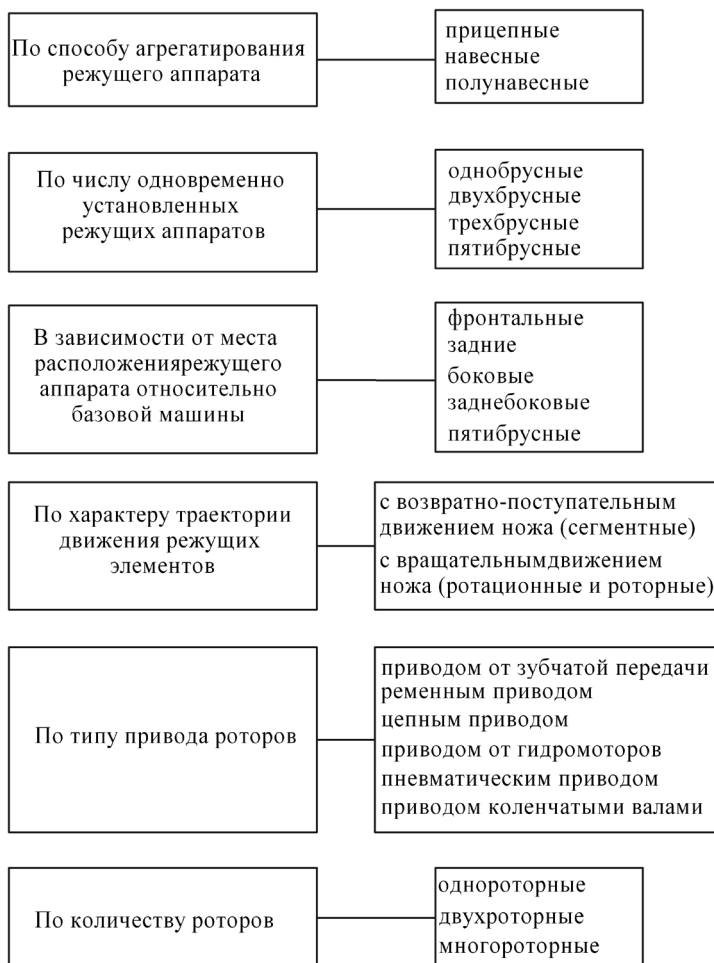


Рис. 1. Классификация косилок по основным признакам

В зависимости от места расположения режущего аппарата относительно базовой машины косилки подразделяются на навешиваемые спереди (фронтальные), задние, боковые, заднебоковые и переднебоковые [6, 8].

По характеру траектории движения режущих элементов косилки бывают с возвратно-поступательным движением ножа (сегментные) и с вращательным движением ножа (ротационные и роторные) [9].

Режущие аппараты с возвратно-поступательным движением ножа можно разделить на аппараты с неподвижными пальцами, подвижными пальцами и двухножевые.

Для привода ножей с возвратно-поступательным движением применяют пространственные (в основном) и плоские механизмы. Ножи боковых и задних режущих аппаратов приводятся в движение от дезаксиальных кривошипно-шатунных механизмов, а фронтальных – от кривошипно-шатунных механизмов с колебательным валом, с водилом, с коромыслом или от механизма с качающейся шайбой [10].

Возвратно-поступательное движение ножа вызывает знакопеременные нагрузки, которые ограничивают скорость резания. Режущие аппараты с возвратно-поступательным движением ножа ограничивают производительность косилки. Наряду с этим при косении высокоурожайных трав, мелкого кустарника, а также на полеглом перепутанном стеблестоем сегментно-пальцевые рабочие органы склонны к забиванию.

Этих недостатков лишены режущие аппараты с вращательным движением ножа, получившие в настоящее время широкое применение в мировой практике по сравнению с режущими аппаратами с возвратно-поступательным движением ножа. Они обеспечивают качественное выполнение технологического процесса скашивания на высоких поступательных скоростях.

Для привода роторов мелиоративных косилок с вращательным движением ножей применяют привод от зубчатой передачи, ременной привод, цепной привод, привод от гидромотора, пневматический привод и привод коленчатыми валами [1].

Режущие аппараты с вращательным движением ножа по количеству роторов подразделяются на однороторные, двухроторные и многороторные. С увеличением числа установленных роторов увеличивается производительность косилки, однако увеличивается и мощность, необходимая на привод рабочего органа, которая не всегда востребована при работе на мелиоративных объектах ввиду различных геометрических размеров их элементов.

Заключение. Предложенная классификация составлена на основе анализа конструкций косилок, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями. Мировыми лидерами в сфере производства косилок являются следующие фирмы-производители: немецкие Claas и Krone, французская Kuhn американская John Deere и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов, А. Л. Анализ конструкций приводов роторов мелиоративных и дорожных косилок / А. Л. Борисов // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии.* – Могилев, 2011. – Ч. 2. – С. 5–6.
2. Борисов, А. Л. Анализ отказов режущих аппаратов многороторных косилок / А. Л. Борисов, Е. И. Мажугин // *Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства.* – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 250–254.
3. Клакоцкий, С. С. Особенности безопасности труда при работе на мелиоративных многороторных косилках / С. С. Клакоцкий, А. Л. Борисов // *Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества.* – Горки: БГСХА, 2023. – С. 101–103.
4. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
5. Кучеров, В. В. Конструкции приводов роторов режущих аппаратов мелиоративных многороторных косилок / В. В. Кучеров, А. Л. Борисов // *Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства.* – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 181–183.
6. Мажугин, Е. И. Машины для эксплуатации мелиоративных и водохозяйственных объектов / Е. И. Мажугин. – Горки: БГСХА, 2010. – 333 с.
7. Мажугин, Е. И. Надежность мелиоративных роторных косилок / Е. И. Мажугин, С. Г. Рубец, А. Л. Борисов. – Горки: БГСХА, 2021. – 132 с.
8. Механико-технологические основы совершенствования косилок для мелиорированных земель и лугопастбищных угодий / Е. И. Мажугин [и др.]. – Горки: БГСХА, 2017. – 247 с.
9. Особов, В. И. Сеноуборочные машины и комплексы / В. И. Особов, Г. К. Васильев. – Москва: Машиностроение, 1983. – 304 с.
10. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Г. Е. Листопад [и др.]. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 688 с.

Аннотация. Приведена классификация мелиоративных косилок. Классификация составлена на основе анализа конструкций косилок, выпускаемых отечественными и ведущими мировыми производителями. Дан анализ классификационных признаков мелиоративных косилок.

Ключевые слова: классификация, мелиоративная косилка, режущий аппарат.

ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ СМЕСЕЙ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ С ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ

П. В. ГНЕВАШЕВ, аспирант
С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор
М. В. СМОЛЬНИКОВ, канд. техн. наук

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

Введение. До сих пор главным источником точных сведений о свойствах реальных топлив является натурный эксперимент. Этот путь получения данных требует создания сложных установок и затраты большого количества времени. Поэтому подробные сведения собраны лишь для ограниченного числа топлив, наиболее важных для техники. Между тем круг топлив, предоставляющих интерес, все более расширяется. Естественно, что возникает стремление использовать уже имеющиеся данные для предсказания, хотя бы приближенного, свойств малоизученных топлив, т. е. появляется необходимость сравнения свойств топлив.

Современные автотракторные двигатели имеют высокую чувствительность к качеству топливовоздушной смеси, подаваемой в камеру сгорания. Любое загрязнение может привести к уменьшению тяговых характеристик, а при длительной эксплуатации и к выходу из строя топливной аппаратуры. Также попытки недобросовестных производителей увеличить октановое или цетановое число за счет добавления к бензину или ДТ низкосортных присадок, в больших концентрациях может оказаться губительным для уплотнительных элементов двигателя. Многие крупные сетевые заправщики имеют в своем ассортименте топливо, в котором изначально находятся вещества, суть действия которых состоит в отчистке топливной системы. Поэтому разработка современных, бесконтактных методов, способных выявлять наличие как примесей, так и присадок в составе топливной смеси является важной задачей.

Измерение электрических величин может быть выполнено для измерения электрических параметров системы. С помощью преобразователей физические свойства, такие как температура, давление, расход, сила и многие другие, могут быть преобразованы в электрические сиг-

налы, которые затем могут быть удобно измерены и записаны. Учёными кафедры «Технология машиностроения» Вятского государственного университета (ВятГУ) задано новое направление по идентификации жидких альтернативных топлив (АТ) на основе электрических данных [1–5].

Основная часть. Лабораторные исследования проводились в ФГБОУ ВО ВятГУ г. Киров на кафедре «Органической химия». Объектами для исследования являлись смеси из двух топлив ДТ и до 50 % содержания в них возобновляемого источника энергии (сурепного или рапсового масла). Количество исследуемых смесей топлив составляло 10 (десять) шт., например, 10 % Сурепное масло + 90 % ДТ, или 50 % РМ + 50 % ДТ. Предметом исследований являлось определение электрических параметров составов топлив. Измерения углеродосодержащих смесей, применяемых в качестве АТ, проводилось с применением плоскопараллельного конденсатора, погруженного в жидкость. Конденсатор состоял из двух параллельных алюминиевых пластин размером 175×102 мм, заряженных противоположными зарядами.

Изучая детально результаты проведенных измерений (табл. 1) видно то, что изменение процентного содержания РМ в составе топливной смеси в большей степени (в отличие от спирта) влияет на омическое сопротивление конденсатора постоянному току.

Таблица 1. Электрические параметры топлив различного состава с добавлением рапсового масла до 50 % в смеси

№ п/п	Состав топлива	Сопротивление между обкладками конденсатора, R, МОм	Емкость конденсатора при наличии смеси между обкладками, C, nF	Емкость конденсатора по воздуху (перед каждым измерением), C, nF	Величина прямоугульного переменного тока с частотой 200 кГц I, при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, мкА
1	ДТ 90 % + РМ 10 %	12,4	0,757	0,302	5,31
2	ДТ 80 % + РМ 20 %	11,8	0,765	0,302	5,36
3	ДТ 70 % + РМ 30 %	11,2	0,780	0,302	5,38
4	ДТ 60 % + РМ 40 %	10,4	0,805	0,302	5,41
5	ДТ 50 % + РМ 50 %	9,	0,820	0,302	5,45

К примеру, на смеси ДТ с 10 % содержанием рапсового масла $R = 12,4$ МОм, тогда как при добавлении РМ до 50 % значение становится $R = 9,7$ МОм. Соответственно, происходит снижение при усло-

вии увеличения содержания РМ. При этом электроемкость состава, применяемого в качестве диэлектрика конденсатора, изменяется в другую сторону, а именно с увеличением содержания РМ в АТ с 10 % до 50 % растет и значение емкости от 0,757 нФ до 0,820 нФ.

Что касается величины прямоугольного переменного тока I , то здесь значение изменяется незначительно и пропорционально присутствию РМ. К примеру, при увеличении содержания РМ в смеси происходит увеличение с 5,31 до 5,45 мкА, а при увеличении содержания сурепного масла – снижается (табл. 2). Остальные электрические параметры для смеси ДТ с сурепным маслом имеют схожие значения и характер протекания со смесями ДТ с РМ.

Таблица 2. Электрические параметры топлив различного состава с добавлением сурепного масла до 50 % в смеси

№ п/п	Состав топлива	Сопротивление между обкладками конденсатора, R, МОм	Емкость конденсатора при наличии смеси между обкладками, С, нФ	Емкость конденсатора по воздуху (перед каждым измерением), С, нФ	Величина прямоугольного переменного тока с частотой 200 кГц I , при $t = 20$ °С, мкА
1	ДТ 90 % + Сурепное масло 10 %	34,0	0,749	0,304	4,1
2	ДТ 80 % + Сурепное масло 20 %	30,0	0,760	0,304	3,8
3	ДТ 70 % + Сурепное масло 30 %	28,0	0,777	0,304	3,4
4	ДТ 60 % + Сурепное масло 40 %	27,0	0,801	0,304	2,9
5	ДТ 50 % + Сурепное масло 50 %	20,0	0,808	0,304	2,3

Емкость конденсатора по воздуху при всех испытуемых 10 смесей альтернативного топлива (АТ) остается постоянным (табл. 1, 2).

Заключение. Как и предполагалось, растительные масла не являются диэлектриками. Анализ данных показывает неоднозначную зависимость для всех представленных смесей.

Наличие выявленных электрических параметров [6] для смесей с содержанием растительных масел до 50 % в АТ позволяет разработать экспресс-метод безмоторного определения состава произвольно взятой смеси. Однако для этого нужно свести данные параметры к одному, такому как диэлектрическая проницаемость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гневашев, П. В. Экспресс-методы оценки моторных свойств дизельных топлив / П. В. Гневашев, С. А. Плотников // Тракторы и сельхозмашины. – 2021. – № 2.
2. Гневашев, П. В. Безмоторные методы оценки эксплуатационных свойств топлив для сельскохозяйственной техники / П. В. Гневашев, С. А. Плотников, Г. П. Шишкин, Е. Н. Резник, М. В. Смольников // Вестн. РГАТУ. – 2021. – № 2 (13). – С. 110–115.
3. Плотников, С. А. Безмоторный метод оценки альтернативных топлив / С. А. Плотников, М. В. Смольников, П. В. Гневашев // Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения. – Гродно: ГрГУ им. Янки Купалы, 2022. – С. 124–129.
4. Плотников, С. А. Безмоторные методы оценки эксплуатационных свойств альтернативных топлив / С. А. Плотников, П. В. Гневашев, А. Н. Карташевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 230–235.
5. Предпосылки российских ученых в оценке экспресс-методом моторных свойств топлив для ДВС / М. В. Смольников, С. А. Плотников, Д. Г. Сергеев, П. В. Гневашев // Инновации (НПК-2022). – Киров, 2022. – Т. 2. – С. 440–444.
6. Смольников, М. В. Результаты электрических измерений углеродосодержащих смесей с дизельным топливом / М. В. Смольников, С. А. Плотников, П. В. Гневашев // Будущее технической науки. – Нижний Новгород, 2023. – С. 369–370.

Аннотация. Приведены результаты лабораторные исследования, которые проводились в ФГБОУ ВО ВятГУ г. Киров на кафедре «Органически химия». Объектами для исследования являлись смеси из двух топлив ДТ и до 50 % содержания в них возобновляемого источника энергии (сурепного или рапсового масла). Количество исследуемых смесей топлив составляло 10 (десять) шт. Предметом исследований являлось определение электрических параметров составов топлив. Измерения углеродосодержащих смесей, применяемых в качестве АТ, проводилось с применением плоскопараллельного конденсатора, погруженного в жидкость. Конденсатор состоял из двух параллельных алюминиевых пластин размером 175×102 мм, заряженных противоположными зарядами.

Наличие выявленных электрических параметров для смесей с содержанием растительных масел до 50 % в АТ, позволяет разработать экспресс-метод безмоторного определения состава произвольно взятой смеси. Однако для этого нужно свести данные параметры к одному, такому как диэлектрическая проницаемость.

Ключевые слова: электрические параметры, рапсовое и сурепное масло, экспресс-метод, диэлектрическая проницаемость.

РАСЧЕТ ПОДОГРЕВАТЕЛЯ ТОПЛИВА СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР

А. В. ГОРДЕЕНКО, канд. техн. наук, доцент
П. А. КАЛЪЯНОВ, В. В. ЧАЧУЕВ, студенты

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

Введение. Одна из важнейших эксплуатационных характеристик дизельного топлива (ДТ) – его низкотемпературные свойства, характеризующие его подвижность при отрицательной температуре.

Низкая температура окружающей среды вызывает выпадение из топлива высокоплавких углеводородов (зависящих главным образом, от фракционного состава дизельного топлива [2]) в виде кристаллов различной формы [1], которые способны забивать фильтрующие элементы, узкие места в системе питания дизеля.

Методика исследований. Для гарантированного пуска дизеля в условиях низких температур (ниже температуры помутнения топлива) необходимо предварительно обеспечить разогрев электронагревательного элемента. В данной работе определим время, за которое электронагревательный элемент разогревается до необходимой температуры T_H в неподвижном объеме топлива при постоянной силе тока I , если в начальный момент времени температура нагревательного элемента T_H и температура топлива T_T равны.

Количество теплоты, выделившейся в нагревательном элементе dQ_H , при прохождении тока величиной I за время dt определяется выражением [6]:

$$dQ_H = dQ_M + dQ_O, \quad (1)$$

где dQ_M – количество теплоты, идущее на изменение теплосодержания материала нагревательного элемента за время dt ;

dQ_O – количество теплоты, отдаваемое нагревательным элементом дизельному топливу за время dt .

По закону Джоуля-Ленца за время $d\tau$ в нагревательном элементе выделяется количество теплоты, которое можно определить:

$$dQ_H = I^2 R_H d\tau, \quad (2)$$

где R_H – электрическое сопротивление нагревательного элемента – функция, линейно зависящая от температуры, и может быть определена по формуле [6]:

$$R_H = R_{293} [1 + \alpha (T_H - 293)], \quad (3)$$

где R_{293} – сопротивление нагревательного элемента при температуре 293 °К;

α – термический коэффициент сопротивления материала нагревательного элемента.

Количество теплоты, идущее на изменение теплосодержания материала нагревательного элемента за время $d\tau$:

$$dQ_M = C_M m_H \left(\frac{dT_H}{d\tau} \right) d\tau, \quad (4)$$

где C_M – теплоемкость материала нагревательного элемента;

m_H – масса нагревательного элемента.

Количество теплоты, отдаваемое за время $d\tau$ дизельному топливу:

$$dQ_O = \alpha_H (T_H - T_T) A d\tau, \quad (5)$$

где α_H – коэффициент теплоотдачи от нагревательного элемента дизельному топливу в неподвижном объеме;

A – площадь теплообмена.

Подстановкой в (1), уравнений (2), (4) и (5), с учетом (3), после преобразований, получим:

$$\frac{C_M m_H}{I^2 R_{293} \alpha - \alpha_H A} \ln [I^2 R_{293} (1 - 293\alpha) + T_H (I^2 R_{293} \alpha - \alpha_H A) + \alpha_H A T_T] = \tau + C, \quad (6)$$

где C – постоянная интегрирования.

С учетом начальных условий ($\tau = 0$; $T_H = T_T$), постоянная интегрирования определяется:

$$C = \frac{C_M m_H}{I^2 R_{293} \alpha - \alpha_H A} \ln [I^2 R_{293} (1 - 293\alpha) + I^2 R_{293} \alpha T_T]. \quad (7)$$

После подстановки формулы (7) в выражение (6) получим:

$$\tau = \frac{C_M m_H}{F} \ln \frac{P + T_H F + \alpha_H A T_T}{P + I^2 R_{293} \alpha T_T}. \quad (8)$$

В формуле (8) обозначено:

$$F = I^2 R_{293} \alpha - \alpha_H A, \quad (9)$$

и

$$P = I^2 R_{293} (I - 293\alpha). \quad (10)$$

По формуле (8) может быть определено время предпусковой работы подогревателя для обеспечения бесперебойной подачи дизельного топлива к топливному насосу высокого давления при пуске дизеля.

Коэффициент теплоотдачи определяем из формулы [6]:

$$\alpha_H = \frac{Nu \lambda_T}{l_o}, \quad (11)$$

где Nu – число Нуссельта;

λ_T – коэффициент теплопроводности дизельного топлива;

l_o – характерный линейный размер нагревательного элемента.

Число Нуссельта, для замкнутого объема, определяется по формуле [6]:

$$Nu = 0.52 Ra^{0.25}, \quad (12)$$

где Ra – число Рэлея.

Число Рэлея определяется по формуле [6]:

$$Ra = \frac{g l_o c \rho_T \psi \Delta T}{\nu \lambda_T}, \quad (13)$$

где ρ_T – плотность дизельного топлива;

ν – кинематическая вязкость дизельного топлива;

ψ – коэффициент объемного термического расширения дизельного топлива;

ΔT – характерная разность температур;

c – средняя теплоемкость дизельного топлива в интервале ΔT .

Необходимая температура нагревательного элемента T_H , определяется из условия, что при максимальной скорости движения топлива на входе в нагревательный элемент с начальной температурой T_T оно на выходе должно иметь требуемую температуру T_B :

$$T_H = \frac{Ac_T \rho_T \mathcal{G} (T_B - T_T) + \bar{\alpha}_H A T_T}{\bar{\alpha}_H A}, \quad (14)$$

где \mathcal{G} – максимальная скорость дизельного топлива при прохождении через нагревательный элемент;

$\bar{\alpha}_H$ – средний коэффициент теплоотдачи от нагревательного элемента к дизельному топливу при скорости \mathcal{G} ;

c_T – текущая теплоемкость дизельного топлива, определяется согласно методике [7];

T_B – требуемая температура, до которой должно быть нагрето дизельное топливо [5].

$$T_B \geq \frac{1}{\beta} \ln \frac{v_o (N + 64 \ell \mathcal{G}_{TP})}{2 d_{TP}^2 \left(M + \frac{P_{BAK}}{\rho_T} + R - K \right)} + T_T. \quad (15)$$

Численные значения коэффициентов, входящих в выражение (15), определяются по зависимостям:

$$N = d_{TP}^2 \sum_{i=1}^n \frac{\mathcal{G}_i A_i}{\ell_{oi}}, \quad (16)$$

$$M = g(H + Z_1 - Z_2), \quad (17)$$

$$R = \mathcal{G}_2^2 \left(\frac{\omega_2^2}{\omega_i^2} - 1 \right), \quad (18)$$

$$K = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \xi_{KB,i} \mathcal{G}_i^2, \quad (19)$$

где β – коэффициент, численное значение которого для дизельного топлива изменяется в пределах 0,025...0,03 [6];

v_o – кинематическая вязкость дизельного топлива при +20 °С (293 °К);

l – суммарная длина трубопроводов от бака до топливоподкачивающего насоса;

d_{TP} – диаметр трубопровода;

\mathcal{G}_{TP} – средняя скорость движения топлива по трубопроводам;

P_{BAK} – максимальное вакуумметрическое давление, создаваемое топливоподкачивающим насосом;

\mathcal{G}_i – средняя скорость топлива в i -м элементе системы питания дизеля;

A_i – коэффициент i -го сопротивления системы питания дизеля;

l_{oi} – определяющий размер i -го местного сопротивления;
 H – высота столба топлива в баке;
 Z_1, Z_2 – соответственно высота расположения выхода из топливного бака и входа в топливоподкачивающий насос;
 ϑ_2 – скорость топлива на входе в топливоподкачивающий насос;
 ω_1, ω_2 – площади потока на выходе из топливного бака и на входе в топливоподкачивающий насос;
 $\xi_{KB,i}$ – коэффициент местного i -го сопротивления квадратичной области.

Результаты исследований. В результате расчетов по формуле (8), с учетом выражений (11), (14) и (15) построен график изменения времени предпусковой работы подогревателя в зависимости от температуры окружающей среды [4], установленного в фильтре грубой очистки дизеля Д-243, работающего на топливе ДТ-Е-К5 (Сорт F вид III) по СТБ 1658-2015 с температурами помутнения и застывания $-5\text{ }^\circ\text{C}$ и $-15\text{ }^\circ\text{C}$ соответственно (рис. 1). Сила тока в цепи подогревателя 10 А, напряжение между контактами – 12 В.

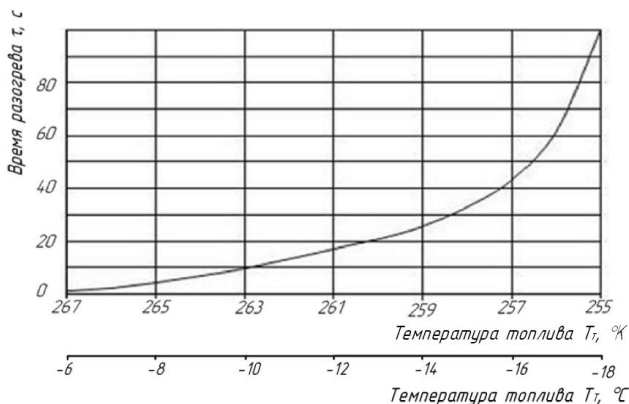


Рис. 1. Зависимость времени предпусковой работы подогревателя от температуры топлива

Согласно кривой, представленной на рис. 1, время предпускового включения подогревателя для температуры топлива $-8\text{ }^\circ\text{C}$ составляет 5 с, увеличивается до 45 с при температуре $-16\text{ }^\circ\text{C}$. Дальнейшее снижение температуры ведет к резкому нарастанию времени разогрева. При температуре топлива $-5\text{ }^\circ\text{C}$ (температура помутнения топлива) предпусковое включение подогревателя не требуется.

Аналогичные кривые могут быть рассчитаны для разных марок дизелей, с установкой подогревателей в различных местах топливной системы и для конкретных сортов топлива. Таким образом, вышеизложенная методика может быть использована при конструировании различных электроподогревателей топливных систем дизелей.

Заключение. В работе получена теоретическая зависимость, позволяющая определить время предпусковой работы подогревателя, установленного в топливной системе дизеля, для обеспечения гарантированного пуска в условиях зимней эксплуатации.

На основании представленной методики произведен расчет времени предпускового включения электроподогревателя установленного в фильтре грубой очистки дизеля Д-243, в зависимости от температуры окружающей среды, работающего на топливе ДТ-Е-К5 (Сорт F вид III) по СТБ 1658-2015 с температурами помутнения и застывания -5°C и -15°C соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2005. – 172 с.
2. 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.
3. Патент ВУ № 1767 U F 02B 77/00. Система защиты топливной аппаратуры дизеля / А. Н. Карташевич, А. В. Гордеенко, Д. С. Разинкевич.
4. Пат. 2007609 РФ, МКИ F-02 M 31/12. Подогреватель дизельного топлива / А. Н. Карташевич, В. С. Бранцевич, В. Д. Прудников (Беларусь). – № 4896914/ 06; Заявл. 26.12.90; Опубл. 15.02.94; Бюл. № 3.
5. Карташевич, А. Н. Определение пределов работоспособности топливной системы дизеля при отрицательных температурах / А. Н. Карташевич, В. С. Бранцевич, А. В. Гордеенко // Engineering. – Mokslo darbai, Kaunas-Akademija, 1996. – С. 131–138.
6. Кутателадзе, С. С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление / С. С. Кутателадзе. – Москва: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
7. Карташэвіч, А. М. Цеплавы разлік фільтра грубай ачысткі паліва з награвальным элементам для дызельнага рухавіка / А. М. Карташэвіч, В. С. Бранцэвіч // Весці ААН Беларусі. – 1993. – № 2. – С. 105–110.

Аннотация. Приведены результаты теоретических исследований предпусковой работы электроподогревателя топливной системы дизельного двигателя, выполненные на основе использования уравнений теплотехники. Произведен расчет электронагревательного элемента, установленного в фильтре грубой очистки дизеля, и получена теоретическая зависимость времени разогрева топлива от его температуры.

Ключевые слова: дизельное топливо, низкотемпературные свойства, кристаллы парафинов, фракционный состав, подогреватель топлива.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭМИССИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ ДИЗЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА БИОМИНЕРАЛЬНЫХ ТОПЛИВНЫХ СМЕСЯХ

Г. Э. ЗАБОЛОТСКИХ¹, аспирант
С. А. ПЛОТНИКОВ¹, д-р техн. наук, профессор
М. В. СМОЛЬНИКОВ¹, канд. техн. наук
А. Н. КАРТАШЕВИЧ², д-р техн. наук, профессор

¹ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. В условиях внешнеполитических обстоятельств, оказываемых на РФ, был взят курс на обеспечение технологического суверенитета. Но предпосылки для этого были заложены ранее. Одним из приоритетных направлений, необходимых для обеспечения технологической самостоятельности является развитие собственного транспорта. Данное направление отражено в актуальной на сегодняшний день Транспортной стратегии РФ до 2030 г. [1]. Документ затрагивает рекомендации в области развития транспорта, а также, в качестве составляющей, уделяется внимание переводу доли транспортных средств на альтернативные источники энергии.

Долгое время вопросами, связанными с альтернативными топливами, занимаются как отечественные, так и зарубежные ученые, что говорит о неослабевающем научном интересе к обозначенному исследовательскому направлению [2–9].

Целью исследования является обоснование актуальности применения составов биоминеральных топливных смесей (БМТС) для работы дизельного двигателя в режимах различных нагрузок опираясь на сравнение их итогового значения удельного выброса с удельным выбросом токсичных компонентов чистого ДТ согласно методике ЕЭК ООН № 96 (02).

Для достижения данной цели были определены следующие задачи:

1. Оценка работоспособности дизеля на БМТС.
2. Перевод суммарных значений относительных величин исследуемых токсичных компонентов за все испытательные циклы (процентов – % и миллионных долей – ppm) в действительное

содержание данных веществ от общего содержания удельного выброса в отработавших газах (согласно Правил ООН № 96 (2) – г/кВт·ч) [10].

3. Определение зависимости экологических показателей работы двигателя в зависимости от разных режимов нагрузки.

Основная часть. Для приготовления БМТС были использованы следующие компоненты: этанол (Э), сурепное масло (СурМ) и дизельное топливо (ДТ). Биологические компоненты примешивались в разных концентрациях к ДТ. Их соотношение в смеси определялось путем лабораторных исследований физико-химических свойств компонентов (плотности, кинематической вязкости и времени стабильности) [11].

На данном этапе лабораторных исследований были определены два принципиальных состава БМТС:

1. БМТС-10, состоящий из 10 % Э, 10 % СурМ и 80 % ДТ.
2. БМТС-25, содержащий 25 % Э, 25 % СурМ и 50 % ДТ.

Для увеличения времени стабильности смесей добавлялся 1 % диспергирующей сукцинимидной присадки С-5А от общего содержания смеси [11].

Проведение моторных испытаний осуществлялось на базе Белорусской государственной орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии (Республика Беларусь, г. Горки) в рамках договора о взаимном сотрудничестве между БГСХА и Вятским государственным университетом (Российская Федерация, г. Киров). Смесей были подвергнуты стендовым испытаниям на установке, оснащенной дизелем Д-245.5S2 с электротормозным стендом RAPIDO SAK N670 с балансировочной маятниковой машиной (производство Германия), при помощи которого устанавливалась необходимая нагрузка на коленчатый вал (КВ) двигателя.

Следует отметить также, что в связи с отличиями от чистого ДТ физико-химическими свойствами БМТС были изменены установочные углы опережения впрыскивания. В процессе предыдущих стендовых испытаний (ГОСТ 18509-88) на предмет определения рациональных регулировок топливоподающей аппаратуры (ТПА) (ЯЗДА-773-40.28) удалось установить, что оптимальными установочными углами опережения впрыскивания топлива являются: $\Theta_{\text{впр ДТ}} = 18^\circ$ п.к.в., $\Theta_{\text{впр БМТС-10}} = 20^\circ$ п.к.в., $\Theta_{\text{впр БМТС-25}} = 22^\circ$ п.к.в. Указанные значения установочных углов опережения впрыскивания позволяют достичь оптимальных показателей в отношении эмиссии вредных веществ в отработавших газах, а также сохранить эффективные показатели при работе дизеля на БМТС.

Снятие экологических показателей отработавших газов фиксировалось с помощью газоанализатора MGT-5 МАНА через выхлопную систему.

Измерение экологических показателей проводилось согласно методике Правил ООН № 96 (02) «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия для установки на сельскохозяйственных и лесных тракторах и внедорожной мобильной технике в отношении выброса загрязняющих веществ этими двигателями» [5]. Согласно данной методике, было установлено, что паспортные характеристики данного двигателя, относительно номинальной мощности соответствуют диапазону мощности G (согласно паспортной документации для дизеля Д-245.5S2 $N_e = 70 \pm 2$ кВт) (табл. 2). Определение экологического класса представляется возможным установить только после анализа полученных результатов при стендовых испытаниях двигателя.

Испытательный цикл двигателя данного класса согласно Правилам ООН № 96 (02) подразумевает постепенное снижение скоростного режима двигателя с соответствующим данному режиму снижению нагрузки (крутящего момента) (табл. 1).

Таблица 1. Испытательный цикл дизеля согласно Правилам ООН № 96 (02)

Номер режима	Скоростной режим двигателя	Крутящий момент, % от наибольшего на данном скоростном режиме
1	номинальный	100
2	номинальный	75
3	номинальный	50
4	номинальный	10
5	промежуточный	100
6	промежуточный	75
7	промежуточный	50
8	холостого хода	0

Указанная методика исследования экологических показателей предусматривает, что определение количества продуктов сгорания фиксируется в виде удельного выброса (г/(кВт·ч) за весь испытательный цикл (табл. 2).

По мнению А. Р. Кульчицкого, на сегодняшний день в системе Минсельхоза, проводящей испытания сельхозтехники имеются определенные сложности с оборудованием («туннелем»), позволяющим получать данные удельного выброса токсичных веществ [12]. В России

станции технического обслуживания оснащены газоанализаторами для измерения концентрации газообразных веществ (оксидов азота, оксидов углерода, суммарных углеводородов).

Таким образом, дополнительной задачей, требующей решения для достижения поставленной цели исследования стал перевод полученных суммарных значений концентрации токсичных веществ за весь испытательный цикл (% , ppm) в значения удельного выброса (г/(кВт·ч) путем математического расчета полученных данных газоанализатора.

Таблица 2. Диапазоны мощности и значения удельного выброса для двигателей, работающих от сжатия

Диапазон мощности	Экологиче-ский класс	Полезная мощность двигателя, P , кВт	Удельный выброс, г/(кВт·ч)			
			Оксид углерода CO	Углеводороды HC	Оксиды азота NO_x	Твердые частицы PT
$E1$	Stage II (до 01.09.2023)	$130 \leq P \leq 156$	3,5	1,0	6,0	0,2
$E2$		$156 \leq P < 560$	3,5	4,0		0,2
F		$75 \leq P < 130$	5,0	1,0	6,0	0,3
G		$37 \leq P < 75$	5,0	1,3	7,0	0,4
D		$19 \leq P < 37$	5,5	1,5	8,0	0,8

Сначала необходимо было определить эффективный расход топлива g_e (ДТ, БМТС-10 и БМТС-25) и воздуха для достижения эффективной мощности N_e .

Для расчета часового расхода воздуха, необходимого для полного сгорания определенных составов смесей были рассчитаны стехиометрические числа:

- ДТ – 14,6;
- БМТС-10 – 14,03;
- БМТС-25 – 13,16.

С помощью этих чисел были определены показатели теоретически необходимого расхода воздуха ($L_{теор}$), связанные с эффективным расходом топлива g_e (при $\alpha = 1$). Также известно, что дизельные двигатели работают при избыточном количестве воздуха, поступающего в цилиндры ($\alpha > 1$). В этой связи было рассчитано среднее значение коэффициента избытка воздуха на всех испытательных режимах $\alpha = 2$. Таким образом, получается, что общее содержание удельного выброса являет собой сумму показателей эффективного расхода топлива g_e с теоретически необходимым удвоенным расходом воздуха ($2L_{теор}$). Рас-

четы позволили определить искомые суммарные значения удельного выброса за весь испытательный цикл, исходя из концентраций конкретных веществ.

Как представлено в табл. 1, методика испытания дизеля по Правилам ООН № 96 (02) представляет собой восьмимодный цикл, предполагающий поступательное снижение скоростных режимов от номинального, через промежуточный, до режима холостого хода. При каждом из скоростных режимов наблюдается снижение оказываемой на двигатель нагрузки. Так, номинальный скоростной режим в зависимости от нагрузки подразделяется еще на четыре режима, промежуточный – на три, а в режиме холостого хода нагрузка на КВ полностью отсутствует.

Полученные результаты позволяют рассчитать итоговые значения эмиссии вредных веществ согласно методике Правил ЕЭК ООН № 96 (02). Сравнение итогового (суммарного) значения эмиссии CO , C_xH_y , NO_x , C для ДТ, БМТС-10, БМТС-25 отражено на диаграммах (рис. 1).

Данные графиков указывают, что при увеличении концентрации биологического компонента в изучаемых топливах наблюдается снижение эмиссии всех рассматриваемых вредных веществ в отработавших газах (рисунок). Экологическому стандарту *Stage II* дизельный двигатель Д-245.5S.2 при работе на ДТ, БМТС-10, БМТС-25 соответствует только в отношении значений эмиссии углерода. Так, пороговое итоговое значение за весь испытательный цикл по удельному выбросу углерода C по методике Правил ЕЭК ООН № 96 (02) для двигателей с диапазоном мощности G составляет $0,4 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$. Из диаграммы (рис. 1) видно, что значения удельного выброса углерода C для ДТ, БМТС-10, БМТС-25 составляют $0,34 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$, $0,33 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$, $0,28 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$, соответственно. В остальных же случаях в отношении эмиссии монооксида углерода CO , оксидов азота NO_x и углеводородов C_xH_y полученные значения завышены. В связи с тем, что БМТС по своим характеристикам отличаются от ДТ, для достижения необходимого результата, кроме изменения угла опережения впрыскивания, предположительно, необходимо произвести оптимизацию давления начала впрыскивания топлива форсунками; для чего в последующем произвести индицирование давления в топливопроводе высокого давления для чистого ДТ, БМТС-10 и БМТС-25).

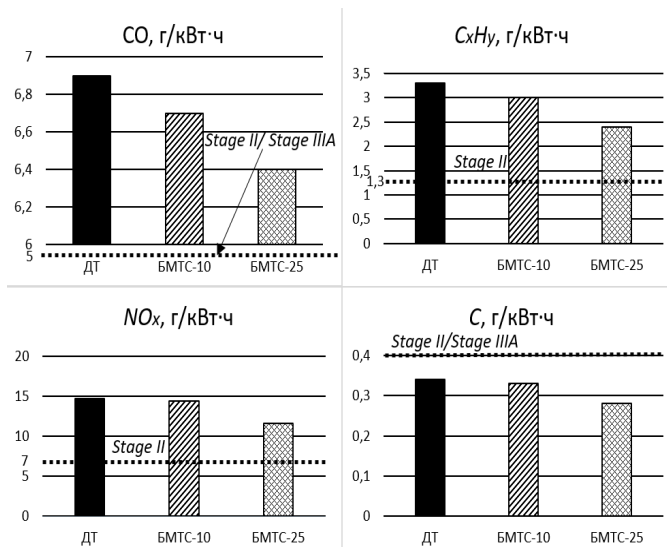


Рис. 1. Суммарные значения удельного выброса токсичных веществ за весь испытательный цикл

Заключение. Итоги проделанной работы позволяют сделать следующие выводы:

1. Использование БМТС в качестве топлива не вызывает сбоев в работе двигателя.

2. Увеличение содержания биологических компонентов в БМТС значительно снижает общую токсичность отработавших газов; но при этом также, из-за снижения среднего эффективного давления, незначительно снижается эффективная мощность.

3. Хотя БМТС показывают сниженные значения эмиссии вредных веществ в выхлопных газах по сравнению с чистым ДТ, они не могут привести дизель к экологическим показателям *Stage II* Правил ЕЭК ООН № 96 (02); необходима оптимизация системы топливоподачи, установка дополнительных систем фильтрации отработавших газов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Транспортная стратегия РФ на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosavtodor.gov.ru/docs/transportnaya-strategiya-rf-na-period-do-2030-goda-s-prognozom-na-period-do-2035-goda>. – Дата доступа: 11.12.2023.

2. Бирюков, А. Л. Оценка некоторых экологических показателей дизельного двигателя при работе на рапсовом масле / А. Л. Бирюков, Ф. А. Новокшанов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 163–167.

3. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.

4. Бузиков, Ш. В. Оптимизация состава смесового топлива для применения в тракторных дизелях / Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников, И. С. Козлов // Тр. НАМИ. – 2021. – № 1 (284). – С. 16–24.

5. Карташевич, А. Н. Оптимизация эффективных показателей тракторного дизеля при работе на смесовом топливе / А. Н. Карташевич, Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 4. – С. 163–167.

6. Карташевич, А. Н. Применение методики планирования эксперимента в исследованиях свойств биотоплив / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 200–207.

7. Малышкин, П. Ю. Оценка экологической и экономической эффективности применения газового топлива для питания дизелей / П. Ю. Малышкин, А. Н. Карташевич // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 2. – С. 185–189.

8. Новокшанов, Ф. А. Исследование мощностных показателей дизельного двигателя при работе на рапсовом масле с подачей воды на впуске / Ф. А. Новокшанов, А. Л. Бирюков, П. Ю. Малышкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 306–309.

9. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

10. The United Nations Economic Commission for Europe. Regulation No. 24. E/ECE/TRANS/505-Rev.1/Add.23/Rev.2/Amend.1/Amend.2/Amend.3. 5 April 2007.

11. Исследование свойств новых топлив для автотракторной техники / С. А. Плотников, Г. Э. Заболотских, П. Я. Кантор, М. Н. Втюрина // Вестн. Рязанского гос. агротехнологического ун-та им. П. А. Костычева. – 2022. – Т. 14, № 1. – С. 117–125.

12. Кульчицкий, А. Р. О новых требованиях к экологическим показателям сельскохозяйственных тракторов в таможенном союзе // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – Т. 89, № 3. – С. 167–174.

Аннотация. Рассматривается работа дизеля Д-245.5S2 на биоминеральных топливных смесях (БМТС) на предмет их экологичности по методике Правил ООН № 96 (02).

Установлено, что использование этих смесей положительно сказывается на экологической составляющей отработавших газов: замечено снижение эмиссии исследуемых токсичных компонентов при работе на БМТС в сравнении с традиционным дизельным топливом.

Ключевые слова: биоминеральная топливная смесь, дизельное топливо, монооксид углерода, оксиды азота, углеводороды, сажа.

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СВОЙСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

Е. Г. ЗЫКОВ, аспирант
С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор
М. В. МОТОВИЛОВА, канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

Введение. Надежный пуск тракторных и автомобильных двигателей при низких температурах окружающего воздуха, а также в случае использования альтернативных топлив и топливных композиций с повышенными значениями кинематической вязкости в настоящее время обеспечивается комплексом мероприятий:

- высокими пусковыми качествами, собственно, двигателей;
- применением маловязких масел или загущенных всесезонных масел с пологими вязкостно-температурными характеристиками;
- применением эффективных средств облегчения пуска и подогрева топлива.

При этом производители двигателей внутреннего сгорания (ДВС) стремятся обеспечить пуск и безаварийную работу двигателя даже при отрицательных температурах. Большинство современных дизелей в настоящее время пускаются при температурах до -10 °С. При более низких температурах рекомендуется их разогрев или заправка горячей водой и маслом с помощью подогревателей. Разогрев занимает много времени, является несовершенным и трудоемким способом, поэтому не решает проблемы в целом.

В ряде случаев для улучшения пусковых свойств дизеля, повышения эффективных и экологических показателей работы, его комплектуют различными системами подогрева.

Обзор литературы. В результате анализа данных результатов исследований, проводимых, как в РФ, так и за рубежом можно выделить два основных направления воздействия на дизельное топливо (ДТ) – физические и химические способы (таблица) [1, 2]. При использовании физических способов осуществляется внешнее ультрафиолетовое, магнитное, электромагнитное, термическое, радиационное и другие виды воздействия на ДТ. Химические же способы воздействия, напротив, основываются на использовании свойств, дополнительно вводи-

мых в ДТ присадок, изменяющих и дополняющих физико-химические свойства самого топлива.

Направления воздействия на дизельное топливо

Вид воздействия	Направление	Недостатки
Химическое воздействие		
Использование химических веществ (присадки, добавки)	Улучшение эксплуатационных свойств ДТ и эффективных показателей ДВС	Недостаточная стабильность ДТ, жесткость процесса сгорания.
Добавка в ДТ (спирты, масла, эфиры)	Улучшение эксплуатационных свойств ДТ и эффективных показателей ДВС	Недостаточная стабильность ДТ, жесткость процесса сгорания.
Физическое воздействие		
Обработка ДТ ультразвуком	Улучшение эксплуатационных свойств ДТ и эффективных показателей ДВС	Необходимость длительного воздействия ультразвука
Подогрев топлива в линии низкого давления	Улучшение эксплуатационных свойств ДТ	Физико-механические свойства ДТ не влияют на процесс сгорания
Подогрев топлива в линии высокого давления	Улучшение эксплуатационных свойств ДТ и эффективных показателей ДВС	Необходимость встраиваемого оборудования в линию высокого давления.
Радиационное облучение	Улучшение эксплуатационных свойств ДТ и эффективных показателей ДВС	Изменение свойств ДТ даже после прекращения облучения.
Воздействие магнитным, электромагнитным полями	Улучшение эксплуатационных свойств ДТ и эффективных показателей ДВС	Необходимость специального устройства. Опасность применения высокого напряжения
Воздействие электрическим полем	Увеличение скорости горения и интенсификация сгорания ДТ при отрицательной короне	Необходимость специального устройства
УФ-облучение топлива	Улучшение эффективных показателей ДВС	Необходимость специального устройства
Ионизирование, озонирование ДТ	Интенсификация процесса сгорания ДТ	Невозможность длительного хранения ДТ

Большинство рассмотренных выше вариантов требует наличия технически сложного обеспечения, часто весьма энергоемкого, необходимость длительного (до 72 часов) воздействия на ДТ, при этом нередко констатируется возникновение отрицательных факторов.

Соответственно, термическое влияние на ДТ в линии низкого или высокого давления, можно считать достаточно перспективным

направлением. Зарубежные компании предлагают ряд конструкций подогревателей ДТ в линии низкого давления (рис. 1) [3–5].

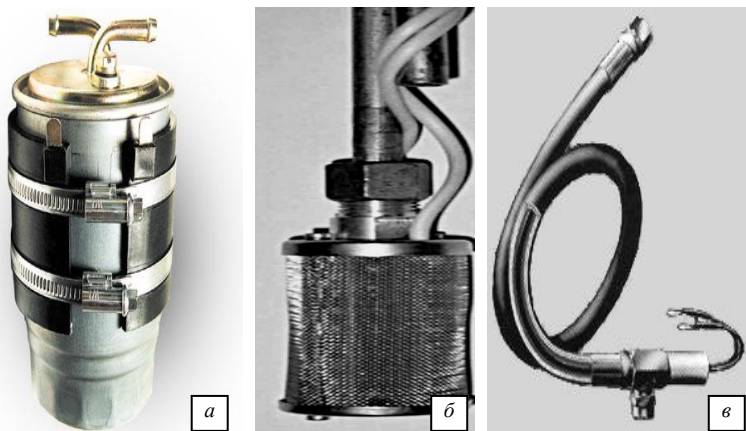


Рис. 1. Подогреватели дизельного топлива: *а* – накладной подогреватель фильтра тонкой очистки («Накоман»); *б* – топливозаборник с подогревателем («Ивэль»); *в* – подогреватель топливопроводов («Термолайн»)

Для прогрева фильтра и гарантированного обеспечения проходимости топлива подогревателем компании «Накоман» (рис. 1, *а*) достаточно 3–8 мин, за которые температура топлива в фильтре повысится на 20–25 °С.

В подогревателе топливозаборника на ПТК-керамике (рис 1, *б*) используется электрический подогрев топлива от сети автомобиля с напряжением 12 В или 24 В. Максимальная мощность подогревателя составляет 150 Вт, что позволяет производить запуск двигателя через 3–5 мин после включения.

Подогреватель топливопроводов «Термолайн» (рис. 1, *в*) – саморегулируемый подогреватель топливной магистрали, в котором обеспечивается автоматическое уменьшение потребляемого тока при его разогреве. Установка подогревателя производится простой заменой штатного отрезка топливопровода.

Основная часть. Применение подогревателей ДТ в линии низкого давления не решает основную задачу – повышение эксплуатационных показателей работы дизеля.

Предварительный подогрев топлива целесообразно производить на линии высокого давления до температур, равных 250...300 °С. Предварительный подогрев ДТ до температур, соответствующих температуре начала его кипения, характеризуется процессом образования активных центров самовоспламенения. Сгорание ДТ начинается практически сразу после его поступления в камеру сгорания (КС), так как период задержки воспламенения (ПЗВ) становится минимальным, а время испарения и диффузионного перемешивания топлива с воздушным зарядом за счет интенсивного тепло- и массопереноса сокращается. Значение максимального давления и температуры цикла смещается ближе к ВМТ, что приводит к экономичной работе двигателя и снижению концентрации вредных веществ в отработавших газах (ОГ).

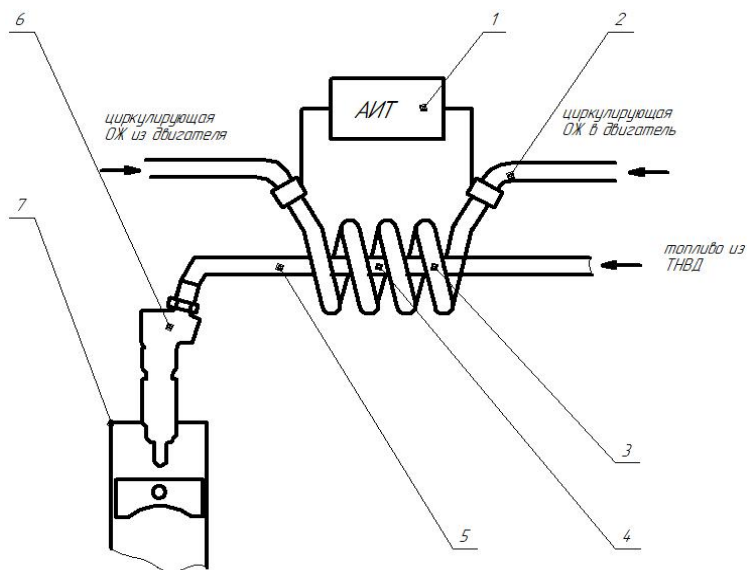


Рис. 2. Индукционный нагреватель топлива: 1 – автономный инвертор тока; 2 – индуктирующий провод; 3 – катушка индуктивности; 4 – теплообменник; 5 – топливопровод высокого давления; 6 – форсунка; 7 – головка блока цилиндров

Кроме того, нет необходимости в изменении штатной системы топливоподачи.

Для решения этой задачи в исследованиях [6, 7] был использован индукционный нагреватель оригинальной конструкции (рис. 2) [8].

Применение предложенного устройства (рис. 2) позволило упростить конструкцию в целом, уменьшить ее стоимость за счет применения более простого теплообменника; сократить время на нагрев и увеличить скорость термического воздействия на топливо в результате более быстрого местного интенсивного и равномерного по поверхности нагрева теплообменника за счет примененной многовитковой катушки индуктивности, а также снизить тепловую напряженность индуцирующего провода при помощи циркуляции через его сечение охлаждающей жидкости из системы охлаждения двигателя.

В ходе экспериментальных исследований на полноразмерном автотракторном дизеле было установлено, что, подогрев дизельного топлива до 300 °С позволяет снизить жесткость процесса сгорания на 5,4 %, снизить часовой расход топлива на 3,07–7,36 %, а также снизить выбросы сажи в ОГ на 2–5 % [9–12].

Следующим этапом исследований будет оценка влияния предварительного высокотемпературного подогрева топлива на пусковые свойства автотракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2).

Заключение. Анализ известных физических и химических способов воздействия на свойства дизельного топлива позволил выявить наиболее перспективные методы.

Подогрев дизельного топлива до 300 °С позволяет снизить жесткость процесса сгорания, часовой расход топлив и выбросы сажи в отработавших газах, благотворно влияет на протекание рабочего процесса в цилиндре дизеля.

Следующим этапом исследований будет оценка влияния предварительного высокотемпературного подогрева топлива на пусковые свойства автотракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Плотников, С. А. Пути повышения эффективности работы дизелей на альтернативных топливах / С. А. Плотников // Проблемы механизации и сервисного обслуживания технологического оборудования в сельскохозяйственном производстве. – Киров, 2002. – С. 85–91.
2. Плотников, С. А. Расчетно-теоретические исследования работы дизеля на альтернативных топливах / С. А. Плотников. – Киров: Авангард, 2009. – 174 с.
3. <https://www.youtube.com/watch?v=5jvLIR9R24Q>.
4. <https://tech.wikireading.ru/13681>.
5. <https://termomir.com/heater/nomacons/thermoline>.
6. Карташевич, А. Н. Исследование процесса сгорания активированного топлива в автотракторном дизеле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, М. В. Мотовилова // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – № 1. – С. 31–42.

7. Мотовилова, М. В. Разработка методики интенсификации рабочего процесса дизеля / М. В. Мотовилова, Е. Д. Петухович // Общество. Наука. Инновации (НПК-2019). – Киров: ВятГУ, 2019. – Т. 2. – С. 232–238.

8. Мотовилова, М. В. Индукционный нагреватель топлива / М. В. Мотовилова, Ш. В. Бузиков, П. Ю. Малышкин, А. Н. Карташевич // Патент РФ № 2688131, МПК F02M 31/00, F02M 31/12, H05B 6/00, H05B 6/10. – 7 с.

9. Карташевич, А. Н. Обзор устройств для улучшения эксплуатационных свойств дизельного топлива при отрицательных температурах / А. Н. Карташевич, А. В. Гордеевко, О. В. Гордеевко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 278–283.

10. Карташевич, А. Н. Перспективы развития научного сотрудничества УО БГСХА и ВятГУ / А. Н. Карташевич, Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 14–17.

11. Карташевич, А. Н. Сотрудничество БГСХА и ВятГУ в области транспортного машиностроения / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 4. – С. 177–179.

12. Разработка технологий применения нетрадиционных топлив в дизелях / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, Е. Г. Зыков, Н. Ю. Кутергин // Вестн. НГИЭИ. – 2023. – № 2 (141). – С. 7–18.

Аннотация. В результате анализа данных результатов исследований, проводимых как в РФ, так и за рубежом, можно выделить два основных направления воздействия на дизельное топливо – физические и химические способы. Большинство рассмотренных вариантов требует наличия технически сложного обеспечения, часто весьма энергоемкого, необходимость длительного воздействия на ДТ, при этом нередко констатируется возникновение отрицательных факторов. Соответственно, термическое влияние на ДТ в линии низкого или высокого давления, можно считать достаточно перспективным направлением. Предварительный подогрев топлива целесообразно производить на линии высокого давления до температур, равных 250–300 °С. Для решения этой задачи был использован индукционный нагреватель оригинальной конструкции. В ходе экспериментальных исследований было установлено, что подогрев топлива до 300 °С позволяет снизить жесткость процесса сгорания на 5,4 %, часовой расход топлива на 3,07–7,36 % и снизить выбросы сажи в ОГ на 2–5 %. Следующим этапом исследований будет оценка влияния предварительного высокотемпературного подогрева топлива на пусковые свойства автотракторного дизеля.

Ключевые слова: дизель, дизельное топливо, подогрев, процесс сгорания, эффективные показатели.

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ

А. Н. КАРТАШЕВИЧ¹, д-р техн. наук, профессор
С. А. ПЛОТНИКОВ², д-р техн. наук, профессор

¹УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

²ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

Истощение нефтяных месторождений, рост мировых цен на нефтепродукты, необходимость решения острых экологических проблем, включая проблему снижения выбросов в атмосферу основного парникового газа – диоксида углерода (углекислого газа) вызывают необходимость применения возобновляемых источников энергии для автотракторной техники. Преимущества их производства из растительного сырья и экологичность применения доказаны результатами исследований во многих странах мира [3–6, 9–11].

Экономический потенциал возобновляемых источников энергии в настоящее время оценивается в 20 млрд. т условного топлива в год, что в два раза превышает объем годовой добычи всех видов органического топлива. И это обстоятельство указывает путь развития энергетики будущего, особенно региональной и локальной. Повсеместный переход на возобновляемые источники энергии не происходит лишь потому, что промышленность, машины, оборудование и быт людей на Земле в течение длительного периода развития были сориентированы на органическое топливо. Однако неисчерпаемость и экономическая чистота возобновляемых источников энергии заставляет по-новому рассматривать перспективы их использования.

В настоящее время более 20 стран мира производят жидкое биотопливо из различного растительного сырья. Среди этих биотоплив – растительные масла, продукты их переработки, биоэтанол, биометанол, биодиметилловый эфир, биометил-*трет*-бутиловый эфир (биоМТБЭ), биоэтил-*трет*-бутиловый эфир (биоЭТБЭ), синтетические биотоплива, биогаз, биоводород [2]. Международная энергетическая ассоциация (IEA) прогнозирует, что к 2030 г. мировое производство биотоплив достигнет 150 млн. т в год (в энергетическом эквиваленте нефти). Ежегодные темпы прироста их производства составят

7–9 %. В результате к 2030 г. доля биотоплив в общем объеме потребления топлива в транспортной сфере достигнет 4–6 %.

Основное преимущество возобновляемых источников энергии состоит в том, что их использование позволит не изменить энергетического баланса планеты и решить три глобальные задачи человечества: энергетика, экология, продовольствие. Этим объясняются причины бурного развития возобновляемой энергетики за рубежом и оптимистические прогнозы их дальнейшего развития [1, 6, 8].

При использовании топлив растительного происхождения появляется возможность решения проблемы снижения выбросов в атмосферу углекислого газа, относящегося к группе так называемых «парниковых газов».

Поглощение углекислого газа различными растениями происходит в результате реакции фотосинтеза. Таким образом, выделяющийся при сгорании топлив растительного происхождения углекислый газ, поглощается при выращивании этих растений.

При этом сельскохозяйственные культуры (свекла, рапс, пшеница) обеспечивают существенно больший объем выделяемого кислорода по сравнению с дикорастущими растениями (луга, пастбища и лес). В частности, выделение кислорода с 1 га посевов рапса за сезон составляет 10,6 тыс. м³ и сопровождается поглощением около 10 тыс. м³ или 20 т углекислого газа.

В качестве сырья для производства моторных топлив могут быть использованы животный жир, отходы лесозаготовки и лесопереработки, древесина, отходы сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности, биогазы, водоросли и другие морские биоресурсы.

Для легковых автомобилей, оснащенных двигателями с принудительным воспламенением, в качестве моторного топлива наибольшее использование получил биоэтанол, а для транспортных и стационарных установок с дизельными двигателями – топлива, получаемые из различных растительных масел и животных жиров. Обычный топливный этанол представляет собой высокооктановый спирт, получаемый путем ферментации сахара, который, в свою очередь, получают из крахмала зерновых (кукуруза, пшеница) или иных культур. По объемам производства биоэтанол занимает первое место в мире, опережая биодизельное топливо. В странах Евросоюза, напротив, опережающими темпами развивается производство биодизельного топлива.

В ряде стран (Бразилия, США и др.) биоэтанол уже достаточно широко используется в качестве топлива для двигателей с принудитель-

ным воспламенением. Возможно также использование этого вида топлива и в дизельных двигателях.

Современное мировое производство этанола составляет 32 млн. т в год, из них 4 млн. т приходится на пищевой этанол, 8 млн. т – на этанол для химической промышленности и 20 млн. т – на топливный этанол. В то же время мировая потенциальная потребность в этом спирте достигает 2 млрд. т в год.

Биоэтанол производится из различного сырья с использованием различных технологических процессов. Около 7 % этанола вырабатывается химическим синтезом (преимущественно из природного газа), 93 % этанола производится с использованием процесса брожения. При этом 60 % спирта получают из сахара и 40 % – из зерна. Топливный этанол используется различным образом: около 26 % его смешивают с бензином, около 3 % применяется в качестве топлива для дизелей.

Крупнейшим производителем биоэтанола является Бразилия. В 1999 г. в этой стране произведено 6,5 млн. т этого продукта, что обеспечило 13 % ее общих потребностей в энергоресурсах и 19 % потребности в жидком топливе, что позволило сэкономить 35,6 млрд. долл. США при стоимости спирта от 25 до 35 долл. за баррель. Современное производство этанола в Бразилии составляет 13,0 млн. м³/год (из сахарного тростника) при потреблении внутри страны 12,6 млн. м³/год.

Второе место по производству этанола занимает США, где промышленный этанол производят более 40 компаний примерно на 60 заводах, общий выход продукции которых составляет примерно 2 млрд. галлонов в год (около 8 млрд. л). В 2009 г. общее потребление этанола, полученного путем ферментации, в США составило 10,38 млн. т. Из них 9,97 млн. т было использовано как моторное топливо и 0,41 млн. т составило прочее потребление этанола (пищевые продукты, напитки и прочее).

В США около 8 % этанола получают из сорго и примерно 90 % – из кукурузы. Для этих целей используется 13 % урожая кукурузы. Конгресс США принял законопроект, предусматривающий увеличение производства этанола в 3 раза. В штате Калифорния введен запрет на употребление МТБЭ в качестве оксигената, а 70 % бензина, используемого на юге штата, и 57 % – на севере штата, смешиваются с этанолом.

В Российской Федерации, обладающей огромной территорией, значительная часть пахотных земель, используемых ранее для сельскохо-

зяйственного производства, в настоящее время не обрабатывается и постепенно теряет свои плодородные качества. В последние десять лет Россия потеряла треть своей плодородной земли. Более 40 млн. га выведено из оборота – зарастает лесом или заброшено. Это свидетельствует об огромном потенциале России в области производства биотоплив.

Наличие больших площадей пахотных земель, пригодных для выращивания технических культур, а также динамика увеличения посевных площадей, отведенных под эти культуры, определяют потенциальную возможность России стать одним из лидирующих государств по производству биотоплива [7, 10].

Необходимо отметить не всегда рациональное использование имеющихся в Российской Федерации пахотных земель. В последнее десятилетие в мировом сельскохозяйственном производстве особый интерес вызывают высокоэнергетические культуры, т. е. культуры с высоким удельным содержанием углеводов. К этим культурам относятся масличные культуры (рапс, сурепица, соя, подсолнечник и др.), используемые для производства биодизельного топлива, а также зерновые культуры (кукуруза, пшеница, сорго и др.) и технические культуры (сахарная свекла, сахарный тростник и др.), используемые для производства биоэтанола.

Анализ литературных источников свидетельствует о том, что этанол по своим физико-химическим свойствам близок к бензинам. В частности, они имеют повышенную испаряемость, сравнительно невысокие плотность и вязкость, приемлемые для двигателей с принудительным воспламенением октановые числа (у бензина обычно 91–92 единицы по моторному методу, у биоэтанола – 100 единиц и более).

Специалисты считают, что большинство автомобильных двигателей могут работать на смесевом топливе (смеси на основе бензина), 10 % которого составляет этанол. При этом какой-либо модификации двигателя обычно не требуется. Следует отметить, что добавка этанола в бензин позволяет повысить их детонационную стойкость (октановое число) и снизить содержание в ОГ токсичных ароматических углеводородов.

Положительным свойством спиртов является наличие в их молекулах атомов кислорода. Именно поэтому спирты используются в качестве оксигенатов (кислородсодержащих компонентов), повышающих детонационную стойкость бензинов и способствующих снижению выбросов сажи и монооксида углерода, как в бензиновых двигателях, так и в дизелях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.
2. Биоэнергетика: Мировой опыт и прогнозы развития / Л. С. Орск [и др.]; под ред. В. Ф. Федоренко. – Москва: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 404 с.
3. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
4. Грудович, Е. Д. Обзор альтернативных видов топлива на основе растительных масел и предъявляемые им требования / Е. Д. Грудович, А. Н. Карташевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 199–201.
5. Даргель, Р. С. Индикаторные показатели двигателя 4СН 11,0/12,5 при работе на смесевом топливе / З. С. Даргель, А. Н. Карташевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 269–273.
6. Карташевич, А. Н. Использование смесевых топлив на основе рапсового масла для сельскохозяйственных тракторов / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка. – Горки: БГСХА, 2012. – 210 с.
7. Карташевич, А. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле (часть 1) / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Г. Н. Гурков. – Киров, 2011. – 115 с.
8. Карташевич, А. Н. Применение топлив на основе рапсового масла в тракторных дизелях / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка. – Киров: Авангард, 2014. – 144 с.
9. Малышкин, П. Ю. Оценка экологической и экономической эффективности применения газового топлива для питания дизелей / П. Ю. Малышкин, А. Н. Карташевич // Вестн. БГСХА. – 2023. – № 2. – С. 185–189.
10. Применение этанола в дизелях А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – 151 с.
11. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

Аннотация. Истощение нефтяных месторождений, рост мировых цен на нефтепродукты, необходимость решения острых экологических проблем, включая проблему снижения выбросов в атмосферу основного парникового газа, вызывают необходимость применения возобновляемых источников энергии для автотракторной техники. Большинство автомобильных двигателей могут работать на смесевом топливе (смеси на основе бензина), 10 % которого составляет этанол, добавка в бензин позволяет повысить их детонационную стойкость (октановое число) и снизить содержание в ОГ токсичных ароматических углеводов.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, дизельное топливо, бензин, смесевое топливо, этанол.

ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУЖКОЛОМАЮЩЕЙ ГЕОМЕТРИИ НА ТВЕРДОСПЛАВНЫХ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИНАХ ПУТЕМ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

А. С. КЛУОНИС¹, аспирант
С. А. ПЛОТНИКОВ¹, д-р техн. наук, профессор
Е. В. КОЗЛОВ², инженер-технолог

¹ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация
²Инжиниринговый центр ВятГУ,
Киров, Российская Федерация

Введение. На данном этапе машиностроительного производства при обработке материалов резанием применение твердосплавных пластин является превалирующим. Это связано с тем, что обработка со сменными твердосплавными пластинами обеспечивает высокие скорости резания, что увеличивает производительность обработки, повышает конкурентоспособность выпускаемой продукции.

Чаще всего на твердосплавных пластинах предусматривают специальные сложные фасонные поверхности, которые предназначены для надлома и отвода стружки из зоны резания [1]. По исполнению существует большое количество стружколомов, предназначенных для черновой, получистовой и чистовой обработки соответствующих материалов.

В настоящее время, существует множество способов сложной формы стружколомающих геометрий сменных многогранных пластин [2].

Наиболее частым способом формирования является прессование в специальной прессформе во время изготовления самой пластины. Данный способ выгодно реализовать в рамках крупносерийного и массового производства, т.к. способ требует наличие дорогостоящего оборудования и высококвалифицированных специалистов.

Более простым и доступным получения в инструментальном производстве различных стружколомающих уклонов и канавок является затачивание [3]. Данная технология имеет ряд недостатков, главный из них – невозможность получения сложность линейчатой поверхности.

Одним из способов получения фасонных поверхностей является электрохимическая обработка [4–6]. При электрохимическом формообразовании размеры и форму обрабатываемой детали получают в таких условиях (режимах обработки), когда размеры катода-инструмента

копируются на заготовке за счет простого поступательного движения. Обработка протекает достаточно долго, что обусловлено физико-химическими явлениями, представляющими собой совокупность сложных взаимосвязанных процессов физического, химического и электрохимического характера. К основным физико-химическим явлениям, определяющим формообразование, относится электрическое поле, геометрия которого формируется геометрией катода инструмента. Преимуществом технологии является возможность обработки различных токопроводящих металлов, независимо от их твердости.

Исходя из всего вышеперечисленного целью данной работы является разработка метода электроэрозионного формирования стружколомающей геометрии на поверхности твердосплавных пластин.

Основная часть. Технология формирования фасонной геометрии разработана при проектировании единичного технологического процесса изготовления твердосплавной режущей пластины со стружколомающей геометрией (рис. 1).

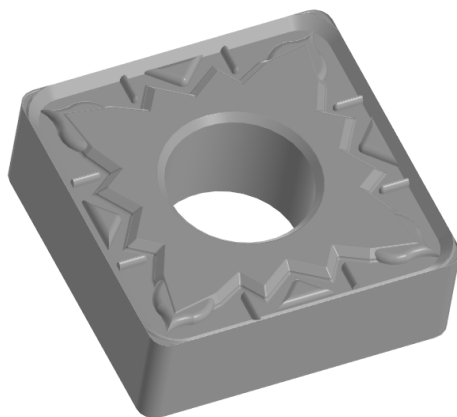


Рис. 1. Режущая пластина со стружколомающей геометрией

Разработанный способ изготовления фасонной поверхности стружколомающей геометрии твердосплавной пластины представляет собой следующие технологические операции:

– изготовление электрода-инструмента (рис. 2), копирующего геометрию стружколома, путем печати на 3D-принтере, с последующим меднением рабочей поверхности;

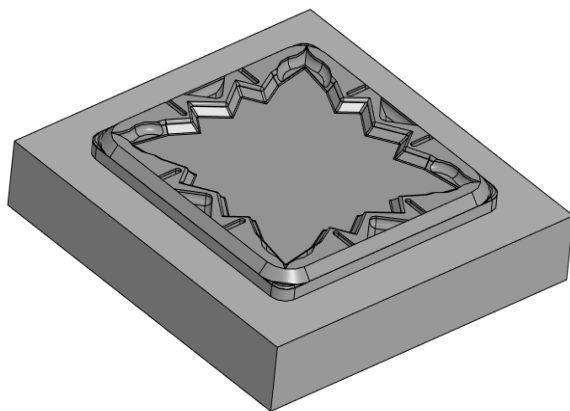


Рис. 2. Инструмент – электрод

– процесс формообразования стружколомающей геометрии (рис. 3). Электрод-инструмент устанавливается в узел станка и путем поступательного движения движется в направлении заготовки, снимая установленный на обработку припуск под действием электрических разрядов.

Разработанный метод изготовления стружколомов позволяет получать геометрически сложные поверхности. Данная технология применима для изготовления экспериментальных образцов твердосплавных пластин для проведения дальнейших производственных испытаний.

Также при использовании промышленного оборудования возможно производство небольших серий инструментальных пластин при использовании данного метода.

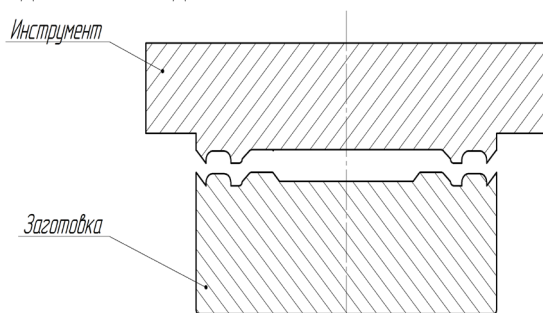


Рис. 3. Схема формообразования стружколомающей геометрии

Заключение. Предлагаемый способ формирования сложной фасонной поверхности позволяет изготавливать экспериментальные и мелкие партии твердосплавных режущих пластин путем электрофизического воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петрушин, С. И. Методика проектирования стружколомающих элементов на передней поверхности режущей части инструмента / С. И. Петрушин, М. А. Корчуганова // Вестн. машиностроения. – 2000. – № 6. – С. 38–43.

2. Технология шлифования и заточки режущих инструментов / М. М. Палей [и др.] // Москва: Машиностроение, 1988. – С. 182.

3. Корчуганова, М. А. Проектирование и производство сменных многогранных пластин с улучшенными стружколомающими свойствами / М. А. Корчуганова, А. В. Проскоков // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2003. – № 3 (19). – С. 34–35.

4. Клуонис, А. С. Комбинированный метод получения комплектов мелкоразмерных профильных деталей / А. С. Клуонис, Д. Г. Сергеев, Е. В. Козлов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2022). – Киров, 2022. – С. 11–29.

5. Клуонис, А. С. Обзор современных методов нанесения износостойких покрытий и их сравнительный анализ / А. С. Клуонис, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 284–287.

6. Клуонис, А. С. Технология изготовления мелкоразмерных профильных деталей с использованием перемычек / А. С. Клуонис, Д. Г. Сергеев, Е. В. Козлов // Компьютерно-интегрированные технологии в машиностроении: проблемы и перспективы. – Ярославль: Ярославский государственный технический университет, 2022. – С. 19–21.

Аннотация. Рассмотрены способы формирования фасонных поверхностей стружколомающих геометрий твердосплавных режущих пластин, их преимущества. Разработана и описана технология изготовления стружколомов на рабочих поверхностях путем электрофизической обработки. Метод применим для изготовления экспериментальных образцов, также при высокой степени автоматизации возможно получение среднесерийных производственных партий инструментальных пластин. Разработанный метод дешевле традиционных способов получения стружколомающих геометрий режущих пластин.

Ключевые слова: стружколомающая геометрия, электроэрозионная обработка, сменные многогранные пластины, 3D-печать, электрод-инструмент, инструментальное производство.

ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЕ ФОРМИРОВАНИЕ СТРУЖКОЛОМАЮЩЕЙ ГЕОМЕТРИИ НА РЕЖУЩИХ ПЛАСТИНАХ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Е. В. КОЗЛОВ¹, инженер-технолог

А. С. КЛУОНИС², аспирант

С. А. ПЛОТНИКОВ², д-р техн. наук, профессор

¹Инжиниринговый центр ВятГУ,

Киров, Российская Федерация

²ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,

Киров, Российская Федерация

Введение. В металлообрабатывающей промышленности широкое применение получил инструмент, изготовленный с применением быстрорежущей стали. Быстрорежущая сталь легла в основу таких инструментов, как резцы, фрезы, сверла, долбяки и др. инструменты. Данный инструментальный материал отвечает таким качественными показателями как прочность, твердость и теплостойкость. Но в настоящее время основная доля инструмента приходится на импорт, отрасль стагнирует, а отечественные предприятия находятся в сильной зависимости от поставок инструмента, ввозимого из-за рубежа [3, 4, 7].

Нивелировать положение дел в инструментальной промышленности возможно с применением новых технологий в производстве металлорежущего инструмента. Ключевым критерием при выборе металлорежущего инструмента в пользу того или иного инструментального материала является износостойкость. В данной статье представлен способ, позволяющий повысить стойкость инструмента к износу посредством формирования на его поверхности стружколомающей геометрии.

Технологичность изготовления и относительно низкая стоимость инструментальных сталей позволят получить высокопроизводительный и экономически эффективный металлорежущий инструмент.

Основная часть. В статье представлен анализ новых подходов в производстве металлорежущего инструмента. Использован подход с применением общих и специальных методов сравнительного и статистического анализа, синтеза и аналогий.

Для изготовления металлорежущего инструмента используются различные виды инструментальных материалов [8]:

1. Инструментальные стали.
2. Спеченные твердые сплавы.
3. Керамические режущие материалы;
4. Сверхтвердые материалы.

Среди инструментальных сталей особое место занимают быстрорежущие стали. Данный тип сталей отличается высокой предельной рабочей температурой по сравнению с углеродистыми и легированными сталями, но обладает меньшей твердостью и теплостойкостью по сравнению с твердыми сплавами и сверхтвердыми материалами.

В таблице приведено сравнение некоторых инструментальных материалов по твердости режущей кромки и предельной рабочей температуре [1, 5, 6, 8].

Характеристики инструментальных материалов

Марка стали	Твердость	Предельные рабочие температуры, °С
Углеродистые (нетеплостойкие)		
У8, У8А, У11, У11А	60–63 HRC	180–200
Легированные (нетеплостойкие)		
9ХФ, 11ХФ, ХВГ	57–63 HRC	220–260
Быстрорежущие стали (теплостойкие)		
P18, P6M5, P9K5	58–64 HRC	620–640
Твердые сплавы		
T15K6, T5K10	87–92 HRC	900–1000
Керамические режущие материалы		
ЦМ-332, ВОК-60	90–94 HRA	1100–1400
Сверхтвердые материалы		
АСБ1, АМК, ПСТМ	70–90 ГПа (HV)	700–1500

Исходя из представленных характеристик быстрорежущая сталь была выбрана в качестве экспериментального инструментального материала при электроэрозионном способе формирования стружколомающей геометрии, так как имеет относительно невысокую стоимость и обладает хорошими режущими свойствами.

Схема электроэрозионного процесса [8] обработки представлена на рис. 1. Электроэрозионный способ формирования стружколомающей геометрии основан на разрушении материала заготовки 1, в качестве которой выступает пластина из быстрорежущей стали, токопроводящим электродом-инструментом 2, который совершает возвратно-поступательные движения с определенной скоростью в заданном направлении.

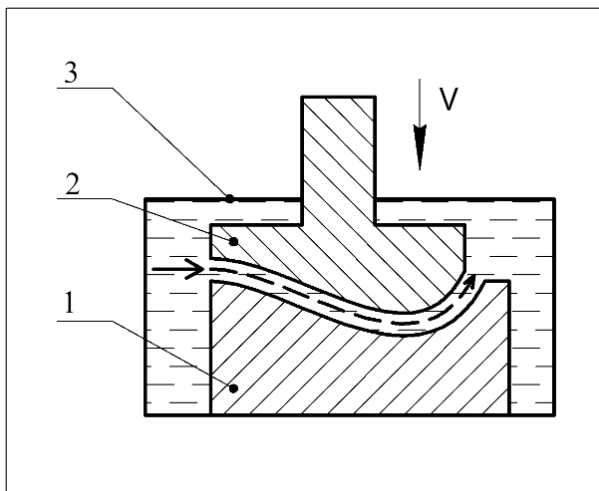


Рис. 1. Схема электроэрозионного процесса обработки

На протяжении заданного времени электрод-инструмент и заготовка помещены в емкость 3 с диэлектрической жидкостью. В зазоре между электродом-инструментом и заготовкой проходят частые электрические разряды, тем самым разрушая послойно материал заготовки и формируя геометрию стружколомающей канавки пластины из быстрорежущей стали. Электроэрозионный способ не исключают механическую обработку, а дополняют ее, занимая свое определенное место. Электроэрозионные способы не исключают механическую обработку, а дополняют ее тем, что могут отображать форму инструмента в изделии. Среди прочих процессов формообразования геометрически сложных поверхностей можно выделить электрохимический способ обработки [2].

Заключение. В настоящее время на предприятиях обрабатывающей промышленности ощущается нехватка качественного инструмента, что негативно сказывается на качестве выпускаемой продукции, что и является поводом к проведению исследований с целью создания новых подходов и технологий изготовления металлорежущего инструмента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов / Б. А. Артамонов [и др.]. – Москва: Высш. шк., 1983. – 247 с.

2. Клуонис, А. С. Комбинированный метод получения комплектов мелкоразмерных профильных деталей / А. С. Клуонис, Д. Г. Сергеев, Е. В. Козлов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2022). – Киров: Вятский государственный университет, 2022. – Т. 2. – С. 341–344.

3. Клуонис, А. С. Обзор современных методов нанесения износостойких покрытий и их сравнительный анализ / А. С. Клуонис, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 284–287.

4. Козлов, Е. В. Инструментальные материалы в производстве металлорежущего инструмента / Е. В. Козлов, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 288–291.

5. Режущие инструменты, оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение: справочник / В. П. Жедь, Г. В. Боровский, Я. А. Музыкант, Г. М. Ипполитов. – Москва: Машиностроение, 1987. – 320 с.

6. Справочник по конструкционным материалам / Б. Н. Арзамасов [и др.]. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 640 с.

7. Титов, Н. В. Использование композитных покрытий, формируемых карбо-вибродуговым упрочнением, для повышения ресурса деталей машин / Н. В. Титов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 144–148.

8. Третьяков, А. Ф. Материаловедение и технологии обработки материалов / А. Ф. Третьяков, Л. В. Тарасенко. – Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 541 с.

Аннотация. В обрабатывающей промышленности в условиях стремительно развивающихся технологических производств предпочтение отдается высокопроизводительным инструментам из быстрорежущей стали, твердого сплава и сверхтвердых материалов. Современный инструмент, оснащенный сменными пластинами, позволяет ускорить процесс обработки и продлить срок службы инструмента. В статье представлен альтернативный способ формирования стружколомающей геометрии на инструментальных пластинах из быстрорежущей стали с целью проведения экспериментальных работ, направленных на изучение износостойкости режущего инструмента заданной геометрии. Применение новых подходов в производстве металлорежущего инструмента в сочетании с современными технологиями позволит увеличить качественные показатели режущего инструмента, что окажет благоприятное влияние на экономическую эффективность предприятий.

Ключевые слова: инструментальное производство, быстрорежущая сталь, стружколомающая геометрия, электроэрозионная обработка.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ ПИТАНИЯ ДИЗЕЛЯ НЕТРАДИЦИОННЫМИ ТОПЛИВАМИ

С. А. ПЛОТНИКОВ¹, д-р техн. наук, профессор
А. Н. КАРТАШЕВИЧ², д-р техн. наук, профессор

¹ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация
²УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. К настоящему времени в литературе имеются многочисленные данные исследований возможности применения в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) различных видов моторных топлив – минеральных, растительных, синтетических и т. д. [1, 2, 4–10, 12, 15].

Тем не менее, проблема создания многотопливной энергетической установки трактора или автомобиля до сих пор не решена. Большинство исследований имели целью оценку возможности применения того или иного источника энергии. В то же самое время автомобильные и тракторные заводы не заинтересованы в расширении линейки выпускаемых моделей мобильной техники под каждый конкретный вид топлива. Для решения проблемы целесообразны разработка и создание адаптивных систем питания, регулирования, воспламенения и смесеобразования для работы транспортных средств на широком спектре нетрадиционных источников энергии [5, 13]. Параллельно необходимо проведение мероприятий по адаптации отдельных эксплуатационных свойств альтернативных топлив (АТ) к свойствам товарного ДТ.

Цель и задачи исследования. Основной целью явилась формулировка направлений модернизации системы питания автотракторного дизеля.

Задачей исследования явилось обоснование и разработка модернизированных систем питания автотракторного дизеля с целью расширения спектра применяемости нетрадиционных источников энергии.

Материалы и методы. Основными методами исследований следует считать теоретические изыскания, лабораторные опыты, моторные и полевые испытания полноразмерных дизельных двигателей.

Поисковые лабораторные опыты, теоретические изыскания и анализ физико-химических свойств нетрадиционных топлив были осуществлены в ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (г. Киров, Россия). Испытания ДВС в стендовых и полевых условиях

проводились в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» (г. Горки, Республика Беларусь) [8, 9].

Основная часть. Система питания автотракторного дизеля, модернизированного для работы на новом виде или составе нетрадиционно-го топлива, должна позволять решение следующих задач:

- качественное смешивание строго заданного для каждого режима вида и состава ингредиентов смесевое топлива при обеспечении необходимого в эксплуатации времени его стабильности;

- осуществление необходимого уровня подогрева подаваемого топлива или топливной смеси;

- регулирование параметров топливоподачи (корректировку угла опережения впрыскивания, цикловой дозы и т. д.) под различные виды топлива;

- возможность длительной надежной работы системы питания на широком спектре смесевых топлив.

В ходе длительных испытаний [3] к применению была рекомендована система питания (рис. 1), конструкция которой позволяет работу дизеля на различных АТ при одновременном регулировании состава и угла опережения впрыскивания топлива, обеспечивает необходимую стабильность смеси [14].

Пуск дизеля и его прогрев производится на нефтяном топливе. При этом отсечной трёхходовой кран 10 для нефтяного топлива должен быть открыт в положении прохода топлива по линии низкого давления 4, минуя смеситель 12 и измеритель состава топлива 15. После прогрева дизеля открываются все краны: для альтернативного топлива 11 и топливной смеси 12, а также отсечной трёхходовой кран 10 для нефтяного топлива в положение для прохождения топлива по линии 4 через смеситель 12 и измеритель состава топлива 16. Далее высокооднородная топливная смесь, двигаясь к топливоподкачивающему насосу 7 и, проходя через фильтр тонкой очистки 6, попадает в топливный насос высокого давления (ТНВД) 8 с регулятором угла опережения впрыскивания топлива для впрыскивания форсунками 9 топливной смеси в цилиндры дизеля. При прохождении топливной смеси через измеритель состава топлива 16 поступает сигнал в цифровом значении (таблица) на электронный блок управления 14 о том или ином составе смесевое топлива. Далее электронный блок подает сигналы на датчики режимов работы дизеля 14, что позволяет автоматически выставлять оптимальный установочный угол опережения

впрыскивания топлива при работе дизеля на различных по составу и содержанию смесевых топливах.

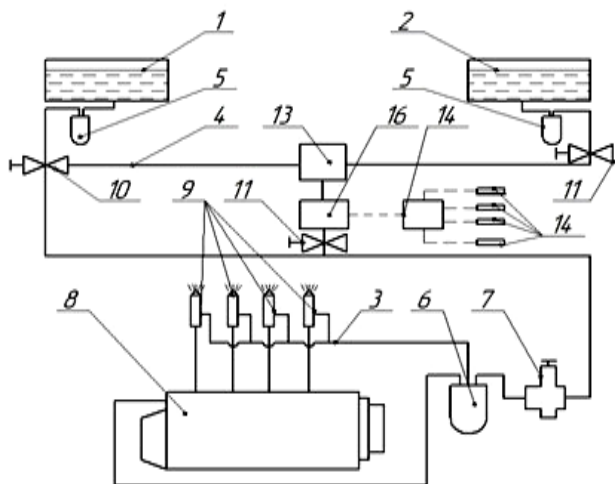


Рис. 1. Система питания:

- 1, 2 – баки нефтяного и альтернативного топлива; 3, 4 – линии высокого и низкого давления, 5, 6 – фильтры грубой и тонкой очистки;
 7 – топливоподкачивающий насос; 8 – ТНВД; 9 – форсунки;
 10, 11, 12 – краны для нефтяного, альтернативного топлива и топливной смеси;
 13 – смеситель; 14 – электронный блок; 15 – датчики режимов работы дизеля; 16 – фотоэлектродетектор

Наличие фотоэлектродетектора в системе питания позволяет в автоматическом режиме определять состав заданного смесевого топлива по значениям его плотности.

При проведении испытаний с необходимостью подогрева топлива к штатной или модернизированной топливной системе дизеля добавлялась разработанная система локального индукционного подогрева (рис. 2) [11].

Подогрев топлива осуществлялся при помощи индуцирующего провода 6, последовательно охватывающего участки топливопровода 4, расположенного на линии высокого давления непосредственно перед форсунками 7. В качестве индуцирующего провода использовался кабель РКГМ, имеющий кремнийорганическую основу для обеспечения хороших температурных свойств. Многопроволочная токопрово-

дующая медная жила, изготовленная из электротехнической меди, наводила вихревые токи, обладающие индукционной природой, в стенке топливопровода.

**Значения плотности для составов альтернативных топлив
с добавками этанола**

№ п/п	Состав топлива	Значение плотности при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$
1	ДТ 100 %	1,48
2	ЭТ 100 %	0,79
3	ДТ 95 % + ЭТ 5 %	1,4
4	ДТ 90 % + ЭТ 10 %	1,37
5	ДТ 85 % + ЭТ 15 %	1,35
6	ДТ 80 % + ЭТ 20 %	1,31
7	ДТ 75 % + ЭТ 25 %	1,30
8	ДТ 70 % + ЭТ 30 %	1,29
9	ДТ 65 % + ЭТ 35 %	1,28
10	ДТ 60 % + ЭТ 40 %	1,27
11	ДТ 55 % + ЭТ 45 %	1,26
12	ДТ 50 % + ЭТ 50 %	1,25

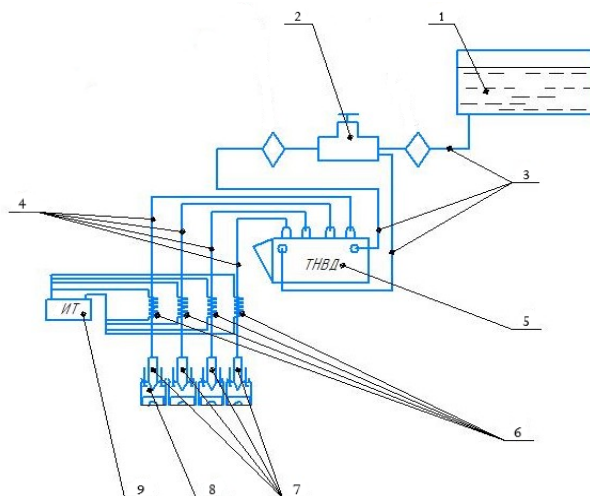


Рис. 2. Система питания дизеля с подогревательным устройством:
 1 – топливный бак; 2 – подкачивающий насос; 3 – топливопровод низкого давления;
 4 – топливопровод высокого давления; 5 – ТНВД; 6 – индукционный провод;
 7 – форсунки; 8 – цилиндр; 9 – источник тока

В результате тепло от внутренних стенок топливопроводов передавалось самому дизельному топливу, практически не рассеиваясь в окружающую среду. Необходимая мощность нагрева контролировалась на самом нагревателе. Значение температуры топлива фиксировалось при помощи четырех термопар, установленных непосредственно перед форсунками и подключенных к восьмиканальному ПИД-регулятору.

Применение предложенной системы подогрева топлива позволило сохранить показатели работы дизеля на уровне заводских, а некоторые показатели (часовой расход дизельного топлива, содержание сажи в отработавших газах двигателя) даже улучшить [6].

Заключение.

1. Перспективно создание новых конструкций систем питания, регулирования, воспламенения и смесеобразования. Целесообразно также адаптация эксплуатационных свойств АТ к свойствам ДТ.

2. Применение модернизированной системы питания позволяет работу дизеля на различных АТ при одновременном регулировании состава и угла опережения впрыскивания топлива, обеспечивает необходимую стабильность смеси.

3. Применение предложенной системы подогрева дизельного топлива позволяет сохранять показатели работы дизеля на уровне заводских, а некоторые показатели (часовой расход дизельного топлива, содержание сажи в отработавших газах двигателя) даже улучшить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
3. Бузиков, Ш. В. Оптимизация состава смесового топлива для дизелей тракторов и сельскохозяйственных машин / Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников // Транспорт на альтернативном топливе. – 2021. – № 3. – С. 64–69.
4. Зубакин, А. С. Экономическая эффективность использования генераторного газа в качестве топлива / А. С. Зубакин, С. А. Плотников, П. Ю. Малышкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 202–205.
5. Карташевич, А. Н. Возобновляемые источники энергии / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка. – Горки: БГСХА, 2007. – 264 с.
6. Карташевич, А. Н. Исследование процесса сгорания активированного топлива в автотракторном дизеле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, М. В. Мотовилова // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – № 1. – С. 31–42.

7. Карташевич, А. Н. Исследование способов расширения топливной базы ДВС / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 213–220.

8. Карташевич, А. Н. Перспективы развития научного сотрудничества УО БГСХА и ВЯТГУ / А. Н. Карташевич, Ш. В. Бузиков, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 14–17.

9. Карташевич, А. Н. Сотрудничество БГСХА и ВятГУ в области транспортного машиностроения / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков // Вестн. БГСХА. – 2022. – № 4. – С. 177–179.

10. Малышкин, П. Ю. Обеспечение тяговой характеристики колесного трактора при работе на смешанном дизельно-газовом топливе / П. Ю. Малышкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 220–224.

11. Плотников, С. А. Исследование процесса сгорания активированного топлива в автотракторном дизеле / С. А. Плотников, М. В. Мотовилова, А. Н. Карташевич // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – № 1. – С. 31–42.

12. Применение этанола в дизелях / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – 151 с.

13. Расширение многотопливности автотракторного дизеля при использовании альтернативных топлив / С. А. Плотников [и др.] // Известия МГТУ «МАМИ». – 2019. – № 3 (41). – С. 66–72.

14. Смеситель топлив / С. А. Плотников [и др.] // Патент РФ № 2637904, МПК В01F 7/24.

15. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

Аннотация. Задачей исследования явилось обоснование и разработка адаптивных систем питания, регулирования, воспламенения и смесеобразования для работы транспортных средств на широком спектре нетрадиционных источников энергии. Разработана система питания, позволяющая работу дизеля на различных АТ при одновременном регулировании состава и угла опережения впрыскивания топлива, обеспечивающая необходимую стабильность смеси. Разработана и испытана система подогрева дизельного топлива, позволяющая сохранять показатели работы дизеля на уровне заводских, а некоторые показатели (часовой расход дизельного топлива, содержание сажи в отработавших газах двигателя) даже улучшать.

Ключевые слова: дизель, дизельное топливо, смесевое топлива, система питания, регулирование подачи, подогрев.

КИНЕМАТИКА РУЛЕВОЙ ТРАПЕЦИИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА С ПОВОРАЧИВАЮЩИМСЯ ПЕРЕДНИМ МОСТОМ

А. А. РУДАШКО, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Криволинейное движение тракторов с колесными формулами 4К2 и 4К4а обеспечивается поворотом передних управляемых колес. Радиус поворота зависит от углов поворота левого и правого передних колес [1] и ограничивается их предельными значениями, достигающими до 50° . Одновременный поворот переднего моста и управляемых колес улучшает маневренность колесного трактора [2]. Однако реализация данного способа поворота вызывает необходимость существенного изменения конструкции рулевой трапеции. Целью работы является исследование кинематики рулевой трапеции колесного трактора при одновременном повороте колес и моста.

Основная часть. Для реализации комбинированного способа поворота передний мост выполнен поворачивающимся относительно точки O (рис. 1, *а*). Поперечные тяги рулевой трапеции CE и DF шарнирно закреплены на раме трактора в точках E и F . Поворот обеспечивается двумя гидроцилиндрами, одним концом связанными с рычагами рулевой трапеции CA и DB , а другим – с передним мостом.

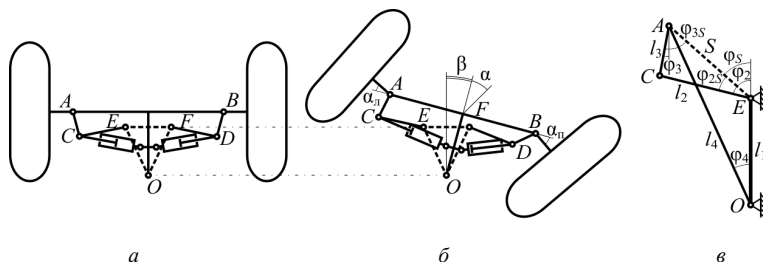


Рис. 1. Рулевая трапеция: *а* – прямолинейное движение; *б* – поворот направо; *в* – расчетная схема

При перемещении штоков гидроцилиндров передний мост поворачивается на угол β относительно точки O , при этом рычаги рулевой

трапеции и, соответственно, переднего колеса, поворачиваются на углы α_n и $\alpha_{п}$ относительно переднего моста, обеспечивая поворот управляемых колес на средний угол α (рис. 1, б).

Определим зависимости $\alpha_n = f(\beta)$ и $\alpha_{п} = f(\beta)$. Для этого рассмотрим левую часть рулевой трапеции $AEOC$ как плоский механизм шарнирного четырехзвенника (рис. 1, в), в котором звено OE является неподвижным [3]. При этом звено OA (l_4 на рис. 1, в) представляет часть поворачивающегося моста, а звено AC (l_3 на рис. 1, в) – левый рычаг рулевой трапеции. Соответственно, угол поворота переднего моста $\beta = \Delta\varphi_4$, а угол поворота левого рычага рулевой трапеции по абсолютной величине составит

$$\alpha_n = |\Delta\varphi_{3л} - \beta|. \quad (1)$$

Правую часть рулевой трапеции можно представить в виде шарнирного четырехзвенника $BFOD$, расположенного зеркально относительно четырехзвенника $AEOC$. Для четырехзвенника $BFOD$ угол поворота правого рычага рулевой трапеции составит

$$\alpha_{п} = |\Delta\varphi_{3п} + \beta|. \quad (2)$$

Аналитическое исследование четырехзвенника $AEOC$ проведем методом векторных контуров. Для этого замкнутый контур $AEOC$ разобьем на два треугольника: AOE и CAE . Для треугольника AOE составим векторное уравнение

$$\vec{l}_4 - \vec{l}_2 - \vec{S} = 0, \quad (3)$$

где S – переменный вектор, определяющий относительное положение точек A и O .

Проецируя векторы уравнения (3) на вертикальную ось, получим

$$\Sigma Y = l_4 \cos \varphi_4 - l_1 - S \cos \varphi_S = 0. \quad (4)$$

Аналогично составим уравнение проекций на горизонтальную ось:

$$\Sigma X = l_4 \sin \varphi_4 - S \sin \varphi_S = 0. \quad (5)$$

Решая систему уравнений (4) и (5), определим величину угла φ_S :

$$\varphi_S = \arctg \frac{l_4 \sin \varphi_4}{l_4 \cos \varphi_4 - l_1}. \quad (6)$$

Используя теорему косинусов [4], из треугольника CAE определяем

$$l_2^2 = l_3^2 + S^2 - 2l_3S \cos \varphi_{3S}. \quad (7)$$

Уравнение (7) позволяет рассчитать величину угла φ_{3S} :

$$\varphi_{3S} = \arccos \frac{l_3^2 - l_2^2 + S^2}{2l_3S}. \quad (8)$$

Поскольку $\varphi_3 = \varphi_{3S} - \varphi_S$, то, подставляя значения φ_{3S} и φ_S из уравнений (8) и (6), получим:

$$\varphi_3 = \arccos \frac{l_3^2 - l_2^2 + S^2}{2l_3S} - \arctg \frac{l_4 \sin \varphi_4}{l_4 \cos \varphi_4 - l_1}. \quad (9)$$

Величину S определим по теореме косинусов из треугольника AOE :

$$S = \sqrt{l_4^2 + l_1^2 - 2l_4l_1 \cos \varphi_4}. \quad (10)$$

Подставив значение S из уравнения (10) в уравнение (9), получим зависимость $\varphi_3 = f(\varphi_4)$:

$$\varphi_3 = \arccos \frac{l_3^2 - l_2^2 + l_4^2 + l_1^2 - 2l_4l_1 \cos \varphi_4}{2l_3 \sqrt{l_4^2 + l_1^2 - 2l_4l_1 \cos \varphi_4}} - \arctg \frac{l_4 \sin \varphi_4}{l_4 \cos \varphi_4 - l_1}. \quad (11)$$

При повороте переднего моста направо на угол β левый рычаг рулевой трапеции окажется повернут на угол

$$\varphi_{3л} = \arccos \frac{l_3^2 - l_2^2 + l_4^2 + l_1^2 - 2l_4l_1 \cos(\varphi_4 - \beta)}{2l_3 \sqrt{l_4^2 + l_1^2 - 2l_4l_1 \cos(\varphi_4 - \beta)}} - \arctg \frac{l_4 \sin(\varphi_4 - \beta)}{l_4 \cos(\varphi_4 - \beta) - l_1}. \quad (12)$$

Угол поворота правого рычага трапеции при этом составит

$$\varphi_{3п} = \arccos \frac{l_3^2 - l_2^2 + l_4^2 + l_1^2 - 2l_4l_1 \cos(\varphi_4 + \beta)}{2l_3 \sqrt{l_4^2 + l_1^2 - 2l_4l_1 \cos(\varphi_4 + \beta)}} - \arctg \frac{l_4 \sin(\varphi_4 + \beta)}{l_4 \cos(\varphi_4 + \beta) - l_1}. \quad (13)$$

С учетом уравнения (1) угол поворота левого колеса относительно переднего моста определится по зависимости

$$\alpha_{л} = |\varphi_{3л} - \varphi_3 - \beta|. \quad (14)$$

Угол поворота правого колеса относительно переднего моста находится с учетом уравнения (2):

$$\alpha_{\text{п}} = |\varphi_{3\text{п}} - \varphi_3 + \beta|. \quad (15)$$

Рассчитав значения углов поворота левого $\alpha_{\text{л}}$ и правого $\alpha_{\text{п}}$ колес, можно определить величину среднего угла поворота управляемых колес α относительно переднего моста. Далее, пользуясь зависимостями, приведенными в [2], можно рассчитать радиус поворота трактора. В сравнении с поворотом только передних управляемых колес, применение поворачивающегося передний моста SuperSteer на тракторах New Holland снижает минимальный радиус поворота на 11–13 % благодаря суммарному углу поворота колес и моста до 76° [5].

Заключение. Одновременный поворот управляемых колес и переднего моста уменьшает радиус поворота колесного трактора. Представленные аналитические зависимости позволяют выявить взаимосвязь между углами поворота переднего моста и управляемых колес и определить радиус поворота трактора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А.Н. Теория автомобилей и двигателей / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок, А. А. Рудашко. – Минск: РИПО, 2018. – 307 с.
2. Рудашко, А. А. Улучшение маневренности колесного трактора с передними управляемыми колесами поворотом переднего моста / А. А. Рудашко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 247–250.
3. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – Москва: Наука, 1988. – 640 с.
4. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – Москва: Наука, 1986. – 544 с.
5. T4 F/N/V – AXLES & TRACTION [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agriculture.newholland.com/apac/en-nz/equipment/products/tractors-telehandlers/t4fnv/details/axles-traction>. – Дата доступа: 14.11.2023.

Аннотация. Приведены результаты исследований кинематики рулевой трапеции колесного трактора с передними управляемыми колесами и поворачивающимся передним мостом, получены расчетные формулы для определения углов поворота управляемых колес в зависимости от угла поворота переднего моста.

Ключевые слова: колесный трактор, способ поворота, радиус поворота, рулевая трапеция, маневренность.

ДЕТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ БЕЗМОТОРНОГО МЕТОДА В ИССЛЕДОВАНИЯХ УЧЕНЫМИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

М. В. СМОЛЬНИКОВ¹, канд. техн. наук
С. А. ПЛОТНИКОВ¹, д-р техн. наук, профессор
Г. П. ШИШКИН², канд. пед. наук, доцент

¹ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация
²ФГБОУ ВО «Кировский ГМУ Минздрава России»,
Киров, Российская Федерация

Введение. Развитие науки и техники неразрывно связано с использованием симптоматики. Порой определить показатели протекания процессов бывает затруднительно в связи с их трудоемкостью, поэтому некоторые параметры определяются опосредованно по другим свойствам. Эмпирическим путем устанавливаются зависимости нужных параметров от тех параметров, которые можно измерить простыми способами. В настоящее время для определения эксплуатационных свойств дизельных двигателей используют моторные установки, где при сжигании топлива измеряются выходные параметры. В этом направлении проведено много исследований, где в качестве топлива использовали смеси товарного дизельного топлива (ДТ) со спиртами, растительными маслами и др.

Учеными кафедры «Технология машиностроения» ВятГУ задано новое направление по идентификации параметров процесса сгорания в ДВС жидких альтернативных топлив (АТ) на основе безмоторного экспресс-метода [3, 4, 6, 7].

Основная часть. В Казанском национальном исследовательском технологическом университете на кафедре «Технология основного органического и нефтехимического синтеза» рассмотрены экспресс-методы оценки эффективности композиционных продуктов, применяемых в технологиях подготовки и транспорта нефти, простые подходы к оптимизации состава химвеществ. Описан новый метод тестирования ингибиторов парафиноотложения и депрессорных присадок к нефти по текучести на холодной наклонной панели. Обсуждаются физико-химические методы оценки эксплуатационных свойств моторных топлив методами магнитного двулучепреломления (эффект Коттона-

Мутона), рефрактометрии, денсиметрии и диэлькометрии. Представлена модель баланса вкладов мнимых эндо- и экзотерм для описания свойств бинарных смесей и введены новые характеристики изотерм – инварианты изотерм различных порядков, на основе которых предложен метод интерполяционной оценки свойств смесей для условий (варьируемые температура, второй компонент (гомологи)), экспериментальные данные для которых отсутствуют. Разработанный рефрактоденсиметрический метод контроля качества автомобильных бензинов может быть использован не только контролирующими организациями, но, в силу своей простоты, и непосредственно автолюбителями. Приведенные корреляционные соотношения для описания эксплуатационных свойств дизельных топлив и топлив для реактивных двигателей через их оптические характеристики (магнитооптический бензольный индекс и показатель преломления) интересуют специалистов химмотологических лабораторий. Рассмотрены довольно специфические вопросы интерполяционного прогнозирования изотерм свойств бинарных смесей (на основе модели баланса вкладов мнимых эндо- и экзотерм и инвариантов изотерм различных порядков) для условий, экспериментальные данные для которых отсутствуют. Предложенный подход к прогнозированию свойств смесей при ограниченности исходных экспериментальных данных может быть интересен специалистам, работающим в области физической химии бинарных и многокомпонентных систем [2].

Ученые «ВНИИ использования техники и нефтепродуктов Российской академии сельскохозяйственных наук» с помощью метода газовой хроматографии установили состав биотоплива, синтезированного из рапсового масла. Выявили наличие в продукте обработки соединений с сопряжёнными кратными связями и веществами, содержащими электронодонорные или электроноакцепторные группы в сопряженном положении к кратным связям. Исследование проводили с использованием ИК-Фурье спектрометра «Infracum FT-801», ТУ 4434-151-20506233-98. В исследуемом биодизельном топливе содержатся, в основном, метиловые эфиры олеиновой и линолевой кислот. При анализе фракций перегонки биотоплива наблюдалось уменьшение концентраций метиловых эфиров высших кислот, в первую очередь непредельных, и появление на хроматограмме новых пиков с меньшим временем удерживания. Хроматографический анализ и фракционный состав биодизельного топлива подтверждают образование при перегонке гексановой (капроновой), октановой (каприловой), нонановой (пелар-

гоновой), декановой (каприновой) кислоты и монометилвых эфиров декандиовой (себациновой), нонандиовой (азелаиновой) и октандиовой (пробковой) кислот, окта- и нонадиенов [1].

Проведенные исследования научными работниками Тамбовского государственного университета им. Г. Р. Державина совместно с учеными Всероссийского научно-исследовательского института использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве определили, что существует корреляция между жирнокислотным составом и физико-химическими характеристиками биодизельного топлива. Плотность, вязкость и низкотемпературные характеристики биодизельного топлива зависят от соотношения средне- и длинноцепочечных радикалов жирных кислот, а также от степени их непредельности. Наличие двойных связей с одной стороны, улучшает низкотемпературные свойства биодизельного топлива, а, с другой стороны, увеличивает количество нагара при работе на таком топливе и снижает его окислительную стабильность. Наиболее предпочтительным является присутствие в топливе радикалов кислот с одной двойной связью. Увеличить окислительную стабильность (и цетановое число) могут предельные радикалы небольшой длины, но они ухудшают низкотемпературные свойства топлив. Изменить жирнокислотный состав биодизельного топлива можно путем добавления к нему отдельно синтезированных низкомолекулярных предельных сложных эфиров. Но это требует расширения сырьевой базы производства биодизеля и нового аппаратурного оформления для реакции этерификации.

Другой способ изменения состава триацилглицеринов растительного масла – модификация самого растения путём селекции или генной инженерии. Воздействуя на гены, отвечающие за длину цепи жирной кислоты (ацилтиоэстеразы) или за ее степень непредельности (десатуразы), можно получить растение с желательным набором остатков кислот в молекуле триацилглицерина [5].

Учеными кафедры «Технология машиностроения» ВятГУ посредством значения удельной рефракции топлив удалось идентифицировать максимальное давление цикла при работе дизеля на различных составах топлива. Максимальное давление цикла при работе дизеля на ЭТЭ с содержанием этанола в смеси от 10 % до 50 % соответственно равно 10,641 МПа, 10,816 МПа, 10,984 МПа, 11,137 МПа и 11,214 МПа. Расчёт удельной рефракции показал, что для состава топлива 80 % ДТ + 20 % РМ значение равно $sR = 0,3270 \text{ см}^3/\text{г}$, а для состава с сурепным маслом до 50 % будет равно $sR = 0,4227 \text{ см}^3/\text{г}$. Даль-

нейшей задачей исследований может являться выявление зависимости удельной рефракции с показателями выбросов токсичных компонентов в отработавших газах.

Проводя параллельно измерения электрических параметров [7] для смесей с содержанием растительных масел и этанола до 50 % в АТ, позволяет говорить о дальнейшей разработке экспресс метода безмоторного определения состава произвольно взятой смеси через корреляционную зависимость диэлектрической проницаемости и жесткости процесса сгорания.

Заключение. Анализ данных показывает разностороннюю работу научных школ в направлении выявления корреляционных зависимостей между физико-химическими свойствами и другими параметрами топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нагорнов, С. А. О молекулярном составе биодизельного топлива / С. А. Нагорнов, А. Н. Зазуля, С. В. Романцова // Вестн. МичГАУ. – 2013. – № 3. – С. 70–73.
2. Николаев, В. Ф. Экспресс-методы тестирования композиционных продуктов нефтепромысловой химии и моторных свойств / В. Ф. Николаев – Казань: Изд-во Казан. нац. исслед. технол. ун-та, 2012. – 125 с.
3. Плотников, С. А. Безмоторные методы оценки эксплуатационных свойств альтернативных топлив / С. А. Плотников, П. В. Гневашев, А. Н. Карташевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 230–235.
4. Плотников, С. А. Безмоторный метод оценки альтернативных топлив / С. А. Плотников, М. В. Смольников, П. В. Гневашев // Инженерное и экономическое обеспечение деятельности транспорта и машиностроения. – Гродно, 2022. – С. 124–129.
5. Физико-химические свойства биодизельного топлива и способы их изменения / С. В. Романцова, А. Ю. Корнев, С. А. Нагорнов, А. П. Ликсутина // Наука в центральной России. – 2019. – № 5 (41). – С. 110–118.
6. Предпосылки российских ученых в оценке экспресс-методом моторных свойств топлив для ДВС / М. В. Смольников, С. А. Плотников, Д. Г. Сергеев, П. В. Гневашев // НПК-2022. – Киров, 2022. – Т. 2. – С. 440–444.
7. Смольников, М. В. Результаты электрических измерений углеродосодержащих смесей с дизельным топливом / М. В. Смольников, С. А. Плотников, П. В. Гневашев // Будущее технической науки. – Нижний Новгород, 2023. – С. 369–370.

Аннотация. Изучена работа научных школ в направлении выявления корреляционных зависимостей между физико-химическими свойствами и другими параметрами топлива.

Ключевые слова: электрические параметры, безмоторный экспресс-метод, диэлектрическая проницаемость.

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЖИДКИХ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ

К. Д. ЯКОВЛЕВА¹, бакалавр
А. Л. БИРЮКОВ¹, канд. техн. наук, доцент
Н. Ю. КУТЕРГИН², аспирант
П. Ю. МАЛЫШКИН³, ст. преподаватель

¹Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина,
Вологда, Российская Федерация

²Вятский государственный университет,
Киров, Российская Федерация

³УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Применение альтернативных топлив для автотракторных дизелей достаточно перспективно. Актуальность использования таковых находит свое отражение в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года [7].

По большей мере под альтернативными топливами для автотракторных дизелей мы понимаем жидкие смесевые топлива, которые по своим физико-химическим свойствам приближаются к традиционному минеральному ДТ, но имеют, соответственно, меньшую эмиссию вредных веществ в отработавших газах (ОГ). Положительная динамика вредных выбросов достигается тем, что в состав смесевых топлив часто входят биологические компоненты (спирты, растительные масла, эфиры и т. д.). Работа двигателя на этих топливах позволяет добиться сходных эффективных паспортных показателей, при этом снизив концентрацию в ОГ вредных веществ, таких как сажа, углеводороды, оксиды азота, углекислый газ [1–6, 8, 10, 13, 14].

Основная часть. При применении стандартных углеводородных топлив с добавками различных видов альтернативных топлив возникает проблема оптимальной организации рабочего процесса. Даже при использовании стандартного нефтяного топлива достаточно затруднительно предсказать, как и насколько изменятся параметры рабочего процесса при изменении физико-химических свойств топлива, параметров камеры сгорания, топливоподачи и т. д. Для альтернативных топлив эта проблема еще более актуальна. Таким образом, использование новых видов топлива ставит задачу оптимизации рабочего про-

цесса дизеля в зависимости от физико-химических свойств используемого альтернативного топлива.

Одним из наиболее перспективных видов альтернативных топлив являются спирты. Так, например, ученые ВятГУ проводили исследования применимости альтернативных топлив с добавками этанола [9]. Перед ними стояла задача, экспериментально исследовать влияние состава новой этанола-топливной эмульсии на их физико-химические и моторные свойства, разработать новые составы этанола-топливной эмульсии с улучшенными моторными свойствами.

В результате применение новых составов этанола-топливной эмульсии позволили приблизить характер процесса их сгорания к характеру процесса сгорания чистого ДТ. Разработан новый состав топливной эмульсии, содержащий от 5 % до 40 % этанола, от 1 % до 5 % присадки, со сниженными характеристиками жесткости сгорания. Установлено снижение часового расхода ДТ на 18,7 % и 34 % при концентрации этанола в ЭТЭ 20 % и 40 %. Одновременно установлено снижение эмиссии в ОГ дизеля суммарных оксидов азота NO_x в 1,5 раза, частиц сажи в 3,5 раза, оксидов углерода CO в 2,5 раза, диоксидов углерода CO_2 на 21 %. На 20–40 градусов снижается максимальная температура цикла и на 35–50 градусов – температура ОГ, что снижает теплонапряженность деталей дизеля.

Некоторые ученые избрали несколько другое направление в создании альтернативных топлив для дизелей, вернее, добавление неорганического компонента – воды.

Этот подход предлагает ряд преимуществ, таких, как увеличение эффективности сгорания топлива, снижение выбросов вредных веществ и повышение экологической безопасности двигателя.

Теоретические исследования и разработки на тему использования воды в работе двигателей внутреннего сгорания ведутся уже давно. К примеру, в немецкой компании по производству автомобилей марки BMW разработали систему «Turbosteamer» (рис. 1) [11], где к основной системе охлаждения и выпуска ОГ инженеры добавили теплообменник, для рационализации использования тепловой энергии ОГ, паровой котел и паровую турбину. Тепло, которое выносилось в окружающую среду из системы охлаждения и с отработавшими газами, преобразуется в пар, который в свою очередь приводит в действие турбину, связанную с коленчатым валом.

Рабочая жидкость важна для эффективности и экономии в системах рекуперации тепла с паровым циклом Ренкина. Она повторно испаряется, расширяется и конденсируется, что играет ключевую роль.

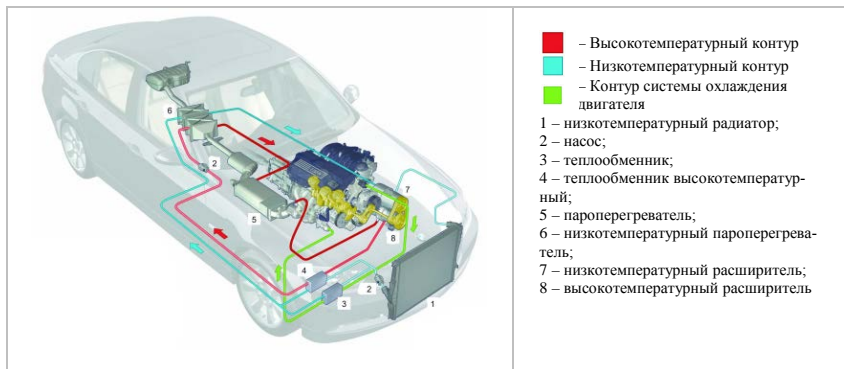


Рис. 1. Схема паровой системы «Turbosteamer»

Использование такого парового «двигателя» дает прирост мощности и крутящего момента примерно на 10 %, а также приводит к снижению расхода топлива на 15 %.

Ещё одна немецкая компания «Bosch» разработала систему водяного впрыска «WaterBoost» [15], которая предполагает впрыск воды с целью охлаждения камеры сгорания. На высоких оборотах в двигателе включается водяная помпа, которая впрыскивает в камеру сгорания небольшое количество воды перед воспламенением топливной смеси. Данный метод способен снизить потребление топлива до 13 % и выбросы CO_2 на 4 %, при сохранении мощности и крутящего момента.

Стоит учесть, что объем впрыскиваемой воды на прямую зависит от конструкции двигателя, а не только от объема камеры сгорания, также время испарения не должно превышать времени одного такта работы двигателя. Известно, что применение водной инжекции способствует увеличению эффективного КПД двигателя, удельного эффективного расхода топлива (например, теоретические исследования двигателя 4С11/12,5, (таблица)) [11].

Для достижения указанных показателей нами была разработана следующая система подачи топливно-водной смеси в двигатель внутреннего сгорания [12]. Топливо в рампу 13 (рис. 4) поступает через насос 4 по магистралям 3.

Результаты расчета эффективных показателей двигателя 4Ч 11,0/12,5

Параметры	Значения	
	4Ч11/12,5	4Ч11/12,5 с водной инъекцией
Эффективная мощность двигателя (N_e), кВт	55,15	65,84
Эффективный крутящий момент двигателя (M_e), Н×м	239	286
Среднее индикаторное давление (p_i), МПа	0,831	0,954
Среднее эффективное давление (p_e), МПа	0,633	0,756
Среднее давление механических потерь (p_m), МПа	0,198	0,198
Эффективный КПД двигателя (η_e)	0,298	0,355
КПД механических потерь (η_m)	0,762	0,792
Удельный эффективный расход топлива (g_e), г/кВт×ч	284	239

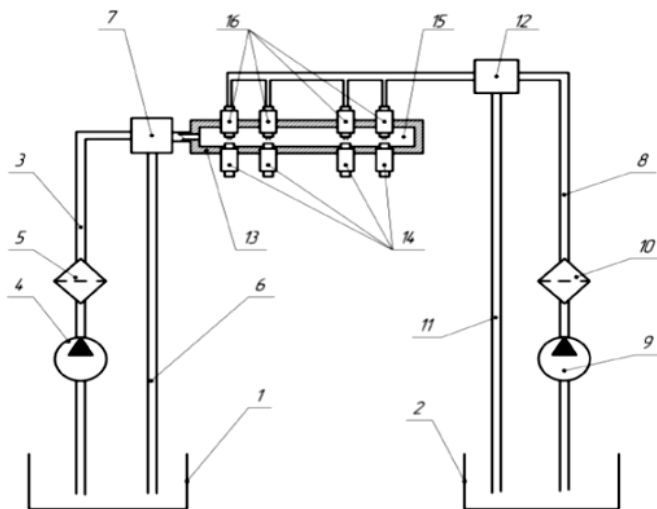


Рис. 2. Система для получения и подачи топливно-водной смеси в ДВС:
 1 – топливный бак; 2 – водяной бак; 3 – топливная магистраль; 4 – насос; 5 – фильтр;
 6 – обратная линия; 7 – регулятор давления топлива; 8 – водная магистраль; 9 – насос;
 10 – фильтр; 11 – обратная линия; 12 – регулятор давления воды; 13 – топливная рампа;
 14 – форсунки; 15 – внутренняя полость топливной рампы;
 16 – электромагнитные форсунки

Подача регулируется регулятором 7. Вода из бака 2 поступает в форсунки через магистраль 8, используя насос 9. Когда электромаг-

нитные форсунки 16 получают управляющий импульс, они открываются, и вода поступает через форсунки 16, перемешиваясь с топливом из внутренней полости 15 топливной рампы 13. Затем топливно-водная смесь через форсунки 14 впрыскивается в поток воздуха, направляющийся в цилиндры ДВС.

Электронно-управляемые элементы обеспечивают точную дозировку компонентов топливно-водной смеси, приготавливая ее непосредственно перед впрыском и предотвращая накопление воды в топливной рампе смесителя во время эксплуатации.

Заключение. В результате исследований проанализирован и обобщен ряд исследований, посвященных использованию этанола-топливных и топливно-водных смесей для улучшения показателей двигателей внутреннего сгорания. Оказалось, что применение жидких смесевых топлив в качестве компонента топлива предлагает ряд преимуществ, включая увеличение эффективности сгорания топлива, снижение выбросов вредных веществ и повышение экологической безопасности двигателя. Исследования показали, что данные жидкие топлива в работе двигателей способны увеличить их эффективность и экономичность. Однако необходимо учесть конструктивные особенности двигателя и обеспечить точную дозировку топливно-водной смеси. Конечно, стоит учитывать и природно-климатические условия, и свойства воды, ее влияния на отдельные виды материалов.

К сожалению, в России проекты альтернативных источников энергии находятся в начальной стадии разработки, но мы надеемся, что в скором будущем эти проекты станут реальными и будут активно применяться в агропромышленном комплексе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
3. Глушков, М. Н. Основные методы и необходимость оптимизации состава многокомпонентных топлив / М. Н. Глушков, В. А. Шаповров // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 190–193.
4. Грудович, Е. Д. Влияние на экологические показатели альтернативных видов топлива на основе растительных масел / Е. Д. Грудович, А. Н. Карташевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 194–198.
5. Карташевич, А. Н. Исследование способов расширения топливной базы ДВС / А. Н. Карташевич, С. А. Плотноков // Инновационные решения в технологиях и механизации

зации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 213–220.

6. Карташевич, А. Н. Применение методики планирования эксперимента в исследованиях свойств биотоплив / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 200–206.

7. Концепция Энергетической стратегии России на период до 2030 г. // Энергетическая политика: приложение. – Москва: ГУ ИЭС, 2007. – 116 с.

8. Координарование процесса сгорания альтернативного топлива в дизельном двигателе / А. В. Плыго [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 310–313.

9. Плотников, С. А. Исследование показателей процесса сгорания новых этано-топливных эмульсий / С. А. Плотников, М. В. Смольников // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2019. – Вып. 4. – С. 159–163.

10. Применение этанола в дизелях / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023. – 151 с.

11. Романов, С. В. Повышение топливной экономичности двигателей сельскохозяйственных машинотракторных агрегатов путем применения водной инжекции: автореф. дис. ... канд. техн. наук / С. В. Романов. – Троицк, 2017. – 23 с.

12. Система для получения и подачи топливно-водной смеси в ДВС / А. Л. Бирюков, А. А. Молин: патент № 144071 РФ, МПК F02M 25/022.

13. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

14. Шипин, А. И. Способ создания многокомпонентного биотоплива для применения на автотракторном дизеле / А. И. Шипин, П. Ю. Малышкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – Вып. 7. – С. 239–242.

15. Farniev, A. S. Engine Water Injection System / A. S. Farniev, D. A. Kyznetsov, D. A. Sasa // Recent Achievements and Prospects of Innovations and Technologies. – Севастополь, 2018. – С. 75–77.

Аннотация. Проведен анализ существующих методов и технологий повышения эксплуатационных свойств на основе этано-топливной и водно-топливной смеси, а также оценена эффективность с точки зрения мощностных характеристик двигателей и выбросов вредных веществ. Эти методы не распространены так широко в настоящее время, однако имеют высокий потенциал как для легковых автомобилей, так и для сельскохозяйственной техники.

Ключевые слова: вода, этано-топливная эмульсия, топливно-водная смесь, экология, расход топлива.

СОДЕРЖАНИЕ

Гусаров В. В., Босак В. Н., Левчук В. А. Роль научных конференций в развитии научной деятельности факультета механизации сельского хозяйства УО БГСХА	3
---	---

Секция 1. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Азаренко В. В., Мисун Ал-й Л. Повышение безопасности труда оператора мобильной сельскохозяйственной техники при выполнении регулировочных работ в положении лежа	7
Андруш В. Г., Жаркова Н. Н., Шелегова Е. В., Ханда Т. И. Повышение защищенности животноводов в летне-пастбищный период	11
Байбатырова Б. У., Алтыбаев Ж. М., Босак В. Н. Перспективные методы переработки твердых бытовых отходов	16
Босак В. М., Сачыўка Т. У. Харчовая бяспека і яе роля ў забеспячэнні бяспекі жыццядзейнасці	19
Гаркуша А. В., Севастюк Т. В., Гурина А. Н., Андрухович Е. С. Особенности герметизации кабины МСХТ	23
Гурина А. Н., Бренч М. В. Формирование профессиональной компетенции обучающихся по обеспечению безопасных условий труда при реализации проектной деятельности в образовании	26
Гурина А. Н., Раубо В. М., Севастюк Т. В., Джурматова Б. Особенности выбора средств защиты органов дыхания в зависимости от вида и условий выполняемых работ в растениеводческой отрасли	30
Дашков В. Н., Мисун Л. В., Мисун Ал-р Л. О повышении безопасности труда оператора мобильной сельскохозяйственной техники	34
Домненкова А. В., Босак В. Н., Сачивко Т. В. Основные закономерности распределения радионуклидов в лесных экосистемах	39
Ковалевич З. С. Изменение климата в Беларуси: последствия и перспективы... ..	43
Кондраль А. Е., Босак В. Н. Организация и проведение работ с повышенной опасностью	50
Конч С. А., Белохвостов Г. И. Преимущества использования теплоты отработавших газов	54
Кунаш М. В., Белохвостов Г. И. Шумовое воздействие и его влияние на психологическое здоровье оператора сельскохозяйственного трактора	57
Мисун Ал-р Л., Мисун Л. В., Мисун В. Л. Профилактические и инженерно-технические мероприятия для повышения безопасности труда операторов транспортных средств сельскохозяйственного назначения	61
Мисун Ал-й Л., Мисун Л. В., Мисун В. Л. Повышение безопасности при работе трактора на склонах	64
Мисун Л. В., Мисун Ал-й Л. К вопросу снижения вибрационных нагрузок на организм оператора мобильной сельскохозяйственной техники	67
Мищенко Е. В., Кубышкина Д. С., Толмачева А. С. Пожары в Орловской области за период 2020–2022 гг.	72
Молюш Т. В., Корчик С. А., Рогожкин Д. М. Повышение эффективности применения средств индивидуальной защиты работников сельскохозяйственного производства	75
Русских В. В., Белохвостов Г. И. О вопросе фиксации напряженности электрических и магнитных полей	79

Сауан Г. Ж., Кенжалиева Г. Д., Босак В. Н. Промышленные отходы как источник техногенного сырья	82
Сачыўка Т. У., Босак В. М. Узнаўленне глебавай урадлівасці як фактар забеспячэння харчовай бяспекі	86
Сергеева И. И. Прогноз накопления ¹³⁷ Cs в зерне сельскохозяйственных культур, возделываемых на дерново-подзолистых почвах в отдаленный постчернобыльский период	89
Ткачева Л. Т., Качанова И. В. Шесть правил успешного диалога о производственной безопасности или как правильно провести минутку безопасности	92

Секция 2. МАШИНЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Астапенко И. М., Лабурдов О. П., Сысоев А. А. Эффективные технологические процессы предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур и их анализ	97
Астахов В. С., Иванчиков Г. О. Экологические проблемы применения удобрений в агроценозах	101
Астахов В. С., Иванчиков Г. О. Эффективность способов внесения твердых минеральных удобрений	107
Гордеенко О. В., Крук И. С. Снос рабочих растворов пестицидов при опрыскивании: библиографический обзор	111
Иванчиков Г. О., Астахов В. С. Значение минеральных удобрений в современном земледелии	116
Ковалев В. Г., Петрусенко В. С. Определение максимального выноса мотвила при различных условиях работы комбайна	121
Крук И. С., Гордеенко О. В., Назаров Ф. И., Анищенко А. А., Зубович В. Д. Особенности проектирования ветрозащитных устройств факела распыла пестицида для штанговых опрыскивателей	124
Кулик А. М., Крупенин П. Ю. Гуминовые стимуляторы роста растений	129
Лабурдов О. П., Сысоев А. А., Астапенко И. М. Расчет параметров двухдискового сошника комбинированной сеялки	132
Левчук В. А., Цайц М. В., Шик А. В., Босак Д. Ю. Обзор и анализ механизированных технологий уборки и переработки льна	137
Назаров Ф. И., Лещенко Е. В. Исследования предплужника с пластинчатым отвалом в полевых условиях	141
Сентюров Н. С. Стадии производства пеллет из растительных остатков	144
Сысоев А. А., Михеев Д. А. Физико-механические свойства семян рапса без обработки и с искусственной оболочкой	148
Улахович А. Е., Улахович Н. В. Снижение расхода топлива при возделывании сельскохозяйственных культур	152
Цайц М. В., Левчук В. А., Курзенков С. В., Булаткин А. Д., Шик А. В. Анализ теоретических и экспериментальных исследований устройств для отделения семенной части от стеблей льна	156
Чайчиц А. В., Левчук В. А., Цайц М. В., Шик А. В. Анализ исследований физико-механических и технологических характеристик стеблей и лент льна	162
Шальпина Е. М., Коцуба В. И. Методика лабораторных исследований рабочих органов для внутрипочвенного внесения жидких удобрений	168
Шик А. В., Босак Д. Ю., Левчук В. А., Цайц М. В. Анализ и классификация способов и средств для отделения семенной части от стеблей льна	174

Шуляков Л. В., Хруцкая Н. П., Жаренков П. В. Оперативное регулирование водного и питательного режимов почвы	177
--	-----

Секция 3. МЕХАНИЗАЦИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Козлов С. И., Бортник С. А. Изучение и понимание современным инженером сущности систем автоматизации	185
Крупенин П. Ю. Зависимость параметров пульсаций расхода жидкости от соотношения между числами каналов роторно-импульсного аппарата	191
Крупенин П. Ю., Рендов А. К. Перспективное оборудование для уборки клоквы крупноплодной мокрым способом	196
Мачёхин К. А. Конструкции скарификаторов семян	200
Мелехов А. В. Усовершенствование рабочих органов скреперной установки ДОНС-1В	204
Острейко А. А. Факторы, влияющие на повышение выхода биогаза	208
Понталёв О. В. Использование тепловых насосов для аккумулялирования теплоты при хранении навоза	213
Пузевич К. Л., Коцуба В. И., Пузевич В. В., Филиппов А. И. Результаты применения мульчирующей пленки при получении семян фасоли	217
Симченков А. С. Исследование параметров микроклимата птичника в зимний период и усовершенствование системы автоматического регулирования температуры воздуха	222

Секция 4. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

Гаврилов И. И., Коцуба В. И. Восстановление алюминевых блоков цилиндров методом ремонтных размеров	228
Миронов В. С., Коцуба В. И., Левчук В. А. Выбор эффективного метода диагностирования современных систем автомобильных двигателей	232
Ничипорук С. Н. Влияние воды на эксплуатационные свойства гидравлических рабочих жидкостей	237
Пархоменко М. Л., Левчук В. А., Амеличев В. В. Применение виртуальных лабораторий при изучении общеинженерных дисциплин	243
Савенок Л. И., Борцов М. Э., Семашко В. С. Результаты эксперимента по определению сил резания	248

Секция 5. ТРАКТОРЫ, АВТОМОБИЛИ И МАШИНЫ ДЛЯ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА

Арбузова А. А., Бирюков А. Л., Малышкин П. Ю. Обзор основных моторных альтернативных видов топлива	254
Борисов А. Л. Классификация мелиоративных косилок	259
Гневашев П. В., Плотников С. А., Смольников М. В. Промежуточные результаты электрических измерений смесей растительных масел с дизельным топливом	263
Гордеенко А. В., Кальянов П. А., Чачуев В. В. Расчет подогревателя топлива системы питания дизеля в условиях отрицательных температур	267
Заболотских Г. Э., Плотников С. А., Смольников М. В., Карташевич А. Н. Исследование эмиссии вредных веществ дизеля при работе на биоминеральных топливных смесях	273

Зыков Е. Г., Плотников С. А., Мотовилова М. В. Анализ способов воздействия на свойства дизельного топлива	280
Карташевич А. Н., Плотников С. А. Перспектива применения возобновляемых источников энергии для автотракторной техники	286
Клуонис А. С., Плотников С. А., Козлов Е. В. Технология формирования стружколомающей геометрии на твердосплавных режущих пластинах путем электроэрозионной обработки	291
Козлов Е. В., Клуонис А. С., Плотников С. А. Электроэрозионное формирование стружколомающей геометрии на режущих пластинах из быстрорежущей стали	295
Плотников С. А., Карташевич А. Н. Разработка систем питания дизеля нетрадиционными топливами	299
Рудашко А. А. Кинематика рулевой трапеции колесного трактора с поворачивающимся передним мостом	305
Смольников М. В., Плотников С. А., Шишкин Г. П. Детальное изучение опыта применения безмоторного метода в исследованиях учеными Российской Федерации	309
Яковлева К. Д., Бирюков А. Л., Кутергин Н. Ю., Малышкин П. Ю. Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания при использовании жидких смесевых топлив	313

Научное издание

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

Сборник научных трудов

Выпуск 9

Редактор *Е. П. Савиц*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 27.03.2024. Формат 60×84^{1/16}. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 18,83. Уч.-изд. л. 18,17.
Тираж 20 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.