

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 10

Горки  
Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия  
2025

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, А. Н. Карташевич,

С. А. Плотников, В. А. Шаршунов, О. В. Гордеенко,

В. И. Коцуба, И. И. Сергеева, К. Л. Пузевич, М. В. Цайц

Рецензенты:

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

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *В. Н. Босак*

**Иновационные решения в технологиях и механизации  
И66 сельскохозяйственного производства** : сб. науч. тр. / редкол.:  
В. В. Гусаров (гл. ред.) [и др.]. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад.,  
2025. – Вып. 10. – 272 с.

ISBN 978-985-882-639-0.

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 978-985-882-639-0

© Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия, 2025

## Секция 1. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 349.41:64

### ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВНИМАТЕЛЬНОСТИ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЗАСЫПАНИЯ ЗА РУЛЕМ ВОДИТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В. В. АЗАРЕНКО, д-р техн. наук, профессор  
Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор  
Ал-й Л. МИСУН, канд. техн. наук  
Д. В. САВИЧ

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

**Введение.** В сельскохозяйственном производстве, оснащенном сложными техническими системами, к водителю транспортного средства сельскохозяйственного назначения (ТССН) предъявляются особые требования. С учетом его психофизиологических особенностей (эмоциональной устойчивости, скорости реакции, внимания и др.), а также условий труда, предусматривается проведение ряда организационно-технических мероприятий по снижению производственно-обусловленных заболеваний водителя ТССН, травматизма и повышению его работоспособности [1, 2].

**Основная часть.** Во время уборочных работ водитель ТССН должен постоянно воспринимать большой объем информации о состоянии технического средства, параметрах производственной среды, анализировать поступающую информацию и принимать соответствующее решение. Весь процесс от восприятия до совершения действия требует определенных затрат времени, которого зачастую может не хватить. В этом случае возможны неправильные действия водителя, вызванные его утомлением, которые могут сопровождаться получением травм при управлении ТССН.

В определенных условиях утомление, величину которого невозможно измерить только объемом выполненной работы, является причиной возникновения хронического заболевания. Особенно опасно при

эксплуатации ТССН неожиданное ухудшение состояния здоровья водителя, приводящее к потере сознания или выражающееся в сильных болевых ощущениях. В таких тяжелых случаях водитель даже не в силах остановить ТССН, что в последствии может привести к развитию травмоопасной ситуации [3].

Учитывая вышеприведенное, нами были обобщены результаты ранее проведенных исследований и предложена конструкция универсального устройства для повышения работоспособности и внимательности за рулем водителя ТССН [4]. Такое устройство предполагает периодическое использование диафрагм со сквозными отверстиями в качестве очков-тренажеров для коррекции зрения, а также сменных прозрачных и затемненных линз соответствующих диоптрий для их пользователя (водителя ТССН).

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 использование предлагаемого устройства водителями 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 такой тренировки глаз с помощью диафрагм со сквозными отверстиями водитель 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 водителя ТССН пары раствора душицы или эфирных масел хвои, способствующие повышению работоспособности водителя, снятию состояния его утомления и усталости.

Для разработки профилактических и инженерно-технических мероприятий по улучшению условий труда водителей ТССН необходимо иметь четкие представления о характере трудового процесса. Так, ТССН работают в самых разнообразных природно-климатических условиях и практически в любое время года.

Для повышения безопасности труда водителя ТССН большое внимание следует уделять состоянию его здоровья, так как снижение ра-

ботоспособности зачастую приводит к ошибкам при управлении ТССН. Поэтому важнейшее значение отводится и контролю за уровнем утомляемости водителя. Для этого предлагается техническое средство (рисунок), которое крепится на ухе водителя и содержит последовательно соединенные источник питания, выключатель, генератор звукового сигнала и датчик угла наклона с регулятором исходного положения [5].

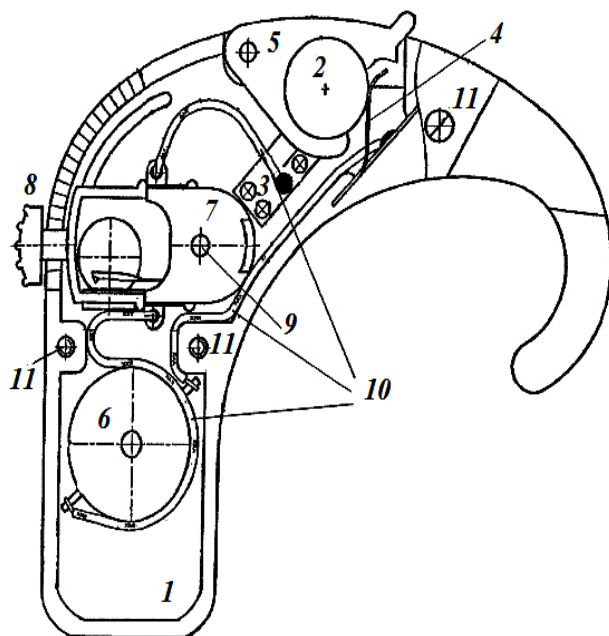


Рис. 1. Устройство для предупреждения от засыпания водителя ТССН: 1 – корпус серповидной формы; 2 – источник питания; 3 – выключатель; 4 – контакт; 5 – держателем; 6 – генератор звукового сигнала; 7 – датчик угла наклона; 8 – рукоятка; 9 –поворотная ось; 10 – провод; 11 – винт

При управлении транспортным средством, когда водитель ТССН 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 водителя за рулем транспортного средства сельскохозяйственного назначения его голова склоняется вперед или в сторону. В таких случаях в датчике угла наклона металлический шар выкачивается из сферического углубления и попадает на нижний конец второй контактной пластины, прижимая ее к первой пластине, и тем самым замыкается электрическая цепь устройства и включается генератор звукового сигнала для пробуждения водителя.

**Заключение.** Предложены профилактические и инженерно-технические решения для повышения безопасности и улучшения условий труда водителей транспортных средств сельскохозяйственного назначения, что обеспечивает контроль физического состояния водителя и способствует повышению его работоспособности, внимательности, а также предупреждению возникновения травмоопасной ситуации при управлении транспортным средством.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность: пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2023. – 212 с.
2. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун, В. А. Агейчик, Ал-й Л. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
3. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: пособие / Ал-й Л. Мисун, Л. В. Мисун, Ал-р Л. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2024. – 312 с.
4. ВУ патент №12555 В1, МПК В60N 2/50, 2021.
5. ВУ патент №12302 В1, МПК В60N 2/54, 2020.

*Аннотация.* Предложены конструкции технических устройств для предотвращения засыпания водителя транспортного средства сельскохозяйственного назначения, безопасного управления транспортным средством.

*Ключевые слова:* безопасность, работоспособность, внимательность, водитель транспортного средства сельскохозяйственного назначения, технические устройства.

## К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЗАЩИТЫ ОПОРНО- ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ВОДИТЕЛЯ ОТ ПЕРЕГРУЗОК

В. В. АЗАРЕНКО, д-р техн. наук, профессор  
Ал-й Л. МИСУН, канд. техн. наук  
Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор  
А. В. ГАРКУША  
Д. В. САВИЧ

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

**Введение.** Одним из важнейших элементов транспортных средств (ТС) на рабочем месте водителя является сиденье. Как и любая составляющая ТС, сиденье подвержено износу. Травмобезопасность сиденья обеспечивается применением ряда конструктивных решений, касающихся его компоновки в кабине, эффективной защитой от толчков и вибраций [1, 2]. Чаше всего потребность замены сиденья обусловлена, например, выходом из строя подшипников, поломкой пружины или протеканием амортизаторов. Наличие неисправностей можно определить по снижению комфорта и скрежету пружин.

**Основная часть.** Для уменьшения передачи вибраций с основания ТС на сиденье, повышения защиты опорно-двигательного аппарата (ОДА) водителя [3] может использоваться следующая конструкция подвески. Во время движения ТС его основание колеблется от толчков, возникающих из-за неровностей грунтового покрытия. Уменьшение передачи вибраций с основания на каркас сиденья может достигаться за счет упругого элемента в виде листовых рессор и демпфирующих свойств резиновых амортизаторов [4], а также сил трения стержней нажимных штанг о внутреннюю цилиндрическую поверхность отверстий амортизаторов при их деформации. Демпфирование низкочастотных колебаний осуществляет подпружиненный гаситель колебаний, а дополнительная пружина разгружает листовые рессоры и увеличивает скорость демпфирования, чем обеспечивается в целом высокая степень гашения колебаний.

Для повышения демпфирующих свойств вибрационной системы сиденья, увеличения возможности противодействия ее резонансным явлениям также предлагается конструкция сиденья [5], содержащая механизм стабилизации крена, состоящий из кареток и тросов, на ко-

тором крепится подушка сиденья. Параллелограммный механизм связывает подушку с упругим элементом, причем его горизонтальные оси расположены в опорах качения. Упругий элемент выполнен в виде набора тарельчатых пружин, соединенных между собой посредством наружных и внутренних опорно-дистанционных колец, имеющих профиль «тавр» и общую с упругим элементом вертикальную ось симметрии. Каждое наружное опорно-дистанционное кольцо выполнено в виде полого цилиндра, к середине внутренней стенки симметрично горизонтальной плоскости симметрии которого крепится горизонтальная полка в виде плоского кольца. Внутреннее опорно-дистанционное кольцо выполнено в виде полого цилиндра, к середине внешней стенки симметрично горизонтальной плоскости симметрии которого крепится горизонтальная полка в виде плоского кольца, причем наружный диаметр тарельчатых пружин попарно увеличивается, а их толщина попарно уменьшается от вершины к основанию упругого элемента. Внутри тарельчатого упругого элемента проходит регулировочный винт с навинченной на него сверху прижимной гайкой; ось их симметрии совпадает с вертикальной осью симметрии упругого элемента. Внутренние стенки полых цилиндров наружных опорно-дистанционных колец имеют примыкающие к нижним и верхним плоскостям их горизонтальных полок, имеющих форму плоских колец, кольцевые выемки в виде полых цилиндров с расположенными в них по всему их объему упругими резиновыми кольцами.

Вертикальные вибрации, передаваемые на сиденье водителя, гасятся упругим элементом, а горизонтальные – тросовыми элементами в механизме стабилизации крена. Демпфирование колебаний в системе осуществляется за счет упругих деформаций и внутреннего трения резиновых колец вследствие увеличения горизонтальных размеров тарельчатых пружин.

С целью повышения безопасности водителя в аварийных ситуациях рассматривается конструкция сиденья, представленная на рис. 1. При аварийных ударах ТС (спереди и сбоку) водителя страхуют подушки безопасности. В случае удара сзади передняя скоба вместе со штоком перемещается и сжимает амортизатор, обеспечивая за счет его упругой деформации снижение ударной нагрузки на водителя. Удобное с точки зрения комфорта положение водителя на сиденье устанавливается вращением маховика.

Для улучшения условий труда водителя, повышения защиты ОДА, снижения негативных последствий при эксплуатации ТС с высоким

классом мощности, например автомобилей-самосвалов, предлагается сиденье с активным поддрессированием (активный демпфер) в существующей конструкции его подвески. Предлагаемая конструкция подвески сиденья обеспечивает полное гашение собственных колебаний за счет автоматического регулирования поддрессирования. Для ТС с поддрессоренной кабиной установка такого сиденья крайне целесообразна, так как в противном случае, в процессе эксплуатации ТС сиденье будет постоянно раскачиваться, что впоследствии может привести к ухудшению здоровья водителя, появлению профессиональных заболеваний, связанных с опорно-двигательным аппаратом [4–5].

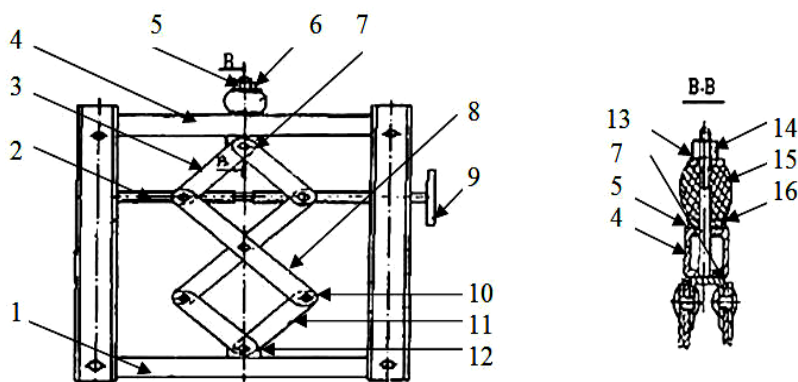


Рис. 1. Устройство безопасного сиденья ТС [6]: 1 – салазки; 2 – винт ходовой; 3, 8, 11 – рычаги; 4 – основание сиденья; 5 – шток; 6, 14 – гайка; 7, 12 – скобы; 9 – маховик; 10 – шарнир; 13, 16 – прокладки; 15 – амортизатор резиновый

Возможность модернизации сиденья автомобиля-самосвала с помощью активного демпфера под анатомические особенности водителя позволяет увеличить срок службы сиденья, снизить износ конструкции подвески в ситуациях, не предусмотренных под параметры конструкции, а также предотвратить травматизм водителей в аварийных ситуациях или в условиях интенсивной работы. Стандартное посадочное место автомобиля-самосвала имеет следующие регулировки: изменение расстояния до руля; регулирование высоты сиденья, настройку жесткости амортизаторов, угла наклона его спинки; сглаживания продольных и боковых колебаний; регулирование наклона и глубины подушки, толщины обивки в зоне поясницы; установку высоты подло-

котника, регулирование угла его поворота. Полное выполнение которых не гарантирует полной безопасности водителя.

Предлагаемая конструкция активного демпфера предназначена (рис. 2) для снижения уровня вибраций и вероятности возникновения избыточного удара на подвеску сиденья, что позволяет обеспечить защиту ОДА водителя автомобиля самосвала от перегрузок.

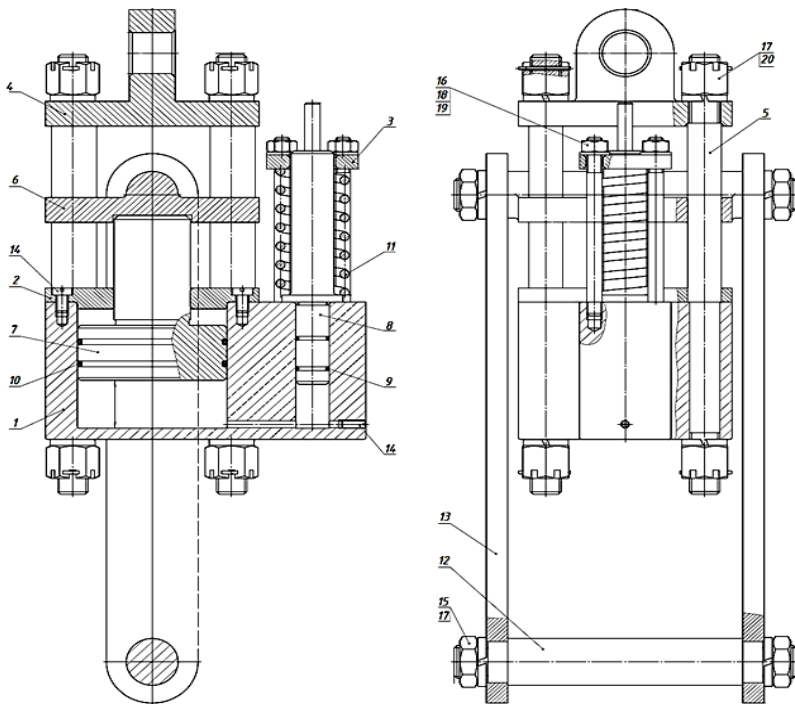


Рис. 2. Конструкция активного демпфера [7]: 1 – корпус; 2 – крышка корпуса; 3 – крышка; 4 – фланец; 5 – стойка; 6 – траверса; 7 – поршень; 8 – толкатель; 9, 10 – кольцо уплотнительное; 11 – пружина; 12 – ось блока; 13 – серьга

При срабатывании этого устройства происходит ограничение хода подвески сиденья до достижения максимального угла наклона или же при мгновенной нагрузке на активную зону, предотвращая распор металлоконструкции у основания сиденья, а следовательно, и избыточный удар в конце его хода. Исключение избыточных ударов при динамической нагрузке, позволяет получить функцию страховочного

элемента, препятствующего запрокидыванию после срабатывания демпфера, например, при резкой остановке транспортного средства.

Предлагаемая модернизация обеспечивает разгрузку платформы сиденья от усилий, возникающих при ее запрокидывании, так как растягивающее усилие, возникающее в ее конструкции, передается непосредственно на скобу, закрепленную на раме самосвала, а поршень при этом сохраняет запас свободного хода. Необходимо отметить, что указанный эффект достигается компактным устройством, имеющим минимальное количество деталей, малые металлоемкость и трудоемкость изготовления.

**Заключение.** Выполнен анализ основных регулировок сиденья самосвала. Предложено техническое решение для снижения уровня вибраций и вероятности возникновения избыточного удара на подвеску сиденья, что позволяет обеспечить защиту опорно-двигательного аппарата водителя автомобиля-самосвала от перегрузок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность: пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2023. – 212 с.
2. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун, В. А. Агейчик, Ал-й Л. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
3. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: пособие / Ал-й Л. Мисун, Л. В. Мисун, Ал-р Л. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2024. – 312 с.
4. ВУ патент №17141 В1, МПК В60N 2/50, 2013.
5. ВУ патент №7727 В1, МПК В60N 2/54, 2011.
6. ВУ патент №16448 В1, МПК В60N 2/06, 2012.
7. RU патент №211255 U 1, МПК В60N 2/52, 2022.

*Аннотация.* Проанализированы конструктивные особенности сиденья транспортного средства с точки зрения его травмобезопасности, а также способы защиты опорно-двигательного аппарата водителя от перегрузок.

*Ключевые слова:* транспортное средство, эксплуатация, безопасность, сиденье, вибрация, водитель.

## **АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ ОХРАНЫ ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ РАБОТ НА ВЫСОТЕ**

М. П. АКУЛИЧ, ст. преподаватель  
И. И. СЕРГЕЕВА, канд. с.-х. наук, доцент  
М. В. ЦАЙЦ, канд. техн. наук  
А. Е. КОНДРАЛЬ, канд. техн. наук, доцент  
И. А. ГРАЩЕНКО, инженер

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

**Введение.** Работы на высоте – работы, при которых работник находится на расстоянии менее 2 м от не огражденных перепадов по высоте 1,3 м и более. Требования безопасности при выполнении таких работ регламентируются рядом нормативных правовых актов по охране труда: Правилами охраны труда при работе на высоте, утвержденными постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 28.04.2001 № 52, Межотраслевыми правилами по охране труда при выполнении работ с использованием методов промышленного альпинизм, утвержденными постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 27.12.2007 № 184, Правилами по охране труда при выполнении строительных работ, утвержденными постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 31.05.2019 № 24/33, Межотраслевой типовой инструкцией по охране труда при работе на высоте, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 27.12.2007 № 187, и другими актами законодательства [1–4, 7–10].

Основным опасным производственным фактором при работе на высоте является расположение рабочего места выше поверхности земли (пола, настила) или над пространством, расположенным ниже поверхности земли, и связанное с этим возможное падение работника или падение предметов на работника [5, 6, 8].

**Основная часть.** К выполнению работ на высоте допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинский осмотр без противопоказаний к выполнению работ на высоте, имеющие профессиональные навыки, прошедшие в установленном порядке обучение безопасным методам и приемам работ, инструктажи и проверку знаний по вопро-

сам охраны труда и получившие соответствующее удостоверение. Медицинский осмотр работающих, выполняющих работы на высоте проводится 1 раз в 2 года [9].

К выполнению самостоятельных верхолазных работ допускаются лица, имеющие стаж верхолазных работ не менее одного года. При этом работники, впервые допускаемые к выполнению верхолазных работ, в течение одного года должны работать под непосредственным надзором опытных работников, назначенных приказом по организации.

При выполнении работ на высоте используются средства индивидуальной защиты. К средствам индивидуальной защиты от падения с высоты относятся: предохранительные пояса, предохранительные верхолазные устройства, ловители с вертикальным канатом или с другими устройствами, канаты страховочные, каски строительные, карабин предохранительный.

Под местом работ определяются, обозначаются и ограждаются опасные зоны. При совмещении работ по одной вертикали нижерасположенные места оборудуются защитными устройствами, установленными на расстоянии не более 6 м по вертикали от нижерасположенного рабочего места. Проемы, в которые могут упасть работники, должны быть надежно закрыты или ограждены и обозначены.

Работы на высоте производятся с лесов, подмостей или с применением других устройств и средств подмащивания, обеспечивающих условия безопасного производства работ.

Леса, подмости и другие приспособления для выполнения работ на высоте должны быть изготовлены по типовым проектам и взяты организацией на инвентарный учет. На инвентарные леса и подмости должен иметься паспорт завода-изготовителя. Применение неинвентарных лесов допускается в исключительных случаях, и их сооружение должно производиться по индивидуальному проекту с расчетами всех основных элементов на прочность, а лесов в целом – на устойчивость. Проект должен быть завизирован работником службы охраны труда организации, утвержден главным инженером (техническим директором) организации. Леса оборудуются надежно скрепленными с ними лестницами или пандусами, обеспечивающими безопасные пути входа работников на леса и схода с них. Средства подмащивания, рабочий настил которых расположен на высоте 1,3 м и более от поверхности земли или перекрытия, оборудуются перильным и бортовым ограждением.

Поверхность земли, на которую устанавливаются средства подмащивания, должна быть спланирована (выровнена и утрамбована) с обеспечением отвода с нее поверхностных вод. В случаях, когда невозможно выполнить эти требования, средства подмащивания оборудуются регулируемы́ми опорами (домкратами) для обеспечения горизонтальности установки или установлены на временные опорные сооружения, обеспечивающие горизонтальность установки средств подмащивания.

В местах подъема работников на леса и подмости должны быть размещены плакаты с указанием схемы размещения и величин допускаемых нагрузок, а также схемы эвакуации работников в случае возникновения аварийной ситуации. Для обеспечения устойчивости лесов стойки по всей высоте прикрепляются к прочным частям здания (сооружения) или конструкции. Места и способы крепления стоек указываются в проекте производства работ. Не допускается крепить леса и подмости к выступающим и малоустойчивым частям здания и конструкциям и устанавливать подмости на конструктивные элементы без подтверждения расчетом их прочности.

Настилы на лесах и подмостях должны иметь ровную поверхность с зазорами между элементами не более 5 мм и крепиться к поперечинам лесов. Концы стыкуемых элементов настилов располагают на опорах и перекрывают их не менее чем на 0,20 м в каждую сторону. Концы стыкуемых внахлестку элементов скашивают. Ширина настилов на лесах и подмостях должна быть: для каменных работ – не менее 2 м, для штукатурных – 1,5 м, для малярных и монтажных – 1 м. При этом средства подмащивания, применяемые при штукатурных или малярных работах в местах, под которыми ведутся другие работы или есть проход, должны иметь настил без зазоров. При выполнении работ с лесов высотой 6 м и более должно быть не менее двух настилов: рабочий (верхний) и защитный (нижний). Каждое рабочее место на лесах, примыкающих к зданию или сооружению, должно быть, кроме того, защищено сверху настилом, расположенным на расстоянии по высоте не более 2 м от рабочего настила. Леса высотой более 4 м допускаются к эксплуатации только после приемки их комиссией с оформлением акта. До утверждения акта работа с лесов не допускается. Подмости и леса высотой до 4 м допускаются к эксплуатации после их приемки руководителем работ или мастером с записью в журнале приемки и осмотра лесов и подмостей.

В строительно-монтажных организациях леса осматривает перед

началом работ ежедневно производитель работ (бригадир) и не реже 1 раза в 10 дней прораб или мастер. Результаты осмотра записываются в журнал приемки и осмотра лесов и подмостей.

На лестницах указываются инвентарный номер; дата следующего испытания; принадлежность цеху: у деревянных и металлических – на тетивах, у веревочных – на прикрепленных к ним бирках.

Перед эксплуатацией и в процессе эксплуатации лестницы подвергаются испытаниям. В процессе эксплуатации деревянные (веревочные и пластмассовые) лестницы подвергаются испытанию один раз в полгода, а металлические – один раз в год. Дата и результаты периодических испытаний лестниц и стремянок фиксируются в журнале учета и испытаний лестниц. Длина приставных деревянных лестниц должна быть не более 5 м. Ступени деревянных лестниц врезаются в тетиву и через каждые 2 м скрепляются стяжными болтами диаметром не менее 8 мм. Применять лестницы, сбитые гвоздями, без скрепления тетив болтами и врезки ступенек в тетивы не допускается. У приставных деревянных лестниц и стремянок длиной более 3 м под ступенями устанавливается не менее двух металлических стяжных болтов. Ширина приставной лестницы и стремянки сверху должна быть не менее 300 мм, внизу – не менее 400 мм. Расстояние между ступенями лестниц должно быть от 0,30 до 0,35 м, а расстояние от первой ступени до уровня установки (пола, перекрытия и тому подобного) – не более 0,40 м.

Приставные лестницы и стремянки снабжаются устройством, предотвращающим возможность сдвига и опрокидывания их при работе. На нижних концах приставных лестниц и стремянок должны быть оковки с острыми наконечниками для установки на земле. При использовании лестниц и стремянок на гладких опорных поверхностях на них должны быть надеты башмаки из резины или другого нескользящего материала. При работе с приставной лестницы на высоте более 1,3 м следует применять предохранительный пояс, прикрепляемый к конструкции сооружения или к лестнице при условии ее закрепления к строительной или другой конструкции.

Устраивать дополнительные опорные сооружения из ящиков, бочек и тому подобного в случае недостаточной длины лестницы не допускается. Стремянки снабжаются приспособлениями (крюками, цепями), не позволяющими им самопроизвольно раздвигаться во время работы с них. Наклон стремянок должен быть не более 1:3. Не допускается установка лестниц на ступенях маршей лестничных клеток. Для вы-

полнения работ в этих условиях следует применять подмости. До начала работы должна быть обеспечена устойчивость лестницы, при этом необходимо убедиться путем осмотра и опробования в том, что лестница не может соскользнуть с места или быть случайно сдвинута. При установке приставной лестницы в условиях, когда возможно смещение ее верхнего конца, последний необходимо надежно закрепить за устойчивые конструкции.

**Заключение.** Выполнение требований охраны труда при выполнении работ на высоте и повышение безопасности производства работ на высоте обеспечивает сохранение жизни и здоровья работников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства / В. В. Гусаров [и др.]. – Горки: БГСХА, 2024. – 137 с.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
3. Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства / В. В. Гусаров [и др.]. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – 322 с.
4. Инструкции о порядке проведения обязательных и внеочередных медицинских осмотров работающих: утв. постановлением Министерства Здравоохранения Респ. Беларусь, от 29 июля 2019 г., № 74. – Минск, 2019. – 137 с.
5. 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.
6. Кондраль, А. Е. Организация и проведение работ с повышенной опасностью / А. Е. Кондраль, В. Н. Босак // Главный агроном. – 2024. – № 9. – С. 56–59.
7. Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества / В. Н. Босак [и др.]. – Горки: БГСХА, 2024. – 253 с.
8. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
9. Правила охраны труда при работе на высоте: утв. постановлением Мин. труда социальной защиты Респ. Беларусь, от 28.04.2001 № 52. – Минск, 2019. – 88 с.
10. Правила по охране труда при выполнении строительных работ: утв. постановлением Министерства труда и социальной защиты Респ. Беларусь и Мин. архитектуры и строительства Респ. Беларусь, от 31 мая 2019 г., № 24/33. – Минск, 2019. – 88 с.

*Аннотация.* Приведены основные нормативно-правовые акты, регламентирующие порядок проведения работ на высоте, а также рассмотрены основные положения повышения безопасности производства работ на высоте.

*Ключевые слова:* охрана труда, производственная безопасность, работы на высоте, работы с повышенной опасностью.

## АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В БЕЛАРУСИ

И. Е. БАЕВА, канд. с.-х. наук  
М. В. ЦАЙЦ, канд. техн. наук  
И. И. СЕРГЕЕВА, канд. с.-х. наук, доцент  
М. П. АКУЛИЧ, ст. преподаватель

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

**Введение.** Довольно большую часть времени, большинство людей проводят на работе, и основная масса несчастных случаев с получением ущерба здоровью получают именно там, или по пути следования на работу или с работы. Все травмы, полученные в результате трудовой деятельности человека как раз, и выделяют в понятие производственный травматизм [7, 8].

Проблемы производственных травм, профессиональных заболеваний и смертности на предприятиях всегда были и остаются актуальными [3–6, 10–12].

Несчастные случаи на производстве происходят в основном из-за того, что работодатель стремится получить максимальную прибыль, а обеспечению нормальных условий труда для работников внимания не уделяется, не проводятся меры по обеспечению безопасного труда в организации. Зачастую в получении травм на производстве виноваты и сами работники, игнорирующие требования техники безопасности в погоне за производительностью [1, 2].

**Основная часть.** По данным Департамента государственной инспекции труда в 2023 году в сравнении с 2018 годом в организациях республики отмечается (табл. 1) [9]:

– снижение общего числа травмированных на производстве с 2115 до 1850 человек (–12,5 %);

– снижение случаев гибели со 144 до 117 человек (–18,75 %).

За период с 2018 г. по 2024 г. наблюдается снижение числа работающих, пострадавших в результате несчастного случая на производстве во всех административно-территориальных единицах республики. Следует отметить рост (+20 %) несчастных случаев со смертельным исходом в г. Минске.

Таблица 1. Численность работающих, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве (человек)

	Всего						В 2023 г. % к 2018 г.	из них со смертельным исходом						В 2023 г. % к 2018 г.
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.		2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	
Республика Беларусь	2115	2042	1889	1886	1781	1850	87,5	144	141	139	132	132	117	81,25
Брестская	327	340	298	270	269	249	76,1	25	14	23	20	23	18	72,0
Витебская	203	231	201	197	220	205	101,0	21	20	10	11	14	13	61,9
Гомельская	286	266	239	242	201	197	68,9	22	20	15	20	18	18	81,8
Гродненская	246	250	222	239	205	233	94,7	13	20	15	14	13	13	100,0
г. Минск	334	343	323	308	302	296	88,6	15	16	24	16	23	18	120,0
Минская	401	337	374	387	342	368	91,8	27	35	39	39	24	22	81,5
Могилевская	318	275	232	243	242	302	95,0	21	16	13	12	17	15	71,4

Коэффициент частоты производственного травматизма (табл. 2) в 2023 г. составил 50,3 (в 2018 году – 53,7), коэффициент частоты смертельного травмирования, снизился с 3,7 в 2018 году до 3,2 в 2023 г.

Таблица 2. Уровень производственного травматизма в расчете на 100 тысяч застрахованных

	Коэффициент частоты производственного травматизма											
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.
	общий						со смертельным исходом					
Республика Беларусь	53,7	51,8	49,1	49,0	47,4	50,3	3,7	3,6	3,6	3,4	3,5	3,2
Брестская	64	67	61	55	56	53	4,9	2,8	4,7	4,1	4,8	3,8
Витебская	47	54	49	48	55	53	4,9	4,7	2,4	2,7	3,5	3,4
Гомельская	55	52	48	49	41	41	4,2	3,9	3	4	3,7	3,8
Гродненская	61	62	57	61	54	63	3,2	4,9	3,8	3,6	3,4	3,5
г. Минск	31	31	30	29	28	29	1,4	1,5	2,2	1,5	2,1	1,7
Минская	66	54	62	64	59	64	4,5	5,6	6,5	6,5	4,1	3,8
Могилевская	83	73	60	63	68	86	5,5	4,2	3,4	3,1	4,8	4,3

При этом самые высокие коэффициенты частоты травмирования и гибели работающих в 2023 г., отмечены в таких видах экономической деятельности как растениеводство и животноводство, охота и предоставление услуг в этих сферах, строительство, а также в промышленности [9].

Наибольший удельный вес среди пострадавших в 2023 г. в результате несчастных случаев на производстве составили работающие в возрастном диапазоне «51–60 лет (включительно)».

В 2023 г. наибольший удельный вес среди травмированных и погибших на производстве, составили работающие организаций коммунальной формы собственности [9].

В 2023 г. наибольшему риску травмирования и гибели на производстве подвергались работники следующих профессий: водители автомобилей, слесари, подсобные рабочие и животноводы (рисунок).

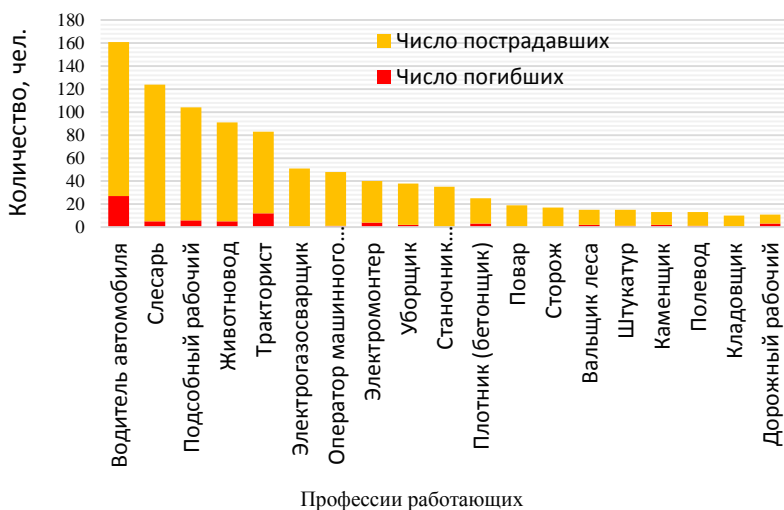


Рис. 1. Основные профессии работающих, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве в 2023 г.

Мониторинг производственного травматизма показал, что основными факторами травмирования людей на производстве в 2023 г. явились воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов и деталей, а также падение потерпевшего с высоты и во время передвижения.

К случайным относят: несчастный случай на территории организации, не связанные с работой и спецификой производства.

Объектные причины в свою очередь делятся на [7]:

1. Технические – использование неисправного или устаревшего

оборудования (станков, инструментов), повреждение изоляции кабелей электропитания, низкий уровень автоматизированности производства, общее несовершенство технического процесса.

2. Санитарно-гигиенические – несоблюдение требований СанПиН: недостаточно широкие проходы; слишком высокая влажность; отсутствие проветривания в помещении; плохое освещение; сквозняк; низкие/высокие температуры; загазованность воздуха; испарение вредных веществ; вибрация; шум; отсутствие санитарно-бытовых помещений; Сквозняки и холод провоцируют простуды, воспаления, развитие профзаболеваний; Отсутствие бытовых помещений нарушает нормы личной гигиены людей; При недостаточной вентиляции или ее отсутствии, в воздухе накапливаются вредные вещества, которые попадают в органы дыхания, поражают слизистую и кровь, становятся причиной профессиональных заболеваний; Сквозняки, вибрация и шум постепенно вызывают в организме человека необратимые процессы: хронические воспаления, заболевания опорно-двигательной системы и др. проф. заболевания.

3. Организационные – недостаточная или откровенно плохая организация техпроцесса и рабочих мест: нарушение регламентов; неправильная расстановка оборудования; несоблюдение норм транспортировки; отсутствие ограждения опасных участков работы; необеспечение работников спецодеждой соответствующей данной профессии; отсутствие контроля над производственным процессом и халатное отношение со стороны руководства; несоблюдение работниками правил техники безопасности, чаще всего по халатности или спешке; непроведение инструктажей безопасности и обучения безопасным методам работы, отсюда вытекает следующий пункт; низкий уровень трудовой дисциплины, чаще всего из-за неопытности или несостоятельности руководителя; выполнение сложной и ответственной работы работником с недостаточной квалификацией работников.

4. Психофизиологические: усталость работника при выполнении профессиональных обязанностей, заболевание, нервные перегрузки, эмоциональное (профессиональное) выгорание, алкогольное или наркотическое опьянение и т. д. Также на частоту несчастных случаев влияет окружающая среда. Мороз, снег, дождь, сильный ветер, гололед и другие погодные явления оказывают отрицательное влияние на состояние работников, которые по своим трудовым обязанностям выполняют работу на улице в любое время года при любых погодных условиях.

**Заключение.** Анализ статистических данных показал, что за период 2018–2023 гг. в организациях Республики Беларусь отмечается снижение общего числа травмированных на производстве с 2115 до 1850 человек (–12,5 %), а также снижение случаев гибели со 144 до 117 человек (–18,75 %).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко, А. С. Совершенствование работы общественных инспекторов по охране труда / А. С. Алексеенко, М. В. Цайц // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 306–308.
2. Алексеенко, А. С. Условия труда и безопасность работы операторов мобильных сельскохозяйственных машин в АПК Республики Беларусь / А. С. Алексеенко, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 280–285.
3. Босак, В. Н. Травматизм на производстве: причины, состояние и мероприятия по снижению / В. Н. Босак // Вестник техносферной безопасности и сельского развития. – 2023. – № 1 (32). – С. 2–6.
4. Кудрявцев, А. Н. Анализ травматизма на производстве в Республике Беларусь / А. Н. Кудрявцев, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2020. – № 3. – С. 188–193.
5. Мажуга, Д. В. Анализ причин травматизма при работе на токарных станках / Д. В. Мажуга, В. А. Левчук // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 136–139.
6. Методы изучения и анализа производственного травматизма / В. Н. Босак, М. П. Акулич, А. Е. Кондраль [и др.]. – Горки: БГСХА, 2022. – 15 с.
7. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
8. Охрана труда. Расследование несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, И. И. Сергеева, М. П. Акулич. – Горки: БГСХА, 2023. – 31 с.
9. Травматизм 2023. Итоги [Электронный ресурс]: Охрана труда в Беларуси. – Режим доступа : <https://inlnk.ru/agX4z2>. – Дата доступа: 18.10.2024.
10. Улаховіч, Н. У. Прычыны вытворчага траўматызму ў Рэспубліцы Беларусь / Н. У. Улаховіч, В. М. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 90–92.
11. Улаховіч, Н. У. Траўматызм на вытворчасці: размеркаванне па ўзросту і працоўнаму стажу / Н. У. Улаховіч, В. М. Босак // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 159–159.
12. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

*Аннотация.* Приведены статистические данные по производственному травматизму в организациях Республики Беларусь, а также в разрезе территориально-административных единиц.

*Ключевые слова:* охрана труда, производственный травматизм, коэффициент частоты производственного травматизма.

## АРГАНІЧНЫЯ ўГНАЕННІ: РОЛЯ ў ЗАБЕСПЯЧЭННІ ХАРЧОВАЙ БЯСПЕКІ І ўЗНАўЛЕННІ ГЛЕБАВАЙ УРАДЛІВАСЦІ

В. М. БОСАК, д-р с.-г. навук, прафесар  
Т. У. САЧЫЎКА<sup>1</sup>, канд. с.-г. навук, дацэнт  
Н. У. УЛАХОВІЧ<sup>2</sup>, заг. лабараторыі

<sup>1</sup>Дзяржаўная інспекцыя па выпрабаванню і ахове сартоў раслін,  
Мінск, Рэспубліка Беларусь

<sup>2</sup>УА “Беларуская дзяржаўная сельскагаспадарчая акадэмія”,  
Горкі, Рэспубліка Беларусь

**Уводзіны.** Арганічным угнаенням належыць адмысловае роля ў аднаўленні глебавай урадлівасці, павелічэнні ўраджайнасці сельскагаспадарчых культур і паляпшэнні іх якасці. Да найбольш распаўсюджаных арганічных угнаенняў у Рэспубліцы Беларусь належаць падсцілачны і безпадсцілачны гной, птушыны памёт, сапрапель, зялёнае ўгнаенне, а таксама разнастайныя кампосты (торфагноевыя, торфапамётныя, вермікампосты, з выкарыстаннем саломы, лігніну, раслінных, драўняных і бытавых лішкаў і г. д.) [1–13].

**Асноўная частка.** Сістэматычнае выкарыстанне арганічных угнаенняў садзейнічае назапашванню гумусу, паляпшае фізіка-хімічныя ўласцівасці глебы (павялічвае запас пажыўных рэчываў, паніжае кіслотнасць, павялічвае вільгацяёмістасць і вільгацепранікальнасць, абагачае глебу мікрафлорай, павялічвае яе біялагічную актыўнасць і выдзяленне вуглекіслаты), памяншае супраціўленне глебы пры механічнай апрацоўцы, стварае аптымальныя ўмовы для мінеральнага жыўлення раслін, павялічвае ўстойлівасць земляробства пры неспрыяльных умовах надвор’я. У агульным балансе элементаў жыўлення, якія штогод уносяцца пад сельскагаспадарчыя культуры, на долю арганічных угнаенняў прыходзіцца каля 40 %. Прыблізна 75 % арганічных угнаенняў ад унесенай колькасці мінералізуецца і ўдзельнічае ў жыўленні раслін, а 25 % гуміфікуецца і ўдзельнічае ў папаўненні страты гумусу.

Пры вызначэнні доз арганічных угнаенняў улічваецца ўзровень плануемага ўраджаю, грануламетрычны склад глебы, утрыманне гумусу, а таксама біялагічныя асаблівасці сельскагаспадарчых культур. Арганічныя ўгнаенні выкарыстоўваюць перш-наперш пры вырошчванні бульбы, кукурузы, цукровых буракоў, кармавых караняплодаў, садавіны і агародніны, азімай збажыны, аднагадовых і шматгадовых траў, на сенажацях (табл. 1) [6].

Табліца 1. Сярэднія дозы арганічных угнаенняў пад асноўныя сельскагаспадарчыя культуры

Сельскагаспадарчая культура	Падсілачны гной ці кампост, т/га
Бульба сталовая	40–50
Бульба фуражная	50–70
Цукровыя буракі	60–70
Кармавыя караняплоды	70–80
Кукуруза	70–80
Агародніна	20–80
Азімая збажына	30–40
Аднагадовыя травы	30–40
Сенажаці і паша пры залужванні	30–40

Сярэднегадавыя дозы арганічных угнаенняў у севазваротах для падтрымання бездэфіцытнага і дасягнення станоўчага баланса гумусу залежаць ад тыпу і грануламетрычнага складу глебы, утрымання гумусу і суадносін паміж прапашнымі культурамі і шматгадовымі травамі (табл. 2).

Табліца 2. Нарматывы патрэбы ў арганічных угнаеннях на дзярнова-падзолістых глебах

Падтрыманне бездэфіцытнага баланса гумусу, т/га												
Глебы	% прапашных культур											
	10				20				30			
	% шматгадовых траў											
	15	20	30	40	15	20	30	40	15	20	30	40
Суглінак	10	9	7	6	14	13	11	10	16	15	13	12
Супесак	12	11	9	8	16	15	13	12	18	17	15	14
Пясок	14	13	11	10	19	18	16	15	–	–	–	–
Дадатковая патрэба для дасягнення станоўчага баланса гумусу, т/га												
Утрыманне гумусу, %	Грануламетрычны склад глебы											
	суглінак	супесак на марэне			супесак на пяску			пясок				
До 1,50	3,0	3,4			3,8			4,3				
1,51–2,00	2,0	2,3			2,6			3,0				
2,01–2,50	1,0	1,2			1,4			1,7				
Болей 2,50	0,5	0,6			–			–				

**Заклучэнне.** Навукова-абгрунтаванае выкарыстанне арганічных угнаенняў з'яўляецца адным з асноўных фактараў атрымання высокай ураджайнасці сельскагаспадарчых культур і узнаўлення глебай урадлівасці, што садзейнічае захаванню харчовай бяспекі.

## ЛІТАРАТУРА

1. Босак, В. М. Агראэкалагічныя аспекты выкарыстання арганічных угнаенняў / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамнянкова // Хімічная тэхналогія і тэхніка. – Мінск: БГТУ, 2025.
2. Босак, В. М. Роля мінеральных і арганічных угнаенняў у забяспечэнні харчовай бяспекі / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамнянкова // Хімічная тэхналогія і тэхніка. – Мінск: БГТУ, 2024. – С. 513–515.
3. Босак, В. М. Уплыў арганічных угнаенняў на ўраджай сельскагаспадарчых культур у севазвароце на дзярнова-падзолістай суглінкавай глебе / В. М. Босак, А. Ф. Смяяновіч // Современныя праблемы выкарыстання почвенных рэсурсаў і павышэння іх прадукцыйнасці. – Горкі: БГСХА, 1997. – С. 146–147.
4. Босак, В. Н. Агразономічная эфектыўнасць прымянення розных відаў арганічных удобраяў / В. Н. Босак, О. Н. Марцуль // Нетрадыцыйныя крыніцы і прыёмы арганізацыі харчавання раслін. – Н. Новгород: ВВАГС, 2011. – С. 33–36.
5. Босак, В. Н. Якасць розных відаў арганічных удобраяў і іх эфектыўнасць / В. Н. Босак, О. Н. Марцуль, В. В. Цвірков // Выяўленне інтэлектуальнага і рэсурснага мясцовага патэнцыяла і забяспечэнне ўстойлівага развіцця Палескага рэгіона. – Пінск, 2008. – С. 196–198.
6. Босак, В. Н. Арганічныя удобрая / В. Н. Босак. – Пінск, 2009. – 256 с.
7. Босак, В. Н. Асабнасці прымянення арганічных удобраяў у агробіяцёзе / В. Н. Босак, О. Н. Марцуль, С. Л. Максімова // Вермікомпостыванне і вермікультываванне як аснова экалагічнага земледдзя ў XXI веку: дасягненні, праблемы, перспектывы. – Мінск, 2016. – С. 24–26.
8. Босак, В. Н. Ацэнка энергетычнай эфектыўнасці прымянення арганічных удобраяў / В. Н. Босак // Селекцыя і семенаводства овочных культур. – Москва: ВНИИССОК, 2009. – Вып. 43. – С. 162–165.
9. Босак, В. Н. Прымяненне арганічных удобраяў у сістэме удобраяў озімых зерных культур / В. Н. Босак, В. В. Цвірков // Прыёмы павышэння плодороддзя почв і эфектыўнасці удобраяў. – Горкі: БГСХА, 2007. – С. 48–50.
10. Босак, В. Н. Прымяненне арганічных удобраяў і дынаміка зместу гумуса ў земледддзі Рэспублікі Беларусь / В. Н. Босак // Почва – удобраенне – плодороддзе – ўрожай. – Мінск, 2009. – С. 135–137.
11. Босак, В. Н. Беспадстилочны навоз: уласцівасці і асабнасці прымянення / В. Н. Босак // Наше сельскае гаспадарства: аграномія. – 2014. – № 15. – С. 78–79.
12. Марцуль, О. Н. Уплыў розных відаў арганічных удобраяў на накопленне гумуса ў почве / О. Н. Марцуль, В. Н. Босак // Современныя тэхналогіі сельскагаспадарчага прадукцыі. – Гродно: ГГАУ, 2012. – Ч. 1. – С. 69–70.
13. Перапрацаўка навоза ў біагазавых установах / Д. Ф. Кольга, С. А. Костюкевіч, Т. В. Молаш, В. Н. Босак // Жывотнаводства і ветэрынарная медыцына. – 2024. – № 3. – С. 7–11.

*Анотацыя.* Ізучана роля арганічных удобраяў у вярнуццэ почвеннага плодороддзя і забяспечэнні высокіх і ўстойлівых уражаў сельскагаспадарчых культур.

*Ключевыя словы:* почвенное плодородье, продовольственная безопасность, органические удобрения.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБЗОРНОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ МСХТ

А. В. ГАРКУША, ст. преподаватель  
Т. В. СЕВАСТЮК, ст. преподаватель  
А. Н. ГУРИНА, канд. техн. наук, доцент  
В. М. РАУБО, канд. экон. наук, доцент  
Л. Е. ПРОЦКО, ассистент  
М. А. СЕРМЯЖКО, магистрант

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

**Введение.** В основном навесное и прицепное оборудование, которое используется в сельском хозяйстве, агрегируется сзади трактора, что требует от оператора МСХТ дополнительных затрат на осуществление контроля за работой агрегата, что отрицательно сказывается на безопасности выполнения работы и ее качестве. Для облегчения условий труда в сельскохозяйственных тракторах используют зеркала заднего вида.

Зеркала заднего вида, позволяющие оператору МСХТ получать дополнительную информацию при управлении трактором или машиной, и, не оборачиваясь видеть зоны, как позади трактора, так и вдоль него, которые без них увидеть нельзя. Это техническое решение отличается простотой и дешевизной. Однако не все параметры можно контролировать посредством их использования. Многие рабочие органы машин скрыты от непосредственного визуального наблюдения.

Использование зеркал заднего вида больших размеров позволяет оператору МСХТ контролировать работу агрегата, находясь в удобной позе, быстро определять неисправности в оборудовании и предпринимать меры, чтобы избежать повреждений машины или орудия. Однако большие размеры зеркал заднего вида имеют свои недостатки, выражающиеся в том, что стекла легко бьются.

Часть машин, не видимых в зеркала заднего вида, относятся к широкогабаритным машинам (почвообрабатывающие и для защиты растений) и видимость их может быть обеспечена путем введения регулировки, позволяющей осуществлять поворот зеркала в вертикальной плоскости на  $90^\circ$ , что позволит расширить зону обзора в горизонтальной плоскости почти в два раза.

**Основная часть.** Снижение травматизма при агрегатировании тракторов с прицепными и полуприцепными машинами и при наезде на вспомогательный персонал может быть достигнуто путем:

- обеспечения обзорности элементов ТСУ (прицепная вилка, серьга снпцы) и вспомогательного персонала с рабочего места оператора. Для этих целей, в странах западной Европы, трактора обеспечиваются системой зеркал и зеркалами с отклоняемыми зеркальными поверхностями, относительно основного зеркала;

- уменьшения величины скорости сближения трактора с агрегируемой машиной, исходя из условия обеспечения безопасности сцепщика, должна быть снижена конструктивными мероприятиями в 3,57 раза по сравнению с теми значениями, которые предусмотрены на серийных тракторах;

- снижения риска травмирования вспомогательного работника за счет разработки инженерно-технических решений, позволяющих вести агрегатирование трактора с прицепными и полуприцепными машинами одному трактористу или вывести персонал из потенциально опасной зоны – зоны движения трактора, а также выведения элементов ТСУ в зону видимости оператора [1–4, 6–8, 10–13].

Наиболее простым и удобным решением, позволяющим оператору МСХТ осуществлять контроль за технологическим процессом и окружающей средой, является установка средства автоматического контроля с выводом звукового или светового сигнала на панель управления машиной.

Снизить риск травмирования при агрегатировании МТА с прицепной и навесной сельскохозяйственной техники и улучшить обзорность, можно путем установки дополнительного оборудования, которое заблаговременно будет оповещать о возникновении травмоопасной ситуации. А также оператор будет получать информацию о нахождение людей в радиусе работы техники, что приведет к уменьшению времени реагирования оператора МСХТ на возникновение препятствий на траектории движения МТА.

Предлагается установить под передними фонарями и на платформе установки задних фонарей устройство с использованием технологии лидар, которое позволит уменьшить количество «слепых» зон обзора механизатора. При возникновении препятствий по ходу движения трактора плата управления будет передавать сигнал на мобильное устройство в кабине трактора посредством Wi-Fi.

Лидар – технология измерения расстояний путем излучения света (лазер) и замера времени возвращения этого отраженного света на

приёмник. Предлагается устанавливать лидар марки Benewake TF02-Pro LiDAR на трактор БЕЛАРУС-82.1 под передними фонарями и на платформу установки задних фонарей. Для синхронизации работы 4 лидаров будет достаточно одной платы управления с модулем Wi-Fi.

На модуле расположен лазерный передатчик и светочувствительный приёмник. Передатчик (Transmitter) передает инфракрасное излучения в окружающее пространство. Приемник (Receive) соответственно принимает отраженные волны от предметов окружающего мира. Получив время, за которое вернулась отраженная волна, электронная схема дальномера определяет расстояние до объекта в поле зрения датчика.

Лидар Benewake TF02-Pro действует по принципу оптического радара: устройство пускает в среду световой луч в невидимом диапазоне, а затем засекает время возврата отражения, из чего можно определить дистанцию до ближайшего объекта. Система крепится на два винта. Корпус датчика пластиковый и обладает защитой класса IP65 [5, 9].

Лидары не боятся засветки солнцем, а скорость реакции у них выше, чем у ультразвуковых датчиков. Используя лидар в качестве датчика пространства, можно видеть препятствия на сравнительно большой дистанции. Разные модели отличаются дальностью работы и степенью защиты. Модификации в герметичном корпусе позволяют работать при любых погодных условиях. Применение технологии лидар уменьшает количество «слепых» зон и дает возможность оператору МСХТ заблаговременно обнаружить препятствие по ходу движения транспортного средства, что снижает количество несчастных случаев.

**Заключение.** Снизить риск травмирования при агрегатировании МТА с прицепной и навесной сельскохозяйственной техникой и улучшить обзорность можно путем установки дополнительного оборудования, которое заблаговременно будет оповещать о возникновении трампоопасной ситуации. Предлагается установить под передними фонарями и на платформе установки задних фонарей устройство с использование технологии лидар, которое позволит уменьшить количество «слепых» зон обзора механизатора.

#### 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: Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.

3. Босак, В. Н. Охрана труда, охрана окружающей среды и энергосбережение / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль. – Горки: БГСХА, 2023. – 107 с.
4. Гаранин, Г. В. Показатели оценки зрительной деятельности оператора МТА при обзоре сзади на полевых работах / Г. В. Гаранин, И. Б. Зотов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2009. – № 1. – С. 98–100.
5. Дальномер Venewake TF02 LIDAR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://amperka.ru/product/lidar-tf02/>. – Дата доступа: 11.11.2024.
6. Дмитриев, М. С. Оценка уровня безопасности труда операторов мобильных технологических и транспортных машин сельскохозяйственного назначения / М. С. Дмитриев, Ю. Г. Горшков, Б. А. Сушко // Алдамжарские чтения. – Алдамжар, 2008. – С. 74–80.
7. Особенности герметизации кабины МСХТ / Е. С. Андрухович, А. В. Гаркуша, Т. В. Севастюк, А. Н. Гурина // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 23–25.
8. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
9. Применение LIDAR как способ снижения травматизма при эксплуатации МТА / Т. В. Севастюк, А. Н. Гурина, В. М. Раубо [и др.] // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. – Саратов, 2024. – Вып. 37. – С. 66–70.
10. Применение систем видеоаналитики для обеспечения безопасности работников ремонтных мастерских АПК / Т. В. Севастюк, А. Н. Гурина, В. М. Раубо, Е. С. Андрухович // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники. – Саратов, 2023. – Вып. 36. – С. 191–195.
11. Пыталев, А. В. Снижение производственного травматизма в сельскохозяйственном производстве при эксплуатации машинно-тракторных агрегатов путем совершенствования обзорности: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / А. В. Пыталев. – Орел, 2004. – 21 с.
12. Гаркуша, А. В. Снижение риска травмирования оператора технических средств в агропромышленном комплексе / А. В. Гаркуша, Т. В. Севастюк, Е. А. Андрухович // Сборник материалов ВНИПК, посв. 60-летию создания кафедры технического сервиса (ремонта машин и технологии конструкционных материалов). – Чебоксары, 2024. – С. 208–210.
13. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2023. – 407 с.

*Аннотация.* Анализ производственного травматизма показывает, что имеют место случаи травмирования работников при наезде сельскохозяйственной техники на вспомогательного работника. Поэтому вопросы повышения безопасности труда при работе МСХТ при ее агрегатировании являются актуальными, что и послужило основанием для разработки технических мероприятий, направленных на повышение безопасности труда операторов МСХТ путем совершенствования обзорности.

*Ключевые слова:* «слепые» зоны обзора механизатора, травматизм, лидар, оператор МСХТ, агрегатирование, безопасность труда.

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТРАВМАТИЗМ В АПК: ПУТИ СНИЖЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ

И. А. ГРАЩЕНКО, инженер  
М. В. ЦАЙЦ, канд. техн. наук  
И. И. СЕРГЕЕВА, канд. с.-х. наук, доцент  
А. Е. КОНДРАЛЬ, канд. техн. наук, доцент  
М. П. АКУЛИЧ, ст. преподаватель

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

**Введение.** Охрана труда представляет систему законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических и других мероприятий и средств, которые обеспечивают безопасность человеку в процессе труда [6]. Полностью безопасных и безвредных производств не существует.

В сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь задействовано около одного миллиона человек. При этом списочная численность работников АПК к концу 2023 г. в сравнении с 2019 г. снизилась на 6,9 %.

**Основная часть.** В нашей стране за период с 2018 по 2023 гг., по данным Белстата, количество травмированных на производстве снизилось в 1,14 раза, а со смертельным исходом – в 1,23 раза. Так, в 2018 г. от полученных травм погибло 144 человека из общего числа травмируемых 2115 человек. Число смертельно травмированных в 2023 г. составило 117 человек из общего числа травмируемых 1850 человек [9].

По мнению специалистов, многих несчастных случаев можно было избежать, так как большинство из них произошло по причинам, устранение которых не требует значительных временных и материальных затрат [1–6, 8, 10].

Несчастные случаи на производстве следует рассматривать как сигнал о неудовлетворительном состоянии профилактической работы по предупреждению травматизма на производственном участке. А несчастный случай на производстве, который заканчивается смертью пострадавшего – это чрезвычайное происшествие. Источник любого происшествия в досадных, а порой и преступных промахах в работе, следствие чьей-то беспечности, некомпетентности и равнодушия.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), смертность на производстве в настоящее время занимает 3 место (после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний). При этом 1 место занимает гибель от несчастных случаев молодых людей в возрасте до 38 лет. Неутешительны и статистические данные по проблеме Международной организации труда (МОТ). По обобщенным сведениям, каждые три минуты в мире от несчастных случаев и производственно-обусловленных и профессиональных заболеваний погибает 1 человек; 4 работающих ежесекундно получают травмы [7].

Наиболее травмоопасными подотраслями АПК по критериям травматизма с летальным исходом являются животноводство, растениеводство, техническое обслуживание, ремонт машин и оборудования. Много травм происходит при выполнении транспортных работ, в строительстве, на лесозаготовках и в деревообрабатывающей промышленности. Высокий уровень тяжелого травматизма отмечается в сфере ремонта и технического сервиса машинно-тракторного парка (каждая пятая травма с тяжелым исходом) [3–5, 8, 10].

Типичными источниками тяжелого травматизма являются тракторы, грузовые и легковые автомобили, автобусы, электрооборудование, на долю которых приходится более половины погибших. Травматизму способствуют условия труда работников, занятых во вредных и (или) опасных условиях труда.

Результаты исследований ряда авторов и анализ динамики производственного травматизма в течение длительного промежутка времени показывают, что в первом приближении (с допустимой погрешностью) можно считать, что производственный травматизм с временной потерей трудоспособности по годам меняются линейно. Это позволяет положить в основу методики анализа и краткосрочного прогнозирования метод линейной регрессии.

Исследования методов и средств профилактики травматизма, производственно-обусловленных и профессиональных заболеваний в АПК позволили сформировать составляющие названной выше стратегии и тактики динамичного снижения и ликвидации производственного травматизма в АПК. Базируются эти составляющие на основе обстоятельного анализа ситуации с травматизмом и заболеваемостью в АПК за ряд десятилетий. Основные из них представлены на схеме (рис.).

Анализ данных показывает, что представленный там комплекс профилактических мероприятий трудоохранного характера при условии его полной реализации в состоянии обеспечить динамичное сни-

жение и ликвидацию производственного травматизма в совокупности с теми профилактическими мероприятиями, которые реализуются сегодня.



Рис. 1. Основные составляющие стратегии и тактики динамического снижения и ликвидации производственного травматизма и заболеваемости

Обратим внимание, что определяющая доля травм и профзаболеваний, по мнению специалистов, на 65–80 % так или иначе связана с личностью оператора, машинами, животными, т. е. кадрами, человеко-машинными системами и человеко-животными контактами. Следовательно, в целях действенной профилактики им должно уделяться основное внимание, не ослабляя его по другим профилактическим мероприятиям.

**Заключение.** Необходимо создание системы, в основе которой лежат механизмы комплексной оценки профессионального риска по постоянно факторов производственной среды, трудового процесса, медицинских показаний нарушения здоровья работников и утраты профессиональной трудоспособности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко, А. С. Совершенствование работы общественных инспекторов по охране труда / А. С. Алексеенко, М. В. Цайц // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 306–308.
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. Травматизм на производстве: причины, состояние и мероприятия по снижению / В. Н. Босак // Вестник техносферной безопасности и сельского развития. – 2023. – № 1 (32). – С. 2–6.
4. Ващенко, А. В. Причины травматизма на производстве / А. В. Ващенко, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2021. – С. 15–16.
5. Кудрявцев, А. Н. Анализ травматизма на производстве в Республике Беларусь / А. Н. Кудрявцев, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2020. – № 3. – С. 188–193.
6. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
7. По данным ВОЗ и МОТ, производственные факторы ежегодно уносят жизни двух миллионов человек [Электронный ресурс]: Всемирная организация здравоохранения. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news/item/16-09-2021-who-ilo-almost-2-million-people-die-from-work-related-causes-each-year>. – Дата доступа: 18.11.2024.
8. Состояние и характеристика производственного травматизма в АПК и пути его динамичного снижения и ликвидации / Р. В. Шкрабак, Р. И. Чаплин, В. Г. Еникеев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 11. – С. 102–106.
9. Травматизм 2023. Итоги [Электронный ресурс]: Охрана труда в Беларуси. – Режим доступа: <https://inlnk.ru/agX4z2>. – Дата доступа: 18.10.2024.
10. Яковлева, Е. В. О состоянии производственного травматизма в АПК и путях его снижения / Е. В. Яковлева, Е. В. Кулакова // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2017. – № 2 (34). – С. 93–98.

*Аннотация.* Рассмотрены сведения о производственном травматизме в АПК, дана характеристика ситуации. Уделено внимание необходимости и возможности динамичного снижения и ликвидации производственного травматизма в АПК. Предложены эффективные пути решения проблемы.

*Ключевые слова:* охрана труда, производственная безопасность, производственный травматизм, сельское хозяйство.

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В БЕЛАРУСИ

А. В. ДОМНЕНКОВА<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук, доцент  
В. Н. БОСАК, д-р с.-х. наук, профессор  
И. И. СЕРГЕЕВА<sup>2</sup>, канд. с.-х. наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

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

**Введение.** В современной энергетике выделяют традиционную энергетiku, основанную на использовании органического и минерального ядерного топлива, и альтернативную (нетрадиционную) энергетiku, основанную на использовании возобновляемых и неисчерпаемых источников энергии [1–3, 5–7, 9, 10, 12, 13, 15].

Развитие альтернативной энергетики обусловлено сокращением природных запасов углеводородного сырья (нефти, газа, угля) и необходимостью сокращения выбросов в атмосферу углекислого газа от работающих на этом сырье электростанций.

**Основная часть.** Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) условно делят на три группы:

1) *Источники механической энергии*, обладающие высоким КПД:

- ветроустановки – около 50 %,
- гидроустановки – около 90 %,
- волновые и приливные станции – около 75 %.

2) *Источники тепловой энергии*:

- солнечное излучение – около 40 %,
- биотопливо – до 50 %.

3) *Источники энергии, использующие фотосинтез и фотоэлектрические явления*, имеют различное качество на разных частотах излучения, в среднем КПД фотопреобразователей составляет около 15 %.

Преимущества ВИЭ состоят в их несчерпаемости и уменьшении негативного воздействия на окружающую природу и здоровье людей, недостатки – в небольшой плотности энергетического потока, скачкообразности объемов выработки энергии, высокой стоимости оборудования, а также ряде других ограничений (например, есть ограничения по использованию загрязненной радионуклидами древесины и древесных отходов в качестве биотоплива) [4, 8, 11, 14].

В Республике Беларусь (по данным Белстата на 01.11.2021) доля энергии, получаемой из альтернативных источников энергии, составила 7,3 %, в том числе: солнечная энергия – 0,06 %, ветровая – 0,06 %, твердой биомассы – 7,0 %, биотоплива – 0,1 %, гидроэнергетика – 0,12 %. Согласно «Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь», доля объема производства первичной энергии из возобновляемых источников энергии к валовому потреблению топливно-энергетических ресурсов должна составлять 8 % – к 2030 г., 9 % – к 2035 г.

С целью предоставления полной и достоверной информации о развитии альтернативных источников энергии в Республике Беларусь создан единый государственный кадастр ВИЭ «Общегосударственной автоматизированной информационной системы» и зарегистрирован как государственный информационный ресурс (от 30.11.2011 № 1871102416). В данном кадастре внесены все действующие альтернативные источники энергии в Беларуси.

В настоящее время в Республике Беларусь действует 483 установки альтернативной энергетики: ветроэнергетические установки – 127, гелиоустановки – 111, установки производства биогаза – 101, установки, работающие на биомассе – 86, установки, использующие энергию движения водных потоков – 58. Возобновляемые источники энергии могут решать в основном локальные задачи энергообеспечения и служить необходимым дополнением к традиционной энергетике на органическом топливе и ядерной энергетике.

Идеальное соотношение между источниками электроэнергии, рассчитанное международными экспертами, выглядит следующим образом: 25 % должны давать атомные станции; 25 % – природный газ; 25 % – переработка отходов; 25 % – возобновляемые источники. Страны, которые достигнут этого баланса, в полной мере обеспечат свою энергетическую безопасность.

**Заключение.** Развитие альтернативной энергетики относится к приоритетным направлениям обеспечения энергетической безопасности. В Республике Беларусь есть хорошие перспективы дальнейшего развития нетрадиционной энергетики, основанной на возобновляемых и неисчерпаемых источниках энергии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Байбатырова, Б. У. Перспективные методы переработки твердых бытовых отходов / Б. У. Байбатырова, Ж. М. Алтыбаев, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 16–18.

2. 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, 2024. – С. 16–18.
3. Бараш, В. П. Асаблівасці і перспектывы развіцця альтэрнатыўнай энергетыкі / В. П. Бараш, В. М. Босак, М. В. Цайц // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2025.
4. Босак, В. М. Асаблівасці назапашвання радыенуклідаў у лясных экасістэмах / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамнянкова // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2024. – С. 60–62.
5. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
6. Босак, В. Н. Охрана труда, охрана окружающей среды и энергосбережение / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль. – Горки: БГСХА, 2023. – 107 с.
7. Домненкова, А. В. Возобновляемые источники энергии в Беларуси / А. В. Домненкова, В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2021. – С. 71.
8. Домненкова, А. В. Основные закономерности распределения радионуклидов в лесных экосистемах / А. В. Домненкова, В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 39–42.
9. Ермак, И. Т. Об использовании топливных гранул в Республике Беларусь / И. Т. Ермак, А. В. Домненкова, В. Н. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2024. – С. 112–115.
10. Переработка навоза в биогазовых установках / Д. Ф. Кольга [и др.] // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2024. – № 3. – С. 7–11.
11. 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.
12. 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.
13. Сачыўка, Т. У. Альтэрнатыўная энергетыка ў Рэспубліцы Беларусь: накірункі і перспектывы развіцця / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак, А. У. Дамнянкова // Химическая технология и техника. – Минск: БГТУ, 2024. – С. 492–496.
14. Трансформация радионуклида плутония-241 в альфа-излучающий америций-241 и его опасность для людей, проживающих на территории радиоактивного загрязнения / И. Т. Ермак, А. В. Домненкова, Д. М. Кузьменков [и др.] // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2025.
15. Kuzmiankou, D. M. Alternative energy in the Republic of Belarus / D. M. Kuzmiankou, A. V. Domnenkova // Инженерно-техническое образование и наука. – Новороссийск, 2024. – С. 19–20.

*Анотацыя.* Приведены сведення по фактычнаму становішчу і перспектывам развіцця альтэрнатыўнай энергетыкі в Рэспубліцы Беларусь.

*Ключевые слова:* альтэрнатыўная энергетыка, энергетычная без-  
опасность, возобновляемые и неисчерпаемые источники энергии.

## ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ВЛИЯЮЩИЕ НА СПОСОБНОСТЬ ВОДИТЕЛЯ ВОСПРИНИМАТЬ ДОРОЖНУЮ ИНФОРМАЦИЮ

Г. Г. ЕВТУХ, зав. лабораторией  
Л. А. ПОПОВА, зав. лабораторией  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Для водителей и пешеходов важную роль играет такой когнитивный процесс, как восприятие, который может стать серьезной проблемой в процессе дорожного движения. Уровень безопасности на дорогах вытекает из эффективности работы наших органов чувств.

Изучая психофизиологические характеристики, следует определить способность водителя воспринимать дорожную информацию, осмысливать ее, принимать решения и своевременно выполнять действия по управлению транспортным средством [4, 6–8].

**Основная часть.** Сам процесс восприятия многообразен и включает в себя зрительные, слуховые, обонятельные, двигательные, вибрационные, кожные и другие ощущения [1]. Информацию об окружающей среде человек получает именно с помощью органов восприятия. Они являются источником представления об окружающем мире. Это подтверждается статистическими данными: несмотря на то, что в темное время суток интенсивность движения снижена до 10–15 % от дневной величины, большинство ДТП (до 60 %) происходит именно в это время, когда восприятие водителя ограничено [3].

В итоге действия водителя автотранспортного средства в определенный промежуток времени являются результатом его психического состояния, которое полностью подчиняется влиянию факторов восприятия. Следовательно, психическое состояние, при котором наиболее быстро и оптимально качественно протекает процесс восприятия информации, зависит именно от факторов, моделирующих восприятие личности, и от того, насколько хорошо водитель может сохранять данные показатели положительно стабильными.

Качественные же показатели восприятия (точность, быстрота, полнота) прямо пропорциональны опыту и знаниям водителя. Они обуславливают различную результативную картину восприятия у опытного во-

дителя и новичка. Однако причинная обусловленность наших действий все равно определяется психофизиологическими показателями.

В процессе вождения в основе положительного водительского расчета лежит такое качество восприятия, как умение правильно и быстро оценивать пространство и время. Наиболее важна оценка удаленности водителя от предметов, а также расстояния между ними.

Известно, что водитель автотранспортного средства в среднем охватывает своим вниманием не более трех объектов, не считая опасного. Поэтому в процессе вождения он пытается фиксировать попутные и встречные автомобили, наличие пешеходов и проезжую часть в целом.

Итак, правильное восприятие времени – важнейшее профессиональное качество водителя. Данное качество является результативным в обеспечении безопасности на дорогах, дает как положительную характеристику уровню динамического глазомера водителя, так и возможность распознать нарушение оценки временного интервала, вследствие которого происходят ошибочные маневры или другие аварийные приемы управления автотранспортным средством.

Не стоит забывать, что к личностным показателям восприятия относится такой психофизиологический процесс, как внимание. В литературных источниках внимание трактуется как направленность и сосредоточенность психической деятельности на чем-либо определенном. Оно является важнейшим показателем надежности водителя автотранспортного средства. И если внимание сосредотачивается на других вещах, не связанных с управлением, то дорожную ситуацию должен постоянно контролировать такой психический процесс, как мышление. В результате исследования эмпирическим путем выявлены психофизиологические параметры наиболее значимых свойств восприятия. Удалось определить характеристики восприятия, непосредственно влияющие на надежность профессиональной деятельности водителя автотранспортных средств [2, 4].

На основе полученных результатов было разработано пять методик, направленных на оптимальность определения и совершенствование уровня восприятия личности:

- 1) для оценки уровня восприятия расстояний и скоростей движущихся объектов психофизиологическим способом применялся тест на определение уровня восприятия скорости движения и расстояния до объектов в быстро меняющейся дорожной ситуации;

2) для оценки распределения внимания использовался тест на выявление способности водителя одновременно контролировать и при необходимости быстро и точно выполнять наиболее важные действия при вождении без потери контроля над другими значимыми аспектами дорожной ситуации (общение с пассажирами, манипулирование органами управления, оценка дорожной ситуации и т. д.);

3) для оценки эмоциональной устойчивости осуществлялось тестирование с целью определения способности водителя действовать при наличии отрицательных эмоциональных факторов и помех;

4) для оценки сложной двигательно-моторной реакции использован тест на определение способности водителя принимать правильное решение в быстро меняющейся дорожной обстановке;

5) для оценки склонности к риску применялся тест, позволяющий прогнозировать вероятность совершения рискованных действий во время дорожного движения, а также личностно-индивидуальную склонность к риску. В данном случае имеется в виду риск, реализация которого ставит под угрозу удовлетворение какой-либо достаточно важной потребности, ибо ситуация риска основана на выборе из двух альтернативных вариантов поведения: с одной стороны, связанного с возможной неудачей, с другой – надеждой хотя бы на минимальное сохранение уже достигнутого результата. При этом выбор рискованного поведения не всегда обусловлен более высокой ценностью достигаемого результата. Часто проявляется тенденция к бескорыстному, немотивированному риску, который воспринимается как самостоятельная ценность [5].

Каждый человек отличается целым рядом особенностей, совокупность которых составляет его индивидуальность. Отрицательные черты личности затрудняют деятельность водителя, ведут к ошибкам и ДТП. Водители, допускающие наименьшее количество нарушений, имеют высокий уровень восприятия, характеризуются не только высокой дисциплинированностью, но и уравновешенностью, рассудительностью, находчивостью, более широкими интересами, высокими нравственными и моральными качествами.

**Заключение.** Эмпирическим путем выявлены психофизиологические параметры наиболее значимых свойств восприятия, которые, в свою очередь, непосредственно влияют на надежность профессиональной деятельности водителя автотранспортного средства: уровень восприятия расстояний и скорости движущихся объектов, распределение внимания, эмоциональная устойчивость, сложная двигательно-

моторная реакция, склонность к риску, на основе чего разработано пять методик, направленных на оптимальность определения и развития уровня восприятия личности.

Для надежности профессиональной деятельности водителей автотранспортных средств, несомненно, важно, какой человек сидит за рулем, что он представляет собой как личность. Поэтому для безопасности дорожного движения необходимы не только коррекция определенных индивидуально-психофизиологических параметров работающих водителей автотранспортных средств, но и модернизация на более ранних этапах коренных принципов обучения в автошколах, где должны проводиться тестирование и определение психофизиологических характеристик будущих водителей, профилактика данных показателей, а также необходимый отсев обучаемых.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность дорожного движения / В. В. Амбарцумян [и др.]. – Москва: Машиностроение, 2008. – 304 с.
2. Гуревич, П. С. Психологический словарь / П. С. Гуревич. – Москва: ОЛМАПРЕСС Образование, 2007. – 800 с.
3. Дорожно-транспортные происшествия: нормативные акты, материалы судебной практики, образцы документов / под ред. М. Ю. Тихомирова. – 4-е изд., доп. и перераб. – Москва: Изд. г-на Тихомирова М. Ю., 2008. – 284 с.
4. Евтух, Г. Г. Психофизиологические свойства водителя, влияющие на управление транспортным средством в сложных дорожных условиях / Г. Г. Евтух, В. Л. Самсонов, Л. А. Попова // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 76–81.
5. Комплекс универсальный психодиагностический УПДК-МК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.neurocom.ru/ru2/-psych/updk\\_mk.html](http://www.neurocom.ru/ru2/-psych/updk_mk.html). – Дата доступа: 10.11.2024.
6. Кондраль, А. Е. Организация и проведение работ с повышенной опасностью / А. Е. Кондраль, В. Н. Босак // Главный агроном. – 2024. – № 9. – С. 56–59.
7. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
8. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Высшая школа, 2023. – 407 с.

*Аннотация.* Дана сравнительная характеристика психофизиологических свойств, которые влияют на способность водителя воспринимать дорожную информацию. Разработаны методики, направленные на оптимальность определения и развития уровня восприятия личности.

*Ключевые слова:* водитель, ДТП, фактор, безопасность, скорость.

## АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ БЕДСТВИЙ НА СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО И ПРОДОВОЛЬСТВЕННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

Е. Л. ИОНАС, канд. с.-х. наук, доцент  
И. И. СЕРГЕЕВА, канд. с.-х. наук, доцент  
М. П. АКУЛИЧ, ст. преподаватель

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

**Введение.** Бедствия, определяемые как события, серьезно нарушающие жизнь местного населения или всего общества, приводят к беспрецедентным потерям и ущербу в мировом сельском хозяйстве. Они оказывают всестороннее влияние на агропродовольственные системы, ставят под угрозу продовольственную безопасность и подрывают устойчивость сельскохозяйственного сектора [1–13].

Без понимания взаимосвязанных системных факторов риска и первопричин возникновения бедствий невозможно сформировать невосприимчивые к внешним воздействиям продовольственные системы. Изменение климата, пандемии, эпидемии и вооруженные конфликты влияют на сельскохозяйственное производство, производственно-сбытовые цепочки и продовольственную безопасность. Поэтому лучшее понимание их взаимодействия имеет важное значение для разработки комплексного представления о сегодняшней ситуации с рисками.

**Основная часть.** Исследования, направленные на изучение влияния изменения климата на сельское хозяйство, указывают на то, что в будущем изменение климата, вероятно, приведет к более частым аномалиям урожайности и снижению объемов сельскохозяйственного производства. Глобальные кризисы, такие как пандемия COVID-19 и продолжающиеся вооруженные конфликты, сказываются не только на сельскохозяйственном производстве, но и на рынках производственных ресурсов и продукции и негативно влияют как на агропродовольственные системы, так и на продовольственную безопасность в целом [6].

По всей планете происходят беспрецедентные по масштабам и разрушительной силе бедствия, что требует новых подходов, позволяющих снижать риски и укреплять потенциал, необходимый для принятия мер реагирования и повышения жизнестойкости. Продолжается

глобальное потепление: в 2023 г. по всему миру были зарегистрированы рекордно высокие температуры, а в средствах массовой информации ежедневно появляются новости об экстремальных наводнениях, ураганах, засухах, природных пожарах, нашествиях вредителей и вспышках болезней. Последствия изменения климата становятся все тяжелее, повсюду растут частота и интенсивность связанных с климатом бедствий, наносящих серьезный урон населению и источникам средств к существованию. Сельское хозяйство не может функционировать без природных ресурсов и полностью зависит от климатических условий, поэтому оно в большей степени подвержено риску бедствий, чем многие другие отрасли. Повторяющиеся бедствия могут свести на нет достижения в области продовольственной безопасности и снизить устойчивость агропродовольственных систем [6, 13].

Воздействие бедствий и кризисов во многом зависит от таких факторов, как бедность, неравный доступ к ресурсам и структуры управления. Существующие риски усугубляются климатическим кризисом, а пандемии и вооруженные конфликты последних лет увеличивают тяжесть потерь в агропродовольственном секторе. Для уменьшения воздействия бедствий необходимо изучать не только их непосредственные последствия, но также общие факторы риска и каналы, по которым воздействие распространяется на сектора, системы и географические регионы. В мире с ограниченными ресурсами нам необходимо наращивать инвестиции в творческие, новаторские, масштабируемые решения, повышающие невосприимчивость к бедствиям и позволяющие предотвращать и сокращать вызываемые ими потери. Риск бедствий складывается из сложного взаимодействия между факторами физической среды (как природной, так и антропогенной) и жизни общества (такими как поведение, функции, организация и развитие). Риск бедствия определяется путем вероятностного прогнозирования в зависимости от угрозы и степени ее воздействия, уровня уязвимости и имеющегося потенциала, тогда как само бедствие – это событие любого масштаба, которое серьезно нарушает жизнь местных общин или общества в целом в результате сочетания опасных событий с имеющимся уровнем подверженности угрозе, уязвимости и потенциала и может привести как минимум к одному из следующих результатов: людские, материальные, экономические или экологические потери и последствия.

Пандемия COVID-19 привела к нарушениям в функционировании продовольственных систем, обусловленным нехваткой рабочей силы,

и создала препятствия для сезонных перемещений трудовых ресурсов, особенно занятых в трудоемких производственных системах. Анализ сельскохозяйственного сектора стран, оказавшихся в критической ситуации с продовольственным обеспечением, показал, что пандемия COVID-19 оказала резко отрицательное воздействие на продовольственную безопасность и средства к существованию, сравнимое с воздействием конфликтов или бедствий, вызванных опасными природными явлениями. Серьезнее всего пострадали производители животноводческой продукции, которые сообщили о трудностях с доступом к средствам производства, сбытом продукции, о затрудненном доступе к пастбищам ввиду ограничений на передвижение и о сложностях с выходом на международные рынки. Затрудненный доступ к производственным ресурсам и нехватка рабочей силы отрицательно сказались на сельскохозяйственном производстве. Перебои в транспортно-логистическом обслуживании сельскохозяйственного производства привели к снижению цен производителей на сельскохозяйственную продукцию. При этом розничные цены росли, что в совокупности с ростом стоимости жизни отражалось на доходах фермеров. Площади земель, отведенных под зерновые и овощные культуры, сокращались более значительно, чем площади под плодовыми культурами. Установление ограничений, связанных с пандемией COVID-19, в основной посевной сезон приводило к сокращению посевных площадей [6].

При разработке эффективных мер, остро необходима более качественная информация о воздействии бедствий на все сегменты сельскохозяйственного сектора. Необходимо включить интеграцию многоотраслевых, комплексных стратегий снижения риска бедствий в число приоритетных задач сельскохозяйственной политики и программ. Эту цель можно достичь, улучшив качество имеющихся фактических данных, содействуя внедрению существующих инноваций, облегчая разработку и осуществление масштабируемых решений по управлению рисками на уровне хозяйств и развивая системы раннего предупреждения, которые можно использовать для принятия упреждающих мер.

**Заключение.** По всей планете происходят беспрецедентные по масштабам и разрушительной силе бедствия. Вызываемые ими потрясения и сбои сказываются на функционировании и устойчивости сельскохозяйственного производства и ставят под угрозу источники средств к существованию миллионов людей, живущих за счет агропродовольственных систем. Для смягчения воздействия бедствий на сельское хозяйство необходимо глубже понимать природу этого воз-

действия и изучать факторы риска, делающие сельское хозяйство уязвимым к последствиям катастрофических явлений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, Н. А. Невестенко [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 312 с.
2. Безопасность жизнедеятельности человека. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций / В. Н. Босак, М. В. Цайц, А. Е. Кондраль [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 97 с.
3. Босак, В. М. Роля мінеральных і арганічных угнаенняў у забеспячэнні харчовай бяспекі / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамбянкова // Химическая технология и техника. – Минск: БГТУ, 2024. – С. 513–515.
4. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
5. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак. – Старый Оскол: ТНТ, 2022. – 356 с.
6. Воздействие бедствий на сельское хозяйство и продовольственную безопасность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams>. – Дата доступа: 06.11.2024.
7. Защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций. Радиационная безопасность / Г. А. Чернуха, М. В. Цайц, Ю. В. Азаренко, В. Н. Босак. – Минск: РИВШ, 2023. – 224 с.
8. Ковалевич, З. С. Безопасность жизнедеятельности человека: практикум / З. С. Ковалевич, В. Н. Босак. – Минск: МИТСО, 2024. – 380 с.
9. Ковалевич, З. С. Изменение климата в Беларуси: последствия и перспективы / З. С. Ковалевич // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 43–49.
10. Кулакова, Е. В. Вопросы безопасности в условиях производства / Е. В. Кулакова // Инновации природообустройства и защиты окружающей среды. – Саратов: КУ-БиК, 2019. – С. 269–272.
11. Мисун, Л. В. Безопасность деятельности человека / Л. В. Мисун, В. В. Азаренко, А. Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2018. – 140 с.
12. Пляшкевич, А. В. Экологические катастрофы / А. В. Пляшкевич, О. В. Малашевская // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 170–172.
13. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2023. – 407 с.

*Аннотация.* Дается анализ воздействия бедствий на сельское хозяйство и продовольственную безопасность, освещаются различные угрозы на сегменты растениеводства и животноводства. Такое воздействие усугубляется глубинными социальными и экологическими проблемами и факторами уязвимости, такими как изменение климата, пандемии, эпидемии и конфликтные ситуации, создающими тяжелые проблемы в агропродовольственных системах.

*Ключевые слова:* бедствия, климат, сельское хозяйство, пандемия, продовольственная безопасность, риски.

## НУЛЕВОЙ ТРАВМАТИЗМ КАК СИСТЕМА БЕЗОПАСНОГО ТРУДА

Е. Л. ИОНАС, канд. с.-х. наук, доцент  
М. В. ЦАЙЦ, канд. техн. наук

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

**Введение.** Производственный травматизм и профессиональные заболевания не являются неизбежными [2–6, 8, 9]. Пока в мире нет ни одной страны, где бы можно было полностью исключить несчастные случаи на производстве. Но стремиться к этому нужно. Концепция нулевого травматизма, которую с 2019 г. внедряют и в Беларуси, уже получает надежную прописку в районах или на предприятиях республики.

Концепция «Нулевой травматизм» – это качественно новый подход к организации профилактики, объединяющий три направления – безопасность, гигиену труда и благополучие работников на всех уровнях производства [1, 7].

Целью исследования было изучение сути, инструментов и механизмов внедрения стратегии нулевого травматизма на всех уровнях производства.

**Основная часть.** Основные причины производственного травматизма связаны с тем, что работодатели и работники не соблюдают требования охраны труда. Самые травмоопасные отрасли – промышленность, сельское хозяйство и строительство. На долю промышленности приходится 30 процентов от общего числа травмированных и почти 20 процентов погибших. В сельском хозяйстве – 23,8 и 22 процента, в строительстве – 12 и 19 процентов соответственно [6].

Создание эффективной системы профилактики позволяет их устранить. Для этого во всех организациях страны с численностью сотрудников более 16 человек внедряются современные системы управления охраной труда. Сейчас они внедрены в 91 проценте организаций. К концу 2025 г. такие системы должны быть везде.

В настоящее время в Республике Беларусь создана целостная взаимосвязанная система, определяющая роль и задачи каждого из участников процесса обеспечения безопасных условий труда на всех уровнях взаимодействия. Проводимый в стране комплекс мероприятий в

области охраны труда направлен на решение главной задачи – сокращение производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Республика Беларусь намерена следовать концепции «нулевого травматизма» в сфере охраны труда.

При организации работы по охране труда в республике учитывается положительный международный опыт в области охраны труда, предупреждения производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Так, Генеральное соглашение между Правительством Республики Беларусь, республиканскими объединениями нанимателей и профсоюзов на 2019–2021 гг. определило дату его подписания стартом кампании в поддержку концепции «нулевого травматизма» в Республике Беларусь. Концепция разработана Международной ассоциацией социального обеспечения (МАСО) с участием работодателей, директоров, менеджеров, специалистов в сфере профилактики, инспекторов по охране труда и представителей работников. Кампания по продвижению концепции «нулевого травматизма» была запущена в Сингапуре 4 сентября 2017 г. на XXI Всемирном конгрессе по безопасности и гигиене труда. Помогая работодателям и специалистам предприятий решать задачи непрерывного совершенствования охраны труда в соответствии с концепцией «нулевого травматизма», МАСО на основе результатов обследования, посвященного изучению наиболее эффективных профилактических мер, разработала практический инструмент управления в целях совершенствования культуры безопасности и гигиены труда.

Концепция предлагает семь «золотых правил», реализация которых будет содействовать работодателю в снижении показателей производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, а именно: 1) стать лидером – показать приверженность принципам; 2) выявлять угрозы – контролировать риски; 3) определять цели – разрабатывать программы; 4) создать систему безопасности и гигиены труда – достичь высокого уровня организации; 5) обеспечивать безопасность и гигиену на рабочих местах, при работе со станками и оборудованием; 6) повышать квалификацию – развивать профессиональные навыки; 7) инвестировать в кадры – мотивировать посредством участия.

Безопасные и здоровые условия труда не только являются морально-юридическим обязательством, но и оправдывают себя экономически. Инвестиции в охрану труда позволяют избежать человеческих страданий и защитить самое ценное, что есть, – здоровье, физическое и психологическое благополучие.

В качестве новой формы работы по профилактике производственного травматизма во всех регионах Республики Беларусь организовано

проведение такого мероприятия, как «Неделя нулевого травматизма». Суть мероприятия заключается в том, что целые районы и города ставят себе задачу и задействуют все средства для того, чтобы в эту неделю у них не было ни одного травмированного на производстве [1, 6].

**Заключение.** Охраной труда должны заниматься не только специализированный отдел и уполномоченные от профсоюзной организации, а каждый работник. Начинать надо с малого: прийти на рабочее место – надеть защитные очки и перчатки, проверить исправность своего оборудования. Но главное – в «нулевом травматизме» должен быть заинтересован руководитель. Видя заинтересованность руководства в сохранении их жизни здоровья, и работники будут строже придерживаться данных правил.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бобко, М. А. От совершенствования системы безопасного труда к нулевому травматизму / М. А. Бобко // Охрана труда технологии безопасности. – 2024. – № 8. – С. 4–6.
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. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.
4. Босак, В. Н. Охрана труда, охрана окружающей среды и энергосбережение / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль. – Горки: БГСХА, 2023. – 107 с.
5. 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.
6. Кудрявцев, А. Н. Анализ травматизма на производстве в Республике Беларусь / А. Н. Кудрявцев, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2020. – № 3. – С. 188–193.
7. Концепция «Нулевого травматизма» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mintrud.gov.by/uploads/files/nulevogo-travmatizma.pdf>. – Дата доступа: 06.11.2024.
8. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
9. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2023. – 407 с.

*Аннотация.* Рассмотрена концепция «Нулевой травматизм» как качественно новый подход к организации профилактики, объединяющий три направления – безопасность, гигиену труда и благополучие работников на всех уровнях производства.

*Ключевые слова:* нулевой травматизм, охрана труда, производственный травматизм, профессиональные заболевания.

## ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

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

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

**Введение.** Контроль за соблюдением законодательства и требований охраны труда относится к важнейшим компонентам СУОТ, обеспечивающим соблюдение производственной безопасности, а также предотвращение производственного травматизма и профессиональных заболеваний в различных отраслях экономики Республики Беларусь, в т. ч. на предприятиях агропромышленного комплекса [2–5, 7–10, 13].

Контроль за соблюдением законодательства и требований охраны труда в Республике Беларусь подразделяется на государственный, производственный и общественный [1, 6, 11, 12].

**Основная часть.** Производственный контроль на предприятиях, в том числе в агропромышленном комплексе, осуществляется в соответствии с Инструкцией о порядке осуществления контроля за соблюдением работниками требований по охране труда в организации и структурных подразделениях (постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 15 мая 2020 г. № 51).

Основными задачами контроля за соблюдением требований по охране труда являются:

- обследование состояния условий труда работников;
- анализ соблюдения требований по охране труда;
- предупреждение производственного травматизма и профессиональных заболеваний;
- выполнение работниками обязанностей в области охраны труда.

Контроль за соблюдением требований по охране труда осуществляется:

- руководителем организации или уполномоченным его заместителем;
- должностными лицами, ответственными за организацию охраны труда и осуществление контроля за соблюдением требований по охране труда, а также непосредственными руководителями структурных подразделений;

– работниками службы охраны труда.

В осуществлении контроля за соблюдением требований по охране труда могут принимать участие также члены комиссии по охране труда и представители профессиональных союзов, в том числе общественные инспекторы по охране труда.

Контроль за соблюдением требований по охране труда проводится:

– ежедневно на рабочих местах работников их непосредственными руководителями;

– ежемесячно в каждом структурном подразделении организации руководителями этих структурных подразделений;

– ежеквартально в организации руководителем организации или его заместителем с участием работников службы охраны труда, членов комиссии по охране труда, руководителей структурных подразделений и непосредственных руководителей, иных работников организации;

– по мере необходимости в каждом структурном подразделении организации работниками службы охраны труда.

При осуществлении ежедневного контроля устанавливаются: соответствие содержания территории, проходов, проездов, прилегающих к рабочему месту, состоянию, обеспечивающему беспрепятственное и безопасное движение транспортных средств и работников; соответствие оснащения и организации рабочих мест, оборудования, инструмента, приспособлений, транспортных средств требованиям по охране труда; наличие (исправность) освещения, отопления, вентиляции; применение работниками безопасных способов хранения и транспортирования материалов, готовой продукции; наличие, использование и правильное применение работниками средств индивидуальной защиты и средств коллективной защиты, их исправное состояние; прохождение работниками обязательных предсменных (перед началом работы, смены) медицинских осмотров либо освидетельствования на предмет нахождения в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения в случаях и порядке, установленных законодательством; поддержание работниками своего рабочего места, оборудования и приспособлений в исправном состоянии, порядке и чистоте; соблюдение иных требований по охране труда.

При осуществлении ежемесячного контроля помимо соблюдения требований по охране труда, предусмотренных при осуществлении ежедневного контроля, устанавливаются: выполнение мероприятий по устранению несоблюдения требований по охране труда, выявленных в ходе ежедневного контроля; выполнение мероприятий по устранению

причин несчастного случая на производстве, профессионального заболевания (на основе документов по расследованию таких происшествий); проведение технического обслуживания, ремонта, испытаний, осмотров, технических освидетельствований производственного оборудования в порядке и сроки, установленные соответствующими техническими нормативными правовыми актами, являющимися в соответствии с законодательными актами и постановлениями Правительства Республики Беларусь обязательными для соблюдения, эксплуатационными документами организаций-изготовителей; прохождение работниками обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний по вопросам охраны труда в случаях и порядке, установленных законодательством; предоставление работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением и (или) выполняемых в неблагоприятных температурных условиях, необходимых средств индивидуальной защиты, смывающих и обезвреживающих средств в соответствии с установленными нормами; оснащение санитарно-бытовых помещений необходимыми устройствами и средствами.

При осуществлении ежеквартального контроля, помимо соблюдения требований, предусмотренных при осуществлении ежедневного и ежемесячного контроля, устанавливаются: выполнение мероприятий по устранению несоблюдения требований по охране труда, выявленных в ходе ежемесячного контроля; своевременность пересмотра инструкций по охране труда; выполнение требований (предписаний) контролирующих (надзорных) органов об устранении нарушений законодательства об охране труда, а также рекомендаций по устранению и недопущению недостатков, выявленных ими в результате мониторинга; выполнение представлений об устранении выявленных нарушений законодательства об охране труда, коллективного договора (соглашения), выданных техническими инспекторами труда профсоюзов при осуществлении общественного контроля в форме проведения проверок за соблюдением законодательства об охране труда; выполнение рекомендаций по устранению выявленных нарушений требований по охране труда, коллективного договора (соглашения), выданных представителями профсоюзов при осуществлении общественного контроля в формах, не связанных с проведением проверок; выполнение предписаний об устранении нарушений требований по охране труда, выданных работниками службы охраны труда (специалистом по охране труда); выполнение планов мероприятий по улучшению условий и охраны

труда; обеспечение безопасности при эксплуатации территории, капитальных строений (зданий, сооружений), изолированных помещений, оборудования, ведении технологических процессов и применении в производстве материалов, химических веществ; соответствие устройств противоаварийной защиты, блокировки, сигнализации требованиям по охране труда; соответствие установленным нормам санитарно-бытового обеспечения, медицинского обслуживания работников; своевременность прохождения работниками обязательных предварительных (при поступлении на работу) и периодических (в течение трудовой деятельности) медицинских осмотров в случаях и порядке, установленных законодательством; обеспечение надлежащего хранения выданных работникам средств индивидуальной защиты и ухода за ними (осуществление химчистки, стирки, ремонта, дегазации, дезактивации, дезинфекции, дезинсекции и обеспыливания); соответствие средств коллективной защиты условиям труда; своевременность проведения аттестации рабочих мест по условиям труда.

Результаты ежедневного и ежемесячного контроля заносятся в журнал контроля за соблюдением требований по охране труда; результаты ежеквартального контроля оформляются актом.

Результаты осуществления контроля по мере необходимости, но не реже одного раза в шесть месяцев, рассматриваются в организации с участием руководителя организации или его заместителя, руководителей структурных подразделений, работников службы охраны труда, членов комиссии по охране труда.

По итогам рассмотрения результатов осуществления контроля за соблюдением требований по охране труда могут приниматься решения о совершенствовании организации работы по охране труда, поддержании функционирования СУОТ и иным вопросам охраны труда. Решения оформляются протоколом, который подписывается руководителем организации или его заместителем либо председателем комиссии по охране труда (при ее создании).

По результатам осуществления контроля за соблюдением требований по охране труда работники информируются о состоянии условий и охраны труда на рабочем месте в порядке, установленном в СУОТ.

**Заключение.** Производственный контроль охраны труда является важной составной частью СУОТ на предприятиях агропромышленного комплекса. Проведение и выполнение всех требований производственного контроля способствует сохранению жизни, здоровья и работоспособности работников в процессе трудовой деятельности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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. – С. 23–25.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, С. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
3. Босак, В. Н. Нормативное обеспечение охраны труда в сельском хозяйстве Республики Беларусь / В. Н. Босак // Трансформация промышленной безопасности и охраны труда на производстве– Орел: ОрелГАУ, 2022. – С. 7–11.
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 сельском хозяйстве: изменения в законодательстве / В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2022. – № 4. – С. 180–181.
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. 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.
8. Забеспячэньне аховы працы ў лясной гаспадарцы / В. М. Босак, А. У. Дамнянкова, І. Ц. Ярмак, С. У. Кісялёў // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2025.
9. Кондраль, А. Е. Организация и проведение работ с повышенной опасностью / А. Е. Кондраль, В. Н. Босак // Главный агроном. – 2024. – № 9. – С. 56–59.
10. Мазуренко, С. С. Охрана труда на железнодорожных станциях / С. С. Мазуренко, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 140–141.
11. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
12. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Вышэйшая школа, 2023. – 407 с.
13. Шинкевич, К. С. Охрана труда в индустрии косметики / К. С. Шинкевич, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 240–241.

*Анотацыя.* Прыведены сведення па арганізацыі і правядзенню прамыслованага кантроля на прадпрыемствах АПК, забеспечваючы неабходны ўзровень аховы працы і прамысловай бяспекі на прамысловым прадукцыі.

*Ключавыя словы:* ахова працы, прамысловая бяспека, прамысловы кантроль, сельскае гаспадарства.

## ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ И ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОХРАНЕ ТРУДА

С. А. КОРЧИК, ст. преподаватель  
Т. В. МОЛОШ, канд. техн. наук, доцент  
С. Ю. ХАМУТОВСКИЙ, Н. М. УСИК, студенты

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

**Введение.** За последнее время технологии виртуальной реальности (VR) начали широко применяться в различных сферах нашей жизни, включая охрану труда. Использование этих технологий позволяет создать уникальную обучающую атмосферу, в которой сотрудники могут безопасно совершенствовать профессиональные навыки и тренироваться в решении нестандартных задач. Одним из ключевых достоинств VR-технологий является возможность моделировать настоящие рабочие процессы и опасные ситуации, что устраняет угрозу для здоровья и жизни работников. Это дает возможность работодателям обеспечить высокое качество обучения персонала и сократить число несчастных случаев и аварий на производстве [1–7].

Внедрение технологий виртуальной реальности в систему охраны труда создает новые возможности для стандартизации и оптимизации процедур безопасности. Интерактивные тренинги позволяют сотрудникам более эффективно осваивать информацию о безопасных методах работы и основах предотвращения производственных травм.

**Основная часть.** Виртуальная реальность (VR) и дополненная реальность (AR) становятся неотъемлемой частью современных рабочих процессов, трансформируя подходы к обучению, проектированию, производству и взаимодействию с данными. Однако внедрение этих технологий сопровождается новыми вызовами, связанными с безопасностью и эргономикой. Для успешной интеграции VR и AR в различные отрасли необходимо тщательно оценить риски и адаптировать рабочие процессы под новые требования.

Внедрение VR-технологий в охрану труда не является простой задачей. Необходимы как технические, так и организационные изменения. Задача повышения уровня безопасности и эффективности обучения стоит перед нами с острой необходимостью. Традиционные методы обучения в области охраны труда, такие как лекции, демонстрации

и практические занятия, имеют свои ограничения и не всегда достаточно эффективны. Часто сотрудники не осознают полной опасности потенциальных рисков и не имеют возможности отработать свои навыки в условиях, максимально приближенных к реальным. В отличие от этого использование виртуальной реальности (VR) в обучении предоставляет возможность создания полностью имитационной среды, которая в точности соответствует рабочему окружению.

Значительным преимуществом VR-обучения является возможность разработки сценариев, отражающих реальные рабочие ситуации. Например, сотрудник может пройти через симуляцию, где ему придется справиться с экстренной ситуацией, такой как пожар или разлив опасных веществ. Такой подход не только помогает эффективно обучать персонал, но и оценивать их знания и навыки в условиях стресса, что существенно повышает вероятность правильных действий в реальных ситуациях. Кроме того, обучение с использованием виртуальной реальности помогает значительно уменьшить риски для здоровья сотрудников в процессе освоения новых навыков. Например, множество профессий, таких как работа на высоте или в условиях повышенной опасности, могут представлять собой серьезные угрозы для работников. Виртуальная реальность исключает физические риски, создавая безопасную среду для обучения.

Тем не менее, интеграция VR-технологий в сферу охраны труда сталкивается с рядом трудностей. Прежде всего, необходимо организовать доступ к специализированному оборудованию, что может потребовать значительных финансовых затрат. Во-вторых, нужно разработать качественные и индивидуально адаптированные обучающие программы, что требует много времени и усилий со стороны опытных специалистов. Одним из ключевых рисков использования VR и AR является потенциальное воздействие на здоровье пользователей. Длительное использование VR-устройств может вызывать физический дискомфорт, включая напряжение глаз, головокружение, головные боли и даже киберсопровожденную болезнь, связанную с несоответствием между визуальной и вестибулярной системами. В случае AR проблемой становится взаимодействие реальных и виртуальных объектов, что может привести к снижению концентрации и увеличению вероятности ошибок или травм.

Эргономические аспекты включают в себя правильную настройку оборудования, интерфейсов и рабочих пространств. Устройства VR и AR должны быть адаптированы под физические параметры пользова-

телей, чтобы минимизировать нагрузку на шею, голову и руки. Вес гарнитуры, качество изображения и удобство крепления играют важную роль в создании комфортной рабочей среды.

Другой важный аспект – обеспечение безопасности рабочих процессов. Технологии VR и AR могут создавать иллюзию полного погружения, из-за чего пользователи могут терять осознание физического пространства. Это повышает риск травм при взаимодействии с реальными объектами. Для минимизации этих рисков необходимо разработать строгие протоколы использования, включая зонирование рабочего пространства, установку ограничений на движения и создание предупреждающих систем.

Эффективное внедрение VR и AR требует пересмотра стандартов обучения и подготовки кадров. Обучающие программы должны включать не только технические навыки работы с оборудованием, но и разъяснение эргономических принципов, возможных рисков и методов их предотвращения.

Проблемы конфиденциальности данных также являются значительным риском. Устройства AR могут собирать и обрабатывать огромные объемы информации, включая личные данные сотрудников, конфиденциальные планы зданий или производственных линий. Это требует дополнительных мер по защите данных, таких как шифрование и контроль доступа.

Для дальнейшего развития технологий виртуальной и дополненной реальности важно учитывать их потенциальное воздействие на психическое здоровье пользователей. Продолжительное использование VR может вызвать чувство изоляции, особенно если технология применяется в условиях, где требуется высокая степень сосредоточенности и взаимодействия только с виртуальной средой. С точки зрения AR, насыщенность виртуальными элементами может привести к информационной перегрузке, вызывая стресс и снижая общую производительность. Для предотвращения этих последствий необходимо внедрять функциональные перерывы и обеспечивать баланс между использованием технологий и традиционными подходами к выполнению задач.

Особое внимание стоит уделить возрастным и индивидуальным особенностям пользователей. Например, молодые специалисты могут быстрее адаптироваться к новым технологиям, в то время как сотрудники старшего возраста могут испытывать трудности с освоением VR и AR интерфейсов. Это создает необходимость в разработке интуитив-

но понятных пользовательских интерфейсов, учитывающих широкий спектр физических и когнитивных возможностей.

Также немаловажен аспект энергопотребления и влияния устройств на окружающую среду. Гарнитуры VR и AR требуют значительных ресурсов для своей работы, включая мощные процессоры и высококачественные дисплеи. Учитывая глобальный тренд на устойчивое развитие, производители должны стремиться к созданию более энергоэффективных решений, минимизируя углеродный след при производстве и эксплуатации оборудования.

Регуляторная база также играет важную роль в безопасной интеграции VR и AR. В настоящее время во многих странах отсутствуют четкие нормативы, регулирующие использование этих технологий на рабочих местах. Это создает правовые пробелы, которые могут привести к недостаточному уровню защиты сотрудников или к некорректному использованию оборудования. Разработка стандартов безопасности, включая обязательное тестирование устройств на соответствие эргономическим и техническим требованиям, станет важным шагом на пути к массовому внедрению технологий.

Кроме того, следует учитывать социальные и культурные аспекты использования VR и AR, например, восприятие технологий может различаться в зависимости от региона, отрасли или уровня технологической грамотности сотрудников. Успешная адаптация требует не только технической подготовки, но и учета социальных особенностей, чтобы новые технологии воспринимались не как угроза, а как инструмент для упрощения и улучшения рабочих процессов.

Одним из основных элементов применения виртуальной реальности в сфере охраны труда является потребность в создании стандартных методов и обучающих протоколов. Такая систематическая форма обучения позволит установить универсальные требования к знаниям и навыкам сотрудников, что имеет решающее значение для улучшения культуры безопасности на всех уровнях. Также следует учитывать специфические особенности различных отраслей, такие как производство, строительство или сельское хозяйство, поскольку в каждой из них имеются свои уникальные риски и требования к обучению.

**Заключение.** Внедрение технологий виртуальной реальности в охрану труда открывает новые перспективы и возможности для повышения безопасности на рабочих местах. VR обучение позволяет максимально эффективно готовить сотрудников, снижать риски и повышать уровень знаний, что в конечном итоге приводит к сокращению числа несчастных случаев и улучшению условий труда.

Тем не менее для реализации этих целей необходимо преодолеть определенные барьеры, такие как обеспечение доступности технологий, создание качественных обучающих программ и учет особенностей различных отраслей. Исходя из всех этих факторов можно с уверенностью сказать, что виртуальная реальность имеет все шансы занять свое достойное место в стандартах охраны труда нового поколения. Безопасность – это не только обязательство, но и искусство, в котором технологии, такие как виртуальная реальность, могут изменить правила игры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Беренс, Б. А. Эргономика и безопасность труда в условиях цифровизации / Б. А. Беренс. – Москва: Наука, 2020.
2. Карпова, Н. В. Применение VR/AR технологий в промышленности: анализ рисков и методов защиты / Н. В. Карпова, П. В. Андреев // Журнал информационных технологий. – 2023. – № 4. – С. 12–19.
3. Малей, М. А. Цифровые двойники как инструмент для оптимизации системы охраны труда / М. А. Малей, М. И. Усенко, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 145–147.
4. Созоник, А. Р. Блокчейн для учета профессиональных навыков в области охраны труда / А. Р. Созоник, М. И. Усенко, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 205–207.
5. Усенко, М. И. Мониторинг состояния здоровья рабочих при помощи трекерных браслетов / М. И. Усенко, М. А. Малей, В. Н. Босак // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 215–216.
6. Smith, M. Virtual Reality and Augmented Reality in the Workplace: Opportunities and Challenges / M. Smith, L. Jones. – Cambridge University Press, 2019.
7. Wilson, P. Mitigating Cyber Sickness in AR/VR Work Environments / P. Wilson, L. Johnson // Safety Science Quarterly, 2022.

*Аннотация.* В последние годы технологии виртуальной реальности (VR) получили значительное развитие и начали активно внедряться в различные сферы жизни. Одной из областей, где VR может оказать ключевую роль, является охрана труда. Виртуальная реальность может изменить подход к охране труда, повысить уровень безопасности на рабочих местах и обеспечить эффективное обучение сотрудников.

*Ключевые слова:* виртуальная реальность, дополненная реальность, эргономика, безопасность, риски, инновации, рабочие процессы.

## РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПРОЗВУЧИВАНИЯ ГЛУШИТЕЛЕЙ

М. В. КУНАШ<sup>1</sup>, аспирант  
М. В. ХАРЧЕНКО<sup>1</sup>, магистрант  
Г. И. БЕЛОХВОСТОВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент  
А. А. ГАЙДУК<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>ОАО «Минский тракторный завод»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Шум выхлопных газов двигателей является одним из компонентов шумового загрязнения окружающей среды. Выхлопные системы разрабатываются для снижения шума, отвечая требуемым уровням в дБ(А) и качеству звука, выбросы основаны на экологических нормах. В результате исследований установлено, что уровень шума на рабочем месте механизаторов зачастую превышает устанавливаемые санитарными требованиями допустимые нормы. Определено, что воздействие внешних факторов на организм механизаторов приводит к тому, что после 15 лет работы у них наблюдается пик риска формирования профессиональных патологий. Снижение уровней шума – это один из способов повышения конкурентоспособности продукции отечественных производителей на мировом рынке [1, 6, 7].

**Основная часть.** Общие требования безопасности конструкции тракторов должны обеспечивать безопасные санитарно-гигиенические и эргономические условия труда. Для их оценки используется комплексная методика эргономической оценки, включающая изучение и оценку размерных пространственно-компоновочных параметров кабин и рабочих мест. Условия труда и функциональное состояние механизаторов изучается при основных видах полевых работ.

Основными факторами, влияющими на функциональное состояние тракториста, являются: шум и вибрация на рабочем месте водителя; запыленность окружающего воздуха; метеорологические условия в кабине трактора; токсичные вещества, выделяемые трактором при работе; тяжесть и напряженность трудового процесса [2, 5].

Уровень шума зависит от мощности двигателя, числа его оборотов, нагрузки, скорости движения агрегата. По мере их увеличения происходит увеличение уровня шума и смещает его низкочастотную часть спек-

тра, к которой наиболее чувствителен организм человека. Допустимый уровень шума на рабочем месте оператора должен быть не более 80 дБ(А) [2, 4].

Поэтому шум становится острой проблемой, так как вызывает у людей серьезные расстройства нервной и сердечно-сосудистой системы. Внезапные и неожиданные шумы вызывают расширение зрачков, страх, повышение кровяного давления, учащенное сердцебиение, спазмы мускулов, склонность к заболеваниям гастритом, язвенной болезнью. При шуме в 90 дБ человек может находиться до 8 часов [1, 6].

При повышении шума на каждые 5 дБ после 90 дБ допустимая продолжительность пребывания сокращается в 2 раза. В условиях систематического шума производительность труда снижается на 40 %. Число ошибок при выполнении расчетных работ увеличивается в 2 раза.

Повышенный шум в кабине, постоянные шумы и вибрации дополнительно снижают работоспособность оператора, замедляют его реакцию.

Комфортные условия труда для водителя в кабине проектируемого трактора обеспечиваются применением новых шумопоглощающих материалов для отделки стенок и потолка, многослойного виброизоляционного коврика и двухслойных стеклоблоков лобового и заднего стекол. Боковые щитки капота для уменьшения шума и вибрации должны иметь резиновые прокладки и прочные замки.

В условиях работ на тракторе шум обычно действует на организм совместно с вибрацией. Параметры амплитуды и частоты, которые на гусеничных тракторах меньше, чем на колесных, на которых уровень вибрации в 1,5–2 раза выше, чем нормативный.

Глушители шума выпуска отработавших газов и всасывания воздуха двигателей внутреннего сгорания играют важнейшую роль при снижении шума источников аэродинамического происхождения.

Конструкции глушителей шума выпуска отличаются чрезвычайным многообразием. Увеличение объема глушителя повышает его эффективность на низких частотах, поворот потока газа приводит к возрастанию эффективности в средне- и высокочастотной областях. Глушители шума – эффективные средства борьбы с шумом, возникающим при заборе воздуха и выбросе отработанных газов в вентиляторах, воздуховодах, пневмоинструменте, газотурбинных, дизельных, компрессорных установках. По принципу действия глушители шума делятся на глушители активного (диссипативного) типа и реактивного (отражающего) типа. В глушителях активного типа снижение шума происходит за счет

превращения звуковой энергии в тепловую в звукопоглощающем материале, размещенном во внутренних полостях. В глушителях реактивного типа шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн в системе расширительных и резонансных камер, соединенных между собой и с объемом воздуховода с помощью труб, щелей и отверстий. Шум снижается за счет отражения энергии звуковых волн. Глушители, в которых существенно и поглощение, и отражение, называют комбинированными [3, 5].

Предлагается модернизировать лабораторный стенд НТЦ-17.55.5 «БЖД. Звукоизоляция и звукопоглощение». Установка состоит из испытательной камеры (камеры), разделенной на две части проемом (рис. 1). Камера внутри оборудована приспособлениями для установки и закрепления акустических преград в проеме, и имеет сменную внутреннюю обшивку. Стенки камеры отделаны звукоизоляционным материалом со всех сторон. Предлагается выполнить отверстие с выпускным патрубком для установки различных конструкций глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания [4, 5].



Рис. 1. Испытательная камера

Внутри камеры устанавливается акустический излучатель (излучатель шума) с встроенным усилителем мощности  $2 \times 20$  Вт и измерительный микрофон (в случае исследования эффективности звукопоглощающих экранов), а в случае прозвучивания глушителей шума, глушитель располагается снаружи камеры, звук поступает к глушителю через выходной патрубок, на определенном расстоянии от среза глушителя на стойке устанавливается измерительный микрофон.

Измерительный микрофон Behringer ECM8000 может использоваться вне камеры и позволяет производить замеры уровня шума в помещении и на территории. В качестве акустического излучателя применяется акустическая система (АС) типа SPS-700.

Задачей исследований является определение эффективности звукопоглощающих (звукоизолирующих) экранов, выполненных из различных материалов, а также прозвучивание различных конструкций глушителя. Для этого необходимо провести измерения параметров шума без экранов и с ними [4, 5].

1. Провести первое измерение без звукопоглощающего экрана. Для этого необходимо открыть измерительную камеру и убедиться, что между акустической системой и микрофоном отсутствует экран (если экран есть, то его необходимо снять). Запустить спектральный анализатор нажатием слева на панели инструментов, при этом одновременно запустится генератор сигналов. Зафиксировать результаты измерения, возможно с помощью меню «Over-lays» (Наложение спектров), которое позволяет фиксировать несколько спектров на одном графике для последующего сравнения результатов измерений.

2. Провести измерение с звукопоглощающими экранами. Для этого необходимо открыть измерительную камеру и установить в проёме камеры звукопоглощающий экран (из различных материалов) справа на шпильки и зажать шайбами с барашками

Запустить спектральный анализатор нажатием слева на панели инструментов клавишу «Run и спустя не менее 10 с после запуска спектрального анализатора нажать клавишу «Stop».

Сохранить результаты измерения в текстовом формате. Для этого в меню «Overlays» нажать кнопку «Options», и в появившемся окне, в соответствующей строке (в зависимости от материала звукопоглощающего экрана) нажать кнопку «Save».

3. Аналогичным образом производится прозвучивание различных конструкций глушителей шума, но без установки звукопоглощающих экранов в проеме камеры, и установкой измерительного микрофона снаружи камеры на стойке и на определенном расстоянии от среза глушителя.

Разработаны рекомендации по проектированию и выбору глушителей шума выхлопа поршневых двигателей внутреннего сгорания самоходных сельскохозяйственных машин, основное внимание уделено объему расширительной камеры глушителя, числу камер, звукопоглощению, перфорации и поворотам потока газов.

**Заключение.** Разработан экспериментальный стенд для прозвучивания глушителей. Определено, что воздействие внешних факторов на организм механизаторов приводит к тому, что после 15 лет работы у них наблюдается пик риска формирования профессиональных патологий. Снижение уровней шума – это к тому же один из способов повышения конкурентоспособности продукции отечественных производителей на мировом рынке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гармаза, А. К. Охрана труда / А. К. Гармаза, И. Т. Ермак, Б. Р. Ладик. – Минск: БГТУ, 2010. – 366 с.
2. Глушители шума поршневых двигателей внутреннего сгорания: классификация, основные требования, инновационные конструкции / Г. И. Белохвостов [и др.] // Производство и переработка сельскохозяйственной продукции. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – С. 56–64.
3. Кунаш, М. В. Производственный шум как один из важнейших профессиональных рисков / М. В. Кунаш, Г. И. Белохвостов, Д. М. Позняков // Техника и технология пищевых производств. – Могилев: БГУТ, 2024.
4. Кунаш, М. В. Совершенствование глушителя шума тракторов «БЕЛАРУС» / М. В. Кунаш, Г. И. Белохвостов, Н. И. Зезетко // Агропанорама. – 2024. – № 1 (162). – С. 12–16.
5. Новые направления в конструировании глушителей шума поршневых двигателей внутреннего сгорания / В. Я. Груданов [и др.] // Вестник БарГУ. Сер. Технические науки. – 2022. – № 2 (12). – С. 74–84.
6. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
7. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Высшая школа, 2023. – 407 с.

*Аннотация.* Шум выхлопных газов двигателей является одним из компонентов шумового загрязнения окружающей среды. Выхлопные системы разрабатываются для снижения шума, отвечая требуемым уровням дБ(А) и качеству звука, выбросы основаны на экологических нормах. Задачей исследований является определение эффективности звукопоглощающих (звукоизолирующих) экранов, выполненных из различных материалов, а также прозвучивание различных конструкций глушителей.

*Ключевые слова:* экспериментальный глушитель, испытательная камера, уровень шума.

## **ОЦЕНКА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТРУДА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ДЛИТЕЛЬНЫХ РЕГУЛИРОВОЧНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

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

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

**Введение.** Психофизиологические условия труда оператора мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) – это совокупность факторов, которые влияют на его психическое и физическое состояние в процессе выполнения им должностных обязанностей. Эти условия включают в себя различные аспекты, такие как производственная среда, организация труда, психологические и физиологические нагрузки. Понимание и управление этими условиями важно для обеспечения здоровых и безопасных условий труда на рабочем месте оператора МСХТ. Психологические нагрузки связаны с эмоциональными и когнитивными требованиями выполняемого технологического процесса. Физиологические нагрузки включают в себя физические усилия, которые требуются для выполнения работы, например, регулировочных воздействий. Чрезмерные физиологические нагрузки, частое выполнение регулировочных воздействий могут вызвать мышечные боли, травмы и хронические заболевания. Важно также учитывать эргономику рабочего места. Неправильная организация рабочего пространства и неудобная поза оператора МСХТ могут привести к проблемам с опорно-двигательным аппаратом (ОДА) и ухудшению общего состояния здоровья. Неблагоприятные психофизиологические условия труда могут негативно влиять на физическое здоровье работников. Например, длительное выполнение регулировочных воздействий без правильной эргономики может привести к проблемам с позвоночником и зрением. Психологические нагрузки и стрессовые ситуации на работе могут привести к различным психическим расстройствам, таким как тревога, депрессия и выгорание.

**Основная часть.** Решение проблемы повышения безопасности труда во многом зависит и от выбора эффективной системы управления про-

изводственными рисками [1]. Из года в год средние значения коэффициентов тяжести и частоты несчастных случаев на производстве остаются довольно высокими [2]. 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 воздействий технических средств. 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 [3].

Для оценки приспособленности мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) к выполнению регулировочных воздействий учитывается положение тела и рук оператора МСХТ [3]. Частое выполнение регулировочных работ оператором МСХТ, в случае неудобного расположения узлов технологических регулировок технического средства, когда приходится наклоняться в разные стороны или 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 и внимания.

Для улучшения условий труда оператора МСХТ, снижения негативных последствий выполнения регулировочных работ, развития ряда профессиональных заболеваний, нами предлагается запатентованное техническое устройство (рис. 1) для массажа мышц спины и шеи оператора МСХ [4]. Установка 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.

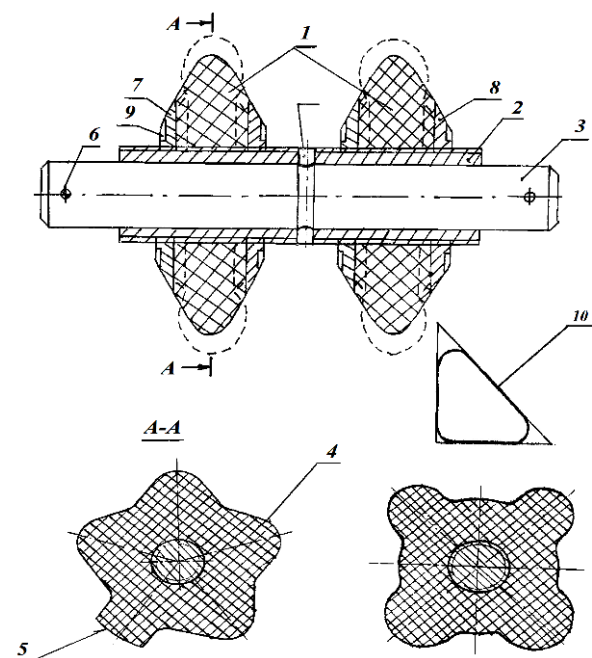


Рис. 1. Техническое устройство для массажа мышц спины и шеи: 1 – корпус; 2 – втулка; 3 – ось; 4, 5 – массирующий элемент; 6 – верхнее отверстие; 7 – левый прижимной диск; 8 – правый прижимной диск; 9 – ребра-зацеп; 10 – опорная поверхность

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 от двух до пяти минут. Во время массажа мышц спины оператор может покачиваться на выступах-основаниях, добиваясь небольшого скручивания позвоночника и, тем самым, регулировать 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 позво-

ночника 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 [8].

В случае же длительного выполнения оператором МСХТ регулировочных воздействий, предлагается универсальное устройство [5] для безопасного их выполнения в различных положениях туловища оператора МСХТ (рис. 2): стоя; стоя с наклоном туловища вперед, влево, вправо; сидя с наклоном туловища вперед, влево, вправо; в промежуточных положениях между сидя и стоя; в положении сидя с наклоном туловища вперед, влево, вправо.

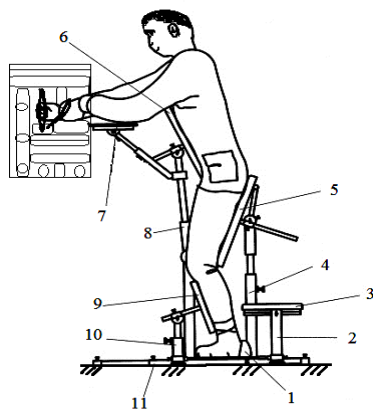


Рис. 2. Универсальное устройство для безопасного выполнения длительных регулировочных воздействий в различных положениях туловища оператора МСХТ:  
 1 – упор для пятки и лодыжки; 2 – телескопическая стойка; 3 – вспомогательный упор;  
 4 – стойка; 5 – упор для бедра и ягодичной области; 6 – упор для корпуса;  
 7 – подлокотник; 8 – телескопическая стойка; 9 – упор для голени;  
 10 – телескопическая стойка; 11 – основание

Устройство обеспечивает возможность разгрузить мышцы ног и туловища оператора МСХТ, а также придать туловищу оператора МСХТ оптимальную позу выполнения регулировочных воздействий с учетом его физиологически возможных показателей положения руки и антропометрических характеристик. Устройство может быть использовано при выполнении оператором регулировочных воздействий в

различных положениях его тела и содержит упоры для пятки и лодыжки в виде скоб, закрепленных на основании, упоры для голени, установленные каждый на своей стойке, упоры для бедра и ягодичной области, установленные на стойке, упор для передней части туловища, установленный на стойке, закрепленной на основании. Результат достигается за счет использования комплекса упоров для ног и туловища оператора.

Универсальное устройство может изготавливаться под конкретные вид регулировочных воздействий, позу, индивидуальные размеры оператора (антропометрические характеристики).

**Заключение.** Проанализированы подходы повышения безопасности труда при проведении регулировочных воздействий для различных положений туловища оператора МСХТ. Предложено запатентованное техническое устройство для массажа мышц спины и шеи оператора МСХТ, поддержания его работоспособности при проведении регулировочных воздействий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность: пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2023. – 212 с.
2. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун, В. А. Агейчик, Ал-й Л. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
3. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: пособие / Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2024. – 312 с.
4. ВУ патент №13205 В1, МПК В60N 2/50, 2023.
5. RU патент №2251383 С 1, МПК А47С001/02, 2016.

*Аннотация.* Рассмотрены отдельные направления повышения безопасности труда при проведении длительных регулировочных воздействий с учетом различных положений туловища оператором МСХТ. Предложено запатентованное техническое устройство для самомассажа глубоких мышц спины и шеи оператора МСХТ при проведении регулировочных работ в случае неудобного расположения узлов технологических регулировок.

*Ключевые слова:* мобильная сельскохозяйственная техника, оператор, удобство, доступность, регулировочные воздействия, безопасность.

## **РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ В КАБИНЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Ал-р Л. МИСУН, канд. техн. наук  
В. В. АЗАРЕНКО, д-р техн. наук, профессор  
Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор  
Д. В. САВИЧ

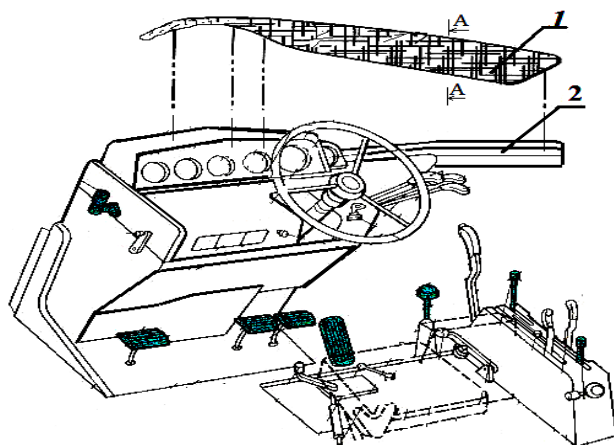
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Известно, что содержание пыли в кабинах транспортных средств сельскохозяйственного назначения (ТССН) может колебаться от 2 до 100 мг/м<sup>3</sup>. Наибольшим пылеобразованием сопровождается транспортное обслуживание комбайновой уборки зерновых и кормовых культур [1]. Несмотря на применяемые меры, значительное количество пыли попадает в кабину ТССН через систему вентиляции и оседает на панели приборов, загрязняет воздух рабочей зоны, что конечно же отрицательно влияет на здоровье водителя [2].

**Основная часть.** Разработка технических средств для снижения концентрации пыли в кабине ТССН связано с необходимостью изучения факторов, обуславливающих запыленность воздуха рабочей зоны в кабине ТССН [3].

Для решения поставленной задачи нами предлагается ряд технических решений [1], в том числе, использование антибликовой пылезащитной накладке на приборной панели ТССН (рис. 1) [4]. Основа накладки представляет собой слой полимера, который армирован тканью. В качестве полимера можно использовать силикон, полиуретан, акрил. Форма этой накладки соответствует форме поверхности приборной панели в кабине, а ее верхний антибликовый слой выполнен из волокон флока на полимерной основе (полиамид (нейлон) или вискоза), которые в свою очередь армированы тканью на шерстяной основе. Этот слой представляет собой хаотично расположенные волокна, имеющие разную толщину (0,5–5 мкм), расстояние между которыми составляет примерно 0,5–50 мкм. Антибликовый пылезащитный слой из полиамидного флока наносится на предварительно отформованную

полимерную основу способом электрофлюорирования. При этом полимерная основа армирована тканью из синтетических волокон.



A-A

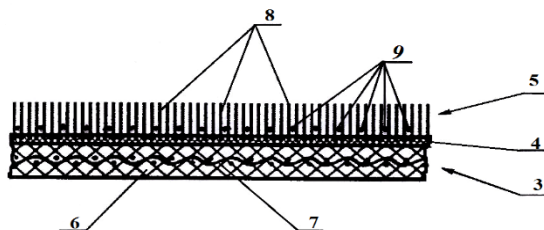


Рис. 1. Приборная панель кабины ТССН:

1 – пылезащитная антибликовая накладка; 2 – приборная панель;  
3 – полимерная основа; 4 – клей; 5 – антибликовый слой; 6 – полимерный слой;  
7 – армированная ткань; 8 – волокна флока; панель; 9 – оголенная медная нить

В нижней части накладки установлена оголенная медная нить толщиной от 0,5–0,7 мм. Расстояние соседних частей медной нити друг от друга составляет 8–10 мм. По краям накладки в точках наибольшей кривизны медная нить закреплена скобами. Между нитью и скобами во всех направлениях существуют зазоры 1–2 мм. В расплавленном горизонтальном виде медная нить уложена на полимерной

основе в виде общей синусоиды. Когда полимерная основа копирует форму приборной панели, то и закрепленная на ней с помощью скоб медная нить тоже соответствующим образом изгибается, копируя форму панели.

В результате имеющей место вибрации при работе ТССН в верхнем слое наклейки возникают колебания, что приводит к трению между волокнами ткани и оголенной медной нитью, создавая при этом статическое поле, состоящее из волн пронизывающих все внутреннее пространство кабины, которые в свою очередь вызывают эффект подталкивания и притягивания пыли к наэлектризованным медным нитям. При этом осаждение пылинок, происходит в результате малейшего ее касания о медные нити, расположенные поперек воздушного потока смеси воздуха и пыли. Наклейка может быть достаточно легко демонтирована для ее очистки от накопившейся пыли или мойки.

Также для снижения попадания в кабину ТССН не только пыли, но проникновения в нее насекомых может быть использовано устройство в виде москитной сетки (рис. 2) [5].

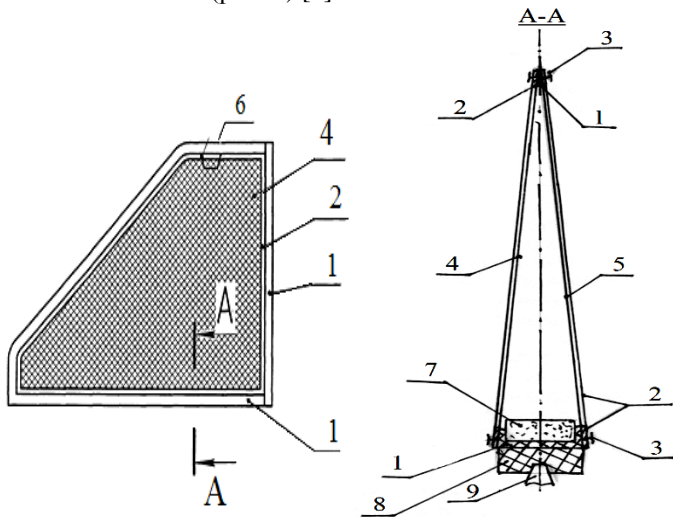


Рис. 2. Устройство в виде москитной сетки для оконного проема двери ТССН:  
 1 – пластиковая рамка; 2 – прокладка; 3 – винт; 4 – наружное полотно; 5 – внутреннее полотно; 6 – ручка; 7 – войлок; 8 – резиновый уплотнитель; 9 – стекло

Для плотного прилегания рамки сетки на нижней части резинового уплотнителя проема кабины крепится полоска поролона. В этой части оконного проема москитная сетка выполнена двойной – из наружного и внутреннего полотен, образующих полость в форме клина и пропитанных эфирным маслом лемонграсса. Предлагаемая москитная сетка имеет как в наружном, так и во внутреннем полотнах отверстия продолговатой формы, а на нижней поверхности ее рамки – уплотнитель с канавкой в виде равнобокой трапеции для расположения в ней верхней части стекла двери ТССН.

Такое техническое устройство может быть изготовлено из материала на основе полимера, что будет способствовать в течение длительного времени сохранению размеров ячеек москитной сетки и не препятствовать поступлению свежего воздуха в кабину. Клиновидная же полость между полотнами москитной сетки предусматривается для минимизации возникновения резонансных звуковых явлений.

**Заключение.** На основании результатов исследований предложены инженерно-технические решения для снижения запыленности в кабине ТССН и проникновения в нее насекомых.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун, В. А. Агейчик, Ал-й Л. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192, с. 1.
2. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность: пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2023. – 212 с.
3. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: пособие / Ал-й Л. Мисун, Л. В. Мисун, Ал-р Л. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2024. – 312 с.
4. ВУ патент №11911 В1, МПК В60N 2/50, 2019.
5. ВУ патент №12000 В1, МПК В60N 2/54, 2019.

*Аннотация.* Предложены конструкции технических устройств для снижения запыленности в кабине транспортного средства сельскохозяйственного назначения.

*Ключевые слова:* транспортное средство сельскохозяйственного назначения, кабина, эксплуатация, безопасность, запыленность, технические решения.

## **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕМОНТНЫХ РАБОТ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКОЙ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ**

Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор  
Ал-р Л. МИСУН, канд. техн. наук  
П. Е. КРУГЛЫЙ, канд. техн. наук, доцент  
Д. В. САВИЧ

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

**Введение.** Важным условием безопасного и качественного ремонта мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) в полевых условиях является соблюдение общей технологической дисциплины и правильной организации ремонтных работ (РМ). Однако, несмотря на принимаемые меры по обеспечению безопасных условий труда, имеет место быть несчастные случаи в период массовых сельскохозяйственных работ [1, 2].

**Основная часть.** Самоходные сельскохозяйственные машины, транспортные агрегаты, погрузочная техника, комбайны и тракторы могут создавать определенную угрозу при выполнении РМ в условиях агропроизводства. При достаточной квалификации операторов многие ее неисправности могут быть устранены непосредственно в полевых условиях [3]. Так, ремонт имеет существенные преимущества, поскольку устраняет необходимость транспортировки МСХТ в мастерскую с привлечением тягача или низкорамного трала. Соответственно устраняются расходы на транспортировку, которые часто составляют значительную часть общих издержек на ремонт МСХТ. Кроме этого, важный плюс полевого ремонта – сокращение времени восстановления и ввода МСХТ в эксплуатацию, ее простоя, что в условиях посевной или уборочной кампании имеет чрезвычайное значение для любого агропредприятия. Однако, проведение РМ в полевых условиях сопряжено и с нахождением работника выполняющего РМ в неудобных положениях, что может сопровождаться его травмированием [4]. Например, ремонт гусеничного трактора в конструкции которого не предусмотрен монтаж внутренних узлов посредством откидной кабины, что затрудняет локальный доступ к узлам для обслуживающего персонала.

В связи с этим работники самостоятельно обеспечивают доступ к внутренним узлам через кабину, фиксируя корпус подручными инструментами, что вызывает неудобства и являет собой небезопасный подход к выполнению ремонтных и наладочных работ, серьезно повышает риск возникновения опасных ситуаций, способных привести к травмам различной степени тяжести.

Предлагаемая модернизация откидывающейся кабины гусеничного трактора позволяет снизить время нахождения работника в опасной зоне, упростить его работу при обслуживании узлов трактора в подкабинном пространстве посредством дополнительного внедрения устройства безопасной фиксации кабины, не допускающей ее опрокидывания (рисунок).

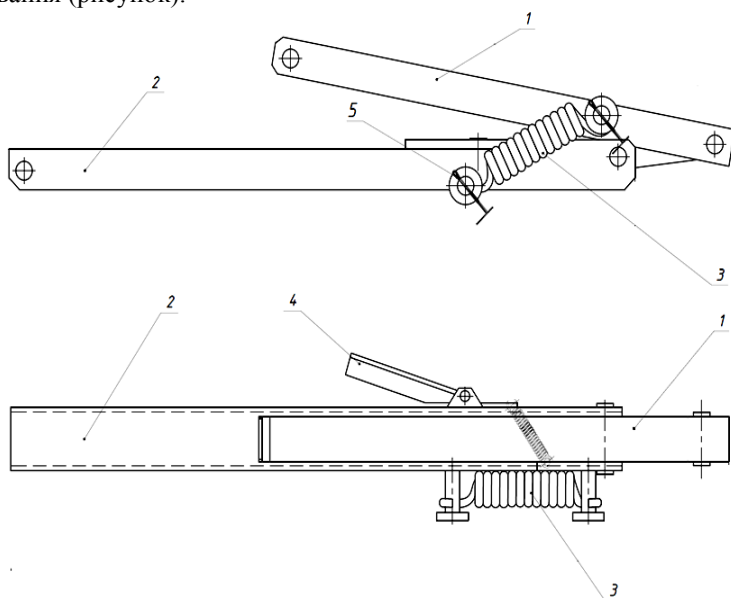


Рис. 1. Устройство фиксации кабины трактора [5]:  
 1 – рычаг малый, 2 – рычаг большой, 3 – пружина большая,  
 4 – замок, 5 – шплинт

Устройство фиксации кабины, включающее в себя два шарнирно соединенных рычага и пружину, шарнирно присоединено к кабине и каркасу гусеничного трактора, а рычаги дополнительно оснащены замком и его ответной частью.

При опущенной кабине трактора рычаги 1, 2 находятся друг относительно друга под острым углом. При поднятии кабины рычаги совершают вращательное движение относительно каркаса и вращательно-поступательное движение относительно корпуса кабины до тех пор, пока не упрутся друг в друга, причем угол между ними будет составлять не более  $45^\circ$  для тыльной части кабины и не более  $105^\circ$  – для подкабинного пространства, что достигается за счет действия пружины 3. В обоих случаях, устанавливается сразу два устройства фиксации кабины с тыльной стороны и со стороны подкабинного пространства. При приближении величины угла между рычагами к требуемому значению, пружина создает усилие, которое переводит рычаги через «мертвую точку» (точку неустойчивого равновесия) и обеспечивает срабатывание замка 4, расположенного на первом рычаге и препятствующего непреднамеренному опусканию или «срыву» кабины трактора на работника.

**Заключение.** Предложено техническое решение устройства фиксации кабины гусеничного трактора для обеспечения безопасности работника при проведении РМ гусеничного трактора в полевых условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мисун, Л. В. Техносферная безопасность: пособие / Л. В. Мисун, Ал-й Л. Мисун, Ал-р Л. Мисун. – Минск: БГАТУ, 2023. – 212 с.
2. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун, В. А. Агейчик, Ал-й Л. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
3. Мисун, Л. В. Профессиональный отбор операторов мобильной сельскохозяйственной техники как метод предупреждения производственного травматизма в АПК / Л. В. Мисун, А. Н. Гурина, А. Л. Мисун // Агропанорама. – 2011. – № 5. – С. 45–48.
4. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: пособие / Ал-й Л. Мисун, Л. В. Мисун, Ал-р Л. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2024. – 312 с.
5. RU патент №94204 U 1, МПК В62D 25/10, 2010.

*Аннотация.* Проанализированы конструктивные особенности кабины гусеничного трактора с точки зрения безопасного выполнения ремонтных работ в полевых условиях. Предложены способы защиты работника при выполнении ремонтных работ и его нахождении в опасной зоне.

*Ключевые слова:* безопасность, ремонтные работы, трактор, кабина, травматизм, работник.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОРМОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ

Т. В. МОЛОШ, канд. техн. наук, доцент  
С. А. КОРЧИК, ст. преподаватель  
Л. Н. КОРОЛЕВА, магистрантка

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

**Введение.** Заготовка кормов ежегодно является наиболее важным и ответственным видом работ в сельскохозяйственном производстве. При этом сохранение жизни и здоровья работников растениеводства имеет особое значение, так как на его долю приходится около четверти несчастных случаев с тяжелым исходом и со смертельным исходом [1–14].

В период уборочных работ важное значение имеет проблема сохранения жизни и здоровья работников растениеводства, особенно операторов кормоуборочной техники. Для ее эффективной эксплуатации требуется не только высокий уровень технической подготовки операторов, но и обеспечение мер безопасности. Несоблюдение правил и недостаточная техническая оснащенность могут привести к серьезным травмам, снижению производительности и ухудшению экологии.

**Основная часть.** При заготовке кормов предусматривается применение сложных механизмов и агрегатов, энергонасыщенных сельскохозяйственных машин, эксплуатация которых связана с воздействием на механизаторов различных производственных факторов, приводящих к травматизму. Наибольшую опасность, представляют движущиеся комбайны, тракторы и автомобили; подвижные элементы механизмов.

Несоблюдение правил и инструкций по охране труда при устранении забиваний, ремонте, проведении технического обслуживания, а также работа на неисправном комбайне могут привести к серьезным травмам как комбайнера, так и людей, находящихся в зоне его работы (движения). Игнорирование данных правил и инструкций создает следующие риски:

### *Механические риски.*

1. Опасность работы с режущими механизмами: Неправильное обращение с рабочими органами комбайна может привести к серьезным травмам.

2. Неисправности оборудования: Износ или поломка узлов и агрегатов увеличивают вероятность аварий.

3. Контакт с движущимися частями: Непреднамеренный контакт с движущимися механизмами представляет значительный риск для операторов и обслуживающего персонала.

#### *Физические риски.*

1. Шум и вибрация: Работа комбайна сопровождается высоким уровнем шума и вибрации, что может приводить к профессиональным заболеваниям.

2. Переутомление оператора: Длительная работа без перерывов снижает концентрацию и увеличивает вероятность ошибок.

3. Экспозиция пыли: Заготовка кормов часто сопровождается выделением большого количества пыли, что может негативно сказаться на здоровье оператора.

Однако на практике не единичными являются случаи, когда со стороны руководителей, специалистов и работников организаций АПК не обеспечивается соблюдение установленных технических и технологических регламентов при эксплуатации транспортных средств, машин, механизмов и оборудования. Кроме того, имеют место случаи невыполнения и игнорирования ими должностных обязанностей и требований инструкций по охране труда, трудовой и производственной дисциплины.

Существенное влияние квалификации комбайнера на производительность комбайнов было выявлено в ходе различных исследований. Производительность находится в тесной связи с общеобразовательным уровнем оператора, его квалификацией, общим стажем и стажем работы на комбайне. Многочисленные исследования показали, что опыт и возраст операторов оказывают влияние на процесс их утомления при работе с сельскохозяйственной техникой. Это может стать прямой причиной дорожно-транспортных происшествий или создать неблагоприятные условия, затрудняющие действия операторов в экстренных ситуациях, что, в свою очередь, может привести к травмам или даже гибели.

Сложная производственная обстановка и внештатные ситуации, возникающие при выполнении транспортно-технологических процессов в сельском хозяйстве, отрицательно сказываются на показателе утомления операторов и, в то же время, требуют от них достаточных знаний, навыков и умений для безопасного управления машинами. Чем более опасна внештатная ситуация, тем выше нервно-психическое

напряжение у оператора, и тем больше от него требуется эмоциональной устойчивости, а также своевременных и точных действий.

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

Из вышеизложенного можно заключить, что на безопасность транспортно-технологических процессов значительное влияние оказывают психические факторы операторов сельскохозяйственной техники, включая психические процессы и личностные характеристики, которые формируют их психофизиологические состояния. Эти аспекты необходимо учитывать при проведении профессионального отбора операторов комбайнов.

Решение проблемы повышения безопасности функционирования системы «О-М-С» (человек – машина – среда) в транспортно-технологическом процессе сельскохозяйственного производства невозможно без учета, так называемого, «человеческого фактора». В частности, повышение безопасности работы оператора может быть достигнуто путем учета его квалификации, профессиональной пригодности и свойств личности.

Меры по повышению производственной безопасности включают технические решения: установка датчиков присутствия и систем автоматического отключения механизмов при опасной ситуации, использование камер обзора для контроля слепых зон. А также направлены на улучшение конструкции оборудования: замена традиционных металлических защит на легкие и прочные полимерные материалы, разработка эргономичных кабин оператора с улучшенной звуко- и виброизоляцией.

Необходимо также разрабатывать организационные меры, связанные с обучением операторов (регулярные тренинги по безопасной эксплуатации комбайна, включая обучение первой помощи и реагированию на нештатные ситуации); разработкой оптимального графика, включающего регулярные перерывы для предотвращения усталости. Следует также проводить регулярное техобслуживание и осмотр оборудования.

Среди мер, направленных на повышение технического уровня и эффективности использования сельскохозяйственной техники, особое место занимает повышение безопасности и эргономичности машин путем применения новых технологий:

– систем дистанционного управления. Удаленный контроль комбайна позволяет исключить присутствие оператора в опасной зоне. Это особенно актуально при работе в условиях высокой пыльности или на пересеченной местности;

– использование IoT и датчиков мониторинга. Интеграция датчиков контроля состояния узлов и агрегатов помогает своевременно выявлять неисправности и предотвращать аварии;

– внедрение систем «виртуальной реальности» позволяет оператору тренироваться в условиях, максимально приближенных к реальным, без риска для жизни.

**Заключение.** Систематическое улучшение качества сельскохозяйственной техники, с точки зрения безопасности и эргономичности, возможно только на основе комплексной оценки уровня качества машин при их разработке, изготовлении и эксплуатации.

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

Обеспечение производственной безопасности при эксплуатации кормоуборочных комбайнов требует комплексного подхода, включающего технические, организационные и индивидуальные меры. Интеграция современных технологий, таких как системы автоматического управления и виртуальные тренажеры, способна значительно повысить уровень безопасности и эффективности.

#### 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. Новые правила по охране труда и пожарной безопасности в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. В. Цайц // Вестник техносферной безопасности и сельского развития. – 2023. – № 2 (32). – С. 2–6.

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

4. 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.

5. Иванов, А. П. Технические аспекты безопасности сельскохозяйственной техники / А. П. Иванов // Механизация и автоматизация сельского хозяйства. – 2020.
6. Ковтун, Р. В. Требования охраны труда при заготовке сена / Р. В. Ковтун, В. Н. Босак // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2022. – С. 75–77.
7. Кондраль, А. Е. Организация и проведение работ с повышенной опасностью / А. Е. Кондраль, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 50–53.
8. Кудрявцев, А. Н. Анализ травматизма на производстве в Республике Беларусь / А. Н. Кудрявцев, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2020. – № 3. – С. 188–193.
9. Обеспечение безопасности при эксплуатации бункера для хранения кормов / В. Г. Андруш, О. В. Ковалева, С. А. Корчик [и др.] // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2020. – Вып. 5. – С. 68–71.
10. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
11. Правила по охране труда в сельском и рыбном хозяйствах: постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 05.05.2022 № 29/44.
12. Травматизм на производстве: состояние и мероприятия по снижению / А. Н. Кудрявцев, В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, И. Е. Жабровский // Основные направления кардинального роста эффективности АПК в условиях цифровизации. – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2019. – С. 344–348.
13. Целоусова, Е. Н. Организация работ по повышению безопасности труда при трамбовке сенажной массы / Е. Н. Целоусова, Ш. В. Бузиков // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 274–276.
14. Safety Measures in Agricultural Machinery / J. Brown [et al.] // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2021.

*Аннотация.* Современная кормоуборочная техника играет важную роль в сельскохозяйственном производстве, обеспечивая высокую производительность и качество заготовки кормов. Однако ее эксплуатация сопряжена с определенными рисками, включая механические травмы, физическое переутомление оператора, а также неблагоприятные воздействия на окружающую среду. Изучение факторов риска при эксплуатации кормоуборочной техники и разработка рекомендаций направлены на повышения производственной безопасности.

*Ключевые слова:* уборка кормов, безопасность, комбайн, риски, мероприятия, условия труда.

## ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР В ОРГАНИЗАЦИИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Л. А. ПОПОВА, зав. лабораторией  
Г. Г. ЕВТУХ, зав. лабораторией  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Помимо технических средств организации дорожного движения, значительное влияние на безопасность оказывает состояние и восприятие водителя. При избыточном объеме информации водитель не успевает ее перерабатывать, допускает ошибки в решениях и пропуски важнейших сигналов. Не менее опасна и недостаточная информация (сенсорное голодание), приводящая к заторможенному состоянию центральной нервной системы, вследствие чего расслабляется внимание водителя, увеличивается время его реакции [4, 5].

**Основная часть.** Водители выбирают режим движения на основании анализа информации о дорожных условиях. Около 80 % ДТП происходит из-за эмоциональной неустойчивости водителей (сильное волнение, раздражение, гнев), приводящей к ошибкам.

В целях обеспечения своевременного и правильного восприятия элементов дорожной обстановки (дорожные знаки, разметка, указатели направлений, ограждения) время, необходимое для их восприятия (распознавание, расшифровка, осмысливание), должно соответствовать времени нахождения этих элементов в поле концентрации внимания водителя. Так, например, для распознавания знака «Ограничение максимальной скорости» при хорошей контрастности символа относительно фона знака требуется около 0,1 с, при плохой контрастности – 0,5 с, в сумерках – 0,7–0,8 с [6].

Ошибки, наблюдающиеся в работе водителя, появляются вследствие превышения этих возможностей, т. е. утомления. Исследования показали, что до 14 % дорожно-транспортных происшествий на автомагистралях происходит из-за утомления водителей.

Поскольку в любой момент можно ожидать от водителя ошибочных действий, то движение в автомобиле всегда связано с риском. Задача инженеров, проектирующих дорогу и занимающихся организацией или оптимизацией дорожного движения – свести опасность такого

риска к минимуму. Через зрительный анализатор к водителю поступает свыше 90 % всей информации об условиях движения [2].

Водитель оценивает условия движения преимущественно визуально.

Для обеспечения безопасности движения совершенно необходимо ограничение скорости. Однако это нельзя решить однозначно, так как степень ограничения зависит от многих факторов, к которым в первую очередь можно отнести условия видимости.

Чем больше скорость, тем меньшим временем располагает водитель для того, чтобы отвести взгляд в сторону от дороги без риска совершить ошибку в управлении автомобилем. С ростом скорости эмоциональное напряжение водителя повышается, достигая наиболее высоких значений при скоростях свыше 120 км/ч.

Движение на больших скоростях опасно также и потому, что в 2–3 раза возрастает время реакций водителя и одновременно увеличивается тормозной путь. Для безопасности дорожного движения большое значение имеет умение водителя правильно оценивать скорость движения автомобиля. Снижение видимости влечет за собой увеличение дорожно-транспортных происшествий. Статистика указывает на большое количество ДТП (до 60 %) в темное время суток, несмотря на снижение в это время интенсивности движения до 10–15 % от ее дневной величины.

На оценку расстояния до предметов влияет цвет, в который окрашены эти предметы. Например, расстояние до автомобиля, окрашенного в темные тона (в черный или синий цвет), переоценивается, т. е. автомобиль кажется водителю дальше, а автомобиль, окрашенный в яркие, светлые тона (оранжевый, желтый), наоборот, кажется ближе.

Реакция – это ответное действие организма на какой-либо раздражитель. В большинстве случаев реакция водителя может колебаться в широких пределах (0,4–1,5 с) в зависимости от профессионального опыта и индивидуальных психофизиологических особенностей водителя. Время двигательных реакций увеличивается в болезненном состоянии, при утомлении, после употребления алкоголя [1]. В результате утомления водитель теряет готовность к экстренному действию, т. е. происходит снижение бдительности. Это, в свою очередь, значительно повышает вероятность дорожного происшествия.

Утомление является гораздо более частой причиной дорожно-транспортных происшествий, чем это принято считать. Иногда нарушение правил движения является не следствием небрежности или недисциплинированности водителя, а результатом развившегося утомления.

Под влиянием утомления ухудшаются зрительные функции, двигательная реакция и координация движений, снижается интенсивность внимания, теряется чувство скорости, водители в большей степени подвержены ослеплению. При утомлении у водителя возникают апатия, вялость, заторможенное состояние. Внимание поглощается мыслями, не имеющими отношения к управлению автомобилем. Возникают неправильные восприятия дорожной обстановки. Притупляется чувство ответственности.

Большое количество дорожно-транспортных происшествий, особенно наиболее тяжелых, происходит в результате действия алкоголя на организм водителя. Снижение работоспособности наступает даже при приеме очень незначительных доз алкоголя. Снижаются острота зрения и слуха, цветоощущение (особенно красного цвета) и глубинное зрение. Резко замедляются двигательные реакции [3].

**Заключение.** Проведены аналитические и научные исследования влияния человеческого фактора на безопасность дорожного движения. Приводятся выводы, что человеческий фактор, в первую очередь, следует искать в поведении водителя. Когнитивные проявления водителей следует учитывать как в плане совершенствования мер их отбора и лицензирования, так и при организации дорожного движения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобили / А. В. Богатырев [и др.]. – М.: КолосС, 2008. – 592 с.
2. Безопасность дорожного движения / В. В. Амбарцумян [и др.]. – М.: Машиностроение, 1997. – 288 с.
3. Бершадский, В. Ф. Безопасность движения автомобиля / В. Ф. Бершадский, Н. И. Дудко. – Минск: Ураджай, 2001. – 96 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. Роль человеческого фактора в обеспечении безопасности труда / В. Н. Босак // Технология органических веществ. – Минск: БГТУ, 2016. – С. 4.
6. Системный анализ проблем обеспечения безопасности дорожного движения / В. В. Амбарцумян [и др.]. – Санкт-Петербург: Изд-во СПГАУ, 1999. – 352 с.

*Аннотация.* Проанализирована роль человеческого фактора в организации и безопасности дорожного движения. Установлено, что помимо технических средств организации дорожного движения, значительное влияние на безопасность оказывает состояние и восприятие водителя.

*Ключевые слова:* водитель, ДТП, фактор, безопасность, скорость.

## РОЛЯ ВОСТРАСМАКАВЫХ І ЭФІРНА-АЛЕЙНЫХ КУЛЬТУР У ЗАБЕСПЯЧЭННІ ХАРЧОВАЙ БЯСПЕКІ

Т. У. САЧЫЎКА<sup>1</sup>, канд. с.-г. навук, дацэнт  
В. М. БОСАК, д-р с.-г. навук, прафесар  
І. І. СЯРГЕЕВА<sup>2</sup>, канд. с.-г. навук, дацэнт

<sup>1</sup>Дзяржаўная інспекцыя па выпрабаванню і ахове сартоў раслін,  
Мінск, Рэспубліка Беларусь

<sup>2</sup>УА «Беларуская дзяржаўная сельскагаспадарчая акадэмія»,  
Горкі, Рэспубліка Беларусь

**Уводзіны.** Вострасмакавыя і эфірна-алейныя расліны належаць да адных з найбольш перспектыўных культур для выкарыстання ў розных галінах эканомікі: харчовай прамысловасці, традыцыйнай і народнай медыцыне, парфюмерыі і касметалогіі, дэкаратыўным садоўніцтве і ландшафтным будаўніцтве і г. д. [2, 7, 9–12].

У сучасных сусветных абставінах развіцця грамадства і непасрэдна аграпрамысловага комплексу ў забеспячэнні харчовай бяспекі значна вырасла роля сартоў айчыннай селекцыі [1, 13, 14].

Сярод разнастайных агра-тэхнічных прыёмаў на долю сорта прыходзіцца да 25 % прыбаўкі ўраджаю, а ў складаных умовах надвор'я (суровыя зімы, засухі, эпифітотыі хвароб і г. д.) сорту належыць вырашальнае значэнне [6].

Сорт і сортазмена з'яўляюцца не толькі сродкам павелічэння ўраджайнасці, але і становяцца фактарамі, без якіх немагчыма рэалізаваць сучасныя інавацыйныя тэхналогіі ў сельскагаспадарчай вытворчасці.

**Асноўная частка.** Асаблівая значнасць вострасмакавых і эфірна-алейных раслін абумоўлена высокім утрыманнем у іх таварнай прадукцыі вітамінаў, біялагічна актыўных рэчываў, макра- і мікраэлементаў, а таксама здольнасцю выводзіць з арганізма радыенукліды і солі цяжкіх металаў, што асабліва дзейсна ва ўмовах Беларусі [2, 15].

Эфірныя алеі, гліказыды і смакавыя рэчывы, якія ўтрымліваюцца ў вострасмакавых раслінах, паляпшаюць арганалептычную якасць прадукцыі. Яны робяць разнастайным наша харчаванне, узбуджаюць апетыт і дзейнасць стрававальных органаў, павялічваюць засваяльнасць пажыўных рэчываў, спрыяльна ўплываюць на дзейнасць нервовай і сардэчна-сасудзістай сістэмаў, а таксама на агульны псіхафізіялагічны стан чалавека. Многія вострасмакавыя і эфірна-алейныя культуры

ўключаны ў сучасную фармакапею, а таксама выкарыстоўваюцца ў ароматэрапіі і эстэтатаэрапіі. Вострасмакавыя, эфірна-алейныя і лекавыя расліны з'яўляюцца бадай лепшымі меданоснымі раслінамі, а таксама выкарыстоўваюцца ў ландшафтным праектаванні і садова-паркавым будаўніцтве [2, 7, 10–12].

Пашырэнне існуючага асартыменту вострасмакавых і эфірна-алейных культур стрымліваецца недастатковай вывучанасцю біялогіі і спосабаў вырошчвання новых і малараспаўсюджаных раслін, адсутнасцю ў неабходнай колькасці пасяўнога і пасадачнага матэрыялу, а таксама айчынных сартоў, якія прыдатны да вырошчвання ў глебава-кліматых умовах Рэспублікі Беларусь і г. д. [2].

Неабходнасць пашырэння дзеючага асартыменту вострасмакавых і эфірна-алейных культур, якія валодаюць высокай прадуктыўнасцю і ўстойлівы да біятычных і абіятычных фактараў навакольнага асяроддзя, робяць неабходным вывучэнне і выдзяленне найбольш перспектывных іх відаў і форм [3–5, 8].

Цэнтрамі навуковай працы з вострасмакавымі, лекавымі і эфірна-алейнымі культурамі на Беларусі з'яўляюцца Беларуская дзяржаўная сельскагаспадарчая акадэмія, Цэнтральны батанічны сад НАН Беларусі, Інстытут агародніцтва, Гродзенскі дзяржаўны аграрны ўніверсітэт і шэраг сельскагаспадарчых прадпрыемстваў.

Так, за апошнія гады ў Беларускай дзяржаўнай сельскагаспадарчай акадэміі створаны з уключэннем у Дзяржаўны рэестр сартоў сельскагаспадарчых раслін цэлы шэраг сартоў вострасмакавых культур, прынамсі цыбуля шмат'ярусная (*Allium proliferum* Schrad.) Узгорак і Пачастунак, цыбуля духмяная (*Allium odorum* L.) Водар, ісоп лекавы (*Hyssopus officinalis* L.) Завея, мацярдушка звычайная (*Origanum vulgare* L.) Завіруха і Аксаміт, герань буйнакарэнішчавая (*Geranium macrorrhizum* L.) Танюша, рута духмяная (*Ruta graveolens* L.) Смаляніца, пажытнік блакітны (*Trigonella caerulea* (L.) Ser.) Росквіт, гарчыца чорная (*Brassica nigra* Koch.) Дарунак, барага (*Borago officinalis* L.) Блакіт [2].

**Заклучэнне.** Стварэнне і ўкараненне ў аграпрамысловую вытворчасць айчынных сартоў сельскагаспадарчых раслін, у тым ліку вострасмакавых і эфірна-алейных культур, дазволіць забяспечыць айчынай прадукцыяй сельскагаспадарчых вытворцаў, знізіць імпорт насення гэтых раслін, што у выніку будзе садзейнічаць больш адмысловаму забеспячэнню харчовай бяспекі Рэспублікі Беларусь.

## ЛІТАРАТУРА

1. Босак, В. Н. Обеспечение импортозамещения в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Стратегические направления развития АПК стран СНГ. – Новосибирск: СФНЦА, 2017. – Т. 2. – С. 305–307.
2. Генетические ресурсы растений. Пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры / Т. В. Сачивко, Н. А. Дуктова, О. А. Порхунцова [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 22 с.
3. Сачивко, Т. В. Методика оценки хозяйственно полезных признаков герани крупнокорневищной / Т. В. Сачивко // Картофелеводство и овощеводство. – 2023. – Т. 1. – С. 302–309.
4. 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.
5. Сачивко, Т. В. Разработка методики оценки хозяйственно полезных признаков иссопа лекарственного / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Вестник НГАУ. – 2024. – № 3 (72). – С. 96–103.
6. Сачивко, Т. В. Роль сорта в обеспечении продовольственной безопасности / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Продовольственная безопасность, импортозамещение и социально-экономические проблемы развития АПК. – Новосибирск, 2016. – С. 536–537.
7. Сачивко, Т. В. Сухоцветы ботанического сада / Т. В. Сачивко, В. П. Моисеев, О. П. Суринович. – Горки: БГСХА, 2020. – 25 с.
8. Сачивко, Т. В. Усовершенствование методики оценки хозяйственно полезных признаков пажитника голубого / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Проблемы развития АПК региона. – 2023. – № 3. – С. 82–88.
9. Сачивко, Т. В. Экономические аспекты возделывания пряно-ароматических и эфирно-масличных культур / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России. – Красноярск, 2025. – С. 194–196.
10. Сачыўка, Т. У. Вострасмакавыя культуры ў ландшафтным будаўніцтве / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2024. – С. 440–442.
11. Сачыўка, Т. У. Новыя сарты вострасмакавых культур у дэкаратыўным садоўніцтве / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 171–173.
12. Сачыўка, Т. У. Перспектыўныя накірункі выкарыстання вострасмакавых і эфірна-алеіных культур / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Лесное хозяйство. – Минск: БГТУ, 2025.
13. Сачыўка, Т. У. Сорт як фактар захавання харчовай бяспекі / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 147–150.
14. Сортовое обеспечение сельскохозяйственного производства в Республике Беларусь / В. Н. Босак [и др.] // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 258–262.
15. Antimicrobial properties of the Essential Oils of New Varieties of *Origanum Vulgare* L. / Т. V. Sachivko, Т. I. Akhramovich, N. A. Kovalenko [et al.] // Russian Journal of Bioorganic Chemistry. – 2024. – Т. 50, No. 7. – P. 2859–2865.

*Анотацыя.* Проанализирована роль сорта в обеспечении продовольственной безопасности; приведены авторские сорта пряно-ароматических и эфирно-масличных культур селекции УО БГСХА.

*Ключевые слова:* продовольственная безопасность, сорт, пряно-ароматические и эфирно-масличные культуры.

## Секция 2. МАШИНЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

УДК 631.812.1

### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПУТЕМ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ИХ ХРАНЕНИЯ

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук  
Г. О. ИВАНЧИКОВ, преподаватель-стажер  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Твердые минеральные удобрения являются критически важным компонентом современного сельского хозяйства, обеспечивая растения необходимыми питательными веществами для оптимального роста и развития [7–9, 12]. Однако из-за проблем, связанных с хранением и транспортировкой, их эффективность часто снижается. Неправильные условия хранения могут привести к потере до 15 % питательных веществ, высокой степени агломерации частиц и неравномерному распределению удобрений при внесении в почву.

Согласно исследованиям, улучшение равномерности распределения удобрений даже на 1 % может повысить урожайность на такую же величину [10]. Решение проблем хранения твердых минеральных удобрений позволит повысить эффективность их использования на 20–30 % и обеспечить устойчивое развитие сельского хозяйства.

**Основная часть.** *Оптимизация условий хранения.* Ключевым фактором, влияющим на сохранность и эффективность твердых минеральных удобрений, является создание оптимальных условий хранения. Это включает в себя контроль температуры, влажности и освещения в специализированных складских помещениях.

Контроль температуры имеет решающее значение, поскольку экстремальные температуры могут вызвать агломерацию до 25 % и кристаллизацию до 15 % удобрений, что затрудняет их равномерное распределение при внесении в почву. Современные системы кондиционирования воздуха, автоматизированного управления и холодильные установки, применяемые в США, Нидерландах и Японии, позволяют поддерживать стабильные температурные режимы в хранилищах, сни-

жая риск агломерации и кристаллизации на 70–80 %.

Контроль влажности также критически важен. Высокие уровни влажности (выше 75 %) могут привести к образованию до 30 % комков и агломератов, в то время как слишком низкая влажность (ниже 25 %) может вызвать статическое электричество и потерю до 10 % частиц. Системы осушения воздуха, конденсационного осушения и циркуляции воздуха, используемые в Канаде, Швейцарии и Австралии, помогают поддерживать оптимальные уровни влажности (45–65 %) в хранилищах удобрений, снижая риск образования комков и агломератов на 65–75 %.

Кроме того, контроль освещения также играет важную роль в предотвращении деградации до 8 % удобрений. Современные системы LED-освещения, солнечного освещения и динамического освещения, широко применяемые в Китае, Германии и Нидерландах, способствуют созданию благоприятных световых условий для хранения удобрений, снижая риск деградации на 70–85 %. Таблица демонстрирует положительное влияние оптимизации условий хранения на сохранность и эффективность твердых минеральных удобрений.

**Положительное влияние оптимизации условий хранения  
на сохранность и эффективность твердых минеральных удобрений**

Параметр	Традиционное хранение	Оптимизированное хранение
Потеря питательных веществ	10–15 %	3–5 %
Агломерация частиц	20–25 %	5–10 %
Кристаллизация	10–15 %	2–4 %
Равномерность распределения	Низкая ( $\pm 15$ %)	Высокая ( $\pm 5$ %)
Деградация	6–8 %	1–3 %

*Инновационные упаковочные материалы.* Использование современных упаковочных материалов также играет важную роль в сохранении качества твердых минеральных удобрений. Многослойные и специализированные упаковки, предлагаемые мировыми лидерами, такими как Amcor, Bemis Comrapu и Mondi Group, обеспечивают надежную защиту от влаги (снижение потерь на 80–90 %), света (снижение деградации на 75–85 %) и механических повреждений (снижение потерь на 70–80 %).

Кроме того, наблюдается тенденция к использованию экологически устойчивых упаковочных материалов, таких как биоразлагаемые пленки (доля рынка выросла с 15 % в 2015 г. до 25 % в 2022 г.) и многоразовые контейнеры (рост с 10 % до 20 % за тот же период). Это не только

снижает негативное воздействие на окружающую среду на 30–40 %, но также способствует созданию положительного имиджа компаний в глазах 65–75 % потребителей [11].

*Управление отходами и переработка.* Важным аспектом в контексте хранения твердых минеральных удобрений является управление отходами и переработка. Внедрение устойчивых упаковочных материалов, таких как биоразлагаемые полимеры (доля рынка выросла с 5 % в 2015 году до 15 % в 2022 г.) и многоразовые контейнеры (рост с 10 % до 20 % за тот же период), может значительно снизить количество отходов на 40–50 % и стимулировать их повторное использование на 30–40 % [2].

Кроме того, продвижение принципов «зеленой» экономики, включая вовлечение в программы по переработке (в среднем 35 % компаний участвуют в таких программах) и интеграцию схем устойчивости в бизнес-модель (20 % компаний внедрили такие схемы), способствует созданию устойчивой и экологически безопасной системы хранения и транспортировки удобрений.

Сотрудничество с перерабатывающими компаниями (около 25 % компаний имеют такие партнерства) и разработка новых технологий переработки упаковочных материалов (инвестиции в НИОКР выросли на 15 % за последние 5 лет) также играют важную роль в снижении негативного воздействия на окружающую среду на 20–30 %.

**Заключение.** Внедрение современных подходов и технологий для оптимизации условий хранения твердых минеральных удобрений, использования инновационных упаковочных материалов, а также улучшенного управления отходами и переработки является критически важным для повышения эффективности применения удобрений в сельском хозяйстве. Реализация данных решений позволит сохранить до 95 % питательных веществ, снизить агломерацию частиц до 5–10 %, сократить кристаллизацию до 2–4 % и обеспечить высокую равномерность распределения удобрений ( $\pm 5$  %) [13]. Кроме того, будет достигнуто уменьшение деградации удобрений до 1–3 % и негативного воздействия на окружающую среду на 20–30 % благодаря использованию экологически устойчивых упаковочных материалов и развитию программ переработки. В совокупности эти меры позволят повысить общую эффективность использования твердых минеральных удобрений на 20–30 %, что внесет значительный вклад в устойчивое развитие сельскохозяйственного сектора и принесет экономические выгоды [1, 3, 5, 6].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, В. С. К вопросу совершенствования способов и машин для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Вестник БГСХА. – 2023. – № 2. – С. 151–155.
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. Оценка способов внесения твердых минеральных удобрений в почву / В. С. Астахов, О. В. Гордеенко, Г. О. Иванчиков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – Вып. 8. – С. 322–325.
4. Астахов, В. С. Повышение эффективности использования твердых минеральных удобрений путем решения проблем их хранения / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков. – Горки: БГСХА, 2024. – 24 с.
5. Астахов, В. С. Химизация сельского хозяйства Беларуси: оптимизация применения для повышения урожайности и экологической безопасности / В. С. Астахов, Г. Н. Лысевский, Г. О. Иванчиков // Вестник БГСХА. – 2024. – № 4. – С. 80–83.
6. Астахов, В. С. Эффективность способов внесения твердых минеральных удобрений / В. С. Астахов, О. Г. Иванчиков // Главный агроном. – 2024. – № 9. – С. 7–10.
7. Босак, В. Н. Без «минералки» не обойтись / В. Н. Босак // Хозяин. – 2011. – № 4. – С. 16–17.
8. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
9. Босак, В. Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В. Н. Босак. – Минск, 2003. – 176 с.
10. Иванчиков, Г. О. Путь к устойчивому земледелию: минеральные удобрения и инновации / Г. О. Иванчиков, В. С. Астахов // Наше сельское хозяйство: агрономия. – 2023. – № 17. – С. 53–55.
11. Иванчиков, Г. О. Упаковочные технологии для минеральных удобрений: оптимизация и эффективность / Г. О. Иванчиков, В. С. Астахов // Наше сельское хозяйство: агрономия. – 2023. – № 19. – С. 52–54.
12. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.
13. Степук, Л. Я. Машины для современных и перспективных технологий / Л. Я. Степук. – Горки, 2007. – 178 с.

*Аннотация.* Современные технологии контроля температуры, влажности и освещения помогают снизить агломерацию и потери питательных веществ. Инновационные упаковочные материалы и методы переработки также способствуют экологически устойчивому использованию удобрений, улучшая их сохранность и равномерность распределения, что позволяет увеличить урожайность и снизить экологический ущерб.

*Ключевые слова:* минеральные удобрения, хранение, агломерация, упаковочные материалы, переработка, эффективность.

## ОБЗОР ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕЯЛОК ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Повышение эффективности растениеводства на основе получения высоких урожаев при минимальных затратах неразрывно связано с комплексным решением вопросов разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур [1, 6, 10–17]. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве применяются посевные машины с пневматическими и механическими системами высева [9]. Наиболее широкое распространение в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь получили сеялки с пневматической системой высева [8].

**Основная часть.** Для любого сельскохозяйственного предприятия важнейшим этапом возделывания зерновых культур является посев. К основным задачам, которые должна решать посевная машина, относятся: равномерное распределение семян по площади поля с заданной нормой высева и заделка их на определенную глубину, обеспечение плотного контакта семян с влажной почвой.

В настоящее время в Республике Беларусь широко применяются пневматические отечественные сеялки семейства СПУ (прототип европейской сеялки «Assogrd») и импортные с аналогичной системой высева, обеспечивающие раскладку семян пшеницы со средним расстоянием между зерновками в ряду 29,3 мм. При этом наблюдаются участки с расстоянием между зерновками от 3 до 133 мм (коэффициент вариации составляет 91,4 %, по другим данным – 112–130 %). Не соответствует агротехническим требованиям и поперечная равномерность распределения семян по рядкам. Здесь коэффициент вариации для зерновых культур находится в пределах от 6,0 до 14,6 % [4].

Применение сеялок с такими показателями существенно снижает генетический потенциал районированных сортов зерновых и зернобобовых культур, что отрицательно сказывается на урожайности.

Использование посевных машин с высевальными системами пневматического типа обусловлено следующими преимуществами (в сравнении с аналогичными машинами с механическими системами посева):

- производительность на 15–20 % выше даже при одинаковой ширине захвата;
- возможность конструктивно создавать широкозахватные (от 6 м) высокопроизводительные посевные машины и комплексы;
- не требуется проведение дополнительных операций по агрегатированию при переводе машины из транспортного положения в рабочее и обратно;
- возможность применения бункера для посевного материала большого объема, что позволяет уменьшить количество заправок в работе;
- низкая удельная материалоемкость [3].

Наряду с достоинствами сеялки с пневматической системой посева имеют следующие недостатки:

- необходимость создания и поддержания транспортирующего воздушного потока с постоянными параметрами индивидуально для определенных групп культур;
- тщательная подготовка посевного материала, исключающая наличие посторонних предметов во избежание забивания пневмоматериалопроводов.

Современная сеялка с пневматической системой посева, как правило, имеет раздельно-агрегатную компоновку, при которой машина состоит из отдельных блоков (модулей). Это позволяет разнести в пространстве бункер и рабочие органы. Пневматическая высевальная система и раздельно-агрегатная компоновка рабочих органов таких сеялок позволяют реализовать секционный принцип построения рамы посевного блока, при котором ее складывание происходит в вертикальной плоскости. Данное решение позволяет значительно ускорить процесс перевода сеялки из рабочего положения в транспортное и обратно, следовательно, снизить общие непроизводительные затраты времени на переезды [2, 7].

Основными элементами системы посева с пневматическим транспортированием посевного материала в сошники являются бункер, дозатор, устройство для ввода посевного материала в воздушный поток (питатель), вентилятор, пневмоматериалопровод, распределительное устройство и семяпровод.

*По типу высеваемого материала* различают зерновые, зернотравяные, зернотуковые, зернотукотравяные сеялки. Данное разделение имеет несколько условный характер. Так, зерновые сеялки способны высевать при некоторой перенастройке дозирующего устройства зернобобовые культуры и семена трав. Зернотуковые сеялки предполагают наличие дополнительного дозирующего устройства для туков, а также дополнительного бункера, что отражается на общей массе и компоновке агрегата и увеличивает количество дозоправок.

*По способу ввода посевного материала в воздушный поток* выделяют герметичные и негерметичные системы. В первой системе за счет герметизации давление в бункере и зоне ввода материала в пневмоматериалопровод выравнивается.

Поток семян от дозатора беспрепятственно поступает в пневмоматериалопровод и далее транспортируется к распределителям и сошникам. Для поддержания стабильности давления в системе воздушный поток, создаваемый вентилятором, подается в бункер и дозатор.

*По способу дозирования посевного материала* существует деление на высевающие системы централизованного, группового и индивидуального дозирования. В индивидуальных системах дозирования число дозаторов равно числу сошников (как в механических сеялках).

При этом воздушный поток служит только для транспортирования семян от дозатора к сошникам, а ограниченная ширина захвата (до 6 м) отражается на производительности агрегата. Системы с групповым дозированием находят все более широкое применение, особенно на широкозахватных сеялках с шириной захвата от 9 м. Такая система состоит из нескольких самостоятельных секций, каждая из которых содержит дозатор и делительную головку. Количество дозаторов в системах с групповым дозированием может достигать 16. Количество семяпроводов, обслуживаемых одним распределителем, обычно не превышает 12. Наибольшее распространение в мировой практике получили системы высева с централизованным дозированием семян одним или двумя дозаторами и последующим делением общих потоков на отдельные по сошникам с помощью распределителей.

*По принципу распределения посевного материала* системы высева разделяются на бесступенчатые, одноступенчатые и двухступенчатые. Бесступенчатая система распределения семян применяется на пневматических сеялках индивидуального дозирования. Данную систему используют фирмы «UNIA» (Польша), «Sulky» и «Roger» (Франция). Наибольшее распространение получили одноступенчатые системы рас-

пределения семян, в которых после дозатора-питателя посевной материал поступает в распределительное устройство, а оттуда – в сошники.

Двухступенчатые системы имеют более сложную конструкцию, большее количество пневмоматериалопроводов. Они более металлоемкие, требуют использования более мощных вентиляторов, у них затруднен перевод из рабочего положения в транспортное [5].

Основным недостатком посевных машин с пневматической системой высева является высокая неравномерность распределения посевного материала по сошникам. В некоторых случаях неравномерность может составлять 15,5 % и более при агротехнически допустимых 5 % для семян зерновых и 6 % для зернобобовых культур, последствиями чего являются нерациональный расход семенного материала, снижение урожайности, рост засоренности полей, что уменьшает эффективность использования сеялок с пневматической системой высева. Поэтому совершенствование систем высева пневматических сеялок является актуальной задачей в области механизации посева.

Анализ преимуществ и недостатков отдельных элементов пневматической высевающей системы, оказывающих влияние на технологический процесс, свидетельствует о том, что одной из наиболее важных частей системы являются распределители посевного материала.

*По типу распределителей системы* подразделяются на горизонтальные и вертикальные. Распределительные устройства служат для распределения посевного материала по сошникам в пневматических системах высева централизованного или группового дозирования.

**Заключение.** На основании анализа существующих систем высева можно сделать вывод о том, что для широкозахватных высокопроизводительных посевных машин наиболее приемлема пневматическая система высева с групповым дозированием посевного материала. Однако, исходя из реальных условий Республики Беларусь, необходим одновременный высев припосевной (стартовой) дозы минеральных фосфорных удобрений, требующий проведения исследований по определению конструктивных параметров и режимов работы элементов высевающей системы, обеспечивающих выполнение технологического процесса в соответствии с агротехническими требованиями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства / В. В. Гусаров [и др.]. – Горки: БГСХА, 2024. – 137 с.
2. Астахов, В. С. К вопросу разработки универсального высевающего аппарата катушечного типа для высева гранулированных минеральных удобрений пневматическими

системами группового дозирования / В. С. Астахов, Г. Н. Лысевский, Г. О. Иванчиков // Вестник БГСХА. – 2024. – № 2. – С. 136–140.

3. Астахов, В. С. О концепции разработки нового поколения машин и технологий посева / В. С. Астахов, В. Р. Петровец, Г. А. Валюженич // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2020. – № 1. – С. 81–88.

4. Астахов, В. С. Особенности пневмотранспорта семян в пневматических высевальных системах сеялок / В. С. Астахов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2018. – Вып. 3. – С. 149–152.

5. Астахов, В. С. Посев кукурузы рядовым двухстрочным способом / В. С. Астахов, В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2021. – 24 с.

6. Астахов, В. С. Посевная техника: анализ и перспективы развития / В. С. Астахов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – № 1. – С. 6–8.

7. Астахов, В. С. Проект машины для двухстрочного рядового посева кукурузы / В. С. Астахов. – Горки: БГСХА, 2024. – 31 с.

8. Астахов, В. С. Проект машины для двухстрочного рядового посева семян кукурузы и других культур пневматической системой группового дозирования конструкции УО БГСХА / В. С. Астахов // Вестник БГСХА. – 2024. – № 1. – С. 154–158.

9. Астахов, В. С. Совершенствование пневматических высевальных систем сеялок / В. С. Астахов. – Горки: БГСХА, 2007. – 148 с.

10. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.

11. Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства / В. В. Гусаров [и др.]. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – 322 с.

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

13. Машины и оборудование в растениеводстве / А. В. Клочков [и др.]. – Минск: РИВШ, 2021. – 448 с.

14. Петровец, В. Р. Производственные технологии и техническое обеспечение процессов в сельскохозяйственном производстве / В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2022. – 240 с.

15. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.

16. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.

17. Степук, Л. Я. Машины для современных и перспективных технологий / Л. Я. Степук. – Горки, 2007. – 178 с.

*Аннотация.* Рассмотрены и проанализированы типы, преимущества и недостатки пневматических сеялок. Анализ показал, что посевные машины с пневматической системой высева более эффективны, чем механической.

*Ключевые слова:* сеялка, посев, пневматическая система, удобрения, семена.

## ТЕХНОЛОГИИ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент  
Г. О. ИВАНЧИКОВ, преподаватель-стажер

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

**Введение.** Для получения хорошего урожая в условиях сельскохозяйственных организаций необходимо не только правильно обработать почву, но и внести в нее нужное для развития растений количество питательных веществ [3–7]. Удобрения позволяют не только увеличить производительность, но и повысить качество самой продукции, а также сделать культуры более устойчивыми к негативным воздействиям окружающей среды. Большое значение имеет создание, совершенствование и применение современных систем внесения удобрений, в частности систем для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений, которые значительно повысят урожайность сельскохозяйственных культур [1, 2].

**Основная часть.** Удобрения вносят в пределах установленной нормы, при этом их необходимо распределить по всей поверхности поля или вдоль ряда как можно равномернее и тем самым заделать в почву на требуемую глубину.

Любое отклонение от фактической нормы внесения удобрений допускается не более  $\pm 10\%$ . Также следует учесть, что неравномерность распределения удобрений по всей ширине разбрасывания не должна быть более следующих значений: при внесении туковыми сеялками –  $\pm 15\%$ , разбрасывателями –  $\pm 25\%$ , при разбрасывании навоза – 25–30%. Прерывистость валков в момент разброса органических удобрений из куч допускается не более 1,5 м. Огрехи между смежными проходами агрегата не допускаются, а перекрытие не должно превышать 6 % ширины захвата агрегата.

Внесение азотных удобрений должно производиться с неравномерностью не более 10 %, фосфорных и калийных – 15–20 %. Для применения твердых азотных удобрений следует использовать штанговые машины РШУ-12, МТТ-4Ш, СУ-12, центробежные машины «Альфа» (Германия), «RAUCH» (рис. 1), РДУ-1,5, которые обеспечивают более

равномерное внесение удобрений, или самоходную машину для внесения минеральных удобрений «РОСА» (рис. 2).



Рис. 1. Центробежный разбрасыватель «RAUCH»



Рис. 2. Самоходная машина для внесения минеральных удобрений «РОСА»

Технологии внесения должны обеспечивать размещение удобрений в зоне развития корневой системы и минимальную фиксацию их почвой. Удобрения нужно вносить в стабильно увлажняемый слой почвы, что обеспечит их хорошую доступность в течение вегетации. Следует также учитывать, что элементы питания могут вымываться и перемещаться в результате диффузии. Вымываются преимущественно азотные удобрения в форме нитратов. Этот процесс характерен для ранней весны и поздней осени, поэтому важно правильно выбрать время внесения азотных удобрений с целью его приближения к периоду интенсивного усвоения азота растениями.

Машины для внутрипочвенного внесения удобрений могут быть специализированными, комбинированными и универсальными, а по

способу агрегатирования – навесными, полунавесными и прицепными. Глубокорыхлители-удобрители КПГ-2,2 и ГУК-4 одновременно с плоскорезной обработкой почвы вносят удобрения «экраном». Машина МПК-4 за один проход выполняет культивацию, рыхление, локальное (ленточное) внесение удобрений и выравнивание поверхности поля. Чизель-культиватор-удобритель ЧКУ-4 предназначен для одновременного внесения минеральных удобрений и обработки почвы под пропашные культуры, зернотуковая стерневая сеялка СЗС-2,1 – для локального внесения основной дозы удобрений до посева или одновременно с ним. Внутрипочвенное основное внесение удобрений одновременно с предпосевной обработкой почвы выполняет агрегат АВМ-8, который навешивается на самоходное высокопроходимое энергетическое средство ЭСВМ-7, созданное на базе трактора. Для припосевного локального внесения основной и стартовой доз удобрений с одновременным севом зерновых и зернобобовых культур и их смесей используют зернотуковые комбинированные сеялки СЗК-3,3 (СЗК-3,6).

Назначение рядкового внесения – обеспечить активную инициализацию роста культуры, формирование развитой мощной корневой системы, повышение устойчивости к возбудителям болезней и вредителям, создание конкуренции сорным растениям. Так как на начальных этапах роста существует потребность большей частью в фосфоре, то основным удобрением для припосевного внесения выбирают фосфорсодержащие составы, азотсодержащие применяются реже, а калийные совсем не используют (они не дают прибавки урожая или снижают его). Эффективность повышается при локальном внесении. При возделывании картофеля доза  $P_2O_5$  составляет 20–30 кг/га, зерновых – 10–20 кг/га. Использование удобрений методом припосевного внесения повышает степень усвояемости фосфора зерновыми до 60 %, а урожайности – до 3 ц/га. При выращивании моркови, огурца, льна, кукурузы, турнепса и брюквы допустимая доза – 10 кг/га. Получение всего 12–15 кг зерна восполнит затраты на покупку 1 кг действующего вещества фосфора [6].

Для рядкового внесения не используют однокомпонентные удобрения из-за их плохой рассеиваемости и повышенной слипаемости. Выбор останавливают на гранулированном простом и двойном суперфосфате. Эффективны также нитроаммофоска, нитрофоска, аммофос, аммонизированный суперфосфат.

Внесение минеральных удобрений в течение вегетационного периода называют розничным. Одновременное внесение нескольких норм минеральных удобрений на два года и более называют периодическим.

Однако оно не получило широкого распространения. Периодическое внесение удобрений можно проводить в более засушливых районах на почвах тяжелого гранулометрического состава. При этом нужно учитывать чередование культур на поле. Для плодовых и других многолетних растений периодическое внесение минеральных удобрений является скорее правилом, чем исключением. Его также применяют при подпочковом выращивании многолетних трав, при создании культурных пастбищ, а также в хозяйствах, которые покупают много удобрений. При недостатке удобрений нецелесообразно применять их про запас на части площади (кроме приведенных случаев), но не удобрять другие поля. Периодически (про запас) можно вносить фосфорные и калийные удобрения и некоторые микроэлементы.

Оценки этого способа внесения удобрений разные. В одних случаях он имеет преимущества перед ежегодным, в других – его эффективность такая же или уступает последним. На почвах, где интенсивно происходят закрепление фосфора удобрениями и необменная фиксация калия, запасное внесение удобрений уступает ежегодному.

Нельзя вносить калийные удобрения впрок на песчаных и супесчаных почвах, из которых калий вымывается. Внесение высоких норм калия, кроме того, повышает его содержание в урожае (более 3 %  $K_2O$  в сухом веществе), что вредно для животных, а в случае использования хлорсодержащих удобрений может ухудшаться и качество растениеводческой продукции.

Сейчас большинство машин для поверхностного внесения минеральных удобрений оборудованы тарельчатыми и дисковыми центробежными механизмами, которые неравномерно распределяют удобрения по ширине захвата агрегата. В производственных условиях неравномерность внесения удобрений нередко достигает 60–80 %, что снижает их эффективность: азотных – на 45–50 %, фосфорных – на 15–20 %, калийных и сложных – на 36–40 %. Даже при использовании качественных удобрений и квалифицированном налаживании механизмов неравномерность внесения для машин с центробежными рабочими органами составляет  $\pm 25 \dots 30$  %, для машин точного внесения –  $\pm 15$  %. Применение различных способов обработки почвы делает невозможным исправление допущенной неравномерности внесения удобрений и, как следствие, обеспечение растений элементами питания.

Наряду с неравномерностью внесения удобрений к потерям урожая приводит также неудовлетворительная заделка их в почву. Особенно это касается заделки фосфорных удобрений, так как фосфор в почве

почти не перемешивается. Эти недостатки почти устраняются при замене разбросного способа внесения удобрений локальным. Локальное внесение основывается на использовании машин, оборудованных специальными устройствами для внесения удобрений в почву концентрированными очагами различной формы на определенную глубину.

**Заключение.** Выбирая сроки, приемы и способы внесения удобрений, нужно стремиться решить следующие задачи: создать условия максимальной доступности для растений питательных веществ, обеспечить растения оптимальным питанием в течение вегетации, в частности в критические периоды, т. е. в периоды наибольшей потребности в удобрениях; сократить потери элементов питания от вымывания, уменьшить их переход в недоступные для растений формы. Нужно учитывать также биологические особенности культур, прежде всего формирование их корневых систем, распределение влаги по профилю почвы – при избытке влаги удобрения могут вымываться, а при недостатке увлажнения и пересыхании плохо используются растениями.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, В. С. К вопросу совершенствования способов и машин для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Вестник БГСХА. – 2023. – № 2. – С. 151–155.
2. Астахов, В. С. Эффективность способов внесения твердых минеральных удобрений / В. С. Астахов, Г. О. Иванчиков // Главный агроном. – 2024. – № 9. – С. 7–10.
3. Босак, В. Н. Когда растения «голодают» / В. Н. Босак // Хозяин. – 2011. – № 6. – С. 16–17.
4. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
5. Босак, В. Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах / В. Н. Босак. – Минск, 2003. – 176 с.
6. Минеральные удобрения [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Минеральные\\_удобрения](https://ru.wikipedia.org/wiki/Минеральные_удобрения). – Дата доступа: 25.10.2024.
7. Смянович, О. Применение удобрений в севообороте / О. Смянович, В. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. – 108 с.

*Аннотация.* Рассматриваются различные технологии механизированных процессов внесения удобрений в почву. Проведен обзор способов и техники для внесения твердых минеральных удобрений.

*Ключевые слова:* техника, сеялка, посев, технология, удобрения, семена.

## СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА СЕЛЬХОЗУГОДИЙ С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А. Л. БИРЮКОВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент

Г. Г. РАПАКОВ<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

Р. С. ДАРГЕЛЬ<sup>3</sup>, аспирант

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия  
имени Н. В. Верещагина»,  
Вологда, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет»,  
Череповец, Российская Федерация

<sup>3</sup>УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Одним из основных методов поддержки управленческих решений в задачах умного земледелия является качественный и достоверный мониторинг состояния посевов, который выполняется на системной основе. Повышение эффективности и снижение затрат при возделывании сельскохозяйственных культур при помощи беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на основе интеллектуального мониторинга сельхозугодий относится к новым актуальным направлениям развития научно-практической работы в области агрофотограмметрии и технологий искусственного интеллекта [1–5].

**Основная часть.** Перспективным направлением в мониторинге сельскохозяйственных земель является дистанционное зондирование (ДЗ) с использованием беспилотных летательных аппаратов. Его достоинствами являются: низкая стоимость; оперативность; низкая требовательность к погодным условиям; высокая детализация. ДЗ с участием БПЛА может успешно выполняться в условиях низкой облачности на высотах до 500 метров. Результаты обработки ортофотопланов полей с высоким разрешением, полученных дроном, востребованы в сельскохозяйственных организациях. Практическая значимость работы обусловлена необходимостью оценки интенсивности вегетации сельскохозяйственных культур.

Наилучшие результаты агрофотограмметрии для оценки вегетационных индексов обеспечивают БПЛА с мультиспектральной съемкой (МСС) (рис. 1). В результате послеполевой цифровой обработки ре-

зультатов ДЗ можно определить: здоровье сельскохозяйственных культур; распространение сорной растительности; наличие насекомых-вредителей; состояние почвы.

Научная новизна работ будет определяться: выполнением пространственной оценки данных о почвенном составе полигона на основе 2D интерполяции при помощи байесовского кригинга; выявлением неоднородностей в распределенных сельскохозяйственных данных с использованием машинной ГИС-аналитики, что позволит адресно адаптировать агротехнические приемы с учетом специфики каждого участка; визуализацией данных для лица, принимающего решения.



Рис. 1. Квадрокоптер с мультиспектральной камерой DJI Phantom 4 Multispectral

Основные возможности мультиспектральной съемки и перспективы интеллектуальной обработки ее результатов обеспечивают:

- снижения производственных затрат предприятий агропромышленного комплекса (АПК) на удобрения, пестициды и полив;
- увеличение доходности на основе методов умного земледелия в ходе цифровой оптимизации растениеводства;
- МСС используется для регулярного контроля за состоянием полей, в том числе сева и сбора урожая, при планировании мероприятий по мелиорации и изменению ландшафта;
- сроки агрофотограмметрии определяются площадью сельхозтерриторий. Оперативное картографирование площади до 100 гектаров может быть выполнено за один полет. Создание карт показателей растительности занимает от 2–3 дней до 1–2 недель в зависимости от площади сельхозугодий;

- анализ состояния плодородного слоя почвы;
- изучение качества пропашности;
- исследование увлажненности почвы и содержания микро- и макроэлементов;
- определение здоровья растений и степени зрелости культур;
- оценка распространения сорной растительности для планирования работ по ее уничтожению;
- оперативное реагирование на возникновение участков, зараженных вредителями и пораженных болезнями;
- формирование карты зонирования для химической защиты растений, неоднородного внесения удобрений и выполнения полива;
- дифференцированное внесение удобрений на основе карт-предписаний позволит предупредить проблемы, обусловленные использованием фиксированной нормой внесения (излишний расход пестицидов, задержка колошения и снижение урожайности культур на более поздней стадии роста);
- карты предписаний при дифференцированном внесении азотных удобрений и пестицидов позволяют сэкономить до 25 % затрат. Применение беспилотной авиации не обеспечивают дифференцированного подхода, поскольку внесение удобрений или химическая обработка посевов происходит равномерное по всей площади обработки.
- оценка интенсивности вегетации сельскохозяйственных культур и вычисление индексов: NDVI (нормализованный разностный индекс растительности/ Normalized Difference Vegetation Index), RGB, GNDVI, LCI, NDRE, OSAVI;
- обработка данных со снимков в геоинформационных системах (ГИС) с использованием алгоритмов компьютерного зрения и методов искусственного интеллекта;
- оценка растений, готовых к обработке и прогнозирование урожайности.

Разработка соответствует направлениям из «Перечня приоритетных направлений развития науки и техники на территории Вологодской области», утвержденного Постановлением Правительства Вологодской области и задачам, указанным в «Стратегии социально-экономического развития Вологодской области на период до 2030 года». Область применения планируемых результатов: на предприятиях агропромышленного комплекса в системе дифференцированного земледелия; при обеспечении биологической защиты растений и внесения удобрений, в задачах мониторинга сельскохозяйственных земель. Ре-

зультаты исследований представляют собой мультиспектральные ортофотопланы и количественную оценку вегетационных индексов, применяемых в задаче оценки агрохимических характеристик почвенного покрова. Социально-экономический эффект обусловлен снижением затрат, ростом рентабельности и повышением качества продукции при возделывании сельскохозяйственных культур.

Для проведения мультиспектральной съемки и выполнения фотограмметрической оценки был использован беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 4 Multispectral и специализированное программное обеспечение – приложение по планированию полетов GS Pro. Итоги, полученные при проведении пилотных исследований, подтвердили целесообразность и возможность оценки вегетационных индексов в ходе мониторинга сельхозугодий (рис. 2).

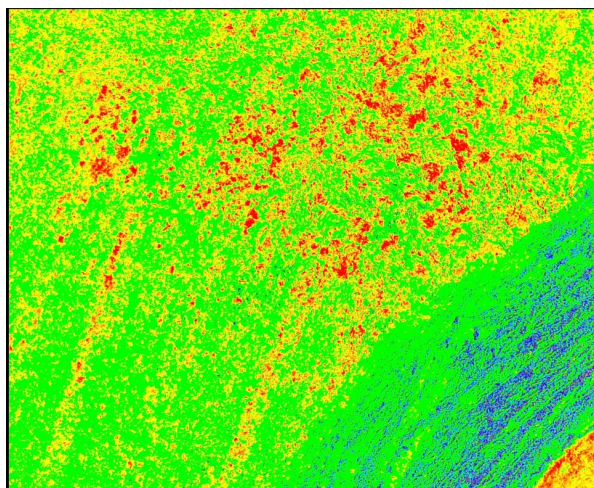


Рис. 2. Фотограмметрические результаты в формате NDVI

Получены предварительное одобрение ряда хозяйств Вологодской области: ОАО «Заря», Племзавод-Колхоз имени 50-летия СССР и др., что подтверждает востребованность проекта. Дальнейшие перспективы исследований связаны с разработками системы дифференцированного внесения удобрений и химической обработки посевов при помощи сельскохозяйственных полетных платформ серии DJI Agras и их отечественных аналогов. Это позволит обеспечить рост экономической

эффективности для хозяйств и индивидуальных предпринимателей региона за счет повышения урожайности культур, снижения энергетических затрат и производственных издержек.

**Заключение.** Ускоренное внедрение цифровых технологий в региональном агропромышленном комплексе на основе применения беспилотных летательных аппаратов при помощи методов фотограмметрии и подходов искусственного интеллекта обеспечивает повышение эффективности и снижение затрат при возделывании сельскохозяйственных культур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние беспилотных транспортных средств на производственную экосистему / М. А. Малей, А. Р. Созоник, М. И. Усенко, В. Н. Босак // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 12–14.
2. Гресь, А. В. Беспилотные транспортные средства в сельском хозяйстве / А. В. Гресь, С. Ю. Войтешик, В. В. Пузевич // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 69–72.
3. Николаев, Д. В. Экспериментальное исследование методов фотограмметрической обработки цифровых изображений БПЛА / Д. В. Николаев, Г. Г. Рапаков, Р. А. Шушков [и др.] // Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Технические науки. – Вологда – Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2024. – Т. 2. – С. 300–302.
4. Результаты прикладной геоаналитики в ходе обработки данных аппаратно-программного комплекса для карбонового полигона / Г. Г. Рапаков, В. А. Раков, В. А. Горбунов [и др.] // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2023). – Вологда: ВоГУ, 2023. – С. 83–87.
5. Яковлева, К. Д. Особенности применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / К. Д. Яковлева, А. Л. Бирюков // Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Технические науки. – Вологда – Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА, 2024. – Т. 2. – С. 302–306.

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы разработки интеллектуального мониторинга сельхозугодий при помощи беспилотных летательных аппаратов для повышения эффективности и снижение затрат при возделывании сельскохозяйственных культур в ходе цифровой трансформации агропромышленного комплекса региона.

*Ключевые слова:* точное земледелие, БПЛА, мультиспектральная съемка, фотограмметрия, вегетационные индексы.

## ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ, ГЛУБИНЫ ХОДА ДИСКОВ, ИХ ДИАМЕТРА НА ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ДВУХДИСКОВОГО СОШНИКА ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ПОСЕВА

В. А. ГАЙДУКОВ, канд. техн. наук, доцент

В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Для оптимального развития растений почву необходимо хорошо удобрить, разрыхлить и посеять семена [1–3, 6].

Посев является важнейшим элементом технологии возделывания зерновых культур, урожайность которых в значительной степени зависит от качества посева. При посеве семена необходимо заделывать на заданную глубину, равномерно распределить по площади поля, прикатать и присыпать рыхлой почвой. Равномерное распределение семян по полю обеспечивает им необходимую площадь питания. Прикапывание способствует лучшему поступлению влаги и питательных веществ [4].

Особенности реализации биологического потенциала хлебного злака требуют совершенствования процесса высева семян. Для повышения качества посева зерновых, на кафедре «Механизации растениеводства и практического обучения» изготовлен и исследован сошник, для ленточного посева с одновременным прикапыванием семян по ленте [5].

**Основная часть.** В результате испытания сошника были проведены лабораторно-полевые исследования о влиянии скорости движения сошника  $V_c$ , глубины хода дисков  $h$ , их диаметра  $D$  и расстояния в точке схождения  $a$  на его тяговое сопротивление  $T_c$  [7].

На основании экспериментальных исследований [4], теоретических расчетов и по результатам статистической обработки данных получены уравнения регрессии второго порядка, описывающее влияние скорости движения сошника  $V_c$ , глубины хода дисков  $h$ , их диаметра  $D$  и расстояния в точке схождения  $a$  на тяговое сопротивление сошника  $T_c$ .

Для ленточного сошника без прикапывающего каточка уравнение имеет следующий вид:

$$T_c = 219,2 + 1587h - 1373D - 2050a + 2,7V_c^2 + 644h^2 + 2267D^2 + 54863a^2 + 138hV_c + 13,4 aV_c - 2929hD + 1772aD.$$

Для ленточного сошника с прикатывающим каточком уравнение имеет следующий вид:

$$T_c = 322,4 + 244Dh + 2104D - 1821a + 1,7V_c^2 - 208h^2 + 3536D^2 + 69752a^2 + 197hV_c + 19,4V_cD - 5165hD.$$

На основании уравнений построены графические зависимости тягового сопротивления сошника  $T_c$  от скорости движения сошника  $V_c$  и глубины хода дисков  $h$  при фиксированных значениях диаметра дисков  $D$  и расстояния в точке их схождения, без прикатывающего каточка (рис. 1, а) и с прикатывающим каточком (рис. 1, б).

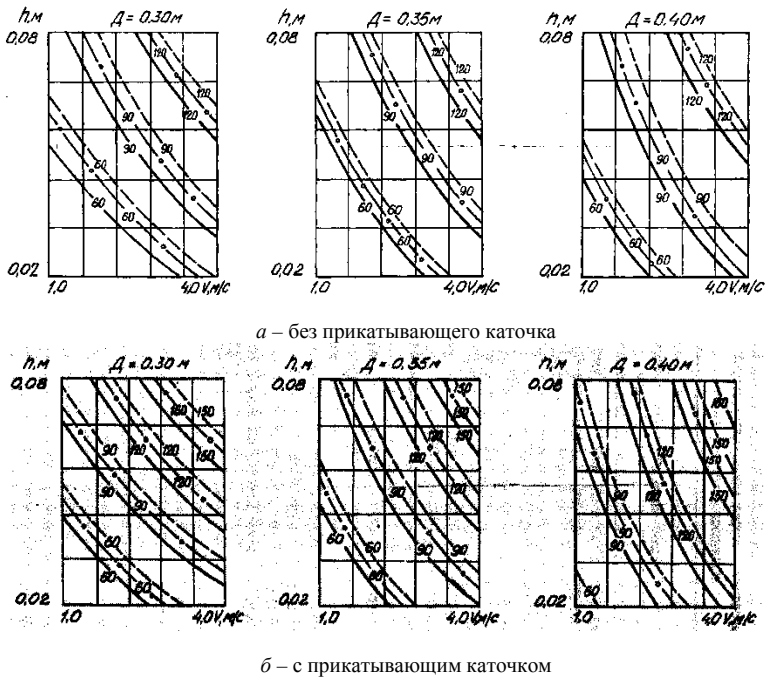


Рис. 1. Зависимость тягового сопротивления сошника  $T_c$  от скорости движения сошника  $V_c$  глубины хода дисков  $h$  при фиксированных значениях диаметра дисков  $D$  и расстояния в точке их схождения, —  $a = 0,001$  м; - - -  $a = 0,01$  м; - · -  $a = 0,02$  м

**Заключение.** Анализируя полученные уравнения и графики, можно сделать вывод, что наиболее существенное влияние на тяговое сопротивление сошника оказывают глубина хода дисков и скорость дви-

жения сошника. Изменение диаметра дисков сошника оказывает незначительное влияние на тяговое сопротивление. Так, при глубине хода дисков 0,02...0,05 м с изменением их диаметра от 0,30 до 0,40 м тяговое сопротивление увеличивается на 8...11 Н, но при глубине хода дисков 0,05...0,08 м с изменением их диаметра от 0,30 до 0,35 м тяговое сопротивление уменьшается на 5...8 Н. Тяговое сопротивление сошника с диаметром дисков 0,30 и 0,40 м при глубине их хода от 0,05 до 0,08 м практически одинаковое. Изменение расстояния в точке схождения дисков от 0,001 до 0,01 м ведет к увеличению тягового сопротивления на 8...9 Н, а дальнейшее изменение расстояния в точке схождения дисков от 0,01 до 0,02 м уменьшает тяговое сопротивление на 4...5 Н. Тяговое сопротивление сошника с прикатывающим каточком увеличивается на 12...30 Н в зависимости от скорости движения сошника и глубины хода дисков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Авсюкевич, С. В. Исследования тягового сопротивления двухдискового сошника с усеченно-конусными ребрами-бороздообразователям / С. В. Авсюкевич, В. Р. Петровец, И. И. Гаврилов // Вестник БГСХА. – 2012. – № 3. – С. 124–130.
2. Гайдуков, В. А. Повышение качества посева зерновых культур сошниковой группой с распределением и прикатыванием семян по ленте: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. А. Гайдуков. – Горки: БГСХА, 1998. – 20 с.
3. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – Москва: Инфра-М, 2016. – 336 с.
4. Ламан, Н. А. Биологический потенциал ячменя / Н. А. Ламан. – Минск: Наука и техника, 1984. – 215 с.
5. Петровец, В. Р. Сошник / В. Р. Петровец // А.С. СССР № 4424157. – 1990. – Бюл. № 22.
6. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.
7. Тимофеев, А. И. Методика исследования распределения семян широкополосными сошниками / А. И. Тимофеев // Сельскохозяйственные машины. – 1975. – Т. 12. – С. 44–50.

*Аннотация.* Рассмотрены факторы, влияющие на качество посева. Представлена схема сошника с распределением и прикатыванием семян по ленте. Приведены результаты исследования сошника о влиянии скорости движения, глубины хода дисков их диаметра и расстояния в точке схождения дисков на тяговое сопротивление двухдискового сошника для ленточного посева с прикатыванием семян по ленте.

*Ключевые слова:* урожайность, ленточный посев, двухдисковый сошник, скорость движения, глубина хода, диаметр диска, точка схождения, тяговое сопротивление.

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОДНОДИСКОВЫХ СОШНИКОВ

Д. В. ГРЕКОВ, ст. преподаватель

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

**Введение.** Для получения ровных и дружных всходов необходимой густоты является соблюдение оптимальной технологии посева. Во-первых, это создание плотного ложа, обеспечивающего постоянный капиллярный приток влаги к высеянным семенам, а, следовательно, их быстрое набухание и дружное прорастание. Во-вторых, необходимо оптимальное размещение семян по глубине и равномерное распределение по площади, что обеспечивает им адекватный водный, тепловой и пищевой режимы, требующиеся для прорастания и формирования мощного узла кущения, вторичных корней [2, 5, 9].

Лучшее сочетание водного, воздушного и теплового факторов отмечается именно тогда, когда семена равномерно распределены по площади поля на заданной глубине. При этом они должны быть уложены на уплотненное ложе бороздок и закрыты рыхлым слоем почвы, имеющей мелкокомковатую структуру. Несоблюдение даже одного из требований приводит к снижению урожайности [6].

**Основная часть.** В учреждении образования «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» разработкой сошников многие годы занимались В. Р. Петровец, В. И. Ильин, В. А. Гайдуков, О. П. Лабурдов, П. И. Козловский, Г. К. Демидов, К. К. Курилович, Ю. Т. Вагин. За период с 1976 по настоящее время был разработан ряд перспективных моделей сошников для посевных машин и на них получены патенты на изобретения и полезные модели [8].

На рисунке 1 представлен комбинированный однодисковый сошник, состоящий из корпуса 5, который присоединяется к поводку сеялки; оси 8, на которой крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его обеих сторонах внутренней и наружной ребордами 2 и 4, имеющими форму усеченного конуса, с бороздкообразователями 3; семянаправителями 6 с клапанами 10, имеющих форму, концентричную форме реборд, и установленными у их основания сферическими дисками 9 на осях 11, закрепленных на кор-

пусе чистиков 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей [3].

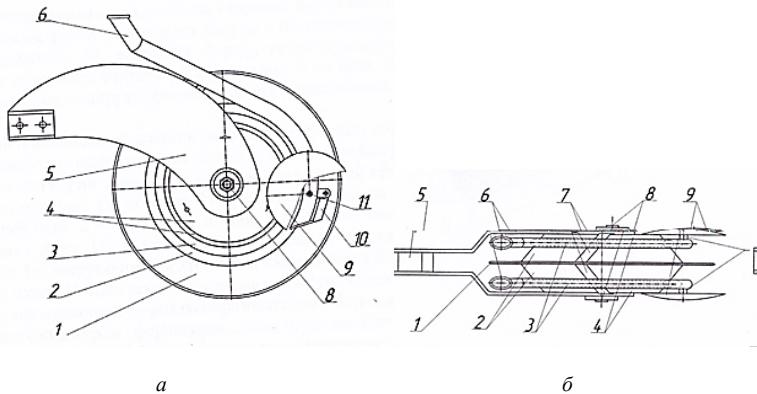


Рис. 1. Комбинированный однодисковый сошник с двусторонними ребордами и сферическими дисковыми загортачами для узкорядного посева: *а* – вид сбоку; *б* – вид сверху; 1 – плоский диск; 2 и 4 – реборды; 3 – бороздкообразователи; 5 – корпус; 6 – семянаправители; 7 – чистик; 8 – ось; 9 – сферический диск; 10 – клапан; 11 – оси

Комбинированный однодисковый сошник (рис. 2) работает также, как и сошник на рис. 2, но без прикатывающего каточка.

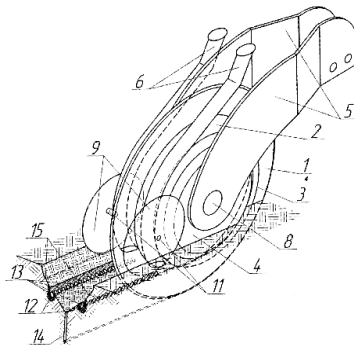
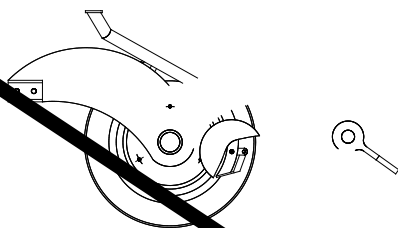


Рис. 2. Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника с двусторонними ребордами и дисковыми загортачами для узкорядного посева: 1 – плоский диск; 2 – внутренняя реборда; 3 – бороздкообразователь; 4 – наружная реборда; 5 – корпус; 6 – семянаправители; 8 – ось; 9 – сферические диски; 11 – ось; 12 – ложе; 13 – семена; 14 – щель; 15 – бороздки

Применение данной конструкции однодискового сошника позволяет добиться равномерности заделки семян в почву за счет получения бороздок одинаковой формы и глубины и нарезанных щелей; устранить сгруживание и отброс почвы; исключить осыпание стенок борозд в районе высева семян и предотвратить повреждение семянаправителей за счет использования сферических дисков; повысить всхожесть семян за счет использования реборд, которые создают уплотненные ложа, привлекая тем самым влагу; снизить тяговое сопротивление за счет установки сошников без угла атаки [1, 4, 7].

Комбинированный однодисковый сошник (рис. 3) для узкорядного посева семян зерновых культур и льна состоит из корпуса 5, который присоединяется к поводку сеялки; оси 8, на которой крепится без угла атаки к направлению движения плоский диск 1 с установленными на его обеих сторонах внутренними и наружными ребордами 2 и 4, имеющими форму усеченного конуса с бороздкообразователями 3; семянаправителей 6 с клапанами 10, имеющими форму концентричную форме реборд, и установленными у их основания сферическими дисками 9 на осях 11; закрепленных на корпусе чистиков 7, которые копируют формы рабочих поверхностей реборд и бороздкообразователей; прикатывающий каток 13, закрепленный на оси 12, который в поперечном сечении имеет форму равнобедренного треугольника – симметричную форме реборд, с установленным на поводке чистиком 14.



Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева показана на рис. 4.

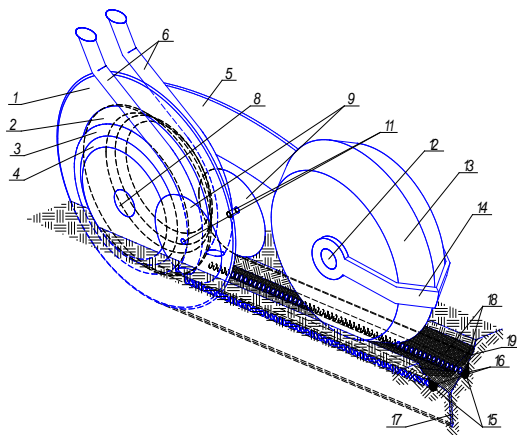


Рис. 4. Технологическая схема работы комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева: 1 – плоский диск; 2 – реборда; 3 – бороздкообразователь; 4 – реборда; 5 – корпус; 6 – семянаправитель; 7 – чистик; 8 – ось; 9 – диск; 10 – клапан; 11, 12 – ось; 13 – прикатывающий каток; 14 – чистик; 15 – ложа; 16 – семена; 17 – щель; 18 – прослойка почвы; 19 – бороздка

Плоский диск 1, свободно вращающийся на оси 8, установлен без угла атаки к направлению движения. При движении в почве он разрезает заточенной кромкой пожнивные и растительные остатки, образует узкую щель 17, а установленные на нем с внутренней и наружной стороны реборды 2 и 4 создают по обе стороны от щели 17 уплотненные под углом к горизонту ложа 15. В уплотненных ложах, установленные на ребордах бороздкообразователи 3 с закругленными кромками выдавливают бороздки с расстоянием  $b = 62,5$  мм между ними. Потoki семян направляются в семянаправители 6, из которых под силой тяжести в образованные бороздкообразователями бороздки укладываются семена 16 мелкосеменных культур, а сферические диски 9, установленные на осях 11 у основания семянаправителей, создают бороздки 19 и предотвращают этим самым осыпание стенок бороздки в районе высева семян. Установленный за сошником на корпусе 5 прикатывающий каток 13 за счет приданной ему формы образует над бороздками с уложенными в них семенами прослойку почвы 18 неодинаковой плотности. За счет установленного на поводке чистика 14, копирующего форму катка, поч-

ва не налипает на его поверхность. Образованная плоским диском тонкая щель 17 заполняется почвой рыхлой структуры, создавая тем самым небольшой запас воздуха, способствующий лучшей всхожести семян.

Установка дисков с нулевым углом атаки и крена однодисковых сошников позволяет производить посев на высоких скоростях при этом уменьшить до минимума разброс почвы в сторону, значительно уменьшить тяговое сопротивление, создать уплотнение ложа не только дна, но и стенок бороздок.

**Заключение.** В настоящее время в Республике Беларусь создаются условия для ведения точного земледелия. Суть точного земледелия в том, чтобы обработка полей производилась в зависимости от реальных потребностей культур, выращиваемых в данном месте. Эти потребности определяются с помощью мониторинга земельных ресурсов на основе современных информационных технологий, включающих космическую съемку. При этом предполагается, что для достижения максимального эффекта при минимальном ущербе окружающей среде и снижении общего расхода применяемых веществ, средства обработки могут различаться в пределах отдельных участков поля. Поэтому технологическая и конструкторская база средств и агрегатов для обработки почвы Республики Беларусь должна быть разнообразной и подготовленной к этим изменениям. С учетом этого в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии разработана, запатентована и прошла практическую апробацию целая серия сошниковых групп посевных машин для разнообразных сельскохозяйственных культур.

В данной статье демонстрируются их конструктивные особенности, принципы работы и достоинства по отношению к имеющимся аналогам. Данные сошники позволяют:

- более равномерно распределять семена по площади питания;
- производить посев зерновых культур на высоких скоростях тяговых механизмов (до 25 км/ч, при конструкции сошников с нулевым (или близким к 0) углом атаки);
- увеличить производительность посевных машин на 50 % и более;
- сократить сроки сева зерновых культур при двухрядной расстановке сошников на посевных машинах и агрегатах;
- создать условия для равномерного и ускоренного подтягивания влаги к семенам.

В совокупности вышеизложенное позволит добиться более ускоренных и равномерных всходов возделываемых культур, их равномерного созревания, а значит сократить в ходе уборки потери и повысить урожайность зерна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация дисковых сошников по технологическим и конструктивным параметрам / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Д. В. Греков, Н. И. Дудко // *Весті НАН Беларусі, Серыя аграрных навук.* – 2017. – № 2. – С 100–109.
2. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
3. Комбинированный однодисковый сошник с симметрично расположенными двухсторонними ребордами – бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // *Вестник БГСХА.* – 2016. – № 3. – С. 137–140.
4. Математическая модель комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // *Вестник БГСХА.* – 2016. – № 4. – С. 100–103.
5. Математическая модель пахотного слоя почвы, как сплошной сыпучей среды, сжимаемой и способной к самоорганизации при ее обработке / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // *Вестник БГСХА.* – 2017. – № 4. – С. 160–163.
6. Математическая модель уплотнения почвы в бороздках, образованных однодисковым сошником с нулевым углом атаки и симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями для узкорядного посева мелкосемянных культур / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // *Вестник БГСХА.* – 2016. – № 4. – С. 104–107.
7. Результаты мелколдяночного опыта по предпочтительному размещению семян зерновых культур при посеве / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // *Вестник БГСХА.* – 2018. – № 1. – С. 169–172.
8. Современные тенденции в развитии конструкций и технологических схем дисковых сошников / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Н. И. Дудко, Д. В. Греков // *Весті НАН Беларусі. Серыя аграрных навук.* – 2018. – Т. 56, № 1. – С. 87–98.
9. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.

*Аннотация.* В последнее время с учетом перехода на точечное земледелие зарубежные и отечественные посевные машины оборудуются, как правило, одно или двухдисковыми комбинированными сошниками, обеспечивающими скоростной посев с равномерной укладкой и заделкой семян сельскохозяйственных культур по глубине и площади питания. В представленном материале приводится обзор перспективных конструкций и технологических схем однодисковых сошников. Материал является результатом патентного поиска и анализа существующих конструкций и отражает современные тенденции в развитии этого рабочего органа.

*Ключевые слова:* посев, сеялка, сошник, диск, реборда, семена.

## ОБЗОР И ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХДИСКОВЫХ СОШНИКОВ С ОГРАНИЧИТЕЛЕМ ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Д. В. ГРЕКОВ, ст. преподаватель  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** В настоящее время производство картофеля в Республике Беларусь характеризуется высокими ресурсными затратами. Так, на возделывание 1 га картофеля в республике затрачивается в среднем 500 чел.-ч. Наибольшие затраты энергии приходятся на обработку почвы при возделывании и извлечении картофеля из почвы: затраты энергии на обработку почвы в процессе возделывания составляют 30–35 % от общих затрат; 60–65 % затрат энергии приходится на подкапывание и сепарацию почвы в процессе уборки [2, 8, 10].

На производительность и качество работы машин в значительной степени влияют природно-климатические особенности района. Это влияние усиливает специфические особенности выращивания данной культуры, которые заключаются в том, что большинство операций по ее возделыванию и уборке связано с обработкой почвы или отделением почвенных примесей. Таким образом, производство картофеля возможно лишь при внедрении в хозяйстве не только прогрессивных работ, но и совокупности мероприятий, базирующихся на комплексном использовании новейших достижений науки, техники и передового опыта на всех стадиях производства продукции [6].

**Основная часть.** Двухдисковый сошник – рабочий орган, предназначенный для образования бороздки, укладки клубней, поданных из высевающего аппарата, и заделки бороздки почвой. В нем заканчивается движение семенного потока материала, образовавшегося в семенном ящике (бункере). Поэтому задача сошника состоит в том, чтобы образовать бороздку определенной глубины, уложить в нее клубни и заделать их почвой [1, 5].

Дисковые сошники имеют тупой угол вхождения в почву. Они хорошо работают в трудных условиях на тяжелых и влажных почвах. При образовании бороздки они не выворачивают влажную почву на поверхность. Однако дисковые сошники более металлоемки, сложны

по конструкции и уходу и менее долговечны по сравнению со скользящими [4].

Дисковые сошники подразделяются на однодисковые и двухдисковые. Двухдисковые сошники бывают узкорядные, с ребордами и скоростные. У обычного сошника картофелесажалки полозовидные сошники образуют в почве самостоятельную бороздку. Если же взять большой угол раствора ( $23^\circ$ ), то расстояние между бороздками увеличивается. Такие сошники могут разваливать гребень при посадке картофеля. Двухдисковые сошники с ограничительными ребордами в виде опорных колец применяются в овощных сеялках, в которых требуется точное поддержание заданной глубины заделки клубней. Реборды сошника укрепляют с внешней стороны для получения требуемой глубины заделки клубней [3].

В сельском хозяйстве при посеве семян широкое распространение получили дисковые (одно- или двухдисковые) сошники, которые хорошо очищаются от налипающей земли, не забиваются корнями и растительными остатками и хорошо преодолевают препятствия. Двухдисковый сошник состоит из двух плоских дисков, расположенных под острым углом ( $8-14^\circ$ ) друг у другу. С целью устранения возможности забивания и налипания почвы двухдисковые сошники могут быть оборудованы чистками с обеих сторон. Процесс посадки клубней с помощью посадочной машины заключается в следующем. Два диска, установленные с углом атаки, при движении в почве образуют щель. Потоки клубней укладываются в образованные бороздки и заделываются бороздозакрывающими дисками [7]. Дисковые сошники хорошо работают на разных почвах. Благодаря вращению дисков они почти не забиваются и не залипают, соответственно требуют меньших затрат на обслуживание в процессе работы. Одно из преимуществ дисковых сошников заключается в том, что они отвечают агротехническим требованиям при создании уплотненных стенок посевной бороздки и соответственно обеспечивают высеянному клубням необходимый режим влажности на заданной глубине. Этими сошниками можно проводить посадку на высоких скоростях и работать в более сложных условиях. Кроме того, применение дисковых сошников позволяет проводить весеннюю посадку в ранние сроки. Одним из существенных недостатков дисковых сошников является то, что необходимо качественно подготовить почву для посадки [9].

**Заключение.** С учетом вышеизложенного можно сделать вывод, что дисковые сошники хорошо работают на разных почвах. Благодаря

вращению дисков они почти не забиваются и не залипают, соответственно требуют меньших затрат на обслуживание в процессе работы. Преимуществом дисковых сошников является соответствие их агротехническим требованиям при создании уплотненных стенок посевной бороздки и обеспечение высеянными клубнями необходимого режима влажности на заданной глубине.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гермаковский, В. А. Посев дисковыми сошниками и создание условий для повышения урожайности / В. А. Гермаковский, Д. В. Греков // Научное творчество студентов – развитию агропромышленного комплекса. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2022. – С. 61–68.
2. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
3. Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр [Электронный ресурс] / Сравнение типов сошников. Диск, лапа или долото. – Режим доступа: <http://www.kaicc.ru/otrasli/mehanizacija/selhoztehnika/sravnienie-tipov-soshnikov-disk-lapa-ili-doloto>. – Дата доступа: 25.10.2024.
4. Огород [Электронный ресурс] / Виды сошников на сеялках. – Режим доступа: <https://fishingsecrets.info/vidy-soshnikov-na-sejalkah/.html>. – Дата доступа: 25.10.2024.
5. Петровец, В. Р. Обзор и анализ однодисковых сошников с нулевым углом атаки диска с симметричными ребордами-бороздкообразователями для узкорядного посева / В. Р. Петровец, С. В. Курзенков, Д. В. Греков // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2022. – № 1 (21). – С. 27–37.
6. Петровец, В. Р. Основы технологий и механизации сельскохозяйственного производства / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц. – Горки: БГСХА, 2009. – 228 с.
7. Совершенствование устройств и принципов работы средств механизации с дисковыми рабочими органами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ppt-online.org/184555>. – Дата доступа: 25.10.2024.
8. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.
9. Технологии и машины для посадки картофеля и междурядной обработки пропашных культур / В. Р. Петровец [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 44 с.
10. Шавель, А. Н. Динамика и региональные особенности развития картофелеводства в Республике Беларусь / А. Н. Шавель // Актуальные вопросы устойчивого природопользования: научно-методическое обеспечение и практическое решение. – Минск: БГУ, 2022. – С. 466–472.

*Аннотация.* Проанализированы условия для прорастания и развития картофеля путем использования двухдисковых сошников с ограничителем глубины заделки клубней.

*Ключевые слова:* картофель, посадка, клубень, двухдисковый сошник, ограничитель глубины.

## К ВОПРОСУ ПОСЕВА КУКУРУЗЫ И ДРУГИХ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР РЯДОВЫМ ДВУХСТРОЧНЫМ МЕТОДОМ

А. А. ДРАЛОВ, магистрант  
В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук  
КОНГ ЦЗЯДИ, ЛЯН ЭНЬЯН, аспиранты

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

**Введение.** Кукуруза является одной из важнейших культур на планете, используемой как в продовольственных, так и в кормовых целях. Ее выращивание во многом зависит от применяемых агрономических методов, включая технику посева [1–9]. Традиционные однострочные методы посева имеют недостатки, связанные с перерасходом семян, ненужной конкуренцией среди растений и неэффективным использованием ресурсов. В этих условиях рост популярности технологии рядового двухстрочного посева становится актуальным для повышения урожайности и оптимизации агрономических процессов [2–6].

**Основная часть.** При выращивании кукурузы необходимо выделять факторы, наиболее существенно влияющие на урожайность и качество продукции. Конечно, этих факторов множество. Но среди них следует обращать особое внимание на качественный посев, который определяется агросроками и продолжительностью этого процесса. Невыполнение или отклонение по тем или иным причинам от установленных нормативных сроков приводит к существенному снижению результатов работы.

В настоящее время широко используется однострочный посев с применением сеялок точного высева, однако данный способ неспособен обеспечить достаточные условия для полноценного роста растений. Сама конструкция аппаратов точного высева не позволяет точно укладывать семена в почву по причине наличия определенного расстояния от точки сброса семени до почвы, что приводит к их частичному раскатыванию друг от друга.

Таким образом, можно утверждать, что сеялки точного высева не способны обеспечить равномерное размещение растений к уборке. Не следует замалчивать и другие недостатки сеялок точного высева, связанные как с высокой требовательностью к качеству изготовления отдельных элементов, так и с человеческим фактором при подготовке

этих машин к эксплуатации. Так, при механических поломках высевающих секций, отсутствии в некоторых из них вакуума, отсутствии семян, сводообразовании в бункерах происходит сплошной просев, который можно наблюдать на практике.

Не является секретом и наличие микропросевов из-за отсутствия одного или нескольких семян на их расчетном месте по причине неправильной регулировки, несоответствия размеров отверстий в высевающих дисках размеру семян, частичного забивания отверстий, недостаточного вакуума, проскальзывания приводных колес. По площади микропросев может доходить от 1,5 до 8 %. К сожалению, наблюдаются двойники, находящиеся в расчетном пункте строчки по причинам чрезмерного вакуума, неточной установки сбрасывателей семян, их плохой калибровки. При этом количество двойников может достигать до 12 %, а суммарные общие потери в площади питания растений из-за микропросевов и двойников в однострочном посеве приближаются к 18 %. Следовательно, прогнозируемая точная укладка семян в одну строчку не гарантирует равномерного расстояния между всходами.

Очевидно, по этой причине французская фирма «Monosem» предложила пунктирно-шахматный двухстрочный посев сеялкой точного высева. Здесь культура высеивается в две строчки на расстоянии 20 см вместо одной с междурядьем 75; 76,2 и 80 см. Однако мы полагаем более целесообразным использовать для посева кукурузы посевные агрегаты объемного высева (для зерновых культур), переоборудованных на двухстрочный широкорядный посев. Наш первый опыт использования такого подхода на высеиве кукурузы и сои дал положительный результат. Предложенная технология посева семян пропашных культур двухстрочным способом в настоящее время нашла практическое применение во многих хозяйствах страны.

По отзывам некоторых руководителей сельскохозяйственных организаций в периодической печати кукуруза, посеянная с использованием наших рекомендаций, оказалась более устойчивой к засухе, увеличилась урожайность семян кукурузы и зеленой массы, а полученный корм стал более питательным, что сказалось на продуктивности КРС. И все это обусловлено, на наш взгляд, именно увеличением площади питания на одно растение в 2,0–4,0 раза, сравнительно быстрым смыканием рядков кукурузы, что ухудшает условия для испарения влаги с поверхности почвы, при этом листья кукурузы меньше затеняют друг друга, что способствует лучшему использованию солнечной энергии. Наглядно разницу в площади питания однострочного и двухстрочного способов посева можно наблюдать на рис. 1.

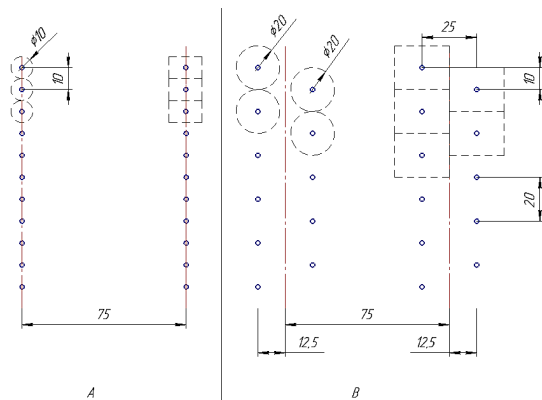


Рис. 1. Схема размещения семян.  
*A* – посев кукурузы однострочным методом;  
*B* – посев кукурузы двухстрочным методом

Безусловно, такой способ посева не способен обеспечить точную укладку семян с заданными интервалами. Однако при таком посеве даже предположив большую неточность ее границы значительно расширяются в связи с увеличением расстояния между семенами (более чем в два раза). Осуществлять посев рекомендуется в две строчки шириной 25 см и расстоянием между серединами строчек 75 см. Этот способ посева показал очень хорошие результаты в производственных условиях, был опубликован в периодической печати. Так, в одном из хозяйств Могилевской области урожайность зерна кукурузы составила 145 ц/га, а отдельные участки показали 150 ц/га, что в 2 раза превышало среднеобластные показатели, где посев осуществлялся в основном сеялками точного высева однострочным методом.

Такая технология посева кукурузы обеспечивает существенное снижение конкуренции между растениями за питательные вещества, воду, солнечный свет. При этом вся площадь поля активно используется растениями в процессе роста. Использование пневматической системы группового дозирования для объемного высева семян и удобрений обеспечивает существенное повышение производительности и снижение затрат труда за счет повышения скорости движения посевного агрегата до 10–12 км/ч вместо 5–6 км/ч у пневматических сеялок точного высева при посеве семян кукурузы, в том числе за счет использования больших объемов бункеров для семян и туков, которые существенно снижают время на обслуживание сеялок при заправках

семенами и туками. Все это способствует благоприятным условиям посева в сжатые сроки и снижению затрат труда.

**Заключение.** Рядовой двухстрочный метод посева кукурузы и других пропашных культур представляет собой эффективное агрономическое решение, способное повысить урожайность и уменьшить затраты. Дальнейшие исследования необходимы для уточнения дополнительных данных по оптимизации этого метода, а также для анализа его применения в новых агроэкологических условиях.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Агроэкономическая эффективность применения удобрений при возделывании кукурузы / О. Н. Марцуль, В. Н. Босак, Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева // Почва, удобрение, урожай. – Минск, 2010. – С. 105–108.
2. Астахов, В. С. К вопросу обоснования посева кукурузы рядовым двухстрочным способом / В. С. Астахов, Г. А. Валоженич, Г. О. Иванчиков // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск Брянский ГАУ, 2022. – С. 54–58.
3. Астахов, В. С. Посевная техника: анализ и перспективы развития / В. С. Астахов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – № 1. – С. 6–8.
4. Астахов, В. С. Результаты испытаний макета пропашной сеялки с пневматической централизованной высевальной системой / В. С. Астахов, В. Г. Дрозд // Механизация обработки почвы и посева при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки, 1993. – С. 54–60.
5. Астахов, В. С. Сеялка СПУ-6 на кукурузном поле / В. С. Астахов // Белорусская Нива. – 2001. – 17 апреля. – С. 2.
6. Астахов, В. С. Широкорядный двухстрочный посев кукурузы. Как эффективно задействовать зарубежные агрегаты? / В. С. Астахов, Я. У. Яроцкий // Белорусская Нива. – 2008. – 15 мая. – С. 2.
7. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
8. Марцуль, О. Н. Влияние удобрений на продуктивность кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / О. Н. Марцуль, В. Н. Босак, Т. М. Серая // Почвоведение и агрохимия. – 2009. – № 2. – С. 190–197.
9. Клочков, А. В. Предотвращение потерь зерна при уборке / А. В. Клочков, В. В. Гусаров, В. Ф. Ковалевский. – Горки: БГСХА, 2015. – 108 с.

*Аннотация.* Рассмотрены особенности метода рядового двухстрочного посева кукурузы и других пропашных культур. Приводится анализ влияния данного метода на устойчивость растений, условия их роста, а также на урожайность и экономическую эффективность.

*Ключевые слова:* кукуруза, посев, растение, урожайность, рост.

## ДИСКОВЫЙ РАБОЧИЙ ОРГАН ДЛЯ РАЗБРАСЫВАНИЯ ТВЕРДЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Н. И. КОЗЕЛ, студент  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Минеральное удобрение представляет собой вещество, которое состоит из неорганических соединений и содержит в себе питательные элементы, необходимые для нормального развития растений. Такие удобрения насыщают почву азотом, фосфором, калием, кальцием и иными макро- и микроэлементами, тем самым способствуя быстрому созреванию плодов и увеличению объемов урожая [1–7, 9].

Сплошное внесение минеральных удобрений выполняют туковыми сеялками или машинами с центробежными аппаратами, которые распределяют удобрения равномерно по всей площади поля. Для внесения гранулированных минеральных удобрений по поверхности поля применяют навесные, прицепные и самоходные машины, снабженные центробежным, пневматическим или шнековым распределяющим устройством.

**Основная часть.** Задачей разработки является повышение равномерности разбрасывания твердых органоминеральных удобрений с увеличением рабочей ширины захвата универсального транспортного средства УПТС-15, а также урожайности растений [8].

Рабочий орган (рис. 1) состоит из вращающегося в горизонтальной плоскости диска 1, разделенного на четыре сектора (2, 3, 4 и 5). На краях стыков отдельных частей установлены четыре фигурные цельные лопатки 6. Каждая фигурная цельная лопатка 6 плавно увеличивается по высоте к их концам. Лопатка 6 за пределами диска 1 разделяется на пять пластин разной длины. Концы четырех пластин 9 вписываются в параболу. Они установлены симметрично под разными углами в вертикальной плоскости. Пятая верхняя пластина установлена под разными углами в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Вращение диска 1 осуществляется посредством вала 12, который закреплен в ступице 12.

Технологический процесс рабочего органа для разбрасывания твердых органоминеральных удобрений осуществляется следующим образом.

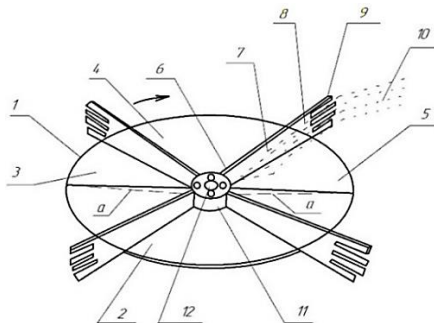


Рис. 1. Дисковый рабочий орган для разбрасывания твердых органоминеральных удобрений: 1 – диск; 2, 3, 4, 5 – сектор; 6 – лопатка; 7 – центральная часть лопатки; 8 – выходная часть лопатки; 9 – пластина; 10 – гранулы; 11 – ступица; 12 – вал

При вращении диска 1 сыпучий материал, например, гранулы 10 минеральных удобрений поступают на центральную часть диска 1. Гранулы 10 минеральных удобрений перемещаются на диске под углом  $\alpha$  по направлению к радиально расположенным на нем фигурным цельным лопаткам 6. При этом, перемещаясь по центральной 7 и выходной 8 частям фигурных цельных лопаток 6, гранулы 10 имеют определенный угол подъема. При вращении диска гранулы 10 минеральных удобрений смещаются к фигурным цельным лопаткам 6. Далее они перемещаются вдоль увеличивающихся по высоте лопаткам 6 к их центральным частям 7, где и перераспределяются в вертикальной плоскости по высоте лопаток 6, а также и выходным их частям 8. Затем гранулы 10 поступают на пять разделяющихся пластин 9, которые установлены под разными углами, а также в промежутки между пластинами 9.

Гранулы 10 минеральных удобрений, попавшие в промежутке между пластинами 9, будут иметь траекторию полета более пологую, чем гранулы, попавшие на пять пластин 9, имеющих разную длину. Гранулы 10, попавшие на самые длинные пластины 9, находящиеся в средней части, полетят дальше, чем гранулы 10, попавшие, например, на нижнюю пластину.

Гранулы 10, попавшие на верхнюю пластину 9, полетят под разными углами в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Таким образом, гранулы 10 органических удобрений, попавшие на пластины 9, имеющих разную длину и углы в вертикальной и горизонтальной плоскостях и промежутки между пластинами 9, будут

иметь различные траектории полета и более равномерно распределяться по площади поля.

**Заключение.** Преимущества предлагаемой разработки заключаются в возможности использования базового шнека УПТС-15 в качестве смесительного устройства и в обеспечении более равномерного распределения удобрений с близким гранулометрическим составом по площади поля, за счет чего повышается урожайность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Босак, В. М. Роля мінеральных і арганічных угнаенняў у забеспячэнні харчовай бяспекі / В. М. Босак, Т. У. Сачыўка, А. У. Дамнянкова // Химическая технология и техника. – Минск: БГТУ, 2024. – С. 513–515.
2. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
3. Босак, В. Н. Система удобрения в севооборотах на дерново-подзолистых легкоуглинистых почвах / В. Н. Босак. – Минск, 2003. – 176 с.
4. Босак, В. Н. Условия эффективного применения минеральных удобрений на северо-востоке Германии / В. Н. Босак // Международный аграрный журнал. – 1999. – № 12. – С. 22–25.
5. Босак, В. Н. Чем, как и когда подкормить сад / В. Н. Босак // Хозяин. – 2012. – № 7. – С. 8.
6. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
7. Лапа, В. В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В. В. Лапа, В. Н. Босак. – Минск, 2002. – 184 с.
8. Рабочий орган для распределения сыпучих материалов: пат. 9080 Беларусь, МПК А 01F 17/00 (2006) / В. Р. Петровец, Н. И. Дудко, В. Н. Перевозников, В. Л. Самсонов; заявитель УО БГСХА. – № u 20050610; заявл. 14.10.05; опубл. 30.06.2006 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2006. – № 1 (84). – С. 194.
9. 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. – С. 198–200.

*Аннотация.* Предложен дисковый рабочий орган для разбрасывания твердых органоминеральных удобрений, который обеспечивает более равномерное распределение удобрений с близким гранулометрическим составом по площади поля, за счет чего повышается урожайность.

*Ключевые слова:* машина, удобрения, рабочий орган, растение, урожайность.

## **К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ОБЪЕМА БУНКЕРА И ЕГО ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ МАШИНЫ ПО ПОСЕВУ КУКУРУЗЫ ДВУХСТРОЧНЫМ РЯДОВЫМ СПОСОБОМ**

КОНГ ЦЗЯДИ, ЛЯН ЭНЬЯН, аспиранты  
В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук  
А. А. ДРАЛОВ, магистрант

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

**Введение.** Республика Беларусь располагает значительными возможностями для увеличения сборов зерновых культур. Для этого разработано и планомерно внедряется комплекс мероприятий организационного, технологического и технического направления. Благодаря чему средняя урожайность достигла 40 ц/га. А некоторые передовые хозяйства устойчиво получают около 100 ц/га и выше. Однако остро стоит проблема производительности посевных машин, связанная с малыми агросроками, в течение которых необходимо заделать семена в почву, чтобы обеспечить оптимальную среду для их прорастания и последующего развития. В настоящее время исходя из своей конструкции посевные агрегаты ограничены своей рабочей скоростью движения, а именно 6–12 км/ч, чтобы не ухудшить качество посева. Исходя из этого активно развивается тенденция увеличения рабочей ширины захвата посевного тракторного агрегата. С одной стороны, это компенсирует низкий скоростной диапазон, но в то же время сильно ограничивает область применения. Данная тенденция очень требовательна к рельефу местности и форме поля. Рельеф территории Республики Беларусь характеризуется преобладанием плоских и полого-волнистых равнин и низменностей, речных долин и грядово-бугристых комплексов различного размера и конфигурации. Сразу становится ясно, что ровные поля – это редкость, максимум на что можно рассчитывать это небольшие участки. Увеличение производительности путем увеличения рабочей ширины посевного агрегата повлечет за собой падение качества посева [1–14].

**Основная часть.** Повышение производительности посевных агрегатов, это безусловно важнейшая профессиональная задача. Трудность её решения обусловлена, в том числе и небольшими сроками посева,

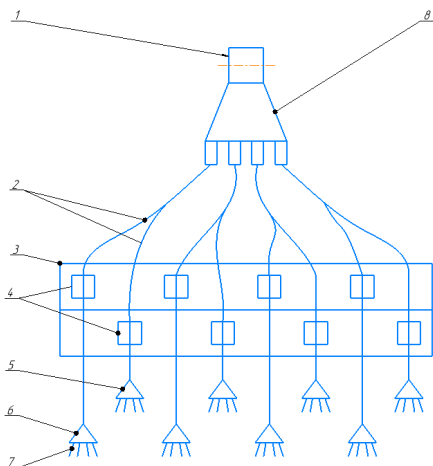
которые вынуждены растягиваться, что в последующем приводит к неравномерности всходов и исходящим из этого потерям.

Данная ситуация вынуждает нас на поиск альтернативных способов повышения производительности, одним из которых является увеличение объема бункера посевных машин. Существующие посевные машины часто оснащены стандартными бункерами, объем которых ограничен в целях уменьшения массы машины или уменьшения ее габаритов. Однако данное направление вынуждает агрегат часто останавливаться для заправки семян, и снижает общее рабочее время работы и эффективность. Чем меньше бункер, тем сложнее поддерживать контроль за качеством посева. Наблюдаются дополнительные расходы ГСМ и ресурсов техники, занимающейся транспортировкой семян к сеялке и ее заполнением.

Чтобы увеличить производительность посевного агрегата, уменьшить потери времени, приходящиеся на заправку семенами, снизить потери ГСМ и ресурса техники, занятой снабжением, предлагается увеличить объем бункера до значения, позволившего в течение смены проводить заправку семенами 1–2 раза. Заправка семенами один раз подразумевает заправку с самого утра без последующих заправок в течение всей смены, а в случае с двумя заправками первая осуществляется в начале смены, а вторая по прошествии первой ее половины (во время обеденного перерыва). Увеличение объема бункера напрямую пропорционально снижает количество остановок. Например, если бункер имеет объем 1000 л и расходует 250 литров в час, то ему потребуется дозаправка раз в 4 часа. При увеличении объема до 1500 л эта же машина может работать 6 часов, что дает существенное преимущество. Более крупный бункер позволяет установить более точные системы дозирования, что улучшает качество посева и повышает урожайность. Меньшее количество остановок дает возможность оператору сосредоточиться на процессе посева, избегая рутины с дозаправками.

Практические примеры и опыт исследования показывают, что на некоторых фермерских хозяйствах, где внедрили посевные машины с увеличенными бункерами, производительность возросла на 20–30 %. Примером может служить опыт использования сеялок с бункерами объемом 1500 литров, что в значительной степени минимизировало дополнительные затраты времени на дозаправку и увеличило общую эффективность операций на полях.

Для примера возьмем сеялку для посева кукурузы двустрочным способом с одновременным внесением удобрений, где используется пневматическая система группового дозирования с распределителями семян и удобрений горизонтального типа (рис. 1).



№	Наименование
1	Вентилятор
2	Воздухопроводы
3	Бункер
4	Катушечные дозаторы
5	Трубки
6	Семена
7	Семяпроводы
8	Воздухораспределитель

Рис. 1. Принципиальная схема высевальной системы

И примем следующие показатели:

Дано	Решение
$Q_{уд} - 30 \text{ кг/га}$ $Q_{кз} - 30 \text{ кг/га}$ $B_p - 6 \text{ м}$ $V_p - 12 \text{ км/ч}$ $T_{см} - 8 \text{ ч}$	$S_{зас. пол./ч} (\text{м}^2) = L_{ч} (\text{м}) \cdot B_p (\text{м})$ $S_{зас. пол./см} (\text{м}^2) = S_{зас. пол./ч} (\text{м}^2) \cdot T_{см} (\text{ч})$ $S_{зас. пол./см} (\text{га}) = \frac{S_{зас. пол./см} (\text{м}^2)}{10000}$
$m_{уд./см} - ?$ $m_{кз./см} - ?$ $S_{зас. пол./см} - ?$	$m_{уд./см} (\text{кг}) = S_{зас. пол./см} (\text{га}) \cdot Q_{уд} (\text{кг / га})$ $m_{кз./см} (\text{кг}) = S_{зас. пол./см} (\text{га}) \cdot Q_{кз} (\text{кг / га})$

где  $Q_{уд}$  – норма внесения удобрений, кг/га;

$Q_{кз}$  – норма внесения кукурузы, кг/га;

$B_p$  – рабочая ширина захвата агрегата, м;

$V_p$  – рабочая скорость движения агрегата, км/ч;

$V_{бун}$  – объем бункера, л;

$T_{см}$  – время смены, ч;

$m_{уд./см}$  – масса удобрений внесенная за смену, кг/га;

$m_{кз./см}$  – масса семян кукурузы внесенная за смену, кг/га;

$S_{зас. пол./см}$  – площадь, засеянная за смену, га.

Произведя необходимые расчеты, мы получаем следующие значения: при использовании фосфорных удобрений при припосевном внесении плотностью  $0,9 \text{ т/м}^3$  нам необходим бункер объемом  $1,6 \text{ м}^3$  (при одной заправке), или  $0,8 \text{ м}^3$  (при двух заправках).

Объем семенного бункера на день при плотности семян кукурузы  $0,72 \text{ т/м}^3$  исходя из расчетов принимаем равным  $1,25 \text{ м}^3$  (при одной заправке), или  $0,63 \text{ м}^3$  (при двух заправках).

В свою очередь бункер может быть оснащен надставками, которые способствуют уменьшению массы машины в случаи, когда нет необходимости в таком большом бункере (надставки снимаются).

Расчет показывает разницу между сеялкой со стандартным бункером и сеялкой с увеличенным. Сеялка с увеличенным бункером будет затрачивать только 30 мин на заправку за всю смену, в тоже время сеялка со стандартным бункером на заправки затратит 1 час рабочего времени. Исходя из этого видно, что обработанная площадь значительно отличается, учитывая, что время смены одинаковое. Исходя из конструкции бункера при использовании пневматической системы группового дозирования в виде прямоугольной ящичной конструкции, разделенной на два отсека для семян и удобрений, рассчитаем основные размеры такой конструкции, принимая ширину бункера по ходу движения  $2,5 \text{ м}$ . Причем бункер с надставками должен обеспечить объем семян и удобрений на всю дневную смену работы посевного агрегата. Без надставок – двойную заправку в течение смены. Такой вариант конструкции бункера позволит пользователям для своих условий эксплуатации более рационально использовать посевную машину. А удельная грузоподъемность бункера составит  $0,25\text{--}0,30 \text{ м}^3$  на метр ширины захвата посевного агрегата.

Для расчета примем следующие показатели:

Дано	Решение
$B_{\text{бун по ход}} - 2,5 \text{ м}$ $l_{\text{бун по ход}} - 0,12 \text{ м}$	$S = S_1 + S_2$ $S_1 = H_{\text{бун}} \cdot l_{\text{бун}}$ $S_2 = \frac{H_{\text{бун}} \cdot (L_{\text{бун}} - l_{\text{бун}})}{2}$
$H_{\text{бун}} - ?$ $L_{\text{бун по ход}} - ?$ $h_{\text{надставок}} - ?$	$V_{\text{бун}} = S \cdot B_{\text{бун}}$

где  $B_{\text{бун по ход}}$  – ширина бункера по ходу движения агрегата, м;

$l_{\text{бун по ход}}$  – длина бункера по ходу движения у основания, м;

$H_{\text{бун}}$  – высота бункера, м;

$L_{\text{бун по ход}}$  – длина бункера по ходу движения у вершины, м;

$h_{\text{надставок}}$  – высота надставок, м;

$V_{\text{бун}}$  – объем бункера для буков или семян, м.

Рассчитав основные показатели, получим, что бункер без надставок будет иметь следующие параметры (рис. 2):

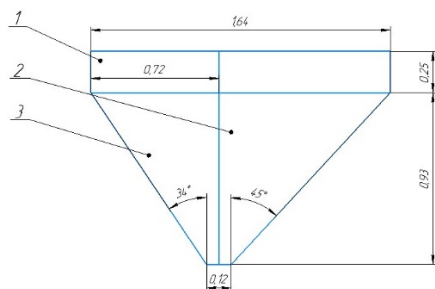
– ширина по ходу движения 2,5 м;

– длина бункера по ходу движения у основания 0,12 м и у вершины 1,64 м;

– высота бункера 0,93 м;

– угол наклона боковых стенок, для туков 45° для семян 34° градуса.

Высота надставок составляет 0,25 м.



Номер	Наименование
1	Надставки
2	бункер туковой
3	бункер зерновой

Рис. 2. Принципиальная схема бункера

**Заключение.** Проведенное обоснование и расчеты подчеркивают важность оптимизации параметров бункера для машин по посеву кукурузы, что непосредственно влияет на производительность и эффективность сельскохозяйственных работ. Результаты исследования могут служить основой для дальнейших разработок и усовершенствований в области сельскохозяйственной техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов, В. С. К вопросу обоснования посева кукурузы рядовым двухстрочным способом / В. С. Астахов, Г. А. Валоженич, Г. О. Иванчиков // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Брянский ГАУ, 2022. – С. 54–58.

2. Астахов, В. С. Посевная техника: анализ и перспективы развития / В. С. Астахов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – № 1. – С. 6–8.
3. Астахов, В. С. Результаты испытаний макета пропашной сеялки с пневматической централизованной высевающей системой / В. С. Астахов, В. Г. Дрозд // Механизация обработки почвы и посева при интенсивных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур. – Горки, 1993. – С. 54–60.
4. Астахов, В. С. Сеялка СПУ-6 на кукурузном поле / В. С. Астахов // Белорусская Нива. – 2001. – 17 апреля. – С. 2.
5. Астахов, В. С. Широкорядный двухстрочный посев кукурузы. Как эффективно задействовать зарубежные агрегаты? / В. С. Астахов, Я. У. Яроцкий // Белорусская Нива. – 2008. – 15 мая. – С. 2.
6. Босак, В. Н. Влияние удобрений на продуктивность зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистых рыхлосупесчаной и легкосуглинистой почвах / В. Н. Босак // Почвоведение и агрохимия. – 2008. – № 1. – С. 142–150.
7. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
8. Марцуль, О. Н. Влияние различных видов органических удобрений на продуктивность зеленой массы кукурузы на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / О. Н. Марцуль, В. Н. Босак // Почва – удобрение – плодородие – урожай. – Минск, 2009. – С. 190–192.
9. Новаков, С. А. Принципы рационального размещения семян по поверхности поля / С. А. Новаков // Сб. науч. тр. МИИСП. – М., 1975. – Т. 13. – С. 26–29.
10. Клочков, А. В. Предотвращение потерь зерна при уборке / А. В. Клочков, В. В. Гусаров, В. Ф. Ковалевский. – Горки: БГСХА, 2015. – 108 с.
11. Серая, Т. М. Экономическая эффективность применения удобрений при возделывании кукурузы / Т. М. Серая, В. Н. Босак, Е. Н. Богатырева // Устойчивое развитие экономики: состояние, проблемы, перспективы. – Минск, 2008. – С. 61–62.
12. Синягин, И. И. Площади питания растений / И. И. Синягин. – М., 1970. – 232 с.
13. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.
14. Яроцкий, Я. У. Обеспечение агротехнических требований при посеве сельскохозяйственных культур комбинированным агрегатом АППМ-6 / Я. У. Яроцкий, В. С. Астахов, И. Е. Ладик // ГУДОВ «Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Могилевского облисполкома». – Горки, 2012. – 28 с.

*Аннотация.* Рассмотрена методика обоснования объема бункера и его параметров для машины по посеву кукурузы двухстрочным рядовым способом. Установлено, что одним из способов повышения производительности является увеличение объема бункера посевных машин. Результаты исследования могут служить основой для дальнейших разработок и усовершенствований в области сельскохозяйственной техники.

*Ключевые слова:* бункер, производительность, кукуруза, посев, растение, урожайность, рост.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРУИ ФАКЕЛА РАСПЫЛА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

И. С. КРУК<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент  
Ф. И. НАЗАРОВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент  
А. А. АНИЩЕНКО<sup>1</sup>, аспирант  
О. В. ГОРДЕЕНКО<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

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

**Введение.** Основным рабочим органом, формирующим факел распыла на штанговых опрыскивателях, является распылитель. С целью обеспечения необходимого качества проведения химической защиты растений, агротехническими требованиями регламентируется необходимые расход рабочего раствора пестицидов через распылитель, дисперсность распыления и густота покрытия обрабатываемого объекта. В связи с этим необходимо обеспечить требуемое дробление жидкости в факеле распыла, которое определяется следующими параметрами: давлением в жидкостной напорной магистрали, типом распылителя и его конструктивными особенностями (диаметр сопла, строение камеры и полостей распылителя). Процесс формирования факела распыла является достаточно сложным и определяется стадиями, связанными с формированием струи, ее распадом и последующим движением капель, что требует обоснования влияния на них различных технологических и метеорологических условий и факторов [1–5]. Целью исследований являлось изучение влияния технологических факторов (давление жидкости, тип распылителя) на процессы распада струй и формирования факелов распыла жидкости.

**Основная часть.** Для исследований процесса формирования факелов распыла рабочих жидкостей, была разработана и изготовлена конструкция лабораторной установки, состоящей из следующих элементов: рамной конструкции, на которой установлена штанга с распылителями, приемная поверхность в виде желобков треугольного профиля, емкость для сбора жидкости, гидравлический насос с блоком питания и регулируемая аппаратура. Для изучения процесса формирования

факела распыла использовалась видеокамера GoPro Hero 4 (720p, 240 кадров/с), малоомощная подсвечивающая лампа различных цветов, а в качестве фона – затемненный щит. Для сравнения геометрических размеров струи к распылителю с помощью кронштейна крепилась измерительная линейка. Состояние окружающей среды контролировалось при помощи термометра, психрометра. В качестве исследуемых образцов использовались следующие распылители: щелевой СТ 110.03, вихревой Albus ATR 80, дефлекторный РД 1.6, щелевой СТ 110.04. Используемое оборудование: видеокамера GoPro Hero 4 (720p, 240 кадров/с).

Условия проведения экспериментов: температура воздуха в помещении (21–22 °С), относительная влажность в помещении (80–88 %). В качестве распыляемой жидкости использовалась водопроводная вода, температура которой составляла 19 °С.

*Методика проведения лабораторных исследований.* Размер и время распада струи на выходе из распылителя определялись при помощи видеофиксации. С помощью программы видеоматериал разбивался на большое количество кадров с частотой 0.0042 с, на которых в дальнейшем отслеживалось формирование и распад струи в факеле распыла за определенное время.

Замеры угла факела распыла при вершине сопла происходили следующим образом. Для каждого из распылителей устанавливалось рабочее давление и анализировались полученные кадры видеофиксации. При помощи графического редактора Компас определялось среднее значение угла факела распыла, полученное по четырем кадрам для каждого из 4 давлений для одного распылителя. Для одного распылителя определены четыре средних значения для четырех давлений, по которым строилась кривая зависимости угла факела распыла от давления в напорной магистрали.

Кадры, на которых струя факела распыла имела максимальную длину и ширину перед началом распада, помещались в программу Компас, где путем масштабирования осуществлялся сравнительный анализ полученных размеров струи и производились соответствующие замеры. Далее подсчитывалось среднее значение длины и ширины струи до формирования пленки из разных дублей для каждого давления анализируемых распылителей.

Средний интервал начала распада струи для одного из дублей подсчитывался следующим образом. Из всех возможных значений начала интервала считается их среднее значение, из всех возможных значений

конца интервала считается их среднее значение, затем эти два средних значения начала и конца интервала принимается как средний интервал распада струи для всех значений. Например, для распылителя № 2 при давлении 0,2 МПа, в разных дублях струя распадалась в разных интервалах времени (в отличии от давления 0,3 МПа для этого же распылителя, где в разных дублях струя распадалась в одном и том же интервале). В таком случае, от каждого интервала времени (0,0084–0,0126 с, 0,0126–0,0168 с, 0,0168–0,021 с), брались значения начала интервала времени (0,0084 с, 0,0126 с, 0,0168 с) и определялось их среднее значение (0,0126 с), также и для значений концов интервала времени (0,0126 с, 0,0168 с, 0,021 с) определялось их среднее значение (0,0168 с). Следовательно, два этих значения (0,0126 с и 0,0168 с) составляют средний интервал 0,0126–0,0168 с для всех значений интервалов времени (0,0084–0,0126 с, 0,0126–0,0168 с, 0,0168–0,021 с) распада струи.

В процессе анализа материалов съемки были получены данные измерений длины  $L$  и ширины  $B$  струи, интервалов времени распада струи (табл. 1), углов при вершине факела распыла  $\gamma$  (табл. 2) для разных распылителей в зависимости от подаваемого давления  $P$  в напорной магистрали (в таблицах указаны средние значения).

Таблица 1. Результаты измерений размеров струи и времени распада

Распылитель	$P$ , МПа	$L$ , $\times 10^{-3}$ м	$B$ , $\times 10^{-3}$ м	Интервал времени распада струи, с
СТ 110.03	0,2	9,59	12,64	0,0126–0,0168
	0,3	8,66	13,21	0,0084–0,0126
	0,4	9,88	14,23	0,0084–0,0126
	0,5	7,93	14,77	0,0042–0,0084
Albuz ATR 80	0,2	25,54	7,83	0,0126–0,0168
	0,3	22,94	8,16	0,0126–0,0168
	0,4	23,56	7,71	0,0105–0,0147
	0,5	19,96	7,60	0,0105–0,0147
РД 1.6	0,2	31,47	60,96	0,0105–0,0147
	0,3	31,96	66,15	0,0105–0,0147
	0,4	39,24	78,15	0,0105–0,0147
	0,5	26,26	56,54	0,0105–0,0147
СТ 110.04	0,2	11,71	14,95	0,0126–0,0168
	0,3	8,73	12,91	0,0126–0,0168
	0,4	9,56	13,81	0,0105–0,0147
	0,5	11,23	17,15	0,0084–0,0126

Таблица 2. Результаты замеров угла при вершине факела распыла  $\gamma$

Распылитель	$P$ , МПа	$\gamma$ , град
СТ 110.03	0,2	95
	0,3	99
	0,4	103
	0,5	106
Albuz ATR 80	0,2	78
	0,3	80
	0,4	82
	0,5	84
РД 1.6	0,2	152
	0,3	154
	0,4	156
	0,5	158
СТ 110.04	0,2	108
	0,3	110
	0,4	112
	0,5	114

По полученным результатам были построены графические зависимости угла при вершине факела распыла  $\gamma$  (рис. 1, а), длины  $L$  (рис. 1, б) и ширины  $B$  (рис. 1, в) струи от подаваемого давления  $P$  в напорной магистрали для исследуемых распылителей.

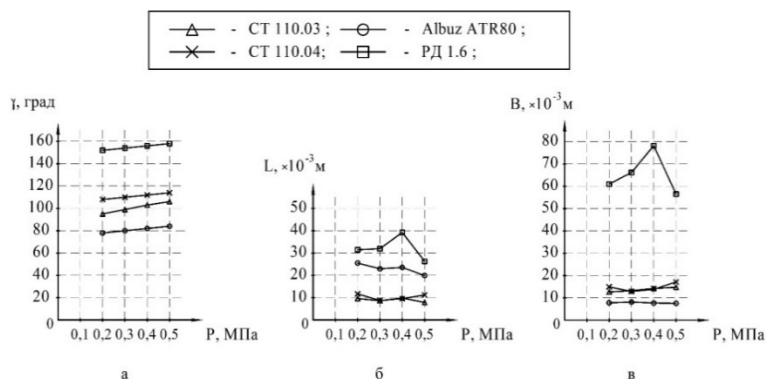


Рис. 1. Графики зависимости угла при вершине факела распыла  $\gamma$  (а), длины  $L$  (б) и ширины  $B$  (в) струи от давления жидкости  $P$  для разных распылителей

**Заключение.** В результате проведенных исследований было изучено влияние изменения давления в напорной жидкостной магистрали

опрыскивателя на технологические параметры факелов распыла различных гидравлических распылителей. Для всех распылителей в целом наблюдался одинаковый рост угла при вершине факела распыла, а тенденция изменения размеров струи имела как свои отличия, так и схожие признаки при определенных условиях. Результаты измерения интервалов времени, в которых струя факела распадалась, были схожи с прогнозируемыми. Полученные результаты могут быть использованы в теоретических и экспериментальных исследованиях при проектировании и эксплуатации полевых штанговых опрыскивателей, а также испытаниях гидравлического оборудования. Работа выполнена в рамках международного проекта T24MH-005 при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеенко, О. В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: дис. ... канд. техн. наук / О. В. Гордеенко; БГСХА. – Горки, 2004. – 218 с.
2. ГОСТ ИСО 5682-1-2004. Оборудование для защиты растений. Оборудование распылительное. Ч. 1. Методы испытаний распылительных насадок. – Введ. 2005-01-01. – Минск: Госстандарт, 2004. – 24 с.
3. Клочков, А. В. Механизация химической защиты растений / А. В. Клочков, А. Е. Маркевич. – Горки: БГСХА, 2008. – 228 с.
4. 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.
5. Паж, Д. Г. Распылители жидкостей / Д. Г. Паж, В. С. Галустов. – М.: Химия, 1979. – 216 с.

*Аннотация.* Рассмотрены вопросы изменения параметров факела распыла гидравлических распылителей (длина и ширина струи факела распыла, угол при вершине факела распыла, время распада струи факела распыла), в зависимости от изменения технологических параметров распыления – давления жидкости в напорной магистрали и типа распылителя. На основании полученных результатов опытным путем построены графические зависимости. Полученные результаты могут быть полезны для дальнейшего применения их в теоретических и экспериментальных исследованиях при проектировании и эксплуатации полевых штанговых опрыскивателей, а также испытаниях гидравлического оборудования.

*Ключевые слова:* распылитель, струя, факел распыла, давление, параметры.

**НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА  
БЕЛАРУСИ И КИТАЯ  
В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
НАЦИОНАЛЬНЫХ АГРАРНЫХ ОТРАСЛЕЙ**

С. В. КУРЗЕНКОВ, канд. техн. наук, доцент  
СЯНЬЛЭЙ ЧЖАН, ЦЗЮНЬЯНЬ ЛУ, аспиранты

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

**Введение.** Решение продовольственной проблемы – стратегическая задача всех стран, в том числе Республики Беларусь и тем более Китая, который, имеет почти 1,5 миллиардную численность населения. И в этом цели наших государств общие – обеспечение, продовольственной безопасности, развитие и создание инфраструктуры и экономических связей, способствующих улучшению сотрудничества между Республикой Беларусь и Китаем во всех сферах экономики. Данные цели хорошо вписываются в концепцию Китая «Один пояс, один путь» (Belt and Road Initiative, BRI), которая представляет собой масштабный проект, направленный на развитие инфраструктуры и экономических связей между Китаем и другими странами [1]. Поэтому сегодня взаимовыгодное и партнерское сотрудничество между Китаем и Республикой Беларусь, в том числе и в области сельского хозяйства, является важным направлением решения стоящих экономических и социальных задач для обеих стран и драйвером в развитии их общего рынка.

**Основная часть.** В обеспечении продовольственной безопасности Республики Беларусь и Китая большая роль отводится сельскому хозяйству. Основой сельскохозяйственного производства обоих государств являются группы культурных растений. В широком смысле эти растения не ограничиваются только теми, которые предназначены на пищевые и технические цели. Они охватывают чрезвычайно широкий спектр категорий сельскохозяйственных растений: пищевых, кормовых, технических (товарных) и декоративных. Данные категории по видам сельскохозяйственных культур представлены на рис. 1.

Классификация сельскохозяйственных культур в широком смысле охватывает многие аспекты: от основных жизненных потребностей до экологического баланса. Каждый вид сельскохозяйственных культур, которых в мире существует большое разнообразие, играет важную роль в своей конкретной области [2].



Рис. 1. Категории культурных сельскохозяйственных растений

Однако в узкой классификации агрокультур центральное место в сельскохозяйственном производстве занимают зерновые, клубнеплоды и корнеплоды, масличные, прядильные, кормовые, бахчевые и алкалоидные культуры. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) [2], эти культуры составляют основную часть сельскохозяйственного мирового производства. Подгруппы и представители этих сельскохозяйственных культур приведены на рис. 2. Данные сельскохозяйственные культуры, выращиваются крупномасштабными и интенсивными методами посадки. Именно с производством этих сельскохозяйственных культур, как правило, связывают продовольственную безопасность страны и стабильность развития ее аграрной экономики.

В последние годы Беларусь и Китай демонстрируют разные характеристики и тенденции в сфере растениеводства. Между двумя странами имеются существенные различия по климатическим условиям, посевным площадям и производству продовольственных, товарных и кормовых культур.

Приоритетное место в растениеводстве обоих государств среди основных сельскохозяйственных культур занимает зерновые и зернобобовые культуры. Китай, как один из крупнейших в мире производителей зерна, значительно превосходит Беларусь по посевным площадям и объему его производства. При этом Китай специализируется на

выращивании риса, пшеницы, кукурузы, ячменя, сои, фасоли и гороха. По данным ФАО общий объем производства зерна в Китае за последние три года стабилизировался на уровне более 695 млн. т при посевных площадях в более чем 120 млн. га [3]. Однако здесь необходимо отметить, что в регионах Китая с субтропическим и тропическим климатом условия позволяют выращивать зерновые культуры круглый год, что делает обманчивой высокую урожайность этих культур.

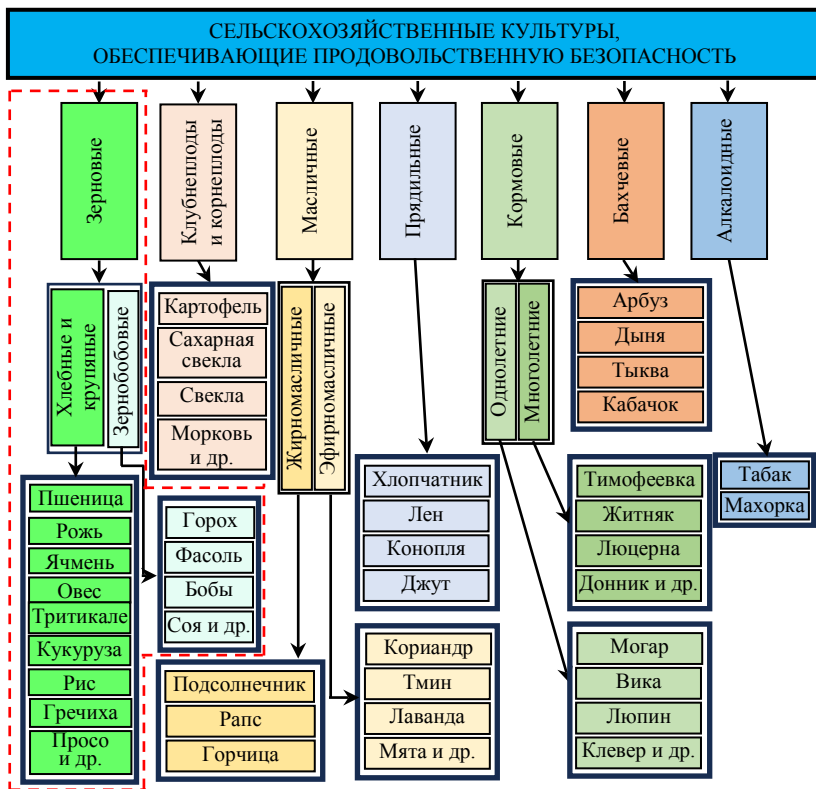


Рис. 2. Категории, подгруппы и представители основных сельскохозяйственных культур

Те же показатели в Республике Беларусь гораздо скромнее – примерно 7,7 млн. т при посевных площадях 2,35 млн. га, что составляет 40,7 % от ее общей посевной площади. При этом сельскохозяйствен-

ные предприятия республики специализируются на выращивании пшеницы, ячменя, ржи, овса, кукурузы, фасоли гороха и люпина. По данным Национального статистического комитета в Республики Беларусь, средняя урожайность зерновых и зернобобовых культур составила в 2023 г. 33,2 ц/га [4]. Стабильно высокие показатели урожайности зерна характеризуют высокую эффективность сельскохозяйственного производства Беларуси в условиях рискованного земледелия при умелом и рачительном отношении к ее земельным ресурсам.

Китай является крупным производителем хлопка. В последние годы под влиянием изменений рыночного спроса посевные площади хлопка колеблются. В тоже время его производство сохраняет устойчивый рост. Республика Беларусь не выращивается хлопок и импортирует его для удовлетворения внутреннего спроса. Обе страны имеют огромный потенциал для сотрудничества в хлопковой отрасли.

Говоря о масличных культурах, хочется отметить, что обе страны имеют значительные их посевные площади. При этом сельскохозяйственные предприятия Китая практикуют выращивание соевых бобов, рапса и других масличных культур. Китай является крупнейшим в мире производителем и экспортером льняной продукции. В Республике Беларусь выращивают рапс, подсолнечник, семена льна для последующей их переработки на масло. Льноволокно, выработанное из стеблей льна-долгунца, широко применяется в текстильном производстве и является визитной карточкой Беларуси.

Традиционно Китай считается родиной шелководства и шелка, лидером в производстве чая и продукции переработки конопли. Поэтому в Китае большое внимание уделяется выращиванию этих сельскохозяйственных культур. Например, производство чая и объем его экспорта занимает одно из первых мест в мире. Беларусь меньше вовлечена в эти области и больше полагается на импорт для удовлетворения спроса на внутреннем рынке.

Сахаросодержащие сельскохозяйственные культуры играют важную роль как для Китая, так и для Республики Беларусь. Основными источниками сахара в Китае являются сахарный тростник, который выращивается в южных провинциях страны и сахарная свекла, производимая в более суровых условиях. При этом данные культуры играют стратегическую роль в удовлетворении внутреннего спроса на сахар. Масштабы посевов сахарной свеклы в Беларуси значительно скромнее, а спрос и предложение в основном балансируются с учетом удовлетво-

рения внутренних потребностей страны и возможностей экспортного потенциала ее сахарного производства.

Что касается табачного производства, обе страны имеют определенный объем производства, но Китай, как крупнейший в мире производитель табака, занимает одно из первых мест как по производству, потреблению, так и по импорту. Тогда как табачное производство в Республике Беларусь больше ориентировано на внутренний рынок.

**Заключение.** Между Беларусью и Китаем существуют значительные различия в посевных площадях и производстве основных товарных культур, что не только отражает различия в обеспеченности сельскохозяйственными ресурсами, техническом уровне и рыночных требованиях между двумя странами, но и обеспечивает широкое пространство для сотрудничества между двумя странами в сельскохозяйственной сфере и научных изысканиях [1, 5].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. У Син, Хун. Взаимное сотрудничество Китая и Беларуси в области сельскохозяйственных исследований / У Син, Хун, Дай Юнган, Тэн Тжаньвэй, Сунь Лэй // Весці НАН Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2016. – № 3. – С. 14–18.

2. Colin K. Khoury, Steven Sotelo, Daniel Amariles, Geoff Hawtin The plants that feed the world. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8c24764f-0ab1-4f95-8265>. – Дата доступа: 05.11.2024.

3. Медведева, А. Китайский урожай яровых зерновых в 2024 году вышел на рекорд благодаря агротехнологиям. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agroxxi.ru/mirovye-agronovosti/kitaiskii-urozhai-jarovyyh> – Дата доступа: 05.11.2024.

4. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический буклет Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2024. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/f81/>. – Дата доступа: 05.11.2024.

5. Гершман, М. А., Иванова, И. А., Кузнецова, Т. Е. Китай расставляет акценты в научно-технической политике. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://issek.hse.ru/news/822382493.html?ysclid=m34ni88w2o1972565>. – Дата доступа: 05.11.2024.

*Аннотация.* Проанализированы возможности сотрудничества Республики Беларусь и Китая в области обеспечения продовольственной безопасности.

*Ключевые слова:* сельское хозяйство Республики Беларусь и Китая, продовольственная безопасность, сотрудничество.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕКВАДРАТИЧЕСКОГО ОТКЛОНЕНИЯ ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН КОМБИНИРОВАННЫМ СОШНИКОМ С РАЗНОВЕЛИКИМИ ДИСКАМИ

О. П. ЛАБУРДОВ, канд. техн. наук, доцент  
А. А. СЫСОЕВ, ст. преподаватель, магистр техн. наук  
С. А. СИДОРОВ, ст. преподаватель, магистр техн. наук

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

**Введение.** Доля зернового клина в структуре посевных площадей РБ существенна, поэтому повышение урожайности зерновых культур, при суммарном снижении издержек является актуальной задачей. Частичное решение поставленной задачи достигается за счёт совмещения операций посева и одновременного внесения основной дозы минеральных удобрений. Таким образом, статья посвящена решению части локальной задачи. В ней опытным путём, для выделенного критерия оптимизации сошника с разновеликими дисками, устанавливаются конструктивные параметры (угол атаки тукового диска, угол атаки семенного диска, толщина семенного диска). В качестве критерия оптимизации выбрано среднеквадратическое отклонение глубины заделки семян, которое, должно быть выдержано в строгих пределах, так как оказывает существенное влияние на урожайность зерновых.

**Основная часть.** Реализация процесса оптимизации среднеквадратического отклонения глубины заделки семян от параметров комбинированного сошника:

*Движение в область оптимума.* В соответствии с методикой проведения оптимизационных экспериментов [1–3] для отыскания оптимального сочетания выделенных при отсеивающих экспериментах факторов, влияющих на выбранный критерий у (среднеквадратическое отклонение глубины заделки семян) была реализована матрица планирования полного факторного эксперимента  $2^3$ , включающая 8 опытов, а также выполнена программа крутого восхождения по поверхности отклика. Эксперимент проводился в трехкратной повторности в рандомизированном порядке.

На основании результатов эксперимента были подсчитаны коэффициенты регрессии и проведена их статистическая оценка по известным формулам [1].

После проведенных расчетов и сравнения абсолютных значений коэффициентов регрессии с абсолютной величиной их доверительного интервала, то есть проверки существенности влияния, оказываемого на критерий оптимизации линейными факторами и их парными взаимо-

действиями, было составлено следующее уравнение регрессии:

$$Y = 0,69 + 0,165X_4 - 0,1125X_5 - 0,0625X_6 + 0,045X_{4,5}. \quad (1)$$

Полученное уравнение не является линейным, так как одним из его слагаемых является результат парного взаимодействия факторов  $X_4$  и  $X_5$ .

Используя расчетное значение критерия Фишера, устанавливаем адекватность представления результатов эксперимента полиномом первой степени:

$$F_p = \frac{S_{LF}^2}{S_{\bar{Y}}^2} = \frac{0,012}{0,0025} = 4,8 \quad F_T = 3,0 \Rightarrow F_p > F_T. \quad (2)$$

Таким образом, на основании неравенства (2) можно утверждать, что линейная модель, не может дать адекватного представления результатов эксперимента с 95%-ной вероятностью. Но, несмотря на это, с целью установления более благоприятных сочетаний факторов, для назначения границ и интервалов варьирования выделенных факторов при планировании и определении полинома второго порядка была выполнена программа крутого восхождения. Анализ результатов крутого восхождения показал, что выбранный ранее центр эксперимента находится вблизи области оптимума, поскольку наилучшие результаты ( $Y = 0,33$  см) получены после 2...3-го шага. После четвертого шага эксперименты прекратились, поскольку дальнейшее уменьшение угла атаки тукового диска приводит к невозможности внесения удобрений из-за малой ширины открываемой бороздки. Лучшим значениям критерия оптимизации соответствуют следующие значения факторов: угол атаки тукового диска  $X_4 = 5-6^\circ$ ; угол атаки семенного диска  $X_5 = 10-11^\circ$ ; толщина семенного диска  $X_6 = 7,5-9$  мм.

Обработка опытных данных и расчеты коэффициентов регрессии проводились по известным формулам [1]. В результате вычислений получили:

$$b_0 = 0,3433; b_4 = 0,1125; b_5 = 0,0625; b_6 = 0,025; b_{4,5} = 0;$$

$$b_{4,6} = -0,025; b_{5,6} = 0,025; b_{4,4} = 0,05; b_{5,5} = 0,113; b_{6,6} = 0,097.$$

После расчета коэффициентов составили уравнение регрессии второго порядка:

$$\hat{Y} = 0,3433 + 0,1125X_4 + 0,0625X_5 + 0,025X_6 + 0,025X_{5,6} - 0,025X_{4,6} + 0,05X_4^2 + 0,113X_5^2 + 0,097X_6^2. \quad (3)$$

После расчетов доверительных интервалов [5, 6] установлено, что все коэффициенты регрессии значимы, за исключением коэффициента парного взаимодействия факторов  $X_4$  и  $X_5$ .

Раскодированное уравнение регрессии будет иметь вид:

$$Y_2 = 18,016 - 0,3623a_1 - 2,323a_2 - 1,51c_2 + 0,0167a_2c_2 - 0,0167a_1c_2 +$$

$$+ 0,05\alpha_2^2 + 0,113\alpha_2^2 + 0,097c_2^2, \quad (4)$$

где  $\alpha_1$  – угол атаки тукового диска, град.;  
 $\alpha_2$  – угол атаки семенного диска, град.;  
 $c_2$  – толщина семенного диска, мм.

*Изучение поверхности отклика с помощью двумерных сечений.*

Двумерные сечения поверхности отклика, характеризующие средне-квадратическое отклонение глубины заделки семян в зависимости от двух из трех выделенных факторов, получим, подставляя поочередно в уравнение (3)  $X_4 = 0$ ;  $X_5 = 0$ ;  $X_6 = 0$ .

$$\hat{Y} = 0,3433 + 0,0625X_5 + 0,025X_6 + 0,025X_{5,6} + 0,113 X_5^2 + 0,097 X_6^2; \quad (5)$$

$$\hat{Y} = 0,3433 + 0,1125X_4 + 0,025X_6 - 0,025X_{4,6} + 0,05X_4^2 + 0,097X_6^2; \quad (6)$$

$$\hat{Y} = 0,3433 + 0,1125X_4 + 0,0625X_5 + 0,05X_4^2 + 0,113X_5^2. \quad (7)$$

Согласно методике [1–4], определяем для всех двумерных сечений координаты центра поверхности, угол поворота координатных осей в точке  $S$ , составляем уравнения регрессии в канонической форме, считываем оси эллипсов [1].

$$X_{4S} = -1,125; X_{5S} = -0,28; \alpha = 0$$

$$Y - 0,27 = 0,05X_4^2 + 0,113X_5^2; \quad (8)$$

$$X_{5S} = -0,26; X_{6S} = -0,15; \alpha = 29^\circ$$

$$Y - 0,33 = 0,12X_5^2 + 0,09X_6^2; \quad (9)$$

$$X_{4S} = -1,195; X_{6S} = -0,28; \alpha = -29^\circ$$

$$Y - 0,28 = 0,071X_4^2 + 0,076X_6^2. \quad (10)$$

Графические изображения сечений приведены на рис. 1.

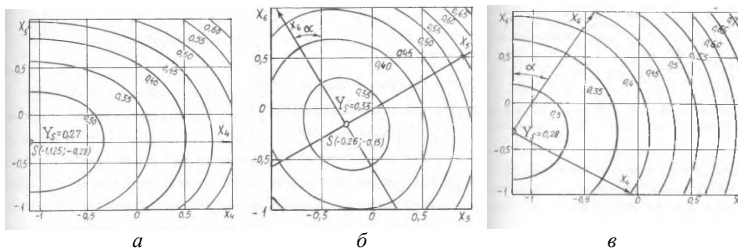


Рис. 1. а – двумерные сечения поверхности отклика для факторов  $X_4$  и  $X_5$  при оптимизации параметра  $Y_2$ ; б – двумерные сечения поверхности отклика для факторов  $X_5$  и  $X_6$  при оптимизации параметра  $Y_2$ ; в – двумерные сечения поверхности отклика для факторов  $X_4$  и  $X_6$  при оптимизации параметра  $Y_2$

**Заключение.** Анализ двумерных сечений показывает, что на величину среднеквадратического отклонения глубины заделки семян наибольшее влияние оказывает угол атаки семенного диска ( $\alpha_2$ ). В меньшей степени на параметр оптимизации оказывает воздействие угол атаки тукового диска ( $\alpha_1$ ) и толщина семенного диска ( $c_2$ ). Раскодировав значения параметров  $X_4$ ,  $X_5$ ,  $X_6$  из рисунков, можно установить, что оптимальные значения параметр оптимизации будет принимать при:

- $\alpha_1$  (угол атаки тукового диска)  $< 6,5^\circ$ ;
- $\alpha_2$  (угол атаки семенного диска)  $= 9-11^\circ$ ;
- $c_2$  (толщина семенного диска)  $= 6-9$  мм.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Колос, 1980. – 168 с.
2. Зедгенидзе, И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Зедгенидзе. – М.: Наука, 1976. – 150 с.
3. Тихомиров, В. Б. Математические методы планирования эксперимента при изучении нетканых материалов / В. Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1968. – 159 с.
4. Маркова, Е. В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей. – М.: Наука, 1973.
5. Лабурдов, О. П. Повышение эффективности припосевного внесения минеральных удобрений комбинированными сошниками с разновеликими дисками: дис. ... канд. техн. наук / О. П. Лабурдов; БГСХА. – Горки, 2002. – 168 с.
6. Лабурдов, О. П. Повышение эффективности припосевного внесения минеральных удобрений комбинированными сошниками с разновеликими дисками: автореф. дис. ... канд. техн. наук / О. П. Лабурдов. – Горки, 2002. – 29 с.

*Аннотация.* Представлены результаты определения параметров комбинированного сошника с разновеликими дисками опытным путем. Анализ полученных двумерных сечений позволяет установить параметры рабочего органа, при которых обеспечивается оптимальное значение параметра оптимизации – величина среднеквадратического отклонения глубины заделки семян зерновых культур, при использовании на саялке комбинированных сошников.

*Ключевые слова:* уравнение регрессии, комбинированный сошник, среднеквадратическое отклонение, поверхность отклика.

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МАШИН ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент  
В. А. ГАЙДУКОВ, канд. техн. наук, доцент  
Н. И. КОЗЕЛ, студент

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

**Введение.** На современном этапе разработки и освоения системы защиты растений от вредных организмов она рассматривается с точки зрения управления и регулирования фитосанитарного потенциала посевов и почвы. Регулирование численности вредных организмов осуществляют с помощью проведения взаимосвязанных организационных, агротехнических, биологических и химических мер. Значение каждой из них зависит от экологических, хозяйственно-экономических и погодных условий.

Рациональная организация системы защиты растений от вредных организмов основана на учете их численности, вредоносности, прогнозе появления. Прогноз, в свою очередь, служит основой для планирования объемов проводимых работ, определения потребности в агротехнических, химических, биологических средствах, технике, материальных и трудовых затратах. Целью и задачей защиты растений являются сохранение урожаев при широком использовании регулирующих механизмов внутри агроэкосистем и поддержание количества вредных организмов на уровне экологических и экономических порогов вредоносности. Большую роль в защите растений играет степень научной обоснованности других звеньев системы земледелия. Высокая их адаптивность к агроландшафтам позволяет максимально использовать регулирующие факторы обилия вредных организмов, присущие каждому элементу системы земледелия. При этих условиях защита растений будет более эффективной. Организационно-хозяйственные меры по защите растений включают: освоение севооборотов, использование высококлассных семян районированных сортов, устойчивых к болезням и вредителям, соблюдение сроков и качества проведения технологических приемов и предупредительных мер. Агротехнические методы в системе защиты растений используют при проведении предпосев-

ных, послепосевных и послеуборочных обработок почвы с применением различных сельскохозяйственных машин [1, 2, 5].

**Основная часть.** Химическую борьбу с вредителями и болезнями проводят опрыскиванием или опыливанием, аэрозольным методом, протравливанием семян, фумигацией почвы, разбрасыванием отравленных приманок. В современном хозяйстве, когда на первый план выходят ресурсосберегающие технологии выращивания сельскохозяйственных культур, большое значение имеет своевременная многократная обработка посевов препаратами химической защиты и качество техники, используемой для их внесения. Основной объем средств защиты растений вносится с помощью штанговых опрыскивателей.

Совершенствование опрыскивателей ведется в направлении повышения производительности и качества выполняемых работ путем технической модернизации элементов конструкции (штанг, распылителей, насосной группы и др.), а также снижения экологической нагрузки на окружающую среду благодаря дозированному и адресному внесению химических средств защиты, совершенствованию систем промывки и т. д. [7].

Растения опрыскивают распыленными жидкими ядохимикатами. При этом расход жидкости составляет от 25 до 2000 л/га. Расширяется применение малообъемного опрыскивания, при котором для обработки полевых и овощных культур расходуют 25–250 л/га, а для садов и виноградников – 230 л/га.

При опыливании растения покрывают тонким слоем порошкообразного ядохимиката. Этот способ менее трудоемок, чем опрыскивание, не требуется воды, но расход яда возрастает в 4–6 раз. Действие всякого опыливателя заключается в том, что сухой порошкообразный ядохимикат питающим аппаратом подается в кожух вентилятора. Воздушный поток выдувает ядохимикат через распыливающее устройство и наносит его на растения.

В аэрозольных генераторах концентрированный раствор ядохимиката термомеханическим способом – дроблением жидкости горячим воздушным потоком – превращают в туман. Чтобы уменьшить скорость испарения аэрозолей, в качестве растворителей применяют нефтепродукты с высокой температурой кипения (дизельное топливо, соляровое масло). Расход жидкого ядохимиката для обработки полевых и овощных культур составляет 5–10 л/га, для сада – 8–25 л/га.

Протравливанием семян уничтожают возбудителей болезней (головню). Семена протравливают полусухим, мокрым и термическим

способами. Для полусухого протравливания используют суспензии или раствор, приготовленный из одной части 40%-ного формалина и 80 частей воды; при влажном протравливании – из одной части 40%-ного формалина и 30 частей воды. На 1 т семян расходуют 100–150 л жидкости, после томления семена сушат [6].

Проведем ресурсометрическую оценку машин для химической защиты растений.

*Самоходная машина «John Deere»* – модель 4940. Это самый большой и производительный опрыскиватель, высокопродуктивная и эффективная машина, обеспечивающая высокую точность опрыскивания или разбрасывания удобрений. «John Deere» предлагает также использовать эту модель для внесения сухих удобрений: для этого нужно всего лишь заменить бак разбрасывателем. Разбрасыватели объемом 5,7 и 8,5 м<sup>3</sup> имеют вращающийся транспортер, который выбрасывает материал так, что он распределяется равномерно независимо от направления ветра. Для разбрасывания двух удобрений одновременно можно установить систему «MultiApplier» и сэкономить на затратах на смешивание и дополнительные проходы по полю.

*Самоходный опрыскиватель «Теснома Laser 4000»*. Данная модель сельскохозяйственной техники разработана для осуществления опрыскивания сельхозкультур и растений ядохимикатами и внесения жидких удобрений. Ширина захвата – 36 м. Основной резервуар для рабочей жидкости имеет объем 4 тыс. л. Производительность составляет 37,5–50,0 га/ч. Клиренс агрооборудования равен 1,0–1,30 м. Типоразмер установленных шин – 520/85 R38.

*Самоходный опрыскиватель «DT 2000 H Plus Highlander»* (фирма «DAMMANN», Германия). Отличительной особенностью опрыскивателя является изменяемый дорожный просвет, что позволяет использовать его при возделывании высокостебельных культур в последней стадии вегетационного периода. Для этого на каждом колесе установлено по два гидроцилиндра. Изменение клиренса в диапазоне 1,2–2,0 м выполняется из кабины оператора нажатием тумблера. Изменение ширины технологической колеи с 2,25 до 3,05 м также осуществляется с помощью гидравлики при движении агрегата.

*Полуприцепной опрыскиватель «Мекосан 2500-18»*. Штанговые опрыскиватели оснащены маятниковой системой копирования рельефа с возможностью принудительного уклона. Устойчивость штанги обеспечивается амортизаторами и стабилизирующим устройством. Крайняя секция снабжена противоударным механизмом (при встрече пре-

пятствия конец секции складывается). Штанга оснащена распылителями с шагом расстановки 0,5 м [3]. Гидросистема опрыскивателя обеспечивает плавное регулирование работы кинематики штанги. Управление всеми системами работы опрыскивателя осуществляется из кабины трактора. По желанию заказчика опрыскиватель может быть оснащен компьютером, который позволяет регулировать и контролировать в ручном и автоматическом режиме: скорость движения, норму времени, давление в каждой секции, количество жидкости в баке, время и площадь обработки, пройденное расстояние. Специализированное программное обеспечение управляет секциями с учетом выбранного способа, а также последовательно управляет несколькими секциями или полуштангами, предотвращая двойное внесение СЗР. Также может быть установлена навигационная система, которая позволяет следить за полным покрытием обрабатываемой площади и в комплексе с компьютером предотвращать наложение внесения химикатов [4].

*Опрыскиватель полуприцепной (Starter)*. Предназначен для опрыскивания посевов с целью защиты полевых культур от вредителей. Насос производительностью 230 л/мин обеспечивает обработку даже при повышенных нормах опрыскивания, а также равномерное перемешивание раствора внутри резервуара. Колеса большого размера обеспечивают достаточный агротехнический просвет, чтобы не повредить культурные растения и не застрять в мокрой почве.

*Опрыскиватель прицепной (Ranger)*. Предназначен для обработки пестицидами полевых культур. Основной бак опрыскивателя объемом 2500 л сконструирован с уклоном вперед, что обеспечивает равномерное распределение массы и эффективное перемешивание рабочего раствора. Краны управления жидкостным коллектором имеют обозначения в виде цветных значков с указанием операций, что делает управление легким и быстрым. Регулировка давления и управление секциями штанги осуществляется из кабины трактора. Компьютер управления опрыскиванием HC2500 (опция) обеспечивает точное внесение раствора, независимо от скорости движения. Опрыскиватель оборудован осью, которая позволяет менять ширину колеи от 1,5 до 2,0 м и имеет клиренс 0,72 м, а также штангой EAGLE с шириной захвата от 18 до 21 м. Система подъема навески «ParaLift» обеспечивает быстрое изменение высоты подъема штанги на нужную высоту [3].

**Заключение.** Без применения средств химизации в сельском хозяйстве обойтись невозможно. Особенно это относится к зонам с рис-

кованным земледелием, где из-за развития вредных объектов нередко могут происходить потери до 100 % урожая.

В нашей зоне имеют место значительные колебания по годам погодных условий, когда года с высокой влажностью сменяются годами с сухой и жаркой погодой, года с низкими температурами – годами с высокими температурами. В таких условиях часто возникают благоприятные условия для эпифитотийного развития вредителей, болезней и сорных растений. В таких условиях необходимо иметь надежную защиту от возможных потерь урожая. Такой защитой является правильно построенная система защиты растений. Такая система может обеспечить снижение колебаний урожайности по годам и привести к более стабильной прибыли в сельскохозяйственном производстве и, как следствие, повышению уровня жизни сельского населения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
2. Машины и оборудование в растениеводстве / А. В. Клочков [и др.]. – Минск: РИВШ, 2021. – 448 с.
3. Петровец, В. Р. Подготовка к работе машинно-тракторных агрегатов. Техническое обслуживание и ремонт тракторов и самоходных машин. Подготовка к работе машинно-тракторных агрегатов при выполнении технологических операций в растениеводстве / В. Р. Петровец, Н. И. Дудко. – Горки: БГСХА, 2022. – 384 с.
4. Петровец, В. Р. Производственные технологии и техническое обеспечение процессов в сельскохозяйственном производстве / В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2022. – 240 с.
5. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.
6. Торопова, Е. Ю. Предпосевное протравливание семян (методические аспекты) / Е. Ю. Торопова, Г. Я. Стецов // Защита и карантин растений. – 2018. – № 2. – С. 3–7.
7. Устинов, А. Н. Сельскохозяйственные машины / А. Н. Устинов. – М.: Академия, 2012. – 262 с.

*Аннотация.* Изучены особенности и технические характеристики современных машин для химической защиты растений (рабочих органов и вспомогательных приспособлений), а также проведена ресурсометрическая оценка данных машин.

*Ключевые слова:* машина, химическая защита, рабочий орган, растение, вредитель, обработка посевов.

## ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МАШИН ДЛЯ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент  
Л. А. ПОПОВА, зав. лабораторией  
Н. И. КОЗЕЛ, студент

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

**Введение.** Основная цель механической обработки почвы – создание наиболее благоприятных условий для роста и развития культурных растений и повышения ее плодородия [1, 4].

Основная цель механической обработки почвы может быть достигнута выполнением следующих операций: оборачивания, крошения (рыхления), резания, перемешивания, уплотнения, выравнивания поверхности, подрезания и выдергивания сорняков, поделки гребней, борозд, лунок.

Несколько технологических операций или процессов составляют систему обработки почвы. Различают основную (глубокую), дополнительную (поверхностную) и специальную системы обработки почвы. Основная имеет две разновидности – отвальную и безотвальную, а дополнительная подразделяется на предпосевную и послепосевную.

Основная обработка – это обычно первая наиболее глубокая обработка почвы (0,2–0,35 м) после возделывания предшествующей культуры. Ее проводят плугом с оборотом и последующим рыхлением почвенного пласта.

Поверхностная обработка проводится перед посевом, в процессе или после посева на глубину не более 0,12–0,14 м. Ее выполняют лущильниками, культиваторами, боронами, катками, фрезами с целью рыхления, перемешивания или уплотнения почвы, подрезания сорняков и заделки удобрений [2].

Специальная обработка применяется при освоении новых земель, а также позволяет создать некоторые специфические условия для нормального произрастания растений.

К основной обработке относится вспашка. Она включает в себя следующие операции: отрезание пласта от дна и стенки борозды, оборот, рыхление (крошение) и перемешивание.

**Основная часть.** Проблема ресурсосбережения в земледелии достаточно актуальна, прежде всего, при решении вопросов применения

наиболее эффективных способов и приемов основной обработки почвы. Среди ученых и практиков нет единого мнения по поводу необходимости использования в качестве орудия основной обработки почвы отвального плуга. Приводимые факты положительного влияния вспашки позволяют в значительной мере компенсировать ее отдельные недостатки, связанные со значительными энергетическими и материальными затратами, возможной причиной возникновения и развития водной эрозии и дефляции почвы, недостаточной способностью накопления и сохранения почвенной влаги.

Преимущества отвальной вспашки:

1. Плуг надежно заделывает растительные остатки, семена сорняков, вредителей и возбудителей болезней в почву. Растительные остатки впоследствии минерализуются, а семена сорняков не способны прорасти с большой глубины.

2. Происходит дифференциация пахотного слоя почвы по плодородию (смешивание верхнего и нижнего слоя пахотного горизонта почвы).

Недостатки отвальной вспашки:

1. Самый энергозатратный способ обработки почвы.

2. При систематическом использовании вспашки образуется перуплотненная плужная подошва, препятствующая проникновению воздуха и влаги в подпахотный горизонт, а значит, и ухудшающая способность почвы аккумулировать влагу в осенне-зимний период.

3. Угроза возникновения ветровой эрозии.

Вспашка больше подходит для регионов с оптимальными почвенно-климатическими условиями для выращивания культур.

Безотвальный способ обработки почвы имеет также преимущества и недостатки. Если говорить о положительных сторонах этого процесса, то к ним можно отнести следующие:

1. Происходит оживление почвы, она насыщается кислородом и гумусом. Конечно, при отвальном вспахивании эти процессы тоже происходят, но в гораздо меньшей степени.

2. Облегчается доступ влаги. Почва лучше впитывает влагу, при этом жидкость не так быстро испаряется. Все это делает рН почвы наиболее близкой к естественным показателям.

3. Происходит так называемая аэрация почвы, т. е. она не перегревается при высокой температуре воздуха и не перемерзает в зимнее время года.

4. В рыхлой почве активнее образуются отверстия в процессе перегнивания корней растений. Насекомые проникают в эти своеобразные

тоннели и потребляют в пищу остатки корней. Все это способствует скорейшему обогащению земли азотом.

5. Если по каким-то причинам рассада была высажена в почву поздно, то при безотвальном способе обработки корни рассады проникнут в почву намного быстрее. А это значит, что растение быстрее окрепнет и укоренится на новом месте.

6. Активизируется процесс восстановления почвы. Он будет происходить гораздо медленнее только в том случае, если земля длительное время обрабатывалась химикатами.

7. Безотвальное земледелие менее затратно в материальном плане.

Недостатки тоже имеются, но их намного меньше. К самым существенным относятся: необходимость покупки дополнительного оборудования, большие временные затраты, физическая тяжесть при обработке земли таким способом [3].

Проведем обзор современных машин для основной обработки почвы.

*Плуг семикорпусный оборотный полунавесной PG 100-7.* Испытание плуга семикорпусного оборотного PG 100-7 фирмы «Квернеланд» (Норвегия) проводилось в агрегате с трактором «CLAAS 850 AXION» на вспашке полей из-под многолетних трав при установочной ширине захвата 2,8 м. Влажность почвы – 23,0–23,8 %, твердость – 1,4–3,1 МПа в слоях 0–30 см.

Особенности конструкции:

1. Для лучшего крошения почвы на плуге установлены перьевые отвалы вместо сплошных отвалов.

2. Плуг имеет устройство для регулировки ширины захвата корпуса 35–50 см.

3. На плуге установлен предохранительный механизм рессорного типа, предназначенный для защиты рабочих органов и элементов конструкции крепления корпуса от повреждений при встрече с препятствиями.

При рабочей скорости движения 7,25 км/ч (по СТО АИСТ 1.12-2006 – до 12 км/ч) и рабочей ширине захвата 2,7 м производительность плуга PG 100-7 за час основного времени составила 1,96 га, или 0,73 га на метр ширины захвата (по СТО АИСТ 4.6-2010 – 0,24–0,40 га на метр ширины захвата), производительность в час сменного времени – 1,45 га, удельный расход топлива за время сменной работы – 15,7 кг/га.

Плуг PG 100-7 при установочной глубине 0,21 м (глубина пахотного горизонта в Северо-Западной зоне – 0,20–0,22 м из-за близкого за-

легания известняковых плит и камней) обеспечивает гладкую вспашку на средней глубине 0,21 м без развальных борозд и свальных гребней. Гребнистость поверхности пашни при этом составляет 0,03 м, что соответствует СТО АИСТ 4.6-2010 – 0,03–0,05 м, СТО АИСТ 1.12-2006 – 0,03–0,04 м. Крошение пласта по содержанию фракций почвы размером до 0,05 м получено на уровне 88,5 %, что также соответствует СТО АИСТ 1.12-2006 – 75 %.

Глубина заделки растительных и пожнивных остатков составляет 0,18 м при степени заделки 100 % (по СТО АИСТ 1.12-2006 – соответственно 0,12–0,15 м, степень заделки – 100 %).

В целом плуг РГ 100-7 имеет удовлетворительные эксплуатационно-технологические показатели и показатели качества выполнения технологического процесса на вспашке полей из-под многолетних трав. При наработке 306 часов коэффициент готовности с учетом организационного времени плуга равен 0,97. Нароботка на отказ – 51 час. Затраты на вспашку полей из-под многолетних трав составляют 1483,95 руб/га.

*Плуг оборотный полунавесной ППО-7-40К.* Испытание плуга ППО-7-40К производства ДП «Минийтовский ремонтный завод» (Республика Беларусь) проводилось в агрегате с трактором «Джон Дир 7800» на вспашке поля из-под многолетних трав с влажностью почвы 20,3–25,6 % и твердостью 1,1–4,0 МПа в слоях 0–0,3 м. При рабочей скорости движения 8,26 км/ч (по СТО АИСТ – до 5–8 км/ч, по руководству по эксплуатации – 7–10 км/ч) и рабочей ширине захвата 2,86 м производительность плуга ППО-7-40К за час основного времени составила 2,36 га, или 0,82 га на метр ширины захвата (по СТО АИСТ – 0,24 га на метр ширины захвата), производительность в час сменного времени – 1,67 га. Удельный расход топлива за время сменной работы составил 13,8 кг/га.

Плуг ППО-7-40К при установочной глубине 0,2 м обеспечивает гладкую вспашку без развальных борозд и свальных гребней. Гребнистость поверхности пашни при этом получена 0,04 м (по СТО АИСТ – 0,03–0,05 м, по руководству по эксплуатации – не более 0,05 м). Глубина заделки растительных и пожнивных остатков равна 0,15 м при степени заделки 98,5 %, что соответствует СТО АИСТ (0,12–0,15 м и  $(95 \pm 5) \%$ ) и руководству по эксплуатации (не менее 10 см и 98 %).

На вспашке поля из-под многолетних трав в агрегате с трактором «Джон Дир 7830» при рабочей скорости движения 7,30 км/ч (по СТО АИСТ – до 5–8 км/ч, по руководству по эксплуатации – 7–10 км/ч) и рабочей ширине захвата 2,8 м производительность плуга ППО-7-40К

за час основного времени составила 2,05 га, или 0,73 га на метр ширины захвата (по СТО АИСТ – 0,24 га на метр ширины захвата). Производительность в час сменного времени – 1,46 га. Удельный расход топлива за время сменной работы – 16,6 кг/га.

Плуг ППО-7-40К при установочной глубине 0,2 м обеспечивает гладкую вспашку без развальных борозд и свальных гребней. Гребнистость поверхности пашни при этом составляет 0,04 м (по СТО АИСТ – 0,03–0,05 м, по руководству по эксплуатации – не более 0,05 м). Глубина заделки растительных и пожнивных остатков получена 0,12 м при степени заделки 98,5 %, что соответствует СТО АИСТ (0,12–0,15 м и  $(95 \pm 5)$  %) и руководству по эксплуатации (не менее 0,1 м и 98 %).

В целом плуг ППО-7-40К выполняет технологический процесс на вспашке поля из-под многолетних трав в агрегате с тракторами «Джон Дир 7800» и «Джон Дир 7830» без образования свальных гребней и развальных борозд и имеет удовлетворительные показатели качества выполнения технологического процесса. При наработке 150 часов коэффициент готовности плуга с учетом организационного времени составил 0,98 (по СТО АИСТ 4.6-2003 – не менее 0,98), наработка на отказ – 47,5 часа. Совокупные затраты на вспашку в агрегате с трактором «Джон Дир 7830» составляют 803,64 руб/га.

*Плуг оборотный полунавесной VIS XLS 6+1.* Испытание плуга VIS XLS 6+1 фирмы «UNIA» (Польша) проводилось в агрегате с трактором «CLAAS AXION 930» на вспашке многолетних трав. Влажность почвы – 10,01–10,69 % и твердость – 1,86–4,93 МПа в слоях 0–0,3 м. Плуг имеет устройство для регулировки ширины захвата корпуса. Большой размер ходового колеса 550/45×22,5 для обеспечения удерживания глубины.

При рабочей скорости движения 10,48 км/ч (по СТО АИСТ 4.6-2010 – 5–8 км/ч) и рабочей ширине захвата 2,88 м производительность плуга VIS XLS 6+1 за час основного времени получена равной 3,02 га, или 1,05 га на метр ширины захвата (по СТО АИСТ 4.6-2010 – 0,24 га на метр ширины захвата; 1,51–3,02 га – по инструкции по эксплуатации), производительность в час сменного времени – 2,25 га, удельный расход топлива за время сменной работы – 14,76 кг/га.

Плуг VIS XLS 6+1 при установочной глубине 0,22 м (глубина пахотного горизонта в Северо-Западной зоне – 0,20–0,22 м) обеспечивает гладкую вспашку на среднюю глубину 0,22 м. Гребнистость поверхности пашни при этом составляет 0,06 м (по СТО АИСТ 4.6-2010 –

не более 0,03–0,05 м; по СТО АИСТ 1.12-2006 – не более 0,05 м). Из-за повышенной высоты (длины) растительных и пожнивных остатков – 0,28 м (по СТО АИСТ 4.6-2010 – до 0,25 м) глубина их заделки составила 0,09 м при полноте заделки 85 % (по СТО АИСТ 4.6-2010 – соответственно 0,12–0,15 м и  $(95 \pm 5)$  %; по СТО АИСТ 1.12-2006 – соответственно не менее 0,12 м и не менее 98 %).

Плуг VIS XLS 6+1 имеет удовлетворительные эксплуатационно-технологические показатели, при этом не соответствует требованиям СТО АИСТ 4.6-2010 и СТО АИСТ 1.12-2006 по гребнистости поверхности почвы. При наработке 320 часов коэффициент готовности равен 0,87 (по СТО АИСТ 4.6-2010 – не менее 0,99; по СТО АИСТ 1.12-2006 – 0,98). Нарботка на отказ составила 12,8 часа (по СТО АИСТ 1.12-2006 – 80 часов). Плуг VIS XLS 6+1 имеет недостаточный уровень надежности. Совокупные затраты на вспашку многолетних трав при агрегатировании плуга VIS XLS 6+1 с трактором «CLAAS AXION 930» составляют 1409,53 руб/га.

**Заключение.** Основная причина отказа от широкомасштабного всеместного внедрения в Беларуси энергосберегающей бесплужной обработки почвы – не игнорирование этого агроприема учеными и производителями, а специфика почвенных и климатических условий, которая не позволяет получать высокие стабильные урожаи при таком подходе к обработке почвы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
2. Кувайцев, В. Н. Машины и орудия для обработки почвы / В. Н. Кувайцев. – Москва: Бибком, 2013. – 626 с.
3. Руденко, В. Н. Механическая обработка почвы / В. Н. Руденко. – М.: КноРус, 2016. – 632 с.
4. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.

*Аннотация.* Изучены особенности конструкций и технические характеристики современных машин для механической обработки почвы, а также проведена ресурсометрическая оценка данных машин.

*Ключевые слова:* машина, обработка почвы, рабочий орган, вспашка, глубокое рыхление, лущение, культивация, боронование, прикатывание, фрезерование.

## СНОС КАПЕЛЬ ПРИ ЛЕНТОЧНОМ ВНЕСЕНИИ РАБОЧИХ РАСТВОРОВ ПЕСТИЦИДОВ

В. А. МЕЛЬНИКОВ<sup>1</sup>, магистрант  
А. А. АНИЩЕНКО<sup>2</sup>, аспирант  
О. В. ГОРДЕЕНКО<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент  
И. С. КРУК<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент  
Ф. И. НАЗАРОВ<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

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

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

**Введение.** Защита растений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур основывается на профилактических и истребительных мерах. Первые направлены на недопущение их появления, вторые – на уничтожение уже появившихся вредителей, возбудителей болезней и сорной растительности. Технология возделывания культур при широкорядном посеве предполагает междурядные обработки. Как правило, эффективность механической борьбы с сорняками с помощью культиваторов составляет 70–75 % [1], а в защитной зоне ряда культуры сорняки продолжают расти и составлять острую конкуренцию культурным растениям. С помощью ленточного внесения гербицидов можно уничтожить эти сорняки и доказать эффективность от сочетания двух мероприятий.

**Основная часть.** Для ленточного внесения пестицидов нужно специальное оборудование, которое устанавливают на сеялки (рис. 1, *а*), культиваторы (рис. 1, *б*), или соответствующая техника (рис. 1, *в*), что требует дополнительных капиталовложений.



Рис. 1. Оборудование для внесения рабочих растворов ленточным способом: *а* – на сеялке; *б* – на культиваторе; *в* – опрыскиватель со специальной штангой

Из анализа современных технологий ухода за посевами сельскохозяйственных культур при широкорядном посеве можно говорить о необходимости проведения трех-четырех междурядных обработок, в зависимости от периода вегетации, погодных условий, наличия сорняков. Использование комбинированных агрегатов, совмещающих междурядную обработку с ленточным внесением рабочих растворов, ведет к значительному повышению производительности, снижению затрат труда, топливно-смазочных материалов и растворов рабочих жидкостей пестицидов по сравнению с однооперационными машинами [1].

Однако, с установкой на культиватор или сеялку дополнительного оборудования для ленточного внесения пестицидов, появляется возможная проблема сноса капель. Снос пестицидов определяется как физическое перемещение капель рабочего раствора воздухом во время опрыскивания от объекта обработки в сторону [2, 3]. При работе оборудования для ленточного внесения пестицидов имеется возможность регулировки высоты установки распылителя над обрабатываемой полосой. Как правило, максимальная высота не превышает 50 см. В факеле распыленной жидкости всегда присутствуют от 7,5 до 15,0 % капель диаметром менее 80 мкм. Капли данного класса легко сносятся из зоны обработки даже при скорости ветра менее 1 м/с [2–9].

В УО БГСХА выполнены лабораторные опыты по изучению влияния направленного воздушного потока на распределение жидкости по обрабатываемой зоне (для ленточного внесения пестицидов полосой 20 см) и количественной оценке сноса капель за пределы зоны обработки. Направленный воздушный поток создавался центробежным вентилятором с приводом от электродвигателя мощностью 1,5 кВт. Скорость воздушного потока регулировалась дроссельным устройством, состоящим из заслонки и регулятора с ручным приводом. Данное устройство позволяет точно и плавно регулировать скорость выходящего воздушного потока от 0,5 до 10 м/с. Скорость воздуха измерялась чашечным анемометром АРИ-49 ГОСТ 7193-54. Для количественной оценки параметров сноса жидкости лабораторная установка оборудована дополнительной приемной поверхностью, которая установлена на одном уровне с приемной поверхностью обрабатываемой полосы. Дополнительная приемная поверхность набрана из желобков длиной 1,2 м. Желобки в поперечном сечении представляют собой равносторонние треугольники со стороной 50 мм, изготовленные из оцинкованной стали. Ширину приемной поверхности изменяли до 3,5 м путем установки дополнительных желобков.

В опытах границы оседания капель различного класса дисперсности определялись с помощью индикаторных карточек фирмы Novartis, разложенных вдоль почвенного канала с интервалом в 1 м и на выступах приемной поверхности. Класс дисперсности определялся сравнением следов капель на индикаторных карточках с шаблонами. Объем жидкости, образовавшейся из капель данного класса дисперсности, определялся по показаниям мерных цилиндров, установленных вдоль желобчатой поверхности. Объем жидкости, унесенный воздушным потоком за зону контроля, определялся как разность между объемом жидкости, пролитой через распылитель и суммарным объемом, зарегистрированным в мерных цилиндрах обрабатываемой полосы и дополнительной приемной поверхности.

Оценка влияния направленного воздушного потока на распределение жидкости по обрабатываемой поверхности выполнена путем сравнения показаний мерных цилиндров в неподвижной и подвижной окружающей среде.

Дальность сноса капель из зоны обработки определена измерениями расстояния от центра установки распылителя до границ оседания капель, рассматриваемого класса дисперсности.

Опыты проведены с распылителями TP40015E «Teejet», 30HCX3 «Lugmark», как наиболее полно удовлетворяющими требованиям ленточной обработки. Продолжительность опытов определялась достаточностью объема жидкости, собранной в мерные цилиндры с исследуемой зоны приемной поверхности.

Количественная оценка распределения жидкости за пределами зоны обработки представлена на рис. 2.

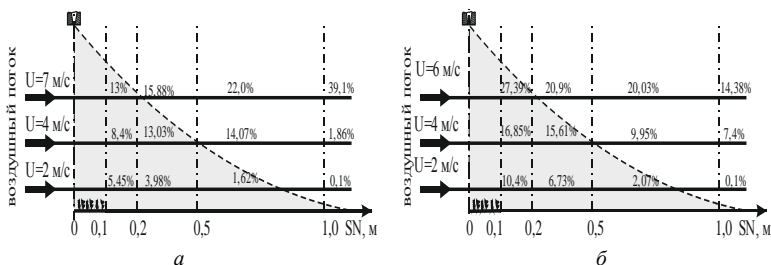


Рис. 2. Снос жидкости воздушным потоком:

*а* – распылитель TP40015E «Teejet», высота установки  $H=0,4$  м; давление  $P=0,3$  Мпа;  
*б* – распылитель 30HCX3 «Lugmark», высота установки  $H=0,3$  м; давление  $P=0,3$  Мпа.

Анализ данных, представленных на рис. 2, показывает, что при воздействии направленного воздушного потока происходит перераспределение жидкости по объекту обработки. В опытах отмечено, что при номинальных условиях опрыскивания и скорости направленного воздушного потока 2 м/с, свыше 10 % и 19 % жидкости, распыленной соответственно распылителями ТР4005Е и 30НСХ3, сносятся из зоны обработки на расстояние до 0,5 м и около 0,1 % – на расстояние более 1 м. Свыше 5 % жидкости, прошедшей через щелевой распылитель ТР4005Е, оседает за пределами обрабатываемой полосы, т. е. в междурядьях. Около 4 % распыленной жидкости оседает на расстоянии 0,2...0,5 м и около 2 % распыленной жидкости сносится на расстояние более 0,5 м.

Дальнейшее увеличение скорости воздушного потока приводит к резкому увеличению объема жидкости, сносимой за пределы зоны, контролируемой по объему. Например, при скорости воздушного потока  $U = 7$  м/с, из зоны обработки сносится до 76 % капель жидкости, генерируемых распылителем ТР40015Е. При этом снос за пределы контролируемой зоны (далее 1 метра от оси распылителя) возрастает с 0,2 % (при  $U = 2$  м/с) до 13,1 % (при  $U = 7$  м/с).

Объем жидкости, прошедший через распылитель 30НСХ3 и снесенный воздушным потоком ( $U = 2$  м/с) на расстояние 0,1...0,2 и 0,2...0,5 м от центра установки распылителя, соответственно составляет 5,45 % и 4,95 %. Снос жидкости на расстояние более 0,5 м, составляет около 0,1 %. С увеличением скорости воздушного потока до 2...6 м/с снос капель жидкости возрастает до 80...83 %. При этом около 18% жидкости сносится на расстояние более 1 метра. Это примерно в 2 раза меньше объема жидкости, снесенного воздушным потоком с аналогичными параметрами, воздействующим на факел распылителя ТР40015Е.

Данное явление объясняется двумя причинами:

- различием высоты установки распылителей над обрабатываемой поверхностью;
- различием в форме факела распыла; плоский факел распылителя ТР4005Е менее устойчив к воздействию воздушного потока, чем конусообразный факел распылителя 30НСХ3.

Общей закономерностью сноса капель направленным воздушным потоком из зоны обработки является непрерывная последовательность распределения следов капель на индикаторных карточках. При любой скорости потока воздуха дальше сносятся мелкие капли, ближе к рас-

пылителю оседают крупные капли. Это легко понять и объяснить. Снос капель из факела распылы является функцией баланса двух видов энергии. Первый, энергия капли, представляет собой произведение диаметра капли и скорости. Чем больше энергии в каплях, тем труднее их сместить, и именно поэтому более крупные и тяжелые капли меньше подвергаются сносу и быстрее оседают на целевом объекте. Вторая – энергия смещения, возникает из-за относительного движения воздуха. Больше скорость ветра означает больше мощности для сноса капель.

При боковом ветре смещение факела за пределы обрабатываемой полосы в междурядье оказывает существенное влияние на эффективность проводимых мероприятий.

Один из путей снижающий снос при работе оборудования для ленточного внесения пестицидов – использование ветрозащитных устройств (рис. 3).



Рис. 3. Устройства, снижающие снос рабочих растворов при опрыскивании ленточным способом

**Заключение.** Переменные, влияющие на снос распыления, представляют собой комбинацию факторов: погодные условия, физические свойства рабочего раствора, тип распылителя и его рабочие параметры. Практически во всех ситуациях, самый важный фактор, влияющий на снос – размер капли. Мелкие капли (<150 мкм), как правило, обеспечивают более равномерное покрытие, однако имеют тенденцию сноситься, поскольку они падают медленно, испаряются и уносятся легче даже при слабом ветре. Поэтому необходимо оградить факел распыла от прямого воздействия ветра применением ветрозащитных устройств. Работа выполнена в рамках международного проекта T24MH-005 при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеенко, О. В. Повышение эффективности ухода за посевами овощных культур на гребнях совершенствованием оборудования для ленточного внесения гербицидов: дис. ... канд. техн. наук / О. В. Гордеенко; БГСХА. – Горки, 2004. – 218 с.
2. Ключков, А. В. Снижение потерь пестицидов при опрыскивании / А. В. Ключков, П. М. Новицкий, А. Е. Маркевич. – Горки: БГСХА, 2017. – 230 с.
3. 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.
4. Spray drift and pest control from aerial applications on soybeans [Электронный ресурс] // <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v37n3p493-501/2017>. – Дата обращения: 10.09.2024.
5. Evaluation of Drift-Reducing Nozzles for Pesticide Application in Hazelnut (*Corylus avellana* L.) [Электронный ресурс] // <https://www.mdpi.com/journal/agriengineering>. – Дата обращения: 02.09.2024.
6. Проблема сноса пестицидов, ее причина и решение [Электронный ресурс] // <https://t-i-t.com.ua/problema-znesennya-pestitsidiv-yiyi-prichini-ta-rshennya/>. – Дата обращения: 03.09.2024.
7. Крук, И. С. Стенды и установки для исследований гидравлических распылителей полевых опрыскивателей / И. С. Крук, О. В. Гордеенко, А. А. Анищенко // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве. – Минск: БГАТУ, 2023. – С. 121–124.
8. Инновационные методы исследования дисперсных характеристик распылителей машин для химической защиты растений / В. Ф. Федоренко, Э. Г. Аристов, Н. Н. Краховецкий [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 120 с.
9. Маркевич, А. Е. Основы эффективного применения пестицидов: Справочник в вопросах и ответах по механизации и контролю качества применения пестицидов в сельском хозяйстве / А. Е. Маркевич, Ю. Г. Немировец. – Горки: Могилевский гос. учеб. центр подготовки, повышения квалификации, переподготовки кадров, консультирования аграрной реформы, 2004. – 60 с.

*Аннотация:* Движение капель рабочего раствора пестицидов по воздуху за пределы обрабатываемой площади определяется как снос. Независимо от применяемых в мире методов, способов и агротехнологий, потери пестицидов из-за сноса ветром и стекания их на почву в реальном сельскохозяйственном производстве могут достигать 70–90 %, а пищевые продукты и корма содержать микроостатки ядов в достаточно опасных концентрациях. Снос нежелателен по экономическим причинам, охраны окружающей среды и безопасности. По этой причине применение пестицидов должно производиться очень осторожно, используя современные методы и технические средства.

*Ключевые слова:* рабочий раствор пестицида, капли, ветер, снос, ветрозащитное устройство.

## АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ УБОРКИ КЛЮКВЫ КРУПНОПЛОДНОЙ В ЗАТОПЛЕННОМ ЧЕКЕ

А. К. РЕНДОВ, аспирант  
П. Ю. КРУПЕНИН, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Клюква – группа цветковых растений семейства Вересковые. Это низкие, ползучие кустарнички до 2 м и высотой от 5 до 20 см. Ягода клюквы съедобна, но с кисловатым вкусом, который обычно перебивает ее сладость. Высокие пищевые и лечебно-профилактические достоинство клюквы обусловлены содержанием в ней значительного количества физиологических активных веществ. Ягоды ее широко используются в пищевой промышленности, домашней кулинарии, находят разносторонне применение в научной и народной медицине. Все это обеспечивает им высокий спрос как на внутреннем, так и на внешнем рынке [1, 7].

После аварии на Чернобыльской атомной электростанции. Особенно актуальным в Республике Беларусь стала обеспечение населения высоко лечебной ягодной продукцией 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. В настоящее время происходит сокращение площади, занимаемой дикорастущими растениями клюквы, нужно переходить на промышленное выращивание [2, 3, 5].

**Основная часть.** Началом окультуривания клюквы считается 1816 г., когда садовод-любитель Генри Холл (США, Массачусетс) установил, что присыпанная песком дикая клюква плодоносит лучше, чем те растения, которые не были присыпаны. Первые плантации в России клюквы крупноплодной были созданы в конце XIX в. в Санкт-Петербургском ботаническом саду Э. Регелем, однако в начале XX в. исследования были прерваны. Вновь интерес к клюкве крупноплодной возник в 1960–1970-е гг. и попытки ее культивации были начаты как в России, так и в республиках бывшего СССР: Литве, Латвии, Беларуси. На территории бывшего СССР наибольшие успехи в промышленном выращивании клюквы крупноплодной достигнуты в Беларуси. Работы,

проводимые на протяжении нескольких десятилетий по изучению биологии видов, их экологии, закономерности развития, показали возможность плантационного выращивания в Республике Беларусь клюквы крупноплодной [2]. 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. Таким образом, для продовольственных целей наибольшую ценность имеют твердые зрелые ягоды с насыщенной красной окраской, т. к. именно в этот момент в них содержится максимальное количество сахара (до 8 %) и антоцианов – естественных пигментов, позволяющих пищевой промышленности производить из клюквы натуральные продукты питания без добавления искусственных красителей [6].

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.

Сущность процесса уборки ягод мокрым способом заключается в том, что промышленный чек затапливается водой на глубину 40...50 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 воду с чека спускают в отводной канал.

Захват ягод с поверхности воды предусматривает использование механический способ скребковых транспортеров, 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 кустар-

ника и т. п.). Но механический способ также имеет и недостатки: низкая производительность оборудования, повреждение ягод, высокие затраты труда.

Альтернативой механическому способу погрузки ягод является гидравлический, предполагающий использование установок типа «ягодная помпа» (рис. 1). Такое оборудование включает в себя всасывающий трубопровод с заборной воронкой, опускаемой ниже уровня воды в чеке, центробежный насос геликоидальным рабочим колесом и наклонный лоток с решетчатым дном.

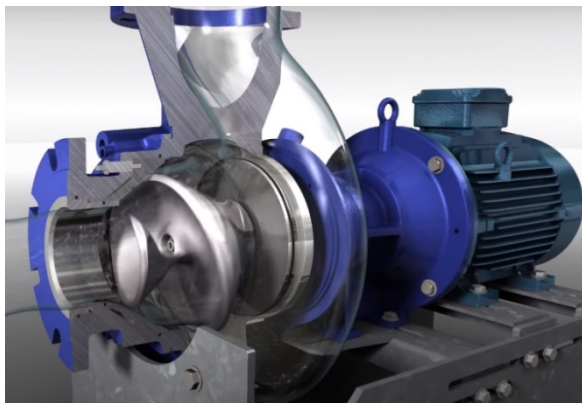


Рис. 1. Центробежный насос с геликоидальным рабочим колесом «Ягодная помпа»

«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 [4].

**Заключение.** Таким образом для процессов механизации уборки клюквы необходимо разработать и исследовать отечественный комплекс машин, используя результаты испытаний лучших зарубежных аналогов.

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. В настоящее время отече-

ственные 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, Центр. ботан. сад. – 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. – Т. 1. – Барнаул: АГУ, 2023. – С. 131–132.
3. Крупенин, П. Ю. Перспективное оборудование для уборки клюквы крупноплодной мокрым способом / П. Ю. Крупенин, А. К. Рендов // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 196–199.
4. Крупенин, П. Ю. Техническое обеспечение процесса уборки клюквы крупноплодной / П. Ю. Крупенин, А. К. Рендов, А. Г. Лягуский // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра. – Гомель, 2023. – Ч. 1. – С. 207–212.
5. 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.
6. 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.
7. 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.

*Аннотация.* Разработка элементов технологии 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, насос с геликоидальным рабочим колесом, скребковый транспортер.

## МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕХАНИЗМА ПРИВОДА МНОГОРОТОРНЫХ КОСИЛОК

С. Г. РУБЕЦ, канд. техн. наук, доцент  
В. А. ЕРОЩЕНКО, студент

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

**Введение.** Современное сельскохозяйственное производство предусматривает проведение разных видов работ, связанных со скашиванием разного рода трав и кустарников на сельскохозяйственных угодьях, в том числе, включающих в себя мелиорированные земли с расположенными на них мелиоративными системами, внутрихозяйственные дороги и технологические проезды с прилегающими площадями, естественные и культурные лугопастбищные угодья [1].

Операция скашивания растительности на сельскохозяйственных угодьях выполняется сегодня большим разнообразием машин, как зарубежных, так и отечественных производителей [2]. Широкое распространение получили косилки с сегментно-пальцевыми режущими аппаратами возвратно-поступательного действия и с режущими аппаратами вращательного действия. Скашивание травянистой и кустарниковой растительности на сельскохозяйственных угодьях, в том числе на откосах и бермах мелиоративных каналов, выполняется в основном многороторными косилками. Их режущими элементами чаще всего являются прямоугольные ножи, которые шарнирно прикреплены к несущей части ротора, обычно называемой диском.

Срезание растительности происходит при ударе ножа по растению. Разрушение растения в плоскости среза происходит благодаря инерции растения и высокой окружной скорости ножа. Такой способ срезания растительности называется инерционным или бесподпорным.

Несмотря на широкое распространение подобных косилок и длительный опыт их практического использования, круг теоретических исследований работы этих косилок достаточно ограничен, что сокращает возможности в теоретическом обосновании оптимальных параметров косилок. Особенно данное положение проявляется при использовании многороторных косилок для окашивания неудобц, обочин дорог, мелиоративных каналов и т. п. [3].

**Основная часть.** Анализ мирового опыта показывает, что преимущественное развитие получают режущие аппараты бесподпорного резания с вращательным движением ножей и осью вращения перпенди-

кулярной окашиваемой поверхности (роторные), производительность и надежность которых выше, чем сегментно-пальцевых.

По типу привода роторные режущие аппараты бывают с механическим, с гидравлическим, с пневматическим и комбинированным приводом. По расположению привода рабочих органов режущие аппараты разделяют на аппараты с верхним, нижним и комбинированным приводом. По вторичному приводу (непосредственному приводу роторов) их подразделяют на аппараты, которые приводятся во вращение от вала отбора мощности (с клиноременной передачей, с зубчатой конической и цилиндрической передачей, а также с цепной передачей на роторы) или от гидромотора. Мелиоративные косилки обычно выносятся в сторону, поэтому для них предпочтительным является боковой привод.

Проведенный анализ показывает, что при скашивании растительности на мелиоративных объектах наиболее широко применяются режущие аппараты с механическим боковым приводом, включающим в себя клиноременную, зубчатую коническую и цилиндрическую передачи.

Такой режущий аппарат состоит из корпуса редуктора, который образуется из верхней и нижней штампованных из листовой стали частей. Ножи крепятся к дискам, установленным на валах с опорами.

Привод роторов осуществляется от установленного сбоку на режущем аппарате гидромотора или конического редуктора и цилиндрических зубчатых прямозубых колес. Для обеспечения попарного встречного вращения роторов их ведущие колеса соединены между собой двумя промежуточными шестернями. Поскольку роторы вращаются с одинаковыми скоростями и попарно навстречу друг другу, ступени передач имеют передаточное отношение 1.

Режущий аппарат является одной из основных частей косилок. Развитие современных режущих аппаратов косилок идет по двум направлениям: первое – по линии улучшения технологического процесса резания на основании оптимизации параметров аппарата и изыскания новых способов резания растительности и новых типов режущих аппаратов; второе – по линии усовершенствования приводных механизмов [4].

Одним из главных параметров для зубчатого прямозубого зацепления является межосевое расстояние, которое можно определить по формуле

$$a_{\omega} = k_a (u + 1) \sqrt[3]{\frac{Tk_{H\beta}}{[\sigma_H] u^2 \psi_{ba}}},$$

где  $k_a$  и  $k_{H\beta}$  – вспомогательный коэффициент и коэффициент, учитывающий неравномерность нагрузки по длине зуба;

$u$  – передаточное отношение прямозубого зацепления;

$[\sigma_H]$  – допустимое контактное напряжение при растяжении для материала зубчатых колес, МПа;

$\Psi_{ba} = b/a_\omega$  – коэффициент ширины зуба по межосевому расстоянию;

$T$  – момент на ведомом колесе прямозубого зубчатого зацепления, Н·м.

После подстановки всех данных и преобразований, из представленного выше уравнения можем найти ширину зубчатого колеса:

$$b = 8k_a^3 T k_{H\beta} / (a_\omega^2 [\sigma_H])$$

Данная формула показывает, что ширина зубчатого колеса находится в прямой зависимости от передаваемого момента  $b = f(T)$ .

При четном количестве роторов и существующей у мелиоративных косилок схеме привода с передаточным отношением равным единице значение расчетного момента на ведущем валу режущего аппарата можно найти по формуле:

$$T_p = N_p T \left[ 1 / (\eta_n \eta_z \eta_{nm})^{3N_p} + 1 / (\eta_n \eta_z \eta_{nm})^{3(N_p-1)} + \dots + 1 / (\eta_n \eta_z \eta_{nm})^{3(N_p-N_p)} \right],$$

где  $N_p$  – количество роторов;

$T$  – момент на валу ротора, Н·м;

$\eta_z$  – коэффициент полезного действия (к. п. д.) зубчатой прямозубой передачи,  $\eta_z \approx 0,95$ ;

$\eta_n$  – к. п. д. подшипниковой опоры,  $\eta_n \approx 0,99$ ;

$\eta_{nm}$  – к. п. д. учитывающий перемешивание масла в корпусе редуктора,  $\eta_{nm} \approx 0,94$ .

В свою очередь момент на последнем роторе можно определить, как:

$$T = \frac{T_p}{N_p} (\eta_z \eta_n \eta_{nm})^{3N_p}$$

Представленная зависимость показывает, что передаваемый момент, поступающий на цилиндрические зубчатые прямозубые колеса привода роторов, постепенно снижается, проходя от первого до последнего зацепления. А так как ширина зубчатых колес прямо пропорциональна передаваемому моменту, то для снижения массы режущего аппарата нами предлагается конструкция, в которой зубчатые прямозу-

бые колеса имеют последовательно уменьшающуюся ширину, начиная с первого по счету прямозубого колеса, что позволяет снизить массу.

При этом ширина каждого последующего зубчатого прямозубого колеса определяется по формуле:

$$b_i = b \times \eta_3^{i-1},$$

где  $b$  – ширина первого зубчатого прямозубого колеса в приводе роторов, мм.

$b_i$  – ширина следующих зубчатых прямозубых колёс в приводе роторов, мм.

$i$  – порядковый номер зубчатого прямозубого колеса в приводе роторов.

$\eta_3$  – коэффициент полезного действия зубчатой прямозубой передачи.

На данное предлагаемое техническое решение получен патент на полезную модель [5]. Для данного технического решения необходимо обосновать оптимальные геометрические параметры конструкции прямозубых цилиндрических колес и провести прочностные расчеты.

**Заключение.** Использование предлагаемого технического решения в приводе многороторных косилок, используемых для скашивания травянистой и кустарниковой растительности, позволит обеспечить снижение массы режущего аппарата.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Рубец, С. Г. Модернизация режущего аппарата роторной косилки для мелиорированных земель / С. Г. Рубец // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул, 2017. – Кн. 3. – С. 5–7.

2. Механико-технологические основы совершенствования косилок для мелиорированных земель и лугопастбищных угодий / Е. И. Мажугин, С. Г. Рубец, А. Л. Борисов, В. А. Шаршунов. – Горки: БГСХА, 2017. – 247 с.

3. Рубец, С. Г. Оптимизация процесса скашивания растительности роторной косилкой с трапециевидными ножами / С. Г. Рубец // Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики. – Киров, 2017. – Вып. 18. – С. 227–232.

4. Рубец, С. Г. Перспективные конструкции режущих элементов роторных косилок для ухода за мелиорированными землями / С. Г. Рубец // Перспективы развития науки и образования в современных экологических условиях. – Займище, 2017. – С. 616–623.

5. Режущий аппарат, пат. 6875 Респ. Беларусь, МПК А01D 34/01 / Е. И. Мажугин, С. Г. Рубец, А. Л. Борисов; заявитель БГСХА. № и 20100402; заявл. 23. 04. 10; опубл. 30. 12. 10 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – № 6 – С. 145.

*Аннотация.* Предложена конструкция привода режущего аппарата роторной косилки и обоснован ряд ее основных параметров.

*Ключевые слова:* многороторная косилка, привод, резание, конструкция.

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОРОХА ЛЬНОКОСТРЫ

Н. С. СЕНТЮРОВ, ст. преподаватель

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

**Введение.** В Беларуси в настоящее время возделыванием льна-долгунца занимаются 60 льносеющих организаций страны, в том числе механизированные отряды 22 льнозаводов и их 4 производственных участка [4].

В Республике Беларусь около 50–60 % образующегося вороха льнокостры используется для отопления льнозаводов, а также на хозяйственные нужды населения. И все-таки значительная часть ее остается невостребованной, скапливается на территориях предприятий и является источником пожароопасности и экологического загрязнения [7].

Технологический процесс производства пеллет включает следующие стадии: складирование, измельчение, сушка, водоподготовка, прессование, охлаждение, фасовка и упаковка [5, 6].

Для повышения качества пеллет и увеличения срока службы основных рабочих органов пресса (матрицы и роликов), одних из самых дорогостоящих узлов агрегата прессования, в линию производства пеллет из вороха льнокостры следует устанавливать устройство по выделению минеральных примесей из исходного сырья.

Однако для решения задачи по проектированию и созданию такого устройства на первом этапе следует провести исследования фракционного состава компонентов вороха льнокостры, результаты которых позволят обосновать технические и технологические параметры сепаратора вороха льнокостры.

**Основная часть.** Для определения состава вороха льнокостры были взяты пробы на льнозаводах ОАО «Горкилен» и ОАО «Ореховский льнозавод». Определение состава вороха льнокостры осуществлялось следующим образом. Площадь отвала вороха льнокостры разбивалась на 10 равных секторов. Затем из этих 10 секторов случайным образом выбиралось пять [1], из которых отбирались навески вороха льнокостры массой не менее пяти килограмм, на глубину всей насыпи. Такой объем

вороха соответствует требованиям обеспечения достаточной для сельскохозяйственной механики точности экспериментов.

После отбора образцов производилась их разделение на компоненты: целые и дробленые семена льна и сорных растений (рис. 1, *а*), пучки пакли (рис. 1, *б*), разрушенные семенные коробочки (рис. 1, *в*), минеральные примеси (рис. 1, *г*), льняная костра (рис. 1, *д*), остатки стеблей льна и сорных растений (рис. 1, *е*). Полученные таким образом компоненты разделялись на фракции, взвешивались по отдельности на электронных весах ВК-600 с точностью 0,01 г и определялось процентное массовое содержание их в общем объеме компонента и общей массы вороха льнокостры.

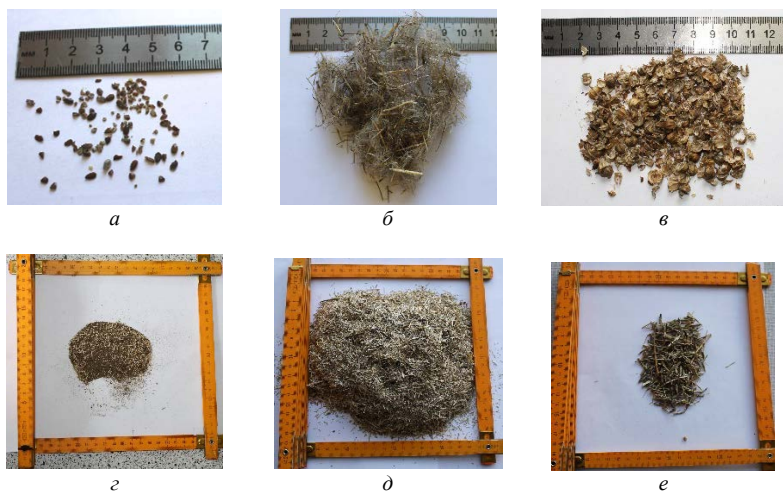


Рис. 1. Состав вороха льнокостры: *а* – целые и дробленые семена льна и сорных растений; *б* – пучки пакли; *в* – разрушенные коробочки льна; *г*) минеральные примеси; *д* – льняная костра; *е* – остатков стеблей льна и сорных растений

При разделении компонентов на фракции определялись их размерные характеристики. Размерные характеристики льняной костры, разрушенных семенных коробочек, целых и дробленых семян льна и сорных растений, остатки стеблей льна и сорных растений определяли с помощью лупы измерительной ЛИ-3-10 $\times$ , соответствующей требованиям ТУ РБ-14541426.020-99 с точностью до 0,1 мм, и с помощью электронного штангенциркуля с точностью до 0,01 мм.

Размерные характеристики минеральных примесей определяли методом микроскопического анализа по известной методике [2]. Для этого на предметное стекло, предварительно смазанное тонким слоем вазелинового масла, с помощью пинцета помещались частицы минеральных примесей. Затем предметное стекло устанавливали в микроскоп марки Nikon eclipse 50i. С помощью установленной на нем камеры Nikon DIGITAL SIGHT и с использованием программы NIS-Elements F (Life-Fast) увеличенное в диапазоне от 10 до 100 раз изображение передавалось на монитор компьютера. Размер частиц минеральных примесей и их количество определялся в программе PhotoM 1.21.

Частицы минеральных примесей обычно имеют неправильную форму, свойственную обломкам твердых тел. Некоторые частицы имеют пластинчатую или волокнистую форму. Поэтому на этапе цифровой обработки фотографий с помощью компьютерной программы допущены некоторые предположения: так как размер частицы выражается диаметром шарообразной частицы, а на практике встречаются в основном частицы неправильной геометрической формы, то для выражения размера частицы часто пользуются понятием эквивалентный диаметр [3].

Расчет эквивалентного диаметра производился на основе формулы:

$$d_{\text{экв}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{S}{\pi}}, \quad (1)$$

где  $S$  – площадь проекции,  $\text{мкм}^2$ .

Повторность опытов трехкратная, каждую повторность выполняли по вышеизложенной методике. Значение относительной величины предельной ошибки при исследовании сельскохозяйственных сред, материалов и растений рекомендуется выбирать в пределах 3...5 % [6].

**Заключение.** По результатам исследования, было определено, что распределение компонентов вороха льнокостры 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 %.

При определении фракционного состава компонентов вороха льнокостры было установлено, что: основная масса льняной костры имеет средние размеры частиц по длине 9,08...20,92 мм, по ширине 1,1...1,5 мм и толщине 0,33...0,42 мм, основная масса целых и

дробленых семян льна и сорных растений имеет средние размеры частиц по длине 2,1...3,26 мм, по ширине 0,71...1,16 мм и толщине 0,62...0,72 мм, основная масса разрушенных коробочек льна имеет средние размеры частиц по длине 3,24 мм, по ширине 1,68 мм и толщине 1,33 мм, основная масса остатков стеблей льна и сорных растений имеет средние размеры частиц по длине 16,14...34,7 мм, по диаметру 1,28...1,35 мм, наибольший удельный вес пучков пакли имеет средние размеры пучков 1,92...5,95 г, основная масса минеральных примесей имеет средние размеры частиц по эквивалентному диаметру 176,1...593,9 мкм.

Следует отметить, что наиболее вредными, в процессе переработки, вороха льнокостры являются пучки пакли и минеральные примеси, а остальные ее компоненты являются хорошим сырьем для производства пеллет.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Веденяпин, Г. В. Общая методика экспериментальных исследований и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин. – М.: Колос, 1967. – 159 с.
2. Гаврилова, Н. Н. Микроскопические методы определения размеров частиц дисперсных материалов / Н. Н. Гаврилова, В. В. Назаров, О.В. Яровая. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 52 с.
3. Градус, Л. Я. Руководство по дисперсионному анализу методом микроскопии / Л. Я. Градус. – М.: Химия, 1979. – 232 с.
4. О сроках сева льна-долгунца [Электронный ресурс]: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://mshp.gov.by>. – Дата доступа: 16.10.2024.
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. Сентюров, Н. С. Стадии производства пеллет из растительных остатков / Н. С. Сентюров // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 144–147.
7. 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.

*Аннотация.* Определено процентное содержание каждого отдельного компонента в общей массе вороха, а также дисперсный состав компонентов, входящих в его состав. Описана методика проведения исследований по определению компонентов вороха льнокостры и их размерных характеристик.

*Ключевые слова:* лен-долгунец, ворох льнокостры, компоненты вороха льнокостры, минеральные примеси.

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМОТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА РОТОРНО-БИЛЬНОГО ОБМОЛАЧИВАЮЩЕГО АППАРАТА

Д. Ю. СИМОНЕНКО, студент  
М. В. ЦАЙЦ, канд. техн. наук  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент  
И. А. САВЧЕНКО, Р. П. КОЗЛОВ, студенты

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

**Введение.** Производственные испытания прицепного льноуборочного комбайна Двина-4М с роторно-бильным обмолачивающим аппаратом показали высокую эффективность применения обмолота в качестве способа отделения семенной части от стеблей льна [1, 2]. Вместе с тем получаемый при обмолоте семенной ворох льна, существенно отличается по размерно-массовым характеристикам и содержанию примесей от вороха, формируемого при работе очесывающего аппарата [3, 4]. Реализация отделения семенной части от стеблей путем применения роторно-бильного аппарата в технологической схеме льноуборочного комбайна приводит к созданию сложности сбора получаемого семенного вороха льна [5, 6, 10, 11].

**Основная часть.** Приняв за основу конструкцию устройства с пневмотранспортированием вороха из камеры отделения, выполним математическое моделирование процесса пневмотранспортирования мелкого вороха.

Пневмотранспортер для перемещения мелкого льняного вороха (рис. 1) состоит из двух участков: наклонного материалопровода и отвода (криволинейного участка с углом поворота  $90^\circ$ ). Основными конструктивными параметрами пневмотранспортера являются: длина материалопровода –  $l$ , диаметр трубы –  $D$ , угол наклона материалопровода –  $\alpha$  и угол отвода материалопровода –  $\varphi$ . Рассмотрим движение материала на каждом участке в отдельности.

При анализе движения материала в наклонной трубе предположим, что ворох представляет собой монодисперсную среду, состоящую из однородных  $f$ -частиц. При описании процесса транспортировки материала примем следующие допущения:

1. Пренебрегаем сжимаемостью несущей среды, т. е. принимаем плотность воздуха  $\rho = \text{const}$ .

2. Поток дисперсных частиц и воздуха считаем изотермическим двухкомпонентным, с взаимным скольжением компонентов.

3. Диаметр материалопровода, считаем значительно меньше его длины.

Введем следующие обозначения:  $v_x$  – скорость материала вдоль длины материалопровода (вдоль оси OX);  $v_y$  – скорость материала, направленная перпендикулярно оси OX материалопровода;  $c$  – скорость воздушного потока;  $c_s$  – скорость витания твердого компонента.

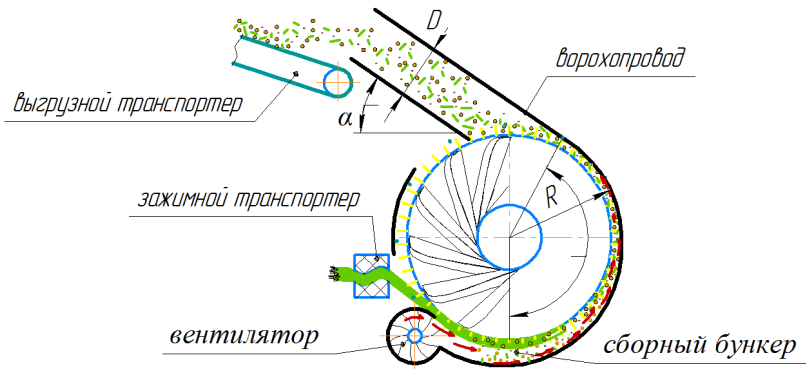


Рис. 1. Схема для определения основных конструктивных параметров пневмотранспортера

С учетом принятых обозначений схема сил, действующих на частицу вороха в наклонном материалопроводе изображена на рис. 2.

При движении частицы вороха в материалопроводе, составляющим с горизонтом угол  $\alpha$  используем уравнения [7, 9]:

$$\frac{dv_x}{dt} = \frac{g}{c_s^2} (c - v_x)^2 - g \cdot \sin \alpha ; \quad (1)$$

$$\frac{dv_y}{dt} = -\frac{g}{c_s^2} (c - v_x) \cdot v_y - g \cdot \cos \alpha , \quad (2)$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести.

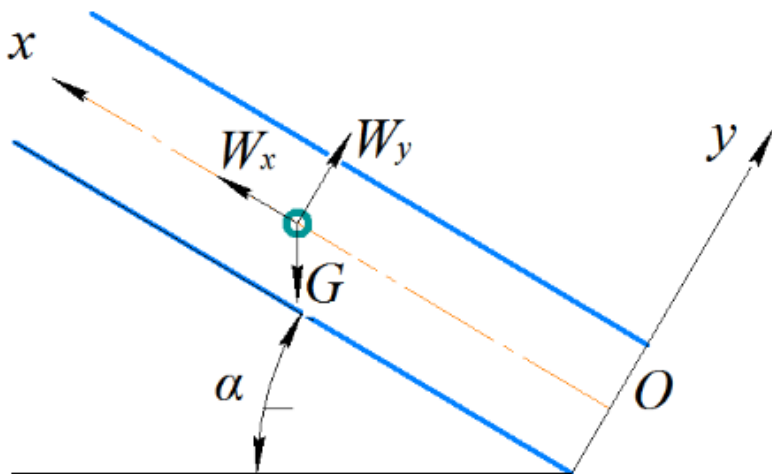


Рис. 2. Схема сил, действующих на частицу вороха в наклонном материалопроводе:  
 $W_x$  – сила сопротивления движению частицы в воздушном потоке по оси OX;  
 $W_y$  – сила сопротивления движению частицы в воздушном потоке по оси OY;  
 $G$  – сила тяжести

Интегрирование уравнения (1) выполняем, вводя величину  $u = c - v_x$ , в результате получим:

$$\frac{du}{dt} = g \cdot \sin \alpha \left( \frac{u^2}{c_s^2 \cdot \sin \alpha} - 1 \right). \quad (3)$$

При  $u > c_s \cdot \sqrt{\sin \alpha}$ , после интегрирования имеем:

$$\ln \frac{u - c_s \cdot \sqrt{\sin \alpha}}{u + c_s \cdot \sqrt{\sin \alpha}} = -2 \frac{gt \cdot \sqrt{\sin \alpha}}{c_s} + \ln C. \quad (4)$$

Предполагая, что при  $t = 0$ ,  $u = u_0 = c - v_0$  определим значение C:

$$C = \frac{u_0 - c_s \cdot \sqrt{\sin \alpha}}{u_0 + c_s \cdot \sqrt{\sin \alpha}} \quad (5)$$

или полагая [50], что  $C = e^{-2mr}$  где

$$m = \frac{g \cdot \sqrt{\sin \alpha}}{c_s}, \quad \tau = \frac{1 \cdot Arthu_0}{m \cdot c_s}, \quad (6)$$

окончательно для  $u$  получим выражение:

$$u = c_s \cdot \sqrt{\sin \alpha} \cdot cthm(t + \tau). \quad (7)$$

Из уравнения (6) найдем  $v_x$  по формуле:

$$u_x = c - c_s \cdot \sqrt{\sin \alpha} \cdot cthm(m + \tau). \quad (8)$$

Интегрируя выражение (8) от 0 до  $L$  находим, что длина материалапровода определяется по формуле

$$L = x - x_0 = ct - \frac{c_s \cdot \sqrt{\sin \alpha}}{m} \cdot \ln \frac{shm(t + \tau)}{shm(\tau)}. \quad (9)$$

Определив по формуле (7), находим  $v_y$  из (2), заменив его значением:

$$\frac{dv_y}{dt} = -\frac{g}{c_s} \sqrt{\sin \alpha} \cdot v_y \cdot cthm(t + \tau) - g \cdot \cos \alpha. \quad (10)$$

Для интегрирования выражения (10) положим [8]:

$$v_y = z \cdot V, \quad (11)$$

где  $V$  и  $z$  удовлетворяют уравнениям:

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{g}{c_s} \sqrt{\sin \alpha} \cdot V \cdot cthm(t + \tau) \quad (12)$$

и

$$\frac{dz}{dt} = -g \cdot \cos \alpha \cdot V^{-1}. \quad (13)$$

Интегрируя выражение (10), получим:

$$V = \frac{1}{shm(t + \alpha)}. \quad (14)$$

После подстановки (14) в (13) и интегрирования, имеем:

$$z = c - \frac{g \cdot \cos \alpha}{m} shm(t + \tau). \quad (15)$$

Перемножая выражения (14) и (15), найдем  $v_y$ :

$$v_y = \frac{c}{shm(t + \tau)} - \frac{g \cdot \cos \alpha}{m} cthm(t + \tau). \quad (16)$$

Полагая при  $t = 0$ ,  $v_y = b$ , находим:

$$b = \frac{C}{shm(\tau)} - \frac{g \cdot \cos \alpha}{m} cthm(\tau). \quad (17)$$

Выразив постоянную  $C$  из (17), имеем:

$$C = b \cdot shm(\tau) + \frac{g \cdot \cos \alpha}{m} cthm(\tau). \quad (18)$$

После подстановки (18) в выражение (16) и упрощения, получим:

$$v_y = \frac{dy}{dt} = \frac{b \cdot shm(\tau)}{shm(t + \tau)} + \frac{g \cdot \cos \alpha}{m} [cthm(\tau) - cthm(t + \tau)]. \quad (19)$$

Интегрируя уравнение (19), найдем:

$$y = C_1 + \frac{1}{2m} \ln \frac{chm(t + \tau) - 1}{chm(t + \tau) + 1} + \frac{g \cdot \cos \alpha}{m} \left[ t \cdot cthm(\tau) - \frac{1}{m} \ln shm(t + \tau) \right]. \quad (20)$$

Полагая при  $t = 0$ ,  $y = y_0$ , найдем  $C_1$ :

$$C_1 = y_0 - \frac{1}{2m} \ln \frac{chm(\tau) - 1}{chm(\tau) + 1} + \frac{g \cdot \cos \alpha}{m^2} \ln shm(\tau). \quad (21)$$

Учитывая выражения (20) и (21) диаметр материлопровода рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{1}{m} \ln \frac{tg \frac{m(t + \tau)}{2}}{tg \frac{m\tau}{2}} - \frac{g \cdot \cos \alpha}{m^2} \ln \frac{shm(t + \tau)}{shm(\tau)} + \frac{tg \cos \alpha}{m} cthm(\tau). \quad (22)$$

Задаваясь исходными данными, рассчитываем значения конструктивных параметров пневмотранспортера (таблица).

### Значения конструктивных параметров пневмотранспортера

Параметр	Значение
Длина материалопровода, м	2,5–3,0
Диаметр материалопровода, м	0,05–0,15
Угол поворота отвода, град	70–90

**Заключение.** Решение проблемы сбора и транспортировки может быть решено путем применения механизма пневмотранспортирования выделенного семенного вороха. Включение в процесс отделения семенной части воздушного потока в направлении транспортирования семенного вороха требует дополнительных исследований пневмотранспортирующего механизма.

В результате теоретических исследований получены аналитические зависимости для определения конструктивных параметров пневмотранспортирующего устройства роторно-бильного аппарата которые позволили определить значения: длина материалопровода – 2,5...3,0 м; диаметр материалопровода – 0,05...0,15 м; угол поворота отвода – 70°...90°.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Результаты производственных испытаний и экономическая оценка применения роторного бильно-вычесывающего устройства на льноуборочном комбайне / В. А. Шаршунов, В. Н. Босак, М. В. Цайц [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя аграрных навук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 324–336. – DOI 10.29235/1817-7204-2023-61-4-324-336.
2. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, С. В. Курзенков [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 7 (146). – С. 44–59. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-7-44-59.
3. 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.
4. Цайц, М. В. Отделение семенной части от стеблей льна роторнобильным аппаратом при комбайновой уборке: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М. В. Цайц; БГСХА. – Горки, 2024. – 27 с.
5. Перспективы развития и совершенствования процесса отделения семенной части от стеблей льна / В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, В. А. Левчук [и др.] // Вестник БГСХА. – 2024. – № 3. – С. 132–136.

6. Повышение эффективности уборки льна-долгунца методом обмола семян коробочек на стеблях / С. В. Курзенков, М. В. Цайц, В. А. Левчук, И. А. Савченко // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2024. – № 1 (23). – С. 276–281.

7. Разумов, И. М. Пневмо- и гидротранспорт в химической промышленности / И. М. Разумов. – М.: Химия, 1979. – 248 с.

8. Курс высшей математики / под ред. П. И. Романовского. – М.: Высш. шк., 1964. – 357 с.

9. Цайц, М. В. Отделение семенной части от стеблей льна роторно-бильным аппаратом при комбайновой уборке: дис. ... канд. техн. наук / М. В. Цайц; БГСХА. – Горки, 2024. – 239 с.

10. Обоснование конструкционных параметров бичей роторно-бильного обмолачивающего аппарата / В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, В. А. Левчук [и др.] // Вестник БГСХА. – 2024. – № 2. – С. 147–153.

11. Левчук, В. А. Обмолот лент льнотресты в линии первичной переработки очесывающе-плющильным аппаратом: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: дис. ... канд. техн. наук / В. А. Левчук; БГСХА. – Горки, 2023. – 236 с.

*Аннотация.* Приведены теоретические исследования пневмотранспортера льняного вороха, формируемого роторно-бильным аппаратом при отделении семенной части от стеблей льна. В результате теоретических исследований получены аналитические зависимости для определения конструктивных параметров пневмотранспортирующего устройства роторно-бильного аппарата которые позволили определить значения: длина материалопровода – 2,5...3,0 м; диаметр материалопровода – 0,05...0,15 м; угол поворота отвода – 70...90°.

*Ключевые слова:* льняной ворох, потери семян, пневмотранспортер, роторно-бильный аппарат, отделение семенной части.

**ОЦЕНКА ВСХОДОВ И ГЛУБИНЫ ЗАДЕЛКИ СЕМЯН  
ПРИ ПОСЕВЕ ОВСА СЕЯЛКОЙ СПУ-6  
С ПОСЛЕПОСЕВНЫМ ПРИКАТЫВАНИЕМ  
КОЛЬЧАТО-ЗУБЧАТЫМ КАТКОМ КЗК-6**

А. И. ФИЛИППОВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент

О. В. ИВАНОВИЧ<sup>1</sup>, студент

К. Л. ПУЗЕВИЧ<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Гродненский государственный аграрный университет»,  
Гродно, Республика Беларусь

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

**Введение.** Урожайность сельскохозяйственных культур в значительной степени зависит от качества посева, т. е. процесс сева является важнейшим звеном в технологии возделывания зерновых.

Одним из условий получения ровных и дружных всходов необходимой густоты является, создание плотного ложа, которое зависит, прежде всего, от рабочих органов, укладывающих семена в почву, обеспечивающего постоянный капиллярный приток влаги к высеянному семенам, что способствует их быстрому набуханию и дружному прорастанию. Кроме того, необходимо равномерно заделать семена по глубине, что обеспечивает им одинаковый водный, тепловой и пищевой режимы, требующиеся для обеспечения прорастания равномерных всходов и формирования мощного узла кущения, вторичных корней. Именно в этот период закладываются основы будущей высокой урожайности, устойчивость к полеганию, стрессовым факторам [1–8].

Каждая культура требует определенной глубины заделки семян. Большое значение эти параметры имеют при посеве зерновых культур, в том числе при посеве овса.

При посеве овса, необходимо и очень важно добиться равномерной заделки семян, поэтому предпосевную обработку и посев необходимо сопровождать выравниванием и прикатыванием почвы сеялкой СПУ-6 и катком КЗК-6.

Послепосевное прикатывание – необходимая операция для влагозадержания и обеспечения контакта семян с почвой. Такой контакт создает благоприятные условия для получения более раннего и дружного прорастания семян, что имеет существенное значение в повышении

урожайности при посеве в засушливых и поврежденных ветровой эрозии районах [9–11].

**Основная часть.** *Объектом* исследования является процесс посева овса сеялкой СПУ-6 без послепосевного прикатывания и с прикатыванием кольчато-зубчатым катком КЗК-6. *Предметом* исследования является сравнительная оценка качества посева и урожайности овса сеялкой СПУ-6 с послепосевной обработкой КЗК-6 и без нее.

Для проведения исследований использовались сеялка СПУ-6 с трактором «Беларусь»-1221 и кольчато-зубчатый каток КЗК-6 с трактором «Беларусь»-82.1.

Сеялка СПУ-6 настраивалась на одинаковую норму высева, как с послепосевной обработкой КЗК-6, так и без него. Перед выездом в поле оценивалась точность настройки сеялки СПУ-6, высеваемых доз и посева, была выполнена послепосевная обработка КЗК-6 на смежных участках поля.

В течение двух лет (2023 и 2024 гг.) исследования проводились на опытном поле УО «Гродненский государственный аграрный университет» вблизи населенного пункта «Зарица».

Почва опытного участка дерново-подзолистая, супесчаная, подстилаемая с глубины 0,5 м моренным суглинком. Глубина пахотного слоя 20–22 см. Агрохимическая характеристика его следующая: рН 6,0–6,5, содержание гумуса 1,8–1,9 %, содержание подвижных форм  $P_2O_5$  – 250–263 мг/кг,  $K_2O$  – 168–179 мг/кг. Предшественником являлись пропашные культуры [12, 13].

В 2023 г. посев проводился 20 апреля. При посеве использовались элитные семена сорта «Эрбграф». Согласно оценке посевных качеств семян в 2023 г. масса 1000 зерен составляла 37 г, посевная годность 92 %.

В 2024 г. посев проводился 25 апреля. Как и в 2023 г., для посева использовались элитные семена сорта «Эрбграф». Посевная годность составляла 94 %. Масса 1000 зерен – 38 г.

В результате определения количества растений овса после всходов на участках, засеянных сеялкой СПУ-6 и послепосевной обработкой КЗК-6 в 2023 г. на одном квадратном метре участка, засеянного сеялкой СПУ-6, насчитывалось в среднем 478 растения, а на одном квадратном метре посевов, засеянных сеялкой СПУ-6 + кольчато-зубчатый каток КЗК-6 – 519 растений, т. е. на 41 растение больше, что составляет 8 %. В 2024 г. на одном квадратном метре участка, засеянного сеялкой СПУ-6 в среднем насчитывалось 482 растения, а на одном квад-

ратном метре участка, засеянного сеялкой СПУ-6 с послепосевной обработкой КЗК-6, 519 растений, т. е. на 37 растений больше, что составляет 7 %. Это можно объяснить более равномерной заделкой по глубине семян в сравнении с сеялкой СПУ-6 без обработки КЗК-6 [14–16].

Глубина заделки семян зависит от глубины хода сошников сеялки. У СПУ-6 она зависит от силы давления сошника на почву, которая регулируется натяжением пружины путем перестановки планок крепления их на крючке сошников (индивидуальная регулировка) или поворотом рычагов при помощи винта (групповая регулировка). При наибольшей длине планки и полностью ввинченном винте сила давления сошников наименьшая.

Глубина заделки семян проверялась не менее 10 раз путем раскапывания рядков по ширине захвата сеялки с последующим разравниванием почвы и замером линейкой глубины расположения семян.

В результате определения глубины заделки семян в 2023 г. на контрольных участках, засеянных СПУ-6, средняя глубина заделки была равна 5,2 см, а максимальные отклонения составляли +4,5 и –0,7 см, а на контрольных участках, засеянных сеялкой СПУ-6 с послепосевной обработкой кольчато-зубчатым катком КЗК-6 средняя глубина заделки семян была 3,7 см, а максимальные отклонения от средней глубины заделки составляли +2,5 и –1,7 см. Результаты анализа показывают, что отклонения от средней глубины заделки овса сеялкой СПУ-6 без послепосевной обработки КЗК-6 несколько превышают отклонения от средней глубины заделки семян овса сеялкой СПУ-6 с послепосевной обработкой КЗК-6, т. е. создается лучший контакт семян с почвой, а следовательно, лучшее удержание влаги в почве [17–19].

Результаты оценки глубины заделки семян в 2024 г. показали, что средняя глубина заделки семян в 2024 г. сеялкой СПУ-6 без обработки КЗК-6 составила 3,7 см, а сеялкой СПУ-6 с послепосевной обработкой КЗК-6 – 3,4 см. На контрольных участках, засеянных сеялкой СПУ-6 без обработки КЗК-6, максимальные отклонения составляли +3 и –3 см, а на участках, засеянных сеялкой СПУ-6 с обработкой КЗК-6, максимальные отклонения от средней глубины заделки семян составили +1,6 и –1,7 см [20, 21].

**Заключение.** Исходя из результатов проведенного опыта на учебном участке и сравнительной характеристики двух способов посева овса, можно сказать, что при посеве данной культуры на супесчаных почвах, целесообразнее применять посев сеялкой СПУ-6 с послепосевной обработкой кольчато-зубчатым катком КЗК-6. Так как этот вари-

ант в сравнении с посевом сеялкой СПУ-6 без послепосевной обработки обеспечивает лучшую всхожесть порядка 7–8 % и прибавку урожайности порядка 6,5–7,4 ц/га, что составляет 13,6–17,2 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Филиппов, А. И. К исследованиям работы почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП-3А и сеялки СПУ-4Д с дисковыми и килевидными сошниками при посеве овса и люпина / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, Н. Д. Лепешкин // Современные технологии сельскохозяйственного производства. – Гродно: ГГАУ, 2017. – С. 249–251.
2. Филиппов, А. И. Результаты агротехнической оценки почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП-3А и сеялки СПУ-4Д с дисковыми и килевидными сошниками при посеве овса и люпина / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, Н. Д. Лепешкин // Современные технологии сельскохозяйственного производства. – Гродно: ГГАУ, 2017. – С. 251–254.
3. Филиппов, А. И. Ресурсосбережение – основа развития сельского хозяйства Республики Беларусь / А. И. Филиппов, А. С. Добышев, К. Л. Пузевич // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства. – Воронеж, 2016. – Ч. 1. – С. 226–231.
4. Босак, В. Н. Оптимизация питания растений / В. Н. Босак. – Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2012. – 203 с.
5. Козловская, И. П. Производственные технологии в агрономии / И. П. Козловская, В. Н. Босак. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 336 с.
6. Петровец, В. Р. Производственные технологии и техническое обеспечение процессов в сельскохозяйственном производстве / В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2022. – 240 с.
7. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
8. Соколовский, И. В. Основы земледелия / И. В. Соколовский, В. Н. Босак. – Минск: БГТУ, 2012. – 137 с.
9. Прямой посев сельскохозяйственных культур в условиях республики Беларусь – ближайшая реальность / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2017. – Т. 38. – С. 245–251.
10. Копач, А. Э. Оценка урожайности и качества посева люпина почвообрабатывающе-посевным агрегатом АПП-3А и сеялкой СПУ-4Д / А. Э. Копач, А. И. Филиппов // Сборник научных статей по материалам XX Междунар. студ. конф. Агрономия. – Гродно, 2019. – С. 21–22.
11. Копач, А. Э. Оценка урожайности и качества посева люпина сеялкой СПУ-4Д с килевидными и дисковыми сошниками / А. Э. Копач, А. И. Филиппов // Сборник научных статей по материалам XX Междунар. студ. конф. Агрономия. – Гродно, 2019. – С. 19–21.
12. Филиппов, А. И. Исследование килевидных и дисковых сошников с сеялкой СПУ-4Д при возделывании люпина / А. И. Филиппов, А. Э. Копач // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2019. – С. 174–180.
13. Анализ устройств, обеспечивающих надёжность технологического процесса посева посевного материала / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно: ГГАУ, 2019. – С. 181–192.

14. Комбинированный почвообрабатывающе-посевной агрегат для высокопроизводительного посева зерновых и других культур / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, Д. В. Заяц, А. И. Филиппов, К. Л. Пузевич // Вестник БГСХА. – 2021. – № 3. – С. 181–186.
15. Филиппов, А. И. Сравнительная агротехническая оценка работы сеялки СПУ-4 и комбинированного почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП-3А при посеве люпина / А. И. Филиппов, С. Ю. Щука // Материалы XIV междунар. студ. конф., – Гродно, 2013. – С. 92–93.
16. Филиппов, А. И. Эффективность применения почвообрабатывающе-посевных агрегатов при возделывании сельскохозяйственных культур / А. И. Филиппов, А. С. Добышев // Современные технологии сельскохозяйственного производства. – Гродно, 2015. – С. 112–113.
17. Лукашевич, С. М. Оценка густоты всходов и глубины заделки семян килевидными и дисковыми сошниками почвообрабатывающе-посевого агрегата АПП-3А при возделывании люпина узколистного / С. М. Лукашевич, А. И. Филиппов // Сб. науч. ст. по материалам XXIII Междунар. студ. конф. Агрономия. – Гродно, 2022. – С. 26–28.
18. Лукашевич, С. М. Сравнительная оценка урожайности люпина узколистного при посеве килевидными и дисковыми сошниками агрегата АПП-3А / С. М. Лукашевич, А. И. Филиппов // Сб. науч. ст. по материалам XXIII Междунар. студ. конф. Агрономия. – Гродно, 2022. – С. 29–30.
19. Филиппов, А. И. Экономическое и энергетическое обоснование результатов исследований при возделывании люпина узколистного агрегатом АПП-3А с килевидными и дисковыми сошниками / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, С. М. Лукашевич // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно, 2022. – С. 266–275.
20. Филиппов, А. И. Сравнение урожайности и качества посева люпина почвообрабатывающе-посевным агрегатом АПП-3А с килевидными и дисковыми сошниками / А. И. Филиппов, Н. Д. Лепешкин, С. М. Лукашевич // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы. – Гродно, 2022. – С. 119–127.
21. Лепешкин, Н. Д. Анализ конструкций и технологических возможностей почвообрабатывающих катков / Н. Д. Лепешкин, В. В. Мижурин, А. И. Филиппов // Вестник БГСХА. – 2022. – № 4. – С. 144–149.

*Аннотация.* Дано описание результатов исследований посева овса сеялкой СПУ-6 с послепосевной обработкой кольчато-зубчатым катком КЗК-6 на супесчаных почвах. Приводится методика исследования, а также полученные результаты исследований.

*Ключевые слова:* сеялка СПУ-6, сошники, семена, высевальной аппарат, всходы, каток КЗК-6.

## МЕТОДИКА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛЬНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА С РОТОРНО-БИЛЬНЫМ АППАРАТОМ

М. В. ЦАЙЦ, канд. техн. наук  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент  
А. Н. ЧАЙЧИЦ, канд. техн. наук, доцент  
Г. Г. ЕВТУХ, ассистент  
В. В. ШУМСКИЙ, инженер

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

**Введение.** От уровня организации и технологии выполнения полевых механизированных работ и правильной настройки рабочих органов машинно-тракторных агрегатов в условиях рядовой эксплуатации зависит урожайность, производительность труда, расход топлива.

Разработанный в УО БГСХА роторно-бильный аппарат [1, 2] (авторы: М. В. Цайц, В. А. Шаршунов, В. А. Левчук, В. И. Коцуба, В. Е. Круглень, С. В. Курзенков, М. В. Симонов) показал высокие результаты при проведении производственных испытаний на прицепном льноуборочном комбайне Двина-4М [3–6, 14]. Предложенная конструкция аппарата для отделения семенной части от стеблей льна отличается от классического гребневого аппарата не только конструктивно, но и в части выполняемого технологического процесса. В связи с чем, имеются особенности в части его настройки и регулировки в зависимости от биологической урожайности стеблестоя, а также его особенностей.

**Основная часть.** Методика выбора параметров и режимов работы комбайна с роторно-бильным аппаратом основана на результатах теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в соответствии с программой исследований по теме диссертационной работы.

Факторами, оказывающими наиболее существенное влияние на параметры оптимизации процесса обмолота лент льна обмолачивающим устройством, являются:

– кратность воздействий  $q$  бичами на фрагмент ленты льна:

$$q = \frac{v_p \cdot k_6 \cdot b_6 \cdot \kappa_6}{v_{tp} \cdot 2\pi \cdot R}, \quad (1)$$

где  $v_p$  – окружная скорость ротора, м/с;

$k_6$  – количество установленных бичей на роторе, шт.;

$b_6$  – ширина торцевой поверхности бича, м;

$\kappa_6$  – коэффициент захвата бича, определяемый как  $b'_6/b_6$ .

$v_{тр}$  – скорость зажимного транспортера, м/с;

$R$  – радиус ротора, м;

– толщина обмолачиваемого слоя стеблей льна  $h_{сл}$ ;

– радиальный зазор  $\Delta$ .

В зависимости от состояния убираемого стеблестоя необходимо, значения этих факторов устанавливать на уровне, обеспечивающем наилучшие значения показателей качества.

В результате производственных испытаний с учетом формул:

$$h_{сл} = \pi \cdot i_{п} \cdot r_c^2 / \lambda_{л0}, \quad (2)$$

где  $h_{сл}$  – толщина обмолачиваемого слоя стеблей льна, м;

$r_c$  – средний радиус стеблей льна в ленте, м;

$\lambda_{л0}$  – коэффициент неплотности укладки стеблей в ленте (согласно [7], равный 0,15...0,20) [8, 13]:

$$\delta_c = 0,173 + 0,0506d_c^{2,59}, \quad (3)$$

где  $\delta_c$  – толщиной стенки стебля, м;

$d_c$  – диаметр стебля, м.

$$n_{пр} = \frac{n_6 \cdot z_r \cdot L_r \cdot \cos \alpha}{v_{тр}}, \quad (4)$$

где  $n_6$  – частота вращения очесывающего барабана, об/с;

$z_r$  – число гребней, шт.;

$L_r$  – длина гребня, м;

$\alpha$  – угол установки оси барабана к зажимному транспортеру, рад;

$v_{тр}$  – скорость зажимного транспортера, м/с [9].

Для чистоты обмолота [10]:

$$\begin{aligned} \text{Ч}_{об} = & 1,2587 - 0,9534h_{сл} + 14,0585\Delta - 0,4984q + 25,0h_{сл}\Delta + \\ & + 5,35h_{сл}q - 7,25\Delta q - 97,25h_{сл}^2 - 290,75\Delta^2 + 0,1538q^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Степень повреждения стеблей [10]:

$$\begin{aligned} \text{П}_c = & 0,1285 - 0,3525h_{сл} - 0,0815\Delta - 0,13787q + 42,5h_{сл}\Delta - \\ & - 1,35h_{сл}q - 3,0\Delta q + 15,0h_{сл}^2 + 62,5\Delta^2 + 0,09q^2, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $\Delta$  – радиальный зазор, м.

Разработана номограмма (рис. 1), позволяющая увязать агробиологические и физико-механические свойства стеблестоя, параметры и режимы работы роторно-бильного аппарата, обеспечивающие качественную работу льноуборочного комбайна.

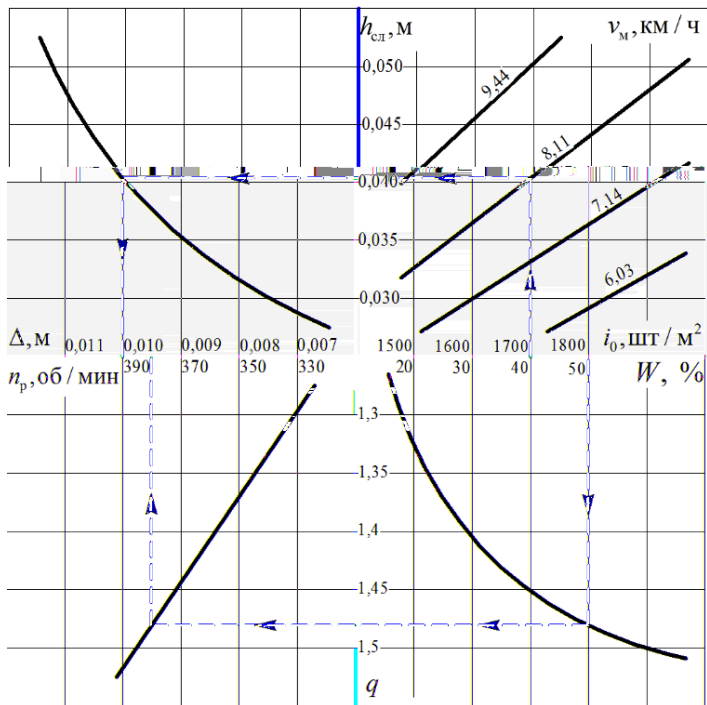


Рис. 1. Номограмма для выбора параметров и режимов работы льноуборочного комбайна с роторно-бильным аппаратом:

$v_M$  – скорость движения комбайна, км/ч;  $i_0$  – густота стеблестоя, шт/м<sup>2</sup>;  
 $W$  – влажность убираемого льна, %;  $h_{сл}$  – толщина слоя стеблей льна, м;  
 $\Delta$  – радиальный зазор, м;  $n_p$  – частота вращения ротора, об/мин;  
 $q$  – кратность воздействий бичами на фрагмент ленты льна, шт.

В первом квадранте номограммы представлены линии, соответствующие различным скоростям комбайна; во втором – график зависимости радиального зазора от толщины слоя стеблей льна; в третьем – график зависимости частоты вращения ротора от кратности воз-

действий бичами на фрагмент ленты льна; в четвертом – график зависимости кратности воздействий от влажности убираемого льна.

Приведем пример использования номограммы. Исходные данные: густота стеблестоя  $i_0$  (шт/м<sup>2</sup>) и влажность убираемого льна  $W$  (%). В первом квадранте номограммы проводим перпендикуляр вверх из точки, соответствующей выбранной густоте стеблестоя 1700 шт/м<sup>2</sup>, до пересечения с линией, соответствующей скорости движения комбайна  $v_m = 8,11$  км/ч, и проводим горизонталь до пересечения с осью  $h_{сл}$ . Таким образом определяем значение толщины слоя стеблей льна  $h_{сл} = 0,04$  м. Продолжив горизонталь до пересечения с графиком второго квадранта и опустив из точки пересечения перпендикуляр на ось  $\Delta$ , получим значение радиального зазора  $\Delta = 0,01$  м. В четвертом квадранте из точки, соответствующей влажности  $W = 50$  %, опускаем перпендикуляр до пересечения с графиком зависимости кратности воздействия от влажности и проводим горизонталь до оси  $q$ . Таким образом определяем значение кратности воздействий бичами на фрагмент ленты льна  $q = 1,48$ . Продолжив горизонталь до пересечения с графиком третьего квадранта и из точки пересечения проведя перпендикуляр до оси  $n_p$ , получим значение частоты вращения ротора  $n_p = 380$  об/мин.

**Заключение.** Разработана методика выбора параметров и режимов работы прицепного льноуборочного комбайна с роторно-бильным аппаратом основана на результатах теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в соответствии с программой исследований. Реализация методики выбора параметров и режимов работы в форме номограммы обеспечивает ее простое применение в условиях сельскохозяйственного производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2788696 С1 Российская Федерация, МПК А01F 11/02, А01D 45/06. Устройство для отделения семенных коробочек и семян льна от стеблей: № 2022116274: заявл. 16.06.2022; опубл. 24.01.2023 / М. В. Симонов, В. А. Шаршунов, Н. С. Сентюров, М. В. Цайц; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет».
2. Устройство для отделения семенных коробочек льна от стеблей: пат. 21293 Респ. Беларусь, МПК А 01D 45/06 (2006.01) / В. Е. Кругленя, В. И. Коцуба, П. Д. Сентюров, А. Д. Сентюров, М. В. Цайц, Г. А. Райлян, И. Л. Подшиваленко; заявитель УО «Белорус. гос. с.-х. акад.». – № а 20130044 ; заявл. 14.01.13; опубл. 25.05.17 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2017. – № 4 (117). – С. 57.
3. Результаты производственных испытаний и экономическая оценка применения роторного бильно-вычесывающего устройства на льноуборочном комбайне / В. А. Шаршунов, В. Н. Босак, М. В. Цайц [и др.] // Весці Нацыянальнай акадэміі навук

Беларусі. Серія аграрних наук. – 2023. – Т. 61, № 4. – С. 324–336. – DOI 10.29235/1817-7204-2023-61-4-324-336.

4. Повышение эффективности получения семян льна-долгунца при комбайновой уборке / В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, С. В. Курзенков [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 7 (146). – С. 44–59. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-7-44-59.

5. 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.

6. Цайц, М. В. Отделение семенной части от стеблей льна роторнобильным аппаратом при комбайновой уборке: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М. В. Цайц; БГСХА. – Горки, 2024. – 27 с.

7. Ковалев, М. М. Плющильные аппараты льноуборочных машин (конструкция, теория и расчет). – Тверь: Твер. обл. кн.-журн. изд-во, 2002. – 208 с.

8. Ростовцев, Р. А. Повышение эффективности уборки льна-долгунца путем разработки технологических процессов и технических средств для их осуществления: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. – Санкт-Петербург – Павловск, 2010. – 444 с.

9. Шлыкков, М. И. Льноуборочный комбайн (теория, расчет, конструкция). – М.: Машгиз, 1949. – 300 с.

10. Цайц, М. В. Результаты экспериментальных исследований процесса обмолота лент льна роторным бильно-вычесывающим устройством / М. В. Цайц // Вестник НГИЭИ. – 2023. – № 2 (141). – С. 19–34. – DOI 10.24412/2227-9407-2023-2-19-34.

11. Цайц, М. В. Поисковые эксперименты процесса обмолота лент льна роторным бильно-вычесывающим устройством / М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2023. – № 1. – С. 156–164.

12. Шаршунов, В. А. Поисковые эксперименты процесса обмолота лент льна устройством с эластичным рабочим органом в линии первичной переработки / В. А. Шаршунов, В. А. Левчук, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2022. – № 1. – С. 148–153.

13. Цайц, М. В. Отделение семенной части от стеблей льна роторно-бильным аппаратом при комбайновой уборке: дис. ... канд. техн. наук / М. В. Цайц; БГСХА. – Горки, 2024. – 239 с.

14. Обоснование конструкционных параметров бичей роторно-бильного обмолачивающего аппарата / В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, В. А. Левчук [и др.] // Вестник БГСХА. – 2024. – № 2. – С. 147–153.

*Аннотация.* Приведена упрощенная методика выбора параметров и режимов работы прицепного льноуборочного комбайна с установленным роторно-бильным аппаратом, вместо классического гребневого аппарата, основана на результатах теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в соответствии с программой исследований. Реализация методики выбора параметров и режимов работы в форме номограммы обеспечивает ее простое применение в условиях сельскохозяйственного производства.

*Ключевые слова:* лен-долгунец, комбайновая уборка, роторно-бильный аппарат, отделение семенной части, режим работы, параметры настройки.

## К ВОПРОСУ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПЛЕКСА ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ УБОРКИ ЛЬНА-ДОЛГУНЦА

А. Н. ЧАЙЧИЦ, канд. техн. наук, доцент  
М. В. ЦАЙЦ, канд. техн. наук  
А. В. КЕСАРЕВ, ст. преподаватель  
Р. С. ДАРГЕЛЬ, ассистент  
Р. П. КОЗЛОВ, студент

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

**Введение.** Прямая зависимость качества урожая от погодных условий, значительные затраты ручного труда, приходящиеся в основном на уборку (80 % от трудозатрат на всю технологию возделывания), обусловили снижение производства льна-долгунца. Одной из причин качественных и количественных потерь льнопродукции является низкий уровень механизации уборочных работ, особенно операций на стадии естественной сушки. Уборка является важным этапом производства льна-долгунца, от нее зависит сохранение не только выращенного урожая, но и качество льносырья [1–3].

Выбор рационального варианта технологии позволяет значительно уменьшить снижение качества льносырья в период уборки. Но в сложных погодных условиях снижение качества остается довольно существенным. В этих условиях задача оптимизации комплекса технических средств уборки льна-долгунца является актуальной [4, 5].

Эта проблема усиливается тем, что на полях используется устаревшая техника, которую практически нельзя правильно отрегулировать и настроить на оптимальные режимы работы [5, 6].

Большой вклад в создание технических средств и разработку рациональных технологий уборки льна внесли отечественные ученые и конструкторы П. П. Казакевич, М. М. Боярченкова, Н. Н. Быков, М. М. Ковалев, Б. С. Петухов, А. Л. Потарин, Б. Ф. Слоневский, В. И. Соснов, В. И. Сизов, В. Я. Тихомирова, В. Г. Черников, И. А. Юршиц и др.

**Основная часть.** На основании априорной информации анализа состояния вопроса и поставленной цели можно выделить следующие задачи исследований [7]:

– обосновать выбор критерия оптимизации комплекса технических средств уборки влажного льносырья;

- разработать алгоритм оптимизации комплекса технических средств в зависимости от производственных условий;
- разработать и проверить на адекватность в производственных условиях программное обеспечение выбора оптимального комплекса технических средств;
- определить оптимальный комплекса технических средств уборки влажного льносырья для различных вариантов технологии уборки в различных погодных условиях.

Формирование комплекса технических средств уборки льна целесообразно осуществлять по критерию рациональности. Величина критерия рациональности определяется по выражению [8]:

$$K_p = \frac{T_{\text{конд}}^{\text{ф}}}{T_{\text{конд}}^{\text{н}}} \geq 1, \quad (1)$$

где  $T_{\text{конд}}^{\text{ф}}$  – фактическое время нахождения льносырья в состоянии кондиционной влажности, ч;

$T_{\text{конд}}^{\text{н}}$  – необходимое время кондиционной влажности льносырья, ч.

Как видно из выражения (1), при  $K_p < 1$  сформированный комплекс технических средств не рационален. В качестве критерия оптимизации сформированного комплекса технических средств принимаем критерий полезности, а в качестве оценочного показателя – максимальную возможную прибыль от реализации готовой продукции.

Оптимизация комплекса технических средств уборки льна-долгунца проводится с целью повышения эффективности использования технологии в сложных погодных условиях зоны. Эффективность технологии определяется ее рентабельностью, а рентабельность зависит, в основном, от величины урожая и качества льнотресты. При этом учитывается, что на уборочных работах изменяется только качество льнотресты. Изменение качества происходит с начала процесса естественной сушки до окончания уборки и зависит от времени нахождения тресты во влажном состоянии и продолжительности уборки.

Продолжительность уборки зависит от времени нахождения льносырья в состоянии кондиционной влажности. Изменяя вид формирования или количество машин, можно сократить продолжительность уборки. Учитывая, что базовый вариант машинной технологии подразумевает один вид формирования, рассмотрим возможность уборки в агросрок за счет оптимизации комплекса технических средств.

Необходимое для уборки в агросрок количество часов нахождения

льноссырья в состоянии кондиционной влажности можно определить по выражению [8]:

$$T_{\text{конд}}^{\text{н}} = \frac{P}{n \cdot w} \quad (2)$$

где  $P$  – объем работ, га;

$n$  – количество технических средств при выполнении технологического процесса, шт.;

$w$  – производительность технического средства, га/ч.

В настоящее время используемые технологии практически не отличаются от базовых и основаны на применении одного комплекса технических средств. Различие между комплексами технических средств вариантов технологии сводится к замене операций, связанных с видом формирования льноссырья в поле для естественной сушки. В разрабатываемых технологиях комплекс технических средств заменяется и дополняется новыми машинами, но они не выпускаются серийно [6].

Модельный ряд применяемых машин не велик. Существующая техника для уборки льна-долгунца практически не имеет модификаций. Ручной труд во всех технологиях применяется на одних и тех же операциях и в равных объемах. В разрабатываемых технологиях данная операция, связанная с ручным трудом, заменена на машинную или исключена по технологии. Как правило, отличие между комплексами технических средств вариантов технологии уборки льна сводится к замене или отсутствию одной – двух машин [6].

В качестве критерия оценки оптимального комплекса технических средств следует принять максимальную прибыль от применения того или иного варианта технологии уборки льноссырья, которая определяется по выражению [9, 10]:

$$\Pi_p = D^{\text{исх}} - C - \Pi_k, \quad (3)$$

где  $\Pi_p$  – прибыль от продажи льноссырья, руб/га;

$D^{\text{исх}}$  – возможный доход от реализации льноссырья исходного качества, руб/га;

$C$  – себестоимость выполнения технологических операций возделывания и уборки льна-долгунца, руб/га;

$\Pi_k$  – снижение качества льноссырья, руб/га.

При этом возможный доход от реализации льноссырья можно определить по выражению [9, 10]:

$$D^{\text{исх}} = C^{\text{исх}} \cdot N_{\Omega}^{\text{исх}} \cdot U^{\Phi}, \quad (4)$$

где  $C^{\text{исх}}$  – цена исходного сорто-номера, руб/т;

$N_{\Omega}^{\text{исх}}$  – исходный номер льносырья;

$U^{\Phi}$  – фактическая урожайность льна, т/га.

Исходный номер льносырья можно определить по выражению [9, 10]:

$$N_{\Omega}^{\text{исх}} = \frac{N_{\Omega}^{\Phi}}{a \cdot e^x}, \quad (5)$$

где  $N_{\Omega}^{\Phi}$  – фактический номер льнотресты;

$a$  – коэффициент снижения качества;

$x$  – количество дней уборки;

$e$  – свободный член.

Выбор оптимального комплекса технических средств связан с определением количества дней уборки и снижением качества льносырья за один день, позволяющими определить снижение качества в процессе уборки [11–16].

**Заключение.** Эффективность комплексов технических средств уборки льна в значительной степени зависит от продолжительности времени, в течение которого льнотреста находится в состоянии кондиционной влажности. В качестве критерия формирования комплексов технических средств целесообразно принимать критерий рациональности – отношение необходимого и фактического времени кондиционной влажности, значение которого не должна быть меньше 1.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шаршунов, В. А. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения ее эффективности / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 267–271.
2. Сентюров, Н. С. Состояние уборки и переработки льна-долгунца в Республике Беларусь и перспективы развития / Н. С. Сентюров, М. В. Цайц // Тракторы, автомобили и машины для природообустройства. – Киров, Горки: БГСХА, 2018. – С. 95–98.
3. Цайц, М. В. Анализ состояния уборки льна-долгунца в Республике Беларусь / М. В. Цайц, А. С. Алексеенко // Аграрная наука - сельскому хозяйству. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2018. – Кн. 2. – С. 202–203.
4. Анализ механизированных технологий уборки и первичной переработки льна / В. А. Шаршунов, А. С. Алексеенко, М. В. Цайц, В. А. Левчук // Вестник БГСХА. – 2017. – № 2. – С. 137–141.
5. Основы расчета рабочих органов машин и оборудования для производства семян льна / В. А. Шаршунов, В. Е. Круглень, А. Н. Кудрявцев [и др.]. – Горки: БГСХА, 2016. – 156 с.

6. Шаршунов, В. А. Анализ обеспеченности льносеющих хозяйств Республики Беларусь техническими средствами для уборки льна-долгунца / В. А. Шаршунов, В. А. Кожановский, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2022. – № 4. – С. 150–156.

7. Охотников, Б. Л. Управляемые факторы в системе выбора направлений совершенствования технических средств / Б. Л. Охотников, Ю. Н. Строганов, А. Л. Обухов // Известия Международной академии аграрного образования. – 2016. – № 27. – С. 26–30.

8. Буклагина, Г. В. Повышение эффективности технологии уборки льна-долгунца путем оптимизации комплекса технических средств / Г. В. Буклагина // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2005. – № 3. – С. 768.

9. Великанова, И. В. Направления модернизации системы машин в льняном подкомплексе: экономические аспекты / И. В. Великанова // Инновационные технологии и технические средства для АПК. – Воронеж: Воронеж. гос. аграр. ун-т им. Императора Петра I, 2019. – С. 26–30.

10. Машинно-технологическое обеспечение возделывания и переработки прядильных культур / Р. А. Ростовцев, И. В. Ушаковский, И. Г. Голубев, Н. П. Мишуров. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – 153 с.

11. Цайц, М. В. Отделение семенной части от стеблей льна роторно-бильным аппаратом при комбайновой уборке: дис. ... канд. техн. наук / М. В. Цайц; БГСХА. – Горки, 2024. – 239 с.

12. Обоснование конструкционных параметров бичей роторно-бильного обмолачивающего аппарата / В. А. Шаршунов, М. В. Цайц, В. А. Левчук [и др.] // Вестник БГСХА. – 2024. – № 2. – С. 147–153.

13. Левчук, В. А. Обмолот лент льнотресты в линии первичной переработки очесывающе-площильным аппаратом: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. А. Левчук; БГСХА. – Горки, 2023. – 26 с.

14. Левчук, В. А. Обмолот лент льнотресты в линии первичной переработки очесывающе-площильным аппаратом: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: дис. ... канд. техн. наук / В. А. Левчук; БГСХА. – Горки, 2023. – 236 с.

15. 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.

16. Шик, А. В. Концептуальная схема прицепного льноуборочного комбайна / А. В. Шик, М. В. Цайц // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2023. – С. 81–84.

*Аннотация.* Приведена упрощенная методика выбора параметров и режимов работы прицепного льноуборочного комбайна с установленным роторно-бильным аппаратом, вместо классического гребневого аппарата, основана на результатах теоретических и экспериментальных исследований, проведенных в соответствии с программой исследований. Реализация методики выбора параметров и режимов работы в форме номограммы обеспечивает ее простое применение в условиях сельскохозяйственного производства.

*Ключевые слова:* лен-долгунец, комбайновая уборка, роторно-бильный аппарат, отделение семенной части, режим работы, параметры настройки.

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

УДК 631.3:636

#### МОБИЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ ПОЛНОРАЦИОННЫХ КОРМОВ ЖИВОТНЫМ

А. В. КИТУН<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор  
Ю. А. КРУПЕНИН<sup>2</sup>, ст. преподаватель  
П. Ю. КРУПЕНИН<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

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

**Введение.** Механизация раздачи кормов на фермах и промышленных комплексах осуществляется кормораздатчиками, отличающимися по принципу действия и конструкции. Кормораздающие устройства, конструктивно выполненные с учетом зоотехнических требований, должны обеспечивать равномерность и точность раздачи корма, его дозировку, отдельно каждому животному или группе животных, исключать загрязнение корма, расслаивание по фракциям, не допускать травмирования животных [1–4].

Несовершенство обслуживающей системы процесса раздачи кормов приводит к потерям (убыткам), которые включают потери от несовершенства применяемой системы машин, формирования технологических линий и функционирования машин [5].

**Основная часть.** Существенным недостатком стационарных кормораздатчиков является недостаточное резервирование необходимой безотказности оборудования. Процесс раздачи кормов по всему фронту кормления прекращается при выходе из строя любого из технических элементов данного кормораздатчика.

Преимуществом мобильных раздатчиков кормов машин является более низкая удельная стоимость этих машин в сравнении со стационарными – мобильные кормораздатчики работают более продолжительное время и могут раздавать корма в нескольких помещениях. При выходе из строя кормораздатчика на любой стадии работы, раздача

кормов увеличится только по времени и производится другими машинами, участвующими в данном процессе [6].

Раздатчики монокорма (КР-Ф-10, КТУ-10А, КРБ-4,7 и др.) предназначены для перевозки и раздачи на ходу в кормушки, на одну сторону, измельченных листостебельных масс или смеси их с другими сыпучими кормами. Раздаваемый животным указанными машинами корм не обеспечивает индивидуальное кормление животных высокоэнергетическими кормами при движении кормораздатчика вдоль кормушек животных.

Уменьшить энергозатраты и металлоемкость процесса раздачи и формирования кормосмеси можно мобильным модульным смесителем-раздатчиком СРК-10. Смешивание кормов производится при пересечении встречных потоков кормов – стебельчатых кормов и высокоэнергетической добавки, поступающих на поперечный выгрузной цепочно-планчатый транспортер [7].

Модуль для многокомпонентной высокоэнергетической добавки представляет собой бункер, внутри которого, в одной горизонтальной плоскости, расположены два шнека, которые выполняют две технологические операции – смешивание высокоэнергетических кормовых компонентов и подачу кормосмеси через выгрузной канал на встречу находящегося во взвешенном состоянии стебельчатых кормов. Схема рабочего процесса мобильного смесителя-раздатчика представлена на рис. 1.

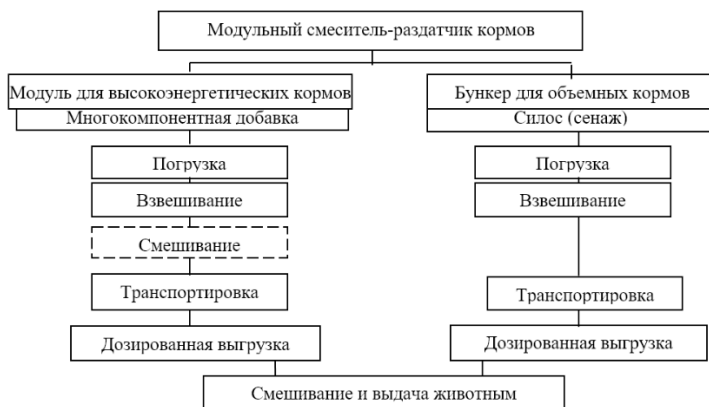


Рис. 1. Пооперационная схема рабочего процесса мобильного модульного смесителя-раздатчика кормов

Для частиц высокоэнергетических кормов с модулем помола 2,6 мм глубина их проникновения в слой стебельчатых кормов высотой 150 и 250 мм, соответственно, равна 26 и 120 мм.

Линейка измельчителей-смесителей-раздатчиков кормов ИСРК-12 «Хозяин» представлена универсальными транспортно-технологическими средствами для приготовления (доизмельчения и смешивания) кормовых компонентов. Используется на молочно-товарных фермах и имеет возможность раздачи кормосмесей как на одну, так и на обе стороны одновременно. Базовая модель ИСРК-12 может быть оборудована грейферным погрузчиком или фрезой.

В последнее время получают развитие автоматизированные системы кормления животных, оснащаемые кормораздатчиками на колесном ходу. При создании конструкции таких машин за основу были взяты не подвесные роботы-кормораздатчики, а мобильные смесители-раздатчики кормов [8, 9].

В конструкции автоматизированного кормораздатчика Innovado фирмы Schuitemaker Machines B. V. (Нидерланды) использованы как уже известные технические решения, так и инновационные разработки. Так, выемка силоса из траншейных хранилищ и его загрузка в бункер установки осуществляются хорошо зарекомендовавшим себя резчиком силосных блоков, размещенным на стреле с регулируемой длиной вылета. Смешивание ингредиентов производится в бункере кормораздатчика с помощью вертикального шнека. Раздача корма ведется ленточным поперечным транспортером на левую или правую сторону.

Система управления кормораздатчика обеспечивает выполнение в автоматическом режиме всех технологических операций загрузки, приготовления и раздачи кормосмеси, а также перемещение робота по заданному маршруту. Маршрут для Innovado задается путем размещения под поверхностью дорожного полотна специальных индукционных датчиков. На самом роботе установлены гироскоп и взаимодействующие с датчиками сенсоры, обеспечивающие перемещение машины по установленному маршруту. Безопасная эксплуатация Innovado обеспечивается за счет установленного на нем лазера, который сканирует близлежащее пространство на предмет присутствия людей, животных и других объектов. При обнаружении препятствия на маршруте движения робот немедленно останавливается.

Программное обеспечение системы управления позволяет Innovado осуществлять загрузку кормами из нескольких хранилищ, обслуживая

при этом различные группы животных в разных помещениях и приготавливая им кормовые смеси соответствующих рационов.

Автоматизированная система кормления Vector фирмы Lely состоит из нескольких агрегатов, управляемых компьютером по специальной программе, позволяющей автоматически приготавливать многокомпонентные кормовые смеси и осуществлять их раздачу. Система включает в себя грейферный погрузчик объемистых кормов, дозатор концентрированных кормов и добавок, координатный смеситель-кормораздатчик с функцией подталкивателя кормов.

В процессе приготовления кормовых смесей робот-кормораздатчик останавливается в определенном месте и подключается к специальному устройству для зарядки аккумуляторных батарей. Здесь же располагается дозатор концентрированных кормов и добавок, который загружает в бункер кормораздатчика необходимые компоненты. В помещении также смонтирована кран-балка с роботизированным грейферным погрузчиком объемистых кормов.

Кормораздатчик автоматизированной системы кормления Vector оснащен бункером, представляющим собой смеситель с вертикально расположенным шнеком. Управление работой кормораздатчика осуществляется через сенсорную панель E-link по беспроводной связи. Кормораздатчик оснащен датчиком, который сканирует кормовой стол в процессе подравнивания корма и определяет количество остатков на конкретном участке (замеряется толщина слоя корма на кормовом столе). В случае если кормовой стол пуст, робот дозированно выгружает кормовую смесь из бункера на этом отрезке фронта кормления. Таким образом достигается постоянное наличие свежего корма на кормовом столе.

Автоматизированная система кормления Vector обеспечивает многократное кормление животных в течение суток (до 10 раз) небольшими, точно дозируемыми порциями. Эта система разработана в дополнение к доильному роботу Astronaut и минимизирует ручной труд на молочных фермах. Так, по данным хозяйств в Канаде, где установлена эта система, удается достичь экономии до 600 часов ручного труда и около 6000 литров дизельного топлива в течение одного года.

**Заключение.** Процессом раздачи кормов автоматизированные системы управляют в зависимости от выбранной программы кормления и введенных исходных данных. Исполнение программы контролирует бортовой компьютер, который может иметь набор базовых функций: выдача суточного рациона, режимы наращивания или снижения нормы

выдачи кормов и режим расчетного потребления корма на конкретную корову. Помимо управления компьютер выполняет и ряд расчетных функций: суммирует фактический расход кормов и выдает статистические данные о потреблении коровами различных кормов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Быковская, Н. В. Инновации в молочном скотоводстве / Н. В. Быковская // Инновации. – 2015. – № 4. – С. 215–217.
2. Шаршунов, В. А. Технологическое оборудование для производства молока и молочных продуктов: пособие в 2-х ч. Ч. 1. Доеение коров и первичная обработка молока / В. А. Шаршунов. – Минск: Мисанта, 2015. – 665 с.
3. Китун, А. В. Основы формирования поточных технологических линий на животноводческой ферме / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин // Вестник БГСХА. – 2021. – № 2. – С. 160–164.
4. Крупенин, П. Ю. Применение кавитационных технологий при производстве органической сельскохозяйственной продукции / П. Ю. Крупенин // Аграрное образование и наука для агропромышленного комплекса. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 142–144.
5. Мишуров, Н. П. Биоэнергетическая оценка и основные направления снижения энергоемкости производства молока: науч. изд. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 152 с.
6. Китун, А. В. Проектирование мобильных транспортных потоков на животноводческом предприятии / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин, А. А. Романович // Вестник БГСХА. – 2021. – № 2. – С. 184–190.
7. Китун, А. В. Основы формирования поточных технологических линий на животноводческой ферме / А. В. Китун, П. Ю. Крупенин // Вестник БГСХА. – 2021. – № 2. – С. 160–164.
8. Роботизированные системы в животноводстве / А. А. Науменко [и др.]. – Харьков: ХНТУСХ им. Петра Василенка, 2015. – 171 с.
9. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.

*Аннотация.* Приведен технико-экономический анализ механизированных систем раздачи кормов на фермах и промышленных комплексах крупного рогатого скота, теоретическое исследование 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.

## ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

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

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

**Введение.** В сельскохозяйственном производстве используется большое количество различных систем автоматизации, которые отличаются своим назначением, конструктивной реализацией конструктивных элементов автоматических регуляторов и рабочим процессом. Несмотря на столь значительное разнообразие систем автоматизации и отличительных особенностей, по этим параметрам их можно разделить в зависимости от определенной конструктивной особенности. Такой конструктивной особенностью автоматических систем является схема автоматизации [1–3].

Контуром в системах автоматизации называется непрерывный канал, который образован набором определенных и специфичных технических средств, выполняющих различные функции.

Технические средства, выполняющие различные функции в схемах автоматизации, являются структурными элементами. Между структурными элементами, входящими в состав схемы автоматизации, существует физическая связь непрерывный канал, который образован набором определенных и специфичных технических средств, выполняющих различные функции.

**Основная часть.** Схема автоматизации формируется различными функциональными и конструктивными техническими средствами, которые могут иметь различную физическую природу. Схема автоматизации может быть сформирована техническими средствами электрического, гидравлического, пневматического и механического характера. Взаимодействие технических средств в схеме автоматизации осуществляется за счет физической связи между ними.

Физическая связь проявляется в том, что выходной сигнал в виде определенных физических параметров предыдущего технического средства является входным сигналом последующего технического

средства. Одновременно с передачей сигнала от одного технического средства к другому в каждом из них может произойти изменение физической природы входного сигнала [3, 5, 6].

В зависимости от характера схемы автоматизации, реально работающие системы автоматизации делятся на две разновидности. Каждый тип системы автоматизации характеризуется наличием замкнутой или разомкнутой схемы автоматизации. Это означает, что в одном типе систем автоматизации основная обратная связь активна, в другом типе систем автоматизации основная обратная связь отсутствует. Наличие основной обратной связи в системе автоматизации означает, что в ней существует замкнутый контур автоматизации.

Отсутствие основной обратной связи в системе автоматизации означает, что в ней работает разомкнутая схема автоматизации [3, 4, 7].

Замкнутый контур автоматизации – это непрерывный и одновременно закольцованный канал в системе автоматизации, который создается в ней техническими средствами и обеспечивает управление только одним контролируемым параметром объекта автоматизации. Замкнутый контур автоматизации в виде непрерывного кольцевого канала является автономным и независимыми и работает в системе автоматизации отдельно для каждого контролируемого параметра объекта автоматизации.

Автономность и независимость замкнутого контура автоматизации означает, что изменение одного контролируемого параметра объекта относительно его заданного значения приводит к появлению управляющего сигнала и управляющей команды. Управляющий сигнал поступает только по своему собственному каналу замкнутой цепи, не смешиваясь с управляющими сигналами других цепей автоматики той же системы автоматизации. Замкнутая цепь автоматики имеет в своем составе необходимые структурные элементы желаемой функциональной направленности.

Функциональная направленность означает, что каждый структурный элемент целенаправленно и однозначно выполняет в системе автоматизации свою конкретную функцию. В общем случае функциональная направленность каждого структурного элемента выражается в конкретном преобразовании входного сигнала в выходной с конкретной целью.

Преобразование входного сигнала в выходной может сопровождаться в большинстве структурных элементов количественно и каче-

ственно, а в некоторых структурных элементах только количественно. Это означает, что в одних структурных элементах преобразование входного сигнала в выходной сопровождается увеличением численного значения, а также с одновременным изменением физической природы входного сигнала. Это означает количественное и качественное преобразование входного сигнала.

В других структурных элементах преобразование входного сигнала в выходной сопровождается только увеличением численного значения входного сигнала без изменения физической природы. Это означает количественное преобразование входного сигнала [3, 5, 6].

В общем случае замкнутый контур автоматизации может включать в свой состав следующие функционально необходимые структурные элементы: измерительный преобразователь или чувствительный элемент (ИП или ЧЭ), сравнивающий (СЭ) и задающий (ЗЭ) элементы, усилительный орган (УО), исполнительный механизм (ИМ), регулирующий орган (РО).

Структурными элементами являются технические средства автоматизации конкретного конструктивного исполнения. Замкнутый контур автоматизации, состоящий из указанной последовательности структурных элементов, эффективно и целенаправленно выполняет свою конкретную функциональную задачу. Содержание функциональной задачи заключается в автоматическом поддержании заданного состояния равновесия объекта автоматизации. Такой номинально необходимый количественный состав структурных элементов характеризуется традиционной элементной базой и образует автоматический регулятор управления [3, 4, 7].

Словосочетание «из указанной последовательности структурных элементов» означает, что замкнутый контур в системах автоматизации образуется структурными элементами в их изложенной последовательности.

Выполнение функциональной задачи сводится к измерению управляющего параметра объекта автоматизации, последующему преобразованию и передаче информации о его отклонении относительно заданного значения по замкнутому каналу на вход объекта. На основе такой информации формируются управляющие воздействия в виде сигнала определенной физической природы.

Управляющие воздействия устраняют возникающие отклонения управляющего параметра объекта, что стабилизирует его заданное со-

стояние равновесия. В случае управления объектом по двум или более регулируемым параметрам для каждого параметра обеспечивается его заданное равновесное состояние. Это означает, что для каждого параметра управления генерируются управляющие сигналы, которые проходят по отдельному и независимому каналу их замкнутого контура. Количество замкнутых контуров в системе автоматизации соответствует количеству параметров управления объектом.

Непрерывный, но незакольцованный канал в разомкнутом контуре автоматизации имеет в основном электрическую, механическую и гидравлическую природу. Технические средства электрической природы, как правило, целенаправленно разрабатываются для формирования разомкнутого контура в системах автоматизации.

Технические средства механической и гидравлической природы часто являются механизмами и соответственно узлами технологического оборудования, которые выполняют определенный технологический процесс. Разомкнутый контур автоматизации дополнительно оснащается техническими средствами автоматизации электрической природы [4, 6, 7].

Несмотря на различия в конструкции и физической природе, средства автоматизации последовательно работают в замкнутом цикле, который они образуют. Технические средства, благодаря их регулярному и последовательному расположению друг относительно друга, обеспечивают физическую связь между выходом предыдущего и входом последующего технических средств.

Выходные и входные сигналы двух соседних последовательно расположенных в схеме технических средств имеют одинаковую физическую природу и характеризуются одинаковыми физическими параметрами.

В каждом техническом средстве разомкнутой цепи входной сигнал преобразуется в выходной сигнал за счет действия частей и элементов каждого технического средства, образующих непрерывный канал внутри такого средства. В результате определенного расположения технических средств относительно друг друга в системе автоматизации образуется непрерывный канал, по которому проходят управляющие сигналы и преобразуются в управляющие воздействия.

Незамкнутость непрерывного канала в системе автоматизации характеризуется тем, что управляющие сигналы проходят только в одном направлении, достигая объекта автоматизации в виде управляю-

щих воздействий и целенаправленно воздействуя на него. Действие управляющих воздействий на объект направлено на выполнение заданного алгоритма функционирования.

В системах автоматизации различного вида (САР, САУ, САК) действует определенное количество разомкнутых контуров автоматизации. В каждой системе автоматизации одного вида количество разомкнутых контуров автоматизации зависит от ее конструктивного исполнения и количества физических параметров, которые используются для автоматического управления или автоматического контроля [5, 6].

В САР действует, как правило, один разомкнутый контур автоматизации. В САУ чаще всего действует один разомкнутый контур автоматизации, но может действовать и большее количество разомкнутых контуров автоматизации. В САК может действовать один разомкнутый контур автоматизации или большее количество разомкнутых контуров автоматизации, что определяется только количеством физических параметров, используемых для контроля за состоянием объекта.

**Заключение.** Исходя из вышеизложенного, можно сделать следующие выводы – это то, что замкнутая и разомкнутая схемы автоматизации характеризуются определенной общностью. Общность обеих схем автоматизации имеет специфическое содержание, которое выражается в следующем.

Замкнутый контур автоматизации, который формирует основную обратную связь в системах автоматизации, может включать в себя локальную обратную связь.

В то же время разомкнутый контур автоматизации также может включать в себя локальную обратную связь.

Локальная обратная связь в схемах автоматизации обоих типов может быть присуща одному структурному элементу (техническому средству одного типа) или может быть сформирована несколькими структурными элементами (техническими средствами различных типов).

Замкнутый и разомкнутый контур автоматизации в САР и САУ, образованный определенной совокупностью технических средств, представляет собой автоматический регулятор управления (АРУ). Разомкнутый контур автоматизации в САК, образованный конкретной совокупностью технических средств, представляет собой последовательно соединенные автоматический регулятор контроля (АРК) и автоматический регулятор сигнализации (АРС).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – М.: Колос, 2004. – 344 с.
2. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А. С. Клюев [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.
3. Радченко, Г. Е. Автоматизация сельскохозяйственной техники / Г. Е. Радченко. – Минск: Технопринт, 2005. – 384 с.
4. Радченко, Г. Е. Автоматизация сельскохозяйственной техники / Г. Е. Радченко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2011. – 496 с.
5. Козлов, С. И. Эксплуатационное содержание и сущность систем автоматизации современной сельскохозяйственной техники С. И. Козлов, С. А. Бортник, В. М. Кузюр // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2022. – № 1 (21). – С. 10–19.
6. Козлов, С. И. Структурный анализ автоматизированных систем управления сельскохозяйственной техники / С. И. Козлов, С. А. Бортник // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2019. – С. 276–281.
7. Развернутый структурный анализ систем автоматизации сельскохозяйственной техники / С. И. Козлов [и др.] // Технический сервис машин. – 2021. – № 4 (145). – С. 62–68.

*Аннотация.* Определенная количественная совокупность структурных элементов и функциональная последовательность их расположения в автоматических регуляторах различного назначения обеспечивает в системах автоматизации конкретного каждого вида выполнение конкретной функциональной задачи. Такая работа направлена на вполне осмысленное понимание эксплуатационного содержания и сущности систем автоматизации. Большое количество разнообразных систем автоматизации, которые отличаются между собой назначением, конструктивным выполнением структурных элементов автоматических регуляторов и рабочим процессом. Несмотря на столь значительное разнообразие систем автоматизации и отличительные особенности, по указанным параметрам их можно разделить по определенному конструктивному признаку. Таким конструктивным признаком в автоматических системах является контур автоматизации.

*Ключевые слова:* автоматизация, объект автоматизации, автоматическое регулирование, контур автоматизации.

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЗАГРУЗОЧНОЙ ФРЕЗЫ ПОГРУЗЧИКА-РАЗДАТЧИКА-СМЕСИТЕЛЯ КОРМОВ ПРСК-12

А. В. МЕЛЕХОВ, ст. преподаватель

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

**Введение.** Прицепной погрузчик раздатчик-смеситель кормов ПРСК-12 выпускается в Республике Беларусь ОАО «Бобруйскагромаш». Погрузчик-раздатчик-смеситель кормов ПРСК-12 предназначен для погрузки, измельчения и смешивания многокомпонентных кормовых смесей (корнеплоды, сено, сенаж, комбикорм, и другие добавки), транспортировки и раздачи в кормушки или на кормовой стол сбалансированного корма [1–6].

**Основная часть.** Кормораздатчик ПРСК-12 подается непосредственно к месту загрузки задним ходом трактора, что особенно важно при работе в траншее. ПРСК-12 оборудован погрузочной фрезой, которая представляет собой барабан на штанге со специальными ножами, который приводится в действие автономной гидросистемой. Скорость вращения фрезерного барабана до 800 оборотов в минуту. Фреза поднимается на высоту не менее 3,5 м и, опускаясь до 20–30 мм, (т. е. практически до самой земли) срезает и забрасывает в бункер вертикальный слой силоса глубиной до 250–300 мм. Производительность (для силоса с влажностью до 55 %) не менее 10 т/ч. Привод рабочих органов кормораздатчика осуществляется от ВОМ трактора, через широкоугольный карданный вал, уникальный двухступенчатый планетарный редуктор и систему цепных передач. Управление рабочих органов (включение и выключение, подъем и опускание выгрузного транспортера и шиберов) производится с помощью автономной гидросистемы, управляемой дистанционно.

Модернизация стрелы заключается в следующем: вместо жестко закрепленных лонжерона и стойки стрелы (сварены между собой при помощи уголков), я предлагаю данное соединение сделать подвижным, т.е. закрепив стойку и лонжерон шарнирно. Тем самым обеспечив дополнительный вылет фрезы по радиусу. Это перемещение возможно при помощи дополнительно установленного гидроцилиндра.

Данная модернизация позволит более качественно и быстро выполнять загрузку бункера за счет сокращения времени на дополнительные перемещения транспортного средства, что приведет к уменьшению времени от загрузки до кормления.

Определяем требуемую производительность фрезы:

$$Q_{\text{ш}} = \frac{G}{t_p}, \quad (1)$$

где  $G$  – грузоподъемность смесителя-раздатчика, т;

$t_p$  – требуемое время раздачи, принимаем исходя из требований,

$$t_p = 0,42 \text{ ч.}$$

Подставляем данные:

$$Q_{\text{ш}} = \frac{4,3}{0,42} = 10,2 \text{ т/ч.}$$

Определяем частоту вращения фрезы погрузчика-кормораздатчика:

$$n = \frac{4 \cdot Q_{\text{ш}}}{\pi \cdot (D^2 \cdot d^2) \cdot S \cdot \rho \cdot \varphi}, \quad (2)$$

где  $Q_{\text{ш}}$  – производительность фрезы, т/ч;

$D = 0,5$  – диаметр фрезы, м;

$d = 0,219$  – диаметр вала фрезы, м;

$S = 0,43$  – шаг фрезы, м;

$\varphi = 0,96$  – коэффициент заполнения;

$\rho$  – плотность корма,  $\rho = 0,5 \text{ т/м}^3$ .

$$n = \frac{4 \cdot 10,2}{3,14 \cdot (0,5^2 \cdot 0,219^2) \cdot 0,43 \cdot 0,5 \cdot 0,96} = 313 \text{ мин}^{-1}.$$

Мощность, необходимая для привода погрузчика-кормораздатчика, расходуется на передвижение корма, забрасывание в бункер, перетирание корма.

$$N_c = N_1 + N_2 + N_3, \quad (3)$$

где  $N_1$  – мощность на передвижение корма;

$N_2$  – мощность расходуемая на забрасывание корма;

$N_3$  – мощность на перетирание корма между собой.

$$N_1 = \frac{Q_{\text{ш}} \cdot 10^2 \cdot L}{367}, \quad (4)$$

где  $Q_{\text{ш}}$  – производительность фрезы, т/ч;

$L$  – длина фрезы, м.

$$N_1 = \frac{14,3 \cdot 10^2 \cdot 1,4}{367} = 5,5 \text{ кВт} \cdot$$

$$N_2 = \frac{Q_{\text{ш}} \cdot S_{\text{шн}} \cdot n \cdot f}{367}, \quad (5)$$

где  $S_{\text{шн}}$  – шаг витка, м;

$n$  – частота вращения фрезы, с<sup>-1</sup>;

$f$  – коэффициент трения.

$$N_2 = \frac{14,3 \cdot 10^3 \cdot 0,43 \cdot 5,21 \cdot 0,14}{367} = 12,2 \text{ кВт},$$

$$N_3 = \frac{Q_{\text{ш}} \cdot R_{\text{шн}} \cdot f \cdot n}{975}, \quad (6)$$

где  $R_{\text{шн}}$  – радиус фрезы, м.

$$N_3 = \frac{14,3 \cdot 10^3 \cdot 0,25 \cdot 0,14 \cdot 5,21}{957} = 2,7 \text{ кВт}.$$

Подставляем полученные значения:

$$N_c = 5,45 + 12,2 + 2,7 = 20,35 \text{ кВт}.$$

Крутящий момент на валу фрезы определяется по формуле:

$$T_0 = 9550 \cdot \frac{N_c}{n}, \quad (7)$$

$$T_0 = 9550 \cdot \frac{20,35}{312,7} = 621,5 \text{ Нм}.$$

**Заключение.** При раздаче кормов мобильным кормораздатчиком ПРСК-12 происходит: уменьшаются капиталовложения, увеличивается производительность труда и уменьшаются затраты труда, а также увеличивается срок службы отдельных узлов.

#### 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. – М.: Агропромиздат, 2015. – 432 с.
3. 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.
4. Завражных, А. И. Механизация приготовления и хранения кормов / А. И. Завражных, Д. И. Николаев. – Минск, 1990. – 336 с.
5. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
6. Техническое обеспечение процессов в животноводстве / В. К. Гриб [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2004. – 831 с.

*Аннотация.* Погрузчик раздатчик-смеситель кормов ПРСК-12 предназначен для измельчения, смешивания многокомпонентных кормовых смесей (корнеплоды, сено, сенаж, комбикорм, и другие добавки), транспортировки и раздачи в кормушки или на кормовой стол сбалансированного корма. На этапе приготовления кормосмеси происходит измельчение и перемешивание компонентов в бункере. Данная модернизация позволит более качественно и быстро выполнять загрузку бункера за счет сокращения времени на дополнительные перемещения транспортного средства, что приведет к уменьшению времени от загрузки до кормления.

*Ключевые слова:* кормораздатчик, погрузчик, шнеки, загрузочная фреза.

## БИОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ И ТЕХНОЛОГИИ

А. А. ОСТРЕЙКО, ст. преподаватель

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

**Введение.** Современный мир отличают все возрастающие потребности в энергетических ресурсах, особенный интерес в этом плане уделяется возобновляемым источникам энергии. Одним из них является биомасса, из которой получают биогаз и ценные биоудобрения. В мире известно около 60 разновидностей различных биогазовых технологий, в которых основное место отведено биогазовым установкам, представляющим собой герметически закрытую емкость, где при определенной температуре в анаэробных условиях происходит сбраживание собранного и подготовленного сырья с получением биогаза [1–12].

**Основная часть.** Существующие биогазовые установки классифицируют по методам загрузки сырья, методам сбора биогаза, по используемым для их сооружения материалам, горизонтальному или вертикальному расположению реактора, подземной или наземной конструкции, а также по использованию дополнительных устройств.

По методу загрузки сырья выделяют установки порционной и непрерывной загрузки, которые отличаются временем сбраживания и регулярностью загрузки сырья. Наиболее эффективными с точки зрения выработки биогаза и получения биоудобрений являются установки непрерывной загрузки.

По методу сбора газа различают установки, где газ собирается в верхней твердой части реактора, под гибким куполом или в специальном газгольдере, плавающем или стоящим отдельно от реактора.

В зависимости от исходного сырья различают сельскохозяйственные, коферментационные, промышленные биогазовые установки и установки, работающие на газе, получаемом в результате переработки мусора.

Биогазовые технологии наиболее эффективно используются для переработки отходов животноводческих и птицеводческих ферм, предприятий АПК и сточных вод, так как они характеризуются постоянством потока отходов во времени и простотой их сбора.

Сельскохозяйственные биогазовые установки независимо от технологии их эксплуатации можно разделить на четыре разных технологических стадии:

1. Менеджмент субстрата (поставка, хранение, подготовка, транспортировка и подача в реактор).
2. Получение биогаза.
3. Хранение, подготовка и внесение остатков от брожения.
4. Хранение, подготовка и использование биогаза.

Отдельные этапы детально показаны на рис. 1. Четыре технологических стадии взаимосвязаны. Тесная связь имеется в особенности между этапом два и этапом четыре, так как этап четыре обычно обеспечивает технологическое тепло, необходимое на этапе два. Техника используется лишь на этапах 1, 2 и 3. Выбор технологического оборудования для установки в первую очередь зависит от доступных субстратов.

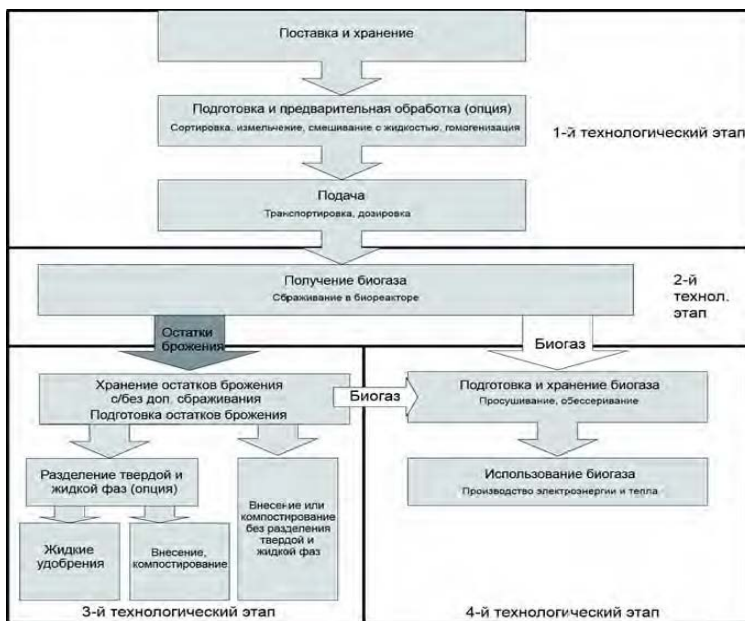


Рис. 1. Общая последовательность технологических этапов получения биогаза

Объем субстрата определяет размер всех агрегатов и емкостей. Качество субстратов (содержание СВ, структура, происхождение и т. д.) определяет технологию установки.

В зависимости от состава субстратов может понадобиться отделять примеси или смешивать его с жидкостью для получения субстратной пульпы, благодаря чему ее можно перекачивать насосами. Если необходима гигиенизация субстрата, следует запланировать участок гигиенизации. После предварительной подготовки субстрат попадает в реактор, где происходит брожение. При мокром сбраживании используются преимущественно одно- или двухкаскадные установки, работающие по проточному принципу.

При двухкаскадной технологии используется реактор и емкость дображивания, которая включается в технологическую цепочку после него. Субстрат попадает из реактора в емкость дображивания, в которой происходит брожение тяжело поддающихся разложению материалов. Остатки от брожения складываются в закрытых емкостях с использованием биогаза или в открытых емкостях и, как правило, используются в качестве жидкого удобрения на сельскохозяйственных площадях.

Получаемый в результате процесса брожения биогаз накапливается и очищается. Он, в основном, используется на блочных ТЭЦ (БТЭЦ) для одновременного получения электроэнергии и тепла.

На рисунке 2 показаны основные компоненты установки, блоки и агрегаты типичной однокаскадной сельскохозяйственной биогазовой установки при использовании гигиенизированных косубстратов.

В данном случае технологические этапы являются следующими. К первому технологическому этапу (хранение, подготовка, транспортировка и подача субстрата в реактор) относятся приемная емкость 2, сборник 3 и цистерна гигиенизации 4. Второй технологический этап (получение биогаза) происходит в биогазовом реакторе 5, который еще называется ферментером. Третий технологический этап – это хранилище остатков от брожения 8 и внесение перебродившего субстрата в качестве удобрения на сельскохозяйственные площади 9. Четвертый технологический этап (накапливание, очистка и использование биогаза) реализуется в газохранилище 6 и на блочной ТЭЦ 7.

Для некоторых органических отходов в определенных обстоятельствах может понадобиться интеграция в биогазовую установку каскада предварительной термообработки. Предварительная обработка производится путем нагревания материалов до температуры в 70 °С минимум в течение одного часа.

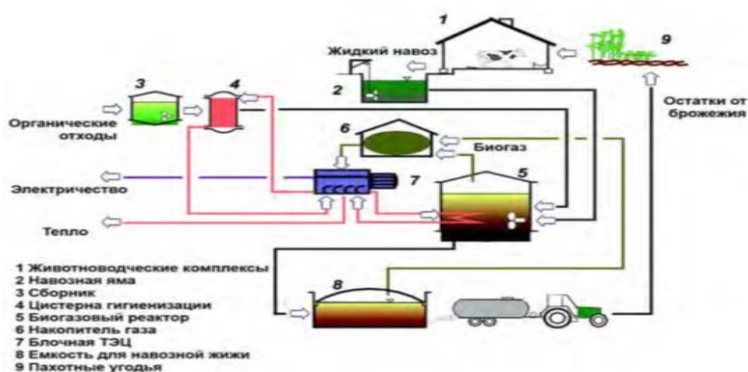


Рис. 2. Схема сельскохозяйственной биогазовой установки с использованием субстратов

Так как размер используемых для гигиенизации емкостей и энергозатраты зависят от обрабатываемых объемов, гигиенизация производится, как правило, перед подачей вызывающих сомнения с точки зрения гигиены ко субстратов в реактор. Благодаря этому можно гигиенизировать только вызывающие сомнения вещества и, следовательно, сделать участок гигиенизации более экономичным (гигиенизация части потока). Возможна также гигиенизация всего потока ко субстратов и/или перебродившего материала. Преимущество участка гигиенизации перед реактором заключается в определенном термическом воздействии на субстрат, который вследствие этого – в зависимости от своих свойств – лучше бродит.

Опыт получения биогаза в условиях Беларуси подтверждает необходимость значительного расхода получаемой энергии на подогрев исходного сырья для осуществления процесса сбраживания. Однако, не смотря на этот факт и достаточно большую стоимость самой биогазовой установки, она окупается за несколько лет, а служит без перебоев при надлежащем обслуживании десятилетиями.

**Заключение.** Интенсификация процесса получения биогаза за счет выбора различных конструктивно-технологических решений биогазовых установок и вспомогательного оборудования, применяемых на разных стадиях его производства и соблюдением определенной последовательности технологических этапов его получения позволяет повысить количество и качество вырабатываемого биогаза, обеспечивая благоприятные условия для его получения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
3. Веденев, А. Г. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике / А. Г. Веденев, Т. А. Веденева – Бишкек: Евро, 2006. – 90 с.
4. Гайфуллин, И. Х. Обзор и анализ конструкций существующих биогазовых установок / И. Х. Гайфуллин, Б. Г. Зиганшин // Актуальные вопросы и перспективы развития сельскохозяйственных наук. – Омск, 2016. – С. 12–16.
5. Оптимизация параметров и режимов работы биогазовой установки для достижения максимального выхода биометана / А. Г. Фиापшев, М. М. Хамоков, О. Х. Кильчукова [и др.] // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2021. – № 3. – С. 41–45.
6. 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.
7. 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.
8. Острейко, А. А. Факторы, влияющие на повышение выхода биогаза / А. А. Острейко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 208–212.
9. Переработка навоза в биогазовых установках / Д. Ф. Кольга, С. А. Костюкевич, Т. В. Молош, В. Н. Босак // Животноводство и ветеринарная медицина. – 2024. – № 3. – С. 7–11.
10. Сачыўка, Т. У. Альтэрнатыўная энергетыка ў Рэспубліцы Беларусь: накірункі і перспектывы развіцця / Т. У. Сачыўка, В. М. Босак, А. У. Дамнянкова // Хімічная тэхналогія і тэхніка. – Минск: БГТУ, 2024. – С. 492–496.
11. Тенденции развития сельскохозяйственной техники за рубежом / под общей редакцией А. А. Ежевского, В. И. Черноиванова, В. Ф. Федоренко. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 308 с.
12. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

*Аннотация.* Рассмотрены применяемые для производства биогаза установки, дана их классификация, описана последовательность технологических этапов получения биогаза с применением современных конструктивно-технологических решений для более полной утилизации отходов агропромышленного комплекса и повышения выхода биогаза. Проанализированы конструктивно-технологические методы интенсификации процесса анаэробного сбраживания, указаны их преимущества и недостатки.

*Ключевые слова:* биогазовая установка, биогаз, метантенк, метанообразование, реактор, метановое брожение.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ЖИВОТНОВОДЧЕСКОГО ПОМЕЩЕНИЯ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА ARDUINO UNO**

О. В. ПОНТАЛЁВ, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Вентиляция животноводческих ферм – система, состоящая из различного оборудования и устройств, задачей которой является выведение переработанного загрязненного воздуха, приток свежего кислорода, обеспечивая комфортный микроклимат в коровнике, свиарнике, птичнике и прочих помещениях хозяйства.

Система вентиляции животноводческих ферм должна быть спроектирована и смонтирована с учетом определенных норм. В результате необходимо поддерживать требуемый температурный режим, уровень влажности, кратность воздухообмена, которые будут приемлемыми для содержания животных. При этом отвечать всем требованиям пожарной и экологической безопасности.

Отклонение параметров микроклимата в помещениях от установленных пределов приводит к снижению удоев на 10–20 %, уменьшению приростов массы на 20–30 %, увеличению отходов молодняка до 5–40 %, снижению яйценоскости кур на 30–35 %, к расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, машин и самих зданий, снижению устойчивости животных к разным заболеваниям [1].

Вентиляционная система обеспечивает и нормальные условия для людей. Ведь они тоже заходят в помещение. Без нее от запаха, шерсти, пыли, углекислого газа, вредных паров внутри будет просто невозможно находиться.

**Основная часть.** В животноводстве могут быть использованы следующие виды вентиляционных систем:

- естественная вентиляция;
- искусственная (принудительная или механическая);
- комбинированная.

Работа системы естественной вентиляции основывается на перепадах давления внутри и снаружи зданий. Холодный воздух с улицы вы-

тесняет теплый, который находится в птицеводческих и животноводческих помещениях. Благодаря этому осуществляется его естественная циркуляция.

Такая вентиляционная система будет эффективной только в том случае, если разница температуры снаружи и внутри составляет не менее  $+8...+10$  °С. Естественно, летом такого перепада не будет. Поэтому в помещении нет необходимой циркуляции воздушного потока, возникнет застой. Если монтируется система вентиляции такого типа, то необходимо предусмотреть открывающиеся форточки и окна. Через них будет поступать свежий воздух, выходить переработанный.

Когда на улице температура ниже  $-15$  °С, необходимо контролировать приток кислорода при помощи заслонок. Он должен поступать в ограниченном количестве, так как тепла, которое выделяется телом животных, будет недостаточно для его обогрева. Также в качестве альтернативы можно предусмотреть отопление животноводческих помещений [2].

Принудительная вентиляционная система является более эффективной в сравнении с предыдущей. Она не зависит от окружающих условий, в том числе от температуры. Данная ВС будет справляться со своей задачей в любое время года.

Циркуляция воздушного потока осуществляется за счет работы вентиляторов для животноводческих помещений. Они вдувают его внутрь или наоборот направляют наружу.

Комбинированная объединяет в себе первые два вида вентиляции. То есть циркуляция воздуха может осуществляться как механическим, так и естественным образом за счет разницы температур снаружи и внутри построек.

Из всех систем наиболее эффективной в данном случае является принудительная, а именно – приточно-вытяжная.

Конструктивно она состоит из двух линий, одна из них необходима для обеспечения притока чистого воздуха, а вторая для вывода загрязненного. Как правило, обе используются одновременно для высокой эффективности (рис. 1).

Есть несколько способов расчета систем вентиляции:

1. По кратности воздушного обмена;
2. По количеству содержащихся животных.

Первый способ самый простой, но дает приблизительные значения.

Вентиляция коровника и любых других фермерских помещений имеет кратность воздухообмена 4–5. Под этим подразумевается, что за

1 час весь воздух должен обновиться 4–5 раз. При расчете необходимо объем помещения умножить на данное число.

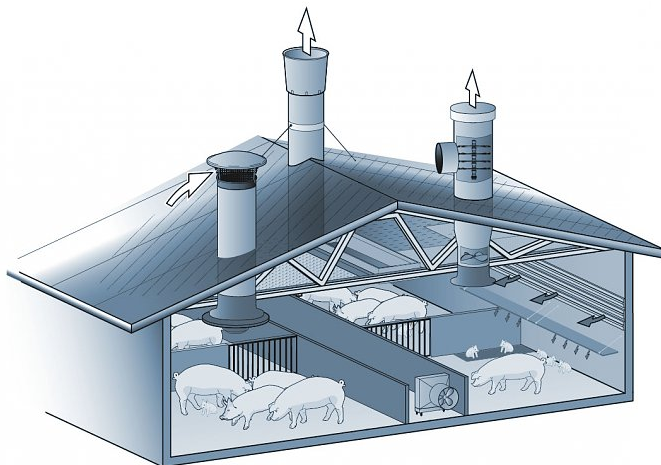


Рис. 1. Приточно-вытяжная система вентиляции

Полученная цифра будет необходимым значением производительности вентилятора или нескольких, если он установлен не один. Именно с таким показателем нужно установить оборудование, добавив еще 10 % запаса мощности.

Второй способ более точный и базируется на нормативах воздухообмена в час для различных видов животных, например, для взрослых коров – 20–25 м<sup>3</sup>/ч.

Для управления вентиляционной системой промышленностью выпускается автоматизированный комплекс «Климат» в четырех модификациях: «Климат-2», «Климат-3», «Климат-4» и «Климат-8».

Кроме того, промышленность производит приточно-вытяжные установки ПВУ-4, ПВУ-6, ПВУ-9 и тепловентиляторы, предназначенные специально для отопления и вентиляции животноводческих помещений комплексов промышленного типа [3].

Однако, возникает вопрос об рациональном использовании данного оборудования при создании систем вентиляции фермерских хозяйств и МТФ с поголовьем не более 500 голов.

Поэтому, в качестве цифрового органа управления предлагаю использовать контроллер Arduino UNO, получивший в последнее время

широкое распространение при создании различных проектов, благодаря своей низкой стоимости, надежности и технических характеристик.

Arduino Uno контроллер построен на базе ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Для работы необходимо подключить платформу к компьютеру посредством кабеля USB, либо подать питание при помощи адаптера AC/DC или батареи.

Для создания программы управления не нужны специальные навыки программирования, так как существует визуальная программа FLProg, позволяющая с помощью языков программирования FBD и Ladder (используются для программирования практически всех логических реле, и части промышленных контроллеров во всем мире) написать код для управления системой вентиляции животноводческого помещения.

**Заключение.** Автоматизация системы вентиляции животноводческого помещения на базе Arduino Uno позволит контролировать воздухообмен, состояние фильтрующих элементов и работу воздушных заслонок.

Кроме этого, контроллер будет следить за примерзанием заслонок к клапанам, проводными и беспроводными датчиками температуры. Все это обеспечит поддержание необходимого микроклимата в животноводческих помещениях с высокой точностью, не требующей высоких капитальных вложений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Интернет-ресурс: <https://studfile.net/preview/5709793/page:99/>.
2. Интернет ресурс: <https://lemanspb.ru/blog/ventilyaciya-zhivotn>
3. Интернет-ресурс: <portal.tpu.ru/SHARED/1/LEXCOL/educationalwork/>.

*Аннотация.* Рассмотрена возможность создания автоматической системы вентиляции животноводческих помещений на базе контроллера Arduino Uno.

*Ключевые слова:* система вентиляции, микроклимат, контроллер, температура.

## СОЗДАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО МИКРОКЛИМАТА ПТИЧНИКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД С УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ САР 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 подлого содержания является чрезвычайно сложным объектом. Высокая концентрация птицы, средств производства, наличие агрессивной среды, технологические особенности производства – все это влияет на качество управления. 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 [1–5].

Перерасход энергоресурсов, при поддержании заданного уровня температуры, напрямую зависит от качества управления. Управление энергетическими потоками, поддерживающими заданную температуру в птичнике, происходит по определенным законам. Именно от выбранного закона управления, полноты информации о текущих процессах зависят качество управления.

**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 и т. п.;

– 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 автоматизации 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 быстродействию, удаленности передачи сигналов информации и управления и т. д.

– 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, кото-

рые располагаются в производственных помещениях вблизи технологического оборудования.

Результатом составления функциональных схем является:

- Выбор методов измерения технологических параметров.
- Выбор основных технических средств автоматизации, наиболее полно отвечающих требованиям и условиям работы автоматизируемого объекта.

- Определение типа привода исполнительных механизмов, автоматически или дистанционно управляющих регулирующими 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.

Система работает следующим образом.

Вытяжные вентиляторы, вмонтированные в стены птичника, работают постоянно. 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 Тэ (1в)), автоматическое управляющее устройство TIRC (1С) формирует сигналы управления исполнительными механизмами – магнитными пускателями NS (1U), которые включают теплогенераторы, и частотным преобразователем SIC (1I), благодаря которому увеличивается или уменьшается скорость вращения вытяжных вентиляторов.

Если значение температуры в помещении больше необходимого значения, частотный преобразователь SIC (1I) 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 какая температура воздуха в рекуператоре Тэ (1г) автоматическое управляющее устройство TIRC (1С), формирует сигнал управления исполнительным механизмом магнитным пускателем NS (1н) который включает электропривод заслонки.

Если значение температуры в птичнике уменьшается ниже необходимого значения, автоматическое управляющее устройство формирует сигнал управления теплогенераторами.

**Заключение.** В результате выполнения исследований птичник мясного направления как объект управления температурным режимом.

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 c100/200, и разработана электрическая принципиальная схема системы управления на базе микроконтроллера ICP CON 8837, разработанное программное обеспечение. Предложен энергосберегающий алгоритм работы тепловентиляционного 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. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 232 с.
2. Бронфман, Л. И. Воздушный режим птицеводческих помещений / Л. И. Бронфман. – М.: Россельхозиздат, 1974. – 144 с.
3. 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.
4. Рошка, Т. Б. Производственные технологии / Т. Б. Рошка, В. Н. Босак, О. В. Нилова. – Пинск: ПолесГУ, 2009. – 102 с.
5. Симченков, А. С. Исследование параметров микроклимата птичника в зимний период и усовершенствование системы автоматического регулирования температуры воздуха / А. С. Симченков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 222–227.

*Аннотация.* Рассмотрено создание оптимального микроклимата птичника в зимний период с усовершенствованием САУ температуры воздуха.

*Ключевые слова:* микроклимат, температура, птичник, воздух, регулятор.

## Секция 4. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 631.353.722:631.352.022

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ МАСЛА, ПРИМЕНЯЮЩЕГОСЯ В РЕЖУЩИХ АППАРАТАХ МНОГОРОТОРНЫХ 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.

В режущих аппаратах многороторных косилок, такие как К-78М, АС-1 и их аналогов, выпускаемых белорусскими предприятиями, для смазывания шестерен привода роторов применяется смесь трансмиссионного масла ТЭп-15 и смазки общего назначения солидол Ж в равных долях [1, 2].

Во время работы косилки в масле накапливаются продукты износа трущихся деталей привода. Это приводит к ускорению абразивного изнашиванию деталей привода, и как следствие к их преждевременному выходу из строя.

Для того чтобы снизить содержание механических примесей в масле нами предложен и запатентован очиститель для центробежной очистки масла в режущих аппаратах многороторных косилок [3]. Обоснование параметров и расчет ожидаемых результатов применения очистителя выполняются с использованием плотности масла, причем в процессе работы косилок меняется температура окружающей среды, от которой зависит и температура масла, а также происходит нагревание масла в процессе работы косилки. Данное положение требует исследования плотности масла режущих аппаратов многороторных косилок в зависимости от температуры.

**Основная часть.** Плотность масла напрямую зависит от температуры масла и при различных температурах масла его плотность также разная, чем выше температура, тем ниже плотность [4, 5].

Известны [6, 7] плотности солидола Ж и трансмиссионного масла ТЭп-15. При 20 °С они соответственно равны 900 кг/м<sup>3</sup> и 950 кг/м<sup>3</sup>. Для текучих смазочных материалов значения плотности в зависимости от температуры изучены достаточно хорошо.

Для определения необходимого температурного диапазона, в котором целесообразно исследовать плотность смеси масел, было проведено определение температуры смеси масел при работе косилки в полевых условиях. За минимальную температуру масла в режущем аппарате многороторной косилки во время ее работы можно принять температуру окружающей среды, при которой происходит окашивание объекта. Она зависит как от места расположения объекта, на котором происходит окашивание, так и от календарных сроков проведения работ. В условиях Республики Беларусь окашивание производится при температурах от 10 °С до 30 °С.

При измерении температуры масла на работающих косилках было установлено, что максимальная температура масла для косилки К-78М составляет 67 °С, а для косилки АС-1 – 69 °С. Максимальные температуры масла были достигнуты при температуре окружающей среды 30 °С. Это удовлетворяет требованиям, изложенным в руководстве по эксплуатации многороторной косилки [2], согласно которым температура нагрева масла не должна превышать температуру окружающей среды более чем на 40 °С.

Необходимо отметить, что при достижении максимального значения, температура масла стабилизировалась, и дальнейшее её увеличение не наблюдалось. Также было установлено, что температура масла плавно увеличивалась примерно на 1 °С в среднем через каждые 3 минуты работы косилки. После определения диапазона температур масла, были проведены опыты по определению плотности масла в данном диапазоне температур по методике [8].

Для исследований готовилась смесь, состоявшая из равных по массе частей трансмиссионного масла ТЭп-15 и смазки общего назначения солидол Ж. Чтобы получить равномерную смесь масла помещались в чистый стеклянный сосуд, предварительно вымытый бензином и высушенный. На электрической плите смесь медленно нагревали при постоянном перемешивании до температуры 70 °С. Температура смеси контролировалась термометром ТЛ-2. После доведения до требуемой температуры сосуд снимался с электрической плиты и постепенно охлаждался до комнатной температуры при периодическом перемешивании смеси.

Для определения плотности исследуемую смесь масел осторожно, избегая образования пузырьков, наливали в мерный сосуд вместимостью 800 мл. Сосуд устанавливался на нагревательный элемент электроплитки. Чистый и сухой ареометр (ареометр общего назначения ГОСТ 1300-74, с пределом измерения от  $880 \text{ кг/м}^3$  до  $940 \text{ кг/м}^3$ ) осторожно и медленно погружался в нефтепродукт так, чтобы он не касался стенок сосуда, и не смачивалась часть стержня, расположенная выше уровня смеси масел.

Температуру масла измеряли с помощью спиртового термометра марки ТТЖ-М, с пределом измерения от  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  и ценой деления  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ . При этом термометр приподнимали над уровнем масла на столько, чтобы был виден верхний конец столбика термометрической жидкости, и можно было отсчитать показание термометра.

Измерения плотности производили через каждые  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  при постепенном повышении температуры от  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $70 \text{ }^\circ\text{C}$ . После этого производили измерения при таком же понижении температуры смеси.

По полученным экспериментальным результатам с использованием пакета прикладных программ Excel были построены зависимости плотности масла  $\rho_m$  от его температуры  $t$  рис. 1, а также получено эмпирическое уравнение  $\rho_m = f(t)$  для исследуемой смеси масел.

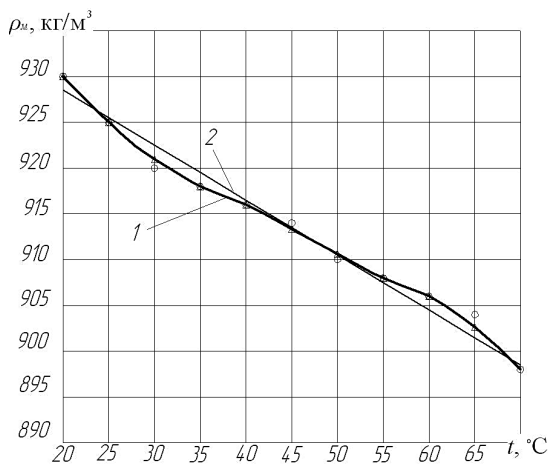


Рис. 1. Зависимости плотности масла от его температуры:  
1 – экспериментальная; 2 – теоретическая

Достаточно адекватно при величине достоверности аппроксимации  $R^2 = 0,9803$  результаты измерений описываются следующим линейным уравнением:

$$\rho_m = 930,6 - 2,836 \cdot t \quad (1)$$

где  $\rho_m$  – плотность исследуемой смеси масел,  $\text{кг/м}^3$ ;  
 $t$  – температура смеси,  $^{\circ}\text{C}$ .

**Заключение.** Плотность масла при температурах от  $20^{\circ}\text{C}$  до  $70^{\circ}\text{C}$  плавно изменяется от  $930 \text{ кг/м}^3$  до  $898 \text{ кг/м}^3$ . Полученное уравнение, описывающее зависимость плотности масла от его температуры, необходимо для расчета параметров центробежного очистителя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Косилка откосов каналов К-78М. Руководство по эксплуатации. – Минск, 2008. – 44 с.
2. Косилка ротационная навесная АС-1. Руководство по эксплуатации. – Минск, 2007. – 38 с.
3. Режущий аппарат роторной косилки: пат. 6876 Респ. Беларусь, МПК А01D 34/00 / Е. И. Мажугин, А. Л. Борисов, С. Г. Рубец; заявитель БГСХА. № u 20100403; заявл. 23.04.10; опубл. 30.12.10 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 6. – С. 145.
4. Папок, К. К. Словарь по топливам, маслам, смазкам, присадкам и специальным жидкостям (химмотологический словарь) / К. К. Папок, Н. А. Рагозин. – М.: Химия, 1975. – 392 с.
5. Теплотехнический справочник / под общ. ред. В. Н. Юренева и П. Д. Лебедева. – Т. 1. – М.: Энергия, 1975. – 744 с.
6. Смазка, солидол жировой. Технические условия: ГОСТ 1033-79. – Введ. 01.01.81. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 6 с.
7. Масла трансмиссионные. Технические условия: ГОСТ 23652-79. – Введ. 01.01.81. – М.: Изд-во стандартов, 1972. – 10 с.
8. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности: ГОСТ 3900-85. – Введ. 01.01.87. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 38 с.

*Аннотация.* Обоснована необходимость определения плотности масла, применяющегося в режущем аппарате многороторных косилок. Приведен диапазон температур масла в режущем аппарате при работе косилки в полевых условиях. Описана методика проведения лабораторных исследований по определению плотности масла. Представлена зависимость плотности масла от его температуры.

*Ключевые слова:* плотность, температура, масло, многороторная косилка, режущий аппарат.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

С. Н. НИЧИПОРУК, ст. преподаватель  
А. И. РУСАК, ассистент

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

**Введение.** Загрязнение масла водой является общей проблемой во многих видах промышленного применения, и потребность в обезвоживании масел увеличивается с появлением новых и более экологичных качеств масел, которые часто являются более гигроскопичными и поглощают больше воды.

В типичной промышленной масляной системе масло может быть загрязнено водой разными путями, например, при утечке воды в масляную систему или в результате переноса водяного пара, содержащегося во влажном воздухе. Все формы воды в масле могут иметь прямые последствия для масляной системы, такие как, например, изменение TAN (общего кислотного числа), pH и вязкости. Вода сосуществует с маслом либо в растворенном состоянии, либо в эмульгированном состоянии, либо в свободном состоянии, при этом растворенное состояние представляет собой самый низкий уровень загрязнения влагой многих типов масла. Вода в свободном состоянии отделяется от масла в системе и может многократно быть визуально идентифицирована. Удельная плотность большинства масел меньше удельной плотности воды, поэтому вода обычно собирается на дне, например, резервуаров в масляной системе, и по этой причине свободная вода может быть удалена путем слива через сливное отверстие резервуара. В эмульгированном состоянии вода смешана с маслом. Вода в эмульгированном состоянии будет в основном сохраняться в смешанном состоянии и не отделяется от масла, как свободная вода [1]. В растворенном состоянии вода растворена в масле. Когда температура масла увеличивается, – способность поглощать воду увеличивается, и когда масло охлаждается с высоким содержанием растворенной воды, – свободная вода выходит из масла. Растворенная вода происходит из влаги окружающего воздуха, медленно взаимодействующей с маслом с течением времени. Обычно, чем старше становится масло, тем оно будет более гигроскопичным. Точка водонасыщения масла – это точка, выше кото-

рой вода находится в свободной форме. Для многих масел точка водонасыщения составляет 200–600 ч/млн, и для экологически чистых масел 1000–5000 ч/млн в зависимости от возраста и состояния масла. Если, например, для масляной системы, требуется точка водонасыщения 100 ч/млн в качестве верхнего предела, свободная и эмульгированная вода, а также значительная часть растворенной воды должны быть удалены из масла, чтобы соответствовать требованиям к системе.

**Основная часть.** Электронно-ионные технологии применяются при обезвоживании сырой нефти и нефтепродуктов. Вода в нефть попадает при добыче нефти из нефтяных скважин, а также в ходе технологических процессов переработки нефти в нефтепродукты. Для обеспечения высокого качества нефтепродуктов необходимо в ходе технологического процесса обезвоживания вывести в максимально доступном количестве соли и воду из нефтепродукта. Удаление воды из нефтепродукта может происходить в результате организации направленного движения капель воды из объема нефтепродукта.

Первым направлением является использование седиментации капель воды. Иными словами, в процессе отстоя капли воды под действием силы тяжести осаждаются на дно резервуара.

Второе направление зарядка и организация движения частиц воды в электрическом поле таким образом, чтобы капли воды ушли за пределы объема нефтепродукта. Капельки воды могут под действием сил электрического поля собираться на электродах или специальных пористых перегородках и стекать на дно сосудов. Удаление воды со дна резервуара производится путем слива [2].

Удаление воды из нефти основано на том, что вода имеет большую плотность, чем нефть, и в процессе отстоя капли воды падают на дно резервуара. Нефть всплывает и остается в верхней части резервуара. Эффективность процесса удаления воды из объема нефтепродукта зависит от вязкости нефтепродукта. Вязкость определяется температурой, и, чем выше температура, тем меньше вязкость и больше скорость седиментации. Также скорость процесса зависит в значительной мере от размера капель воды: чем больше радиус капли, тем выше скорость оседания капель. Установившаяся скорость оседания капель воды в нефтепродукте определяется из условия равенства внешней силы  $F$ , действующей на каплю, силе сопротивления среды движению капли. Внешняя сила, действующая на каплю, находящуюся в нефтепродукте, равна разности между силой тяжести и архимедовой силой (силой плавучести).

Скорость движения капель в электрическом поле в нефтепродукте определяется из равенства силы, действующей в электрическом поле на каплю, и силы сопротивления среды движению капли.

*Современные способы обезвоживания нефтепродуктов.*

Для регулирования загрязненного водой масла может использоваться традиционный дегидратор масла вакуумного типа для обезвоживания масла, благодаря чему свободная вода, эмульгированная вода и большая часть растворенной воды удаляются из масла.

Дегидратор масла используется для обезвоживания масел, таких как трансмиссионные, смазочные, компрессорные или гидравлические масла, которые загрязнены водой.

Традиционные дегидраторы масла вакуумного типа описаны, например, в патентных документах US 4681660 A, US 5211856 A, WO 99/65588 A1 и CN 200948367 Y. Известны также и другие типы дегидраторов масла, такие как дегидраторы с избыточным давлением. Дегидратор данного типа описан в патентном документе WO 2010/042663A2. У этих традиционных типов дегидраторов масла имеется много недостатков. Например, они тяжелые и имеют сложную конструкцию, это означает, что они должны быть построены на колесной платформе или помещены на тележку, чтобы дегидратор масла можно было транспортировать между различными местами очистки масла. Кроме того, дегидраторы масла данного типа очень дороги в производстве [1].

Другая проблема заключается в том, что, когда процесс обезвоживания масла завершен, большой объем остатков масла содержится в дегидраторе масла из-за конструкции дегидратора. Это означает, что существует риск того, что один тип масла может быть загрязнен остатками масла другого типа, если очищают масляные системы с различными типами масла.

Все перечисленные недостатки устраняет дегидратор масла описанный в патенте на изобретение RU 2 709 346 C1. Он имеет конструкцию с легким весом; прост в производстве при стоимости, которая намного ниже стоимости традиционных дегидраторов масла; и может использоваться в системах с различными маслами без загрязнения от масляных остатков, содержащихся в дегидраторе масла.

В настоящее время широкое распространение получили различные методы выделения газа из жидкостей во взвешенном состоянии. Значительный интерес представляют устройства с высокими скоростями истечения жидкости и газа из отверстий малого сечения. Из-за боль-

ших скоростных напоров в струях жидкости, выходящих из отверстий, возникают зоны пониженного давления. В эти зоны устремляются частицы водяного пара из участков, где давление выше, они подхватываются общим газовым током и перемещаются вверх. При этом весь объём масла, поступающий к решётке, участвует в интенсивном движении, а повышенное сопротивление решетки, необходимое для реализации инжекторного слоя, улучшает равномерность газораспределения. Отверстия газовой решетки в деэмульгаторе просверливаются в виде сопел. Сопло – специально спрофилированный канал, предназначенный для разгона жидкости или газа до заданной скорости и придания потоку заданного направления (рис. 1).



Рис. 1. Профилированное сопло

В соплах происходит непрерывное увеличение скорости  $V$  жидкости и газа в направлении течения – от начального значения  $V_0$ , во входном сечении сопла, до наибольшей скорости  $V=V_a$  на выходе. В силу закона сохранения энергии (вытекает из уравнения Бернулли одновременно с ростом скорости  $V$  в сопло происходит непрерывное падение давления.

$$\frac{V_1^2}{2d} + \frac{P_1}{j} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2d} + \frac{P_2}{j} + Z_2. \quad (1)$$

Таким образом, для реализации течения в сопло необходим перепад давления, то есть выполнение условия  $P_0 > P_a$ . При увеличении температуры  $T$  скорость  $V$ , во всех сечениях сопла, возрастает в связи с ростом начальной потенциальной энергии. В этих условиях для непрерывного увеличения скорости сопло должно иметь сужающуюся форму (рис. 2).

В основу конструктивной схемы положен следующий принцип: нагретое до  $100\text{ }^\circ\text{C}$  масло поступает с помощью насоса в деэмульгатор проходит через сопло, где на выходе, благодаря использования схемы

сопла Лавала, резко увеличивается скорость выхода масла и происходит падение давления. В этот момент находящиеся в масле пары воды легко преодолевают силы поверхностного натяжения масла и разделяются. При этом пары воды устремляются вверх, а аэрационные струи масла, потеряв энергию, стекают обратно в печь. Таким образом, принимаем следующую схему обезвоживания масел: нагрев масляной эмульсии в печи, обезвоживание в деэмульгаторе [3].

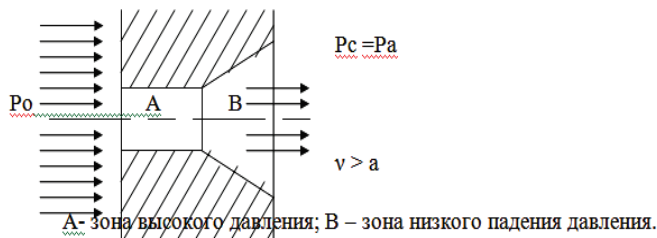


Рис. 2. Схема сопла

Также получило распространение обезвоживание масла методом фильтрования.

В качестве фильтрующих широкое распространение получили полимерные материалы, получаемые вспениванием. Так, например, легко деформируемый пенополиуретан позволяет создавать фильтры с заданной изменяющейся поровой структурой.

Предложена конструкция фильтра сепаратора (рис. 3) состоящего из корпуса 1, пакета фильтрующего материала 2, например пенополиуретана нижней и верхней распределительных решеток с несовпадающими отверстиями 3, 4, установленными в корпусе перед и за пакетом фильтрующего материала. В пакете фильтрующего материала выполнены сквозные отверстия, в которые установлены двухслойные трубчатые фильтроэлементы 5. В нижней распределительной решетке выполнены коаксиальные каналы для сбора конденсата 6, соединенные с выходным сливным отверстием 7.

Для более полного удаления воды из смазочных материалов предлагается использовать фильтр, состоящий из композиции полимерных материалов, получаемых вспениванием и двухслойных фильтрующих элементов. Первый слой двухслойного элемента выполняется из спеченного порошкового материала, например бронзы 8, а второй слой – из гидрофобного материала 9, например пористого фторопласта.

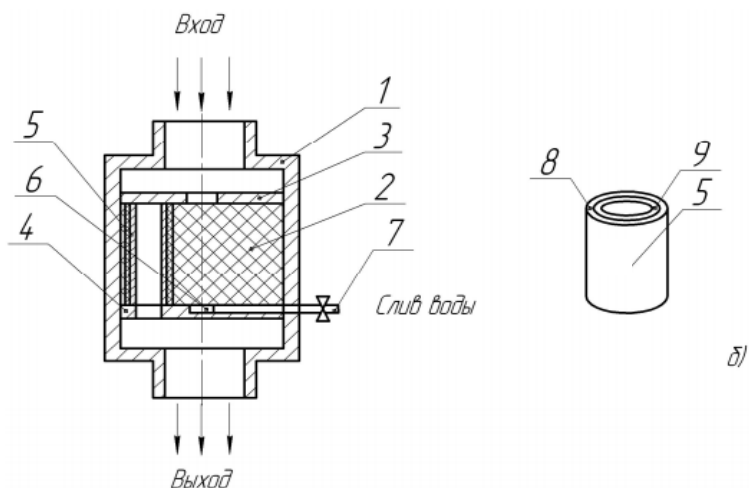


Рис. 3. Фильтр сепаратор: 1 – корпус; 2 – пакет фильтрующего материала; 3, 4 – распределительные решетки; 5 – двухслойные трубчатые фильтроэлементы; 6 – коаксиальные каналы; 7 – сливное отверстие; 8 – слой из спеченного порошкового материала; 9 – слой из гидрофобного материала

Фильтр работает следующим образом. Жидкость, содержащая посторонние примеси в виде твердых частиц и эмульгаторов, поступает через входной патрубок 2 и подвходя к входной распределительной решетке 3, распределяется на многочисленные потоки, проходящие через отверстия. Твердые частицы, движущиеся параллельно потоку, задерживаются в пакете фильтрующего материала 2, где также происходит коалесценция жидких эмульгаторов.

Капли воды накапливаются в порах пакета фильтрующего материала, и под действием потока жидкости сталкиваются друг с другом и образуют еще более крупные капли. Укрупненные капли благодаря наличию анизотропной структуры пор в пакете фильтрующего материала, двигаясь по крупным порам перпендикулярно потоку жидкости под действием силы тяжести стекают в коаксиальные каналы 6, где скапливаются и периодически удаляются через сливное отверстие 7. Далее поток жидкости движется по мелким порам к трубчатым фильтроэлементам 5, где благодаря водоотталкивающим свойствам гидрофобного наружного слоя 8 двухслойного трубчатого фильтроэлемента, задерживаются остатки твердых и жидких загрязнений, и выходит че-

рез отверстия в нижней распределительной решетке 4 и выходит через выходной патрубок [4].

Предложенный вариант фильтра-сепаратора за счет одновременно удаления воды и улавливания мельчайших твердых частиц позволит повысить качество очистки смазочных материалов.

**Заключение.** Наличие воды в нефтепродуктах оказывает негативное влияние на их эксплуатационные свойства [5]. Представляют интерес дальнейшие исследования по данной тематике.

Существуют два теоретических направления обезвоживания нефтепродуктов: использование седиментации капель воды; зарядка и организация движения частиц воды в электрическом поле.

Перспективным способом обезвоживания нефтепродуктов является обезвоживание при помощи схемы сопла Лаваля.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Дегидратор масла, система для обезвоживания масла, содержащая дегидратор масла, и способ обезвоживания масла с помощью дегидратора масла: пат. 2709346 Российская Федерация, МПК В01D 3/06, В01D 3/10, В01D 3/42, В01D 19/00, С10G 7/04, С10G 7/06, С10G 7/12, С10G 33/06, С10G 33/08 / СЕТРЕ, Нильс, Руне; заявитель АЛЬФА ЛАВАЛЬ КОРПОРЕЙТ АБ. – № 2019102673; заявл. 25.10.2016; опубл. 17.12.2019 // Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели», 2019. – № 35.
2. Техника и технологии сбора и подготовки нефти и газа / Ю. Д. Земенков [и др.] ; под общ. ред. Ю. Д. Земенкова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2015. – 159 с.
3. Обезвоживание масел / Е. В. Кистанова // В мире научных открытий. – Ульяновск: Ульяновская гос. с.-х. акад. им. П. А. Столыпина, 2015. – Т. 1. – С. 130–132.
4. Чугаев, П. С. Обезвоживание смазочных материалов / П. С. Чугаев // Новые материалы и технологии их обработки. – Минск: Научно-технологический парк БНТУ «Метолит», 2009. – С. 121–122.
5. Ничипорук, С. Н. Влияние воды на эксплуатационные свойства гидравлических рабочих жидкостей / С. Н. Ничипорук // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 237–242.

*Аннотация.* Проанализирован процесс насыщения нефтепродуктов водой в эксплуатационных условиях. Рассмотрены теоретические направления обезвоживания нефтепродуктов. Перечислены некоторые способы обезвоживания нефтепродуктов.

*Ключевые слова:* трансмиссионные, смазочные, гидравлические, моторные масла, седиментация капель, электрическое поле, движение частиц, температура, обезвоживание нефтепродуктов, метод фильтрования, фильтр-сепаратор, дегидратор масла, сопла Лаваля.

## ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕСКОСТРУЙНОГО АППАРАТА ДЛЯ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ

М. С. ЮЦОВ, студент  
В. А. ЛЕВЧУК, канд. техн. наук, доцент  
Л. И. САВЕНОК, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** При удалении ржавчины с металлической поверхности при помощи металлических щеток, либо дисками не дает возможности убрать полностью следы ржавчины с поверхности и при дальнейшей покраске ржавчина вновь проявится за короткий промежуток времени. При обработке ржавчины при помощи пескоструйной установки, абразив в виде песка удаляет ржавчину даже из мельчайших пор, в тоже время и обезжиривает поверхность для последующей покраски [1].

Пескоструйная обработка металла – это технология, позволяющая с высокой эффективностью выполнять его очистку с помощью абразива. Ее можно также использовать для изделий и конструкций из любых других материалов. Такая обработка помогает очистить поверхности не только от различных загрязнений, но также от следов коррозии, масляных пятен, остатков формовочных смесей [2].

**Основная часть.** При обосновании конструкции пескоструйного аппарата для очистки деталей нужно учитывать множество различных факторов. Пескоструйный аппарат должен иметь простую конструкцию трубопроводов и по возможности меньше фитингов и изгибов. Чтобы достигнуть высокой мощности, минимальное проходное отверстие трубы должно составлять 1" или  $1\frac{1}{4}" = 32$  мм.

Компрессор должен иметь как можно более легкую конструкцию и шасси для передвижения, чтобы удобно осуществлять транспортировку от одного рабочего объекта к другому.

Конструкция резервуара должна соответствовать международным требованиям по безопасности, предъявляемым к сосудам, находящимся под давлением. Свидетельство о проверке резервуара должно поставляться заводом-производителем вместе с резервуаром [3–5].

Аппарат должен одинаково хорошо работать со всеми гранулированными продуктами.

Он должен быть оснащен автоматически самозакрывающейся обрешиненной наполнительной заслонкой (или клапаном), в противоположность заслонкам, открывающимся от руки.

Над наполнительным отверстием напорного резервуара должен находиться питающий контейнер (или контейнер для хранения), который имеет емкость около 60 % емкости напорного резервуара. Один подсобный рабочий может наполнять этот питающий контейнер во время работы таким образом, чтобы материал при откачке мог сразу направляться в напорный резервуар [1].

Параметры напорного резервуара пескоструйного аппарата должны быть рассчитаны таким образом, чтобы запаса материала было достаточно для работы в течение 30–40 минут. Емкость резервуара не зависит от мощности струи. Изменяется только время на догрузку.

Пескоструйный аппарат должен быть оснащен устройством для дозирования материала, которое точно регулирует количество подаваемого абразива.

Пескоструйный аппарат должен быть оснащен запорными кранами для впуска и выпуска воздуха.

Пескоструйный аппарат должен быть оснащен удобно открывающимся смотровым люком. Помимо того, что этот люк должен предоставлять возможность контроля в соответствии с предписаниями, он также должен позволять удалять инородные тела (бумагу, древесину, камни и т. д.).

Пескоструйный аппарат должен иметь дно конической формы с углом уклона не менее 35° для свободного стекания материала.

В случае, если работа ведется с насыпными материалами или материалом многократно использования, то на загрузочную воронку необходимо установить сито. Тем самым достигают попадание в пескоструйный аппарат материала только с правильным размером зерна.

Если пескоструйный аппарат устанавливается на улице, проникновению влажности препятствует защитная крышка.

У пескоструйных аппаратов, предназначенных для длительной работы, целесообразно использовать компрессор с двойным резервуаром [6]. Такая установка состоит в принципе из двух установленных друг на друге напорных резервуаров. Отсасывание песка производится из нижнего резервуара. Во время выхода струи верхняя часть может отсасываться и заново заполняться абразивом. Если содержимое верхнего резервуара оседает под давлением, то материал автоматически устремляется в нижний резервуар.

На основании выше сказанного предложена конструкции пескоструйного аппарата для очистки деталей (рис. 1).

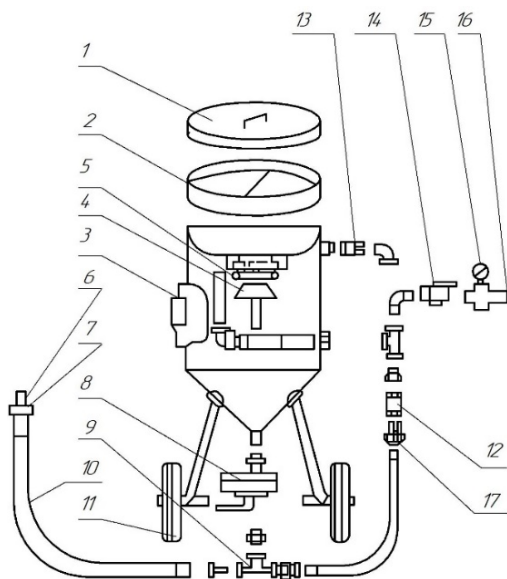


Рис. 1. Технологическая схема предлагаемого пескоструйного аппарата:  
1 – корпус; 2 – сито; 3 – люк; 4 – конус запорный; 5 – кольцо запорное;  
6 – сопло абразивоструйное; 7 – соплодержатель; 8 – затвор песчаный;  
9 – тройник смесительный; 10 – рукав абразивоструйный; 11 – колеса;  
12 – клапан воздушный; 13 – клапан спускной; 14 – клапан вводной; 15 – манометр;  
16 – соединение воздушное; 17 – соединение быстросъемное

Пескоструйный аппарат использует в своей работе любые сухие абразивы, фракции которых не превышают 3,5 мм.

Принцип работы пескоструйного аппарата сравним с краскопультом:

- в компрессор подается воздух, который накапливается;
- формируется разрежение, поток воздуха затягивает песок. Частицы абразива разгоняются до 40 м/с.

– используемый в работе абразив под воздействием воздушного потока подается в магистраль аппарата через сопло из пистолета с высокой скоростью выбрасывается на поверхность обрабатываемого предмета, при этом происходит удаления с нее всех возможных загрязнений.

В основном аппарат используется для пескоструйной обработки металла. Производительность пескоструйного аппарата напрямую связана с его мощностью. Максимальным показателем в данном случае является 37 м<sup>2</sup>/ч.

**Заключение.** Пескоструйная обработка позволяет быстро и эффективно удалить загрязнения и покрытие с различных поверхностей, включая металл, дерево, бетон и кирпич. Данный метод обработки поверхностей может использоваться для различных целей, включая очистку, травление, удаление заусенцев и подготовку поверхности к покраске или нанесению покрытия.

Пескоструйная обработка – это универсальный процесс, который может использоваться для широкого спектра задач в различных отраслях промышленности. Однако важно использовать соответствующее защитное оборудование и соблюдать надлежащие процедуры безопасности, чтобы избежать потенциального риска для здоровья, связанного с воздействием абразивных материалов и пыли, образующихся при пескоструйной обработке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Боровский, Г. В. Современные технологии обработки материалов / Г. В. Боровский. – М.: Машиностроение, 2015. – 414 с.
2. Юцов, М. С. Применение пескоструйной обработки для очистки металлов / М. С. Юцов, В. А. Левчук // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 95–98.
3. Юцов, М. С. Производственная безопасность при ремонте и техническом обслуживании техники / М. С. Юцов, В. А. Левчук // Обеспечение безопасности жизнедеятельности на современном этапе развития общества. – Горки: БГСХА, 2024. – С. 247–249.
4. Охрана труда: курс лекций / В. Н. Босак, А. Е. Кондраль, М. П. Акулич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2021. – 154 с.
5. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.
6. Иванов, В. П. Проектирование ремонтных участков в машиностроении. Практикум / В. П. Иванов. – Новополоцк: ПГУ, 2007. – 180 с.

*Аннотация.* Работа посвящена обоснованию конструкции пескоструйного аппарата для очистки деталей от коррозии, старой краски и других наслоений.

*Ключевые слова:* пескоструйный аппарат, коррозия, металлические изделия, абразив, ржавчина.

## Секция 5. ТРАКТОРЫ, АВТОМОБИЛИ И МАШИНЫ ДЛЯ ПРИРОДОБУСТРОЙСТВА

УДК 621.436.068

### ЗАВИСИМОСТЬ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ И КОНЦЕНТРАЦИИ ОКИСЛОВ АЗОТА ПРИ РАБОТЕ ДИЗЕЛЯ Д-243 НА РАПСОВОМ МАСЛЕ И ДИЗЕЛЬНОМ ТОПЛИВЕ

В. А. БЕЛОУСОВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент  
А. В. ГОРДЕЕНКО<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент  
В. Г. КОСТЕНИЧ<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

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

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

**Введение.** Одним из возобновляемых источников энергии, использование которого позволит улучшить энергетическую безопасность Беларуси, является масло, получаемое из семян рапса. Данный вид альтернативного топлива по своим свойствам близок к свойствам дизельного топлива и может быть применен в дизельном двигателе. Однако рапсовое масло (РМ) и дизельное топливо (ДТ) имеют ряд отличий. ДТ получают путем перегонки нефти, и оно состоит из парафиновых, нафтеновых, олефиновых, диеновых и ароматических углеводородов. Рапсовое масло по своему химическому составу представляет собой смесь триглицеридов с повышенной молекулярной массой и увеличенной длиной углеводородной цепи по сравнению с дизельным топливом. Отсюда и повышенная кинематическая вязкость рапсового масла (4,5 сСт для ДТ против 34 сСт для РМ при 40 °С), пониженное цетановое число (45 для ДТ против 36 для РМ), пониженное содержание серы (0,2 % для ДТ против 0,0012 % для РМ). Вследствие низкого содержания серы в рапсовом масле в атмосферу выбрасывается незначительное количество её оксидов с отработавшими газами двигателя [1, 2, 3].

**Основная часть.** На изменение экологических показателей работы дизеля при использовании в качестве топлива рапсового масла влияет:

– ухудшение процесса смесеобразования в связи с повышенной вязкостью рапсового масла;

– изменение показателей процесса сгорания топлива в связи с более низким цетановым числом и изменённым фракционным составом возобновляемого топлива;

– сгорание рапсового масла в дизеле является более длительным по сравнению с дизельным топливом;

Проведен сравнительный анализ работы дизеля на рапсовом масле и дизельном топливе. При сравнении работы дизеля на двух топливах авторы руководствовались условием сохранения мощностных показателей работы двигателя на уровне, установленном заводом изготовителем. В связи с тем, что РМ имеет низшую теплоту сгорания на 12 % ниже, чем дизельное топливо (42,5 МДж/кг для ДТ против 37,3 МДж/кг для РМ), часовой расход топлива был увеличен.

Исследования проводились на двигателе Д-243 без изменения конструкции топливоподающей аппаратуры на дизельном топливе и чистом рапсовом масле. Контролировались следующие параметры: частота вращения коленчатого вала двигателя ( $n$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ), дымность отработавших газов ( $C$ ) и содержание в них  $\text{NO}_x$ . Результаты испытаний обработаны и представлены в виде графических зависимостей дымности отработавших газов и количества  $\text{NO}_x$  от частоты вращения коленчатого вала двигателя (рис. 1).

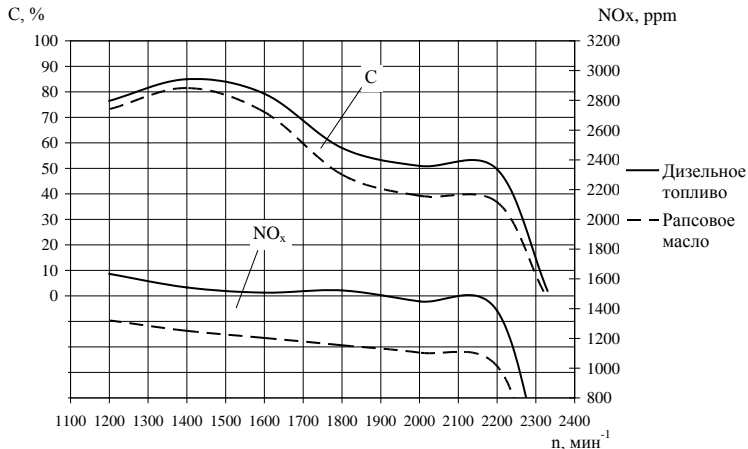


Рис. 1. Зависимость дымности и концентрации  $\text{NO}_x$  в отработавших газах от частоты вращения коленчатого вала двигателя при работе дизеля на РМ и ДТ

Использование рапсового масла приводит к уменьшению дымности отработавших газов на всех режимах работы дизеля. При номинальной частоте вращения ( $2200 \text{ мин}^{-1}$ ) коленчатого вала дымность уменьшается на 29 % на режиме, соответствующем максимальному моменту ( $1400 \text{ мин}^{-1}$ ) уменьшение составляет 4 %. Снижение количества частиц сажи можно связать с наличием 10 % кислорода в рапсовом масле. В дизельном топливе он отсутствует. Частицы углерода образуются в процессе пиролиза при высокой температуре в центральной зоне топливной струи, где содержание кислорода относительно малое. Атомы кислорода рапсового масла уменьшают количество топлива, участвующего в этой реакции. По всей внешней скоростной характеристике при замене дизельного топлива на РМ мы наблюдаем уменьшение выбросов  $\text{NO}_x$  на 21...31 %. Это, видимо, связано с понижением максимальной температуры цикла [4, 5].

**Заключение.** Необходимо отметить, что различия в свойствах и параметрах процесса впрыскивания и сгорания рапсового масла и дизельного топлива разнонаправлено влияют на экологические показатели работы дизеля. Происходит снижение выбросов сажи до 29 %, оксидов азота до 31 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лиханов, В. А. Снижение токсичности автотракторных дизелей / В. А. Лиханов, А.М. Сайкин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 208 с.
2. Лютко, В. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / В. Лютко, В. Н. Луканин, А. С. Хачиян. – М.: МАДИ (ТУ), 2000. – 311 с.
3. Карташевич, А. Н. Возобновляемые источники энергии / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка. – Горки: БГСХА, 2007. – 264 с.
4. Марков, В. А. Характеристики топливopодачи транспортных дизелей / В. А. Марков, В. Г. Кислов, В. А. Хватов. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1997. – 160 с.
5. Шашев, А. В. Совершенствование рабочего процесса дизеля с объёмно-плёночным смесеобразованием при использовании в качестве топлива рапсового масла: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / А. В. Шашев. – Барнаул: ВИМ, 2007.

*Аннотация.* Приведен сравнительный анализ изменения дымности отработавших газов, содержания в них  $\text{NO}_x$  при замене традиционного дизельного топлива на альтернативное рапсовое масло. По результатам исследований сделаны выводы, что использование рапсового масла в качестве топлива для дизеля позволяет снизить выбросы сажи до 29 %, окислов азота до 31 %.

*Ключевые слова:* дизель, рапсовое масло, дизельное топливо, дымность отработавших газов.

## ЦИФРОВЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВС

Д. А. ВАРАНКИН<sup>1</sup>, аспирант  
С. А. ПЛОТНИКОВ<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор  
М. Н. ВТЮРИНА<sup>2</sup>, канд. хим. наук, доцент

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет»,  
Киров, Российская Федерация

**Введение.** Определение эффективных показателей двигателя внутреннего сгорания – ключевой этап для создания экономичных, мощных и экологичных двигателей [1–9]. Традиционно эффективные показатели ДВС определяют на стендах с помощью физических методов. Однако в настоящее время цифровые методы предлагают новые возможности для анализа и предсказания работы ДВС, открывая путь к более быстрым и экономичным решениям.

**Основная часть.** Двигатель внутреннего сгорания – это сердце многих транспортных средств, и его работа напрямую влияет на экономичность, динамику и экологичность. Чтобы оценить качество работы ДВС, применяют эффективные показатели, три из которых особенно важны: мощность, КПД и расход топлива.

Мощность – это количество механической энергии, которую двигатель вырабатывает за единицу времени. Она измеряется в киловаттах (кВт) или лошадиных силах (л. с.). Мощность определяет динамические характеристики транспортного средства: разгон, максимальную скорость, способность преодолевать подъемы. Чем выше мощность, тем быстрее разгоняется автомобиль и тем больше груза он может перевозить.

КПД – это отношение механической энергии, произведенной двигателем, к тепловой энергии, выделенной при сгорании топлива. Измеряется он в процентах. Чем выше КПД, тем эффективнее двигатель преобразует тепловую энергию топлива в механическую работу. Это позволяет уменьшить расход топлива и снизить выбросы вредных веществ в атмосферу.

Расход топлива – это количество топлива, которое ДВС потребляет за определенное время или для выполнения определенной работы.

Измеряется он в литрах на 100 километров (л/100 км) для автомобилей, килограммах на час (кг/ч) для других типов двигателей, а также в граммах на киловатт-час (г/кВт·ч) для оценки удельного расхода.

Важно отметить, что эти три показателя тесно взаимосвязаны. Например, повышение КПД двигателя приводит к уменьшению расхода топлива, но может привести и к незначительному снижению мощности.

На сегодняшний день в большинстве случаев эффективные показатели ДВС рассчитываются физическими методами – на стендах.

Стендовые испытания ДВС – один из ключевых методов оценки его эффективности. Они позволяют измерить мощность, КПД, расход топлива и другие важные параметры в контролируемых условиях.

Существует несколько типов стендов для испытания ДВС:

- тормозные стенды: вал двигателя соединяется с тормозным устройством, которое создает сопротивление вращению. Измеряя силу сопротивления и скорость вращения вала, можно рассчитать мощность двигателя;

- абсорбирующие стенды – вал двигателя соединяется с электрическим генератором, который преобразует механическую энергию в электрическую. Измеряя вырабатываемую электрическую энергию и скорость вращения вала, можно рассчитать мощность двигателя;

- стенды с имитацией нагрузки – эти стенды имитируют нагрузку, которую двигатель будет испытывать в реальных условиях эксплуатации. Например, имитируется сопротивление движению автомобиля или работе гидравлического насоса;

- стенды с контролем параметров окружающей среды позволяют контролировать температуру, влажность и давление воздуха, что дает возможность измерять эффективные показатели ДВС в разных условиях.

Процесс определения эффективных показателей ДВС на стендах включает следующие этапы:

- двигатель устанавливается на стенд (рис. 1) и подключается к необходимым системам (топливная система, система охлаждения, система выпуска выхлопных газов);

- двигатель запускается и прогревается до рабочей температуры;

- на стенде устанавливается необходимый режим работы двигателя (скорость вращения вала, нагрузка, температура окружающей среды и т. д.);

- измерение параметров осуществляется с помощью специальных датчиков и измерительной аппаратуры;
- полученные данные обрабатываются специальной программой, которая рассчитывает эффективные показатели ДВС и создает графики и диаграммы для наглядного представления результатов.



Рис. 1. Стенд для испытаний ДВС

В наше время широко используются цифровые методы для определения различных показателей двигателей (таблица).

С помощью этих методов можно предсказывать и рассчитывать важные показатели на основе анализа других, часто более доступных и простых в измерении свойств.

Цифровое моделирование широко используется во многих сферах: автомобилестроении, авиастроении, строительстве для предсказания прочности конструкций, тепловых потерь, аэродинамических характеристик и т. д.

Однако определение эффективных показателей ДВС цифровыми методами пока мало распространено. Примером программного про-

дукта может послужить комплекс анализа динамики систем различной физической природы PRADIS. Одним из активных пользователей комплекса PRADIS является ОАО «АВТОВАЗ». В связи с этим в настоящее время в комплексе активно развивается автомобильный модуль, применяемый в двигателестроении [3].

#### Параметры двигателя и приборы для их измерения

Параметр	Размерность	Средство измерения
Крутящий момент, $M_k$	Н·м	Динамометрические устройства
Частота вращения коленчатого вала, $n$	мин <sup>-1</sup>	Тахометры по ГОСТ 21339-82
Расход топлива, $G_T$	кг/ч (г/с)	Расходомеры топлива электронные КИ-13967, АИР-50
Атмосферное давление, $P_o$	кПа	Барометр-анероид метеорологический
Давление наддува, $P_k$	МПа	Манометры, показывающие по ГОСТ 8.302-78
Температура окружающего воздуха, топлива, $t_o, t_T$	°С	Термометры ртутные ГОСТ-2823-73
Температура охл. жидкости и масла, $t_{ож}, t_M$	°С	Термопары с электронными потенциометрами ГОСТ 6617-74
Относительная влажность Воздуха, $\delta_o$	%	Психрометры аспирационные
Концентрация вредных выбросов в отработавших газах	г/м <sup>3</sup>	Газоанализатор, дымометр
Продолжительность работы двигателя, $\tau$	с	Секундомер СОСпр2Б-3 ГОСТ 5072-79

Цифровые методы являются перспективными, экономичными и быстрыми способами для расчета показателей ДВС. На сегодняшний день задача – разработать методы точного аналитического расчета эффективных показателей. Для этого нужно использовать физико-химические свойства топлив, конструктивные параметры двигателя (размерность, литраж) и режим работы (нагрузка, частота вращения), разрабатывать математические зависимости.

**Заключение.** Цифровые методы представляют собой перспективный инструмент для определения эффективных показателей ДВС. Их дальнейшее развитие позволит ускорить процесс разработки новых

двигателей, улучшить их эффективность и сделать транспортные средства более экономичными и экологичными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гергенов, С. М. Испытания автомобильных двигателей / С. М. Гергенов. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2002. – 64 с
2. Безмоторные методы оценки эксплуатационных свойств топлив для сельскохозяйственной техники / П. В. Гневашев, С. А. Плотников, Г. П. Шишкин, Е. Н. Резник, М. В. Смольников // Вестник РГАТУ. – 2021. – № 2 (13). – С. 110–115.
3. Ладуга: PRADIS – анализ динамики систем различной физической природы [Электронный ресурс] // «Ладуга» Инженерные услуги. 2005-2014 – URL: <https://laduga.ru/pradis/>. – (дата обращения: 20.10.202).
4. Макушев, Ю. П. Определение технико-экономических показателей двигателя внутреннего сгорания путем анализа его характеристик / Ю. П. Макушев, К. К. Абишев, К. Б. Асыллова // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 4.
5. 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.
6. 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.
7. Селиванов, Н. И. Испытания автотракторных двигателей / Н. И. Селиванов. – Красноярск, 2014. – 220 с.
8. Смольников, М. В. Детальное изучение опыта применения безмоторного метода в исследованиях учеными Российской Федерации / М. В. Смольников, С. А. Плотников, Г. П. Шишкин // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2024. – Вып. 9. – С. 309–312.
9. Шароглазов, Б. А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчет процессов: / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 403 с.

*Аннотация.* Рассмотрены традиционные методы определения эффективных показателей ДВС на стендах и проанализированы перспективы использования цифровых методов. Подчеркивается важность разработки методов точного аналитического расчета эффективных показателей ДВС с использованием физико-химических свойств топлив, конструктивных параметров двигателя и режимов работы. Приводятся примеры программных продуктов, применяемых в двигателестроении, и обсуждаются преимущества цифровых методов для ускорения и удешевления процесса разработки ДВС.

*Ключевые слова:* эффективные показатели ДВС, цифровые методы, аналитические расчеты, стендовые испытания ДВС.

## УЛУЧШЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

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

В. А. БЕЛОУСОВ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доцент

В. Г. КОСТЕНИЧ<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доцент

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

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

**Введение.** Все виды дизельного топлива (ДТ) содержат растворенные парафины. При низких температурах парафины кристаллизуются, выпадают в осадок и закупоривают фильтрующие элементы. Эти изменения значительно снижают пропускную способность фильтров, отрицательно влияя на эксплуатационные показатели транспортных средств. Однако несмотря на то, что *n*-парафины снижают качество топлива в зимний период, они также являются важнейшим смазывающим элементом, обеспечивающим работу топливной системы, в том числе и топливных насосов.

Одна из важнейших эксплуатационных характеристик дизельного топлива – его низкотемпературные свойства, характеризующие его подвижность при отрицательной температуре. Производство дизельного топлива с нужными низкотемпературными показателями в Республике Беларусь осуществляется по ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия».

**Основная часть.** К основным низкотемпературным свойствам дизельных топлив относятся три показателя:

– температура помутнения ( $t_n$ ) – при которой из топлива начинают выпадать первые кристаллы парафина;

– предельная температура фильтруемости ( $t_{\Phi}$ ) – характеризует минимальную температуру, при которой заданный объем топлива не способен проходить через стандартный топливный фильтр с ячейкой 45 мкм из-за выделившихся кристаллов парафинов (кристаллы *n*-алканов увеличиваются до размеров, способных забить фильтрующий элемент, хотя топливо не теряет текучести). Предельная температура фильтруемости определяется на приборе ПТФ-ЛАБ-12 по ГОСТ 22254-92, ГОСТ Р 54269-2010 и ASTM D 6371;

– температура застывания ( $t_3$ ) – при которой топливо теряет подвижность при малых усилиях сдвига, при этой температуре дизельное топливо полностью теряет свою подвижность из-за образования кристаллической сетки, возникающей при сращивании крупных кристаллов парафина при снижении температуры.

Основные низкотемпературные показатели товарного дизельного топлива приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Требования к летнему и межсезонному топливу

Наименование показателя	Значение показателя для сорта					
	A	B	C	D	E	F
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	5	0	минус 5	минус 10	минус 15	минус 20

Таблица 2. Требования к зимнему и арктическому топливу

Наименование показателя	Значение для класса				
	0	1	2	3	4
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	минус 20	минус 26	минус 32	минус 38	минус 44
Температура помутнения, °С, не выше	минус 10	минус 16	минус 22	минус 28	минус 34

Одним из способов улучшения низкотемпературных свойств ДТ в период эксплуатации является добавление депрессорно-диспергирующих присадок.

Предложена система облегчения работы дизеля при низких температурах (рис. 1) [3].

Система работает следующим образом. При температуре дизельного топлива, когда процессы кристаллики не протекают и фильтр не забит парафинами, топливо свободно проходит из топливного бака через фильтр грубой очистки, топливо-подкачивающий насос и фильтр тонкой очистки и далее поступает к Топливному насосу высокого давления и форсункам. При этом пружина 23 удерживает золотник 18 в крайнем правом положении. Сверление 14 крышки 12 перекрыто золотником 18, а сверление 15 через проточку 22 золотника 18 и сверление 16 крышки 12 сообщает надпоршневую полость с всасывающим коллектором. Двухступенчатый поршень 2 под действием пружины 3 находится в крайнем верхнем положении. Депрессорная присадка через открытый обратный клапан 9, радиальное сверление 7, осевое сверление 6 штуцера 4 заполняет подпоршневую полость. Обратный

клапан 8 в результате разности давлений в фильтре и подпоршневой полости устройства закрыт. Депрессорная присадка в фильтр не поступает.

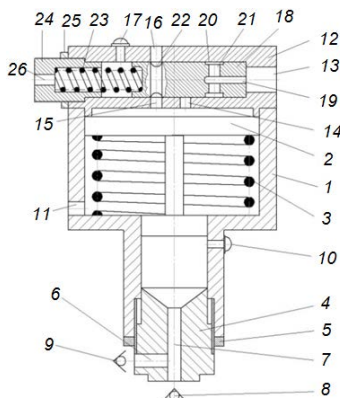


Рис. 1. Устройство для автоматического ввода депрессорной присадки:

1 – корпус; 2 – двухступенчатый поршень; 3 – пружина; 4 – штуцер; 5 – контргайка; 6 и 7 – осевое и радиальное сверления; 8 и 9 – обратные клапаны; 10 – винт для удаления воздуха; 11 – сверление, сообщающее межпоршневую полость с всасывающим коллектором; 12 – крышка; 13 – осевое сверление; 14, 15 и 16 – радиальные сверления; 17 – винт для удаления воздуха; 18 – золотник; 19 и 20 – осевое и радиальное сверления; 21 и 22 – проточки; 23 – пружина; 24 – штуцер; 25 – контргайка; 26 – осевое сверление, сообщаемое с выходом из фильтра тонкой очистки

При температуре дизельного топлива ниже температуры помутнения протекают процессы кристаллизации высокоплавких углеводородов. Парафины, выпадающие в виде кристаллов, забивают фильтрующий элемент, увеличивая его гидравлическое сопротивление. При этом возникает перепад давлений на фильтре, независящий от режима работы двигателя. За счет разности давлений на входе и выходе из фильтра золотник 18, установленный в крышке 12, начинает перемещаться влево, сжимая пружину 23. В результате чего перекрывается сверление 15 крышки 12, а сверление 14 через проточку 21, сверление 20 и 19 золотника 18, сверление 13 крышки 12 сообщается с входом в фильтр. Топливо начинает поступать в надпоршневую полость. Поршень 2 перемещается вниз, сжимая пружину 3. За счет разности площадей двухступенчатого поршня 2 давление в подпоршневой полости, где находится депрессорная присадка, намного выше, чем давление в надпоршневой полости и в фильтре. Под действием этого давления обратный клапан 9 закрыт и открывается обратный клапан 8. Депрессорная Присадка по каналу 6 штуцера 4 через обратный клапан 8 и трубопровод подается в фильтр. После впрыска присадки, когда поршень 2 упирается в своем крайнем нижнем положении в штуцер 4, обратный клапан 8 закрывается. Объем вводимой присадки регулируется штуцером 4 и контргайкой 5. Под действием депрессора кристаллы разрушаются, улучшаются условия фильтруемости и прокачивае-

мости дизельного топлива, тем самым снижается перепад давлений на фильтре. Золотник 18 под действием пружины 23 перемещается в первоначальное положение, перекрывается сверление 14, а сверление 15 через проточку 22 золотника 18 и сверление 16 крышки 12 соединяет надпоршневую полость с всасывающим коллектором. Поршень 2 под действием пружины 3 перемещается вверх, вытесняя топливо из надпоршневой полости. При этом открывается обратный клапан 9 и по сверлениям 7 и 6 штуцера 4 в подпоршневую полость поступает новая порция депрессорной присадки. Перепад давлений, при котором срабатывает устройство, зависит от положения штуцера 24 с контрогайкой 25.

Исследования показали, что при добавлении в межсезонное дизельное топливо присадки позволяют добиться улучшения низкотемпературных свойств по ГОСТ 32511-2013 с сорта Е до сорта F (0 класс).

Однако, согласно последним требованиям, депрессорные присадки должны не только понижать температуру застывания и предельную температуру фильтруемости, но и содействовать в удержании мелких кристаллов во взвешенном состоянии, а также способствовать равномерному распределению их по всему объему топлива. Это объясняется тем, что топливо с присадкой при хранении при минусовых температурах склонно к расслаиванию и накоплению кристаллов твердой фазы в нижней части емкости.

Требуемые низкотемпературные показатели ДТ могут достигаться путём снижения высокомолекулярных *H*-парафинов  $C_{18+}$  при оптимальном соотношении с *H*-парафинами  $C_9 - C_{15}$ , углеводородами изостроения и моноциклическими аренами, которые представляют собой растворители высококипящих алканов, т. е. изменением фракционного состава ДТ (табл. 3) [1, 4].

Данные табл. 3 показывают, что для обеспечения требуемых температур помутнения и застывания зимние топлива получают облегчением фракционного состава. Так, для получения дизельного топлива с  $t_{п} = -25\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t_3 = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$  требуется понизить температуру конца кипения топлива с 360 до 320  $^{\circ}\text{C}$ , а для топлива с  $t_{п} = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t_3 = -45\text{ }^{\circ}\text{C}$  – до 280  $^{\circ}\text{C}$ , что приводит к снижению отбора дизельного топлива от нефти с 42 до 30,5 и 22,4 % соответственно [1, 4].

В летних дизельных топливах содержатся *H*-алканы углеродного ряда  $C_9 - C_{25}$ , причем максимум приходится на углеводороды  $C_{11} - C_{19}$ . В зимних и арктических дизельных топливах в основном содержатся *H*-алкановые углеводороды с числом углеродных атомов  $C_8 - C_{18}$ , а максимум приходится на  $C_{11} - C_{12}$ .

Таблица 3. Влияние фракционного состава ДТ на их низкотемпературные свойства

Показатели	Фракции, °С						
	160–280	160–320	160–350	160–370	160–390	180–350	180–370
Выход на нефть, %масс.	22,4	30,5	35,9	39,2	42,0	32,2	35,5
Фракционный состав: начало кипения, °С	188	190	192	194	197	210	211
перегоняется при температуре, °С:							
10% об.	198	201	203	205	211	228	227
50 % об.	226	245	258	265	274	272	275
90 % об.	260	295	320	336	354	327	340
98 % об.	273	306	332	347	362	338	347
Температура, °С:							
помутнения	–38	–28	–17	–11	–6	–13	–5
застывания	–47	–35	–30	–19	–13	–22	–14

Таким образом, низкотемпературные свойства дизельных топлив изменяются в широком диапазоне, определяемом, прежде всего, содержанием в них *H*-алкановых углеводородов и их температурами плавления. Доказано, что при увеличении содержания суммарных твердых углеводородов в летних ДТ с 5 до 30 % масс. их температура застывания повышается на 13 °С – с –15 до –2 °С. Наибольшее влияние на низкотемпературные свойства ДТ оказывают высокоплавкие *H*-алкановые углеводороды  $C_{22} - C_{24}$ . Товарные образцы летних ДТ могут иметь  $t_{п} -5$  °С и ниже, если содержание в них *H*-алкановых углеводородов  $C_{19} - C_{25}$  не превышает 4,0 % масс. Чтобы  $t_{ф}$  не превысила –10 °С, концентрация *H*-алкановых углеводородов не должна быть более 2 % масс.

Наиболее распространенный способ улучшения низкотемпературной прокачиваемости дизельных топлив – утепление топливных баков, трубопроводов, топливных фильтров, установка последних в подкапотном пространстве двигателя как можно ближе к выпускному коллектору [1]. Преимущество этого способа в том, что не требуется дополнительных устройств, однако он имеет и существенный недостаток, такой как, низкая степень нагрева и невозможность разрушения кристаллов в период пуска и прогрева двигателя [1].

Повышенную степень нагрева получают применением специальных нагревательных устройств, таких как: теплообменники отработавших газов, охлаждающей жидкости, излишков топлива или электронагревательные устройства.

Теплообменники, основанные на использовании отработавших газов, расположены в основном внизу топливного бака [1], либо в специальном корпусе, внутри которого расположены пучки труб. Суть этой конструкции в том, что выхлопные газы проходят по трубкам, которые обтекает дизельное топливо [2]. Существенные недостатки таких теплообменников – сильная зависимость температуры теплоносителя от режима работы двигателя и низкий потенциал тепла газов при работе двигателя на холостом ходу.

Теплообменники с использованием тепла излишков топлива могут быть выполнены по всей длине всасывающего трубопровода по типу «труба в трубе» [1, 2]. В литературе встречается описание подогревателей с использованием тепла излишков топлива от форсунок, выполненных в виде смесителей, расположенных в топливном баке недалеко от заборного штуцера. Кроме того, имеется описание теплообменников, использующих теплое топливо из головки топливного насоса высокого давления, которое поступает через редукционный клапан во всасывающую полость подкачивающего насоса.

К недостаткам этого способа можно отнести то, что разрушение кристаллов парафинов будет происходить лишь при запущенном и хорошо прогретом двигателе, однако это не исключает возможности забивания пробками парафинов в двойном штуцере. Кроме того, в данной конструкции не предусмотрен фильтр грубой очистки, и продукты износа прецизионных пар поступают опять к топливному насосу высокого давления, т. е. нет очистки топлива в ФГО.

На рис. 2 представлена схема фильтра тонкой очистки с электронагревательным устройством, выполненным из углеродных тканей [1].

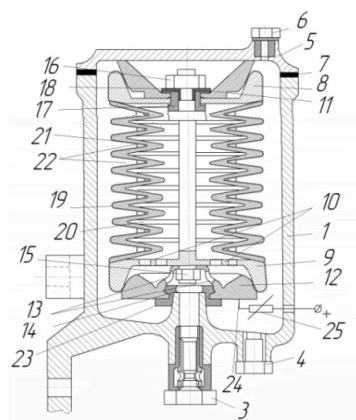


Рис. 2. Фильтр тонкой очистки с электронагревательным элементом:

- 1 – корпус ФГО; 2 – ось; 4 – сливная пробка;
- 5 – крышка корпуса; 6 – пробка для стравливания воздуха; 7 – прокладка;
- 8 и 9 – основания фильтрующего элемента;
- 10, 11, 12 и 24 – зажимы; 13 и 14 – отверстия;
- 15 и 16 – гайки; 17, 18 и 23 – диэлектрические втулки; 19, 21 и 22 – пружины; 20 – углеродная ткань; 25 – позистор

Подогреватель работает следующим образом. Перед пуском двигателя выключателем массы замыкается цепь, и электрический ток проходит через зажим 10, углеродную ткань 20, зажим 11, позистор 25. В результате этого нагревается углеродная ткань, что приводит к разрушению кристаллов парафинов, находящихся на ее поверхности, за счет чего обеспечивается улучшение условий фильтруемости дизельного топлива. Позистор 25 предотвращает перегрев и разрушение углеродной ткани.

**Заключение.** Установка нагревательных элементов в корпусе топливных фильтров неизбежно приводит к изменению конструкции этих узлов и их эксплуатационных параметров. Этот недостаток присущ всем рассмотренным выше способам подогрева топлива с нагревательными элементами, встроенными в какой-либо агрегат системы питания двигателя. Поэтому для разрушения кристаллов *H*-алканов в топливе в условиях зимней эксплуатации должны быть использованы индивидуальные способы, которые не вносят конструктивных изменений в агрегаты системы питания принятой схемы топливоподачи [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Улучшение пусковых качеств автотракторных дизелей в зимний период эксплуатации / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок, А. В. Гордеенко, Д. С. Разинкевич. – Горки: БГСХА, 2005. – 172 с.
2. Патент ВУ № 1766 U F 02M 31/00, F02N 17/00. Система облегчения дизеля при низких температурах. / А. Н. Карташевич, А. В. Гордеенко, Д. С. Разинкевич; заявл. 18.03.2002; опубл. 22.03.2004; Бюл. № 2. – 23 с.
3. Патент ВУ № 1767 U F 02B 77/00. Система защиты топливной аппаратуры дизеля А. Н. Карташевич, А. В. Гордеенко, Д. С. Разинкевич; заявл. 18.03.2002; опубл. 22.03.2004; Бюл. № 2. – 23 с.
4. Карташевич, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко. – Минск: Новое знание, 2015 – 420 с.
5. Митусова, Т. Н. Снижение температуры помутнения дизельного топлива за счет применения специальной присадки / Т. Н. Митусова, М. В. Калинина, Е. В. Полина // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2005. – № 2. – С. 18–20.

*Аннотация.* Приведено описание процесса застывания дизельного топлива в зависимости от содержания в нем *H*-алканов, рассмотрено влияние фракционного состава дизельного топлива на его низкотемпературные свойства, предложены устройства для Устройства для разрушения кристаллов *H*-алканов в дизельном топливе.

*Ключевые слова.* дизельное топливо, низкотемпературные свойства, кристаллы парафинов, фракционный состав, подогреватель топлива.

## ЦЕТАНОПОВЫШАЮЩИЕ ПРИСАДКИ ДЛЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

А. Н. КАРТАШЕВИЧ, д-р техн. наук, профессор  
Е. А. КЫЗЛАСОВ, студент

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

**Введение.** Основными эксплуатационными характеристиками автотракторных дизелей являются показатели, обеспечивающие установленную мощность, топливную экономичность, экологическую безопасность, надежность, зависящие от комплекса конструктивных и эксплуатационных факторов. Одним из основных факторов по выполнению требуемых показателей является качество применяемого дизельного топлива. Химические и физические свойства дизельного топлива оказывают существенное влияние на организацию процессов смесеобразования и сгорания, токсичность отработавших газов, показатели надежности топливоподающей аппаратуры, деталей цилиндропоршневой группы и двигателя в целом. Наиболее приемлемым способом обеспечения требуемых показателей дизельного топлива является применение различных присадок.

**Основная часть.** Качество дизельного топлива регламентирует ГОСТ 305-82 – «Топливо дизельное. Технические условия» [1], который устанавливает значения основных физико-химических показателей, определяющих качество топлива: цетановое число, кинематическая вязкость, температуры помутнения, застывания и вспышки, массовая доля серы, содержание водорастворимых кислот и щелочей, концентрация физических смол, кислотность, зольность и др. Для обеспечения требуемых значений отдельных показателей на завершающем этапе производства дизельных топлив в смесь дистиллятной газойлевой фракции и продуктов в результате каталитического крекинга, вводятся присадки, улучшающие одно или несколько свойств дизельного топлива. Ужесточение требований к эксплуатационным показателям автотракторных дизелей обуславливает необходимость повышать качество топлива путем использования присадок не только в процессе их производства, но и в процессе эксплуатации тракторов и автомобилей.

Присадки для дизельного топлива подразделяются на следующие группы:

1. Цетаноповышающие (промоторы воспламенения): увеличивают цетановое число топлива, что улучшает его воспламеняемость и снижает время задержки воспламенения. Это способствует более равномерному и полному сгоранию топлива.

2. Депрессорно-диспергирующие: предотвращают кристаллизацию парафинов в топливе при низких температурах, улучшая его текучесть и предотвращая засорение фильтров.

3. Смазывающие противоизносные: защищают топливную систему от износа, особенно при использовании малосернистого топлива. Они уменьшают трение и предотвращают коррозию.

4. Противодымные: служат для уменьшения дымности отработавших газов.

Как правило большинство присадок являются многофункциональным, сочетающих в себе несколько функций, таких как улучшение сгорания, защита от износа и повышение мощности двигателя.

По ГОСТ 305-82 цетановое число дизельного топлива должно быть не менее 45. Согласно СТБ 1658-2006 [2] цетановое число должно быть не менее 51 для дизельного топлива, применяемого в условиях умеренного климата, и 47...49 – для дизельного топлива, применяемого в условиях арктического и холодного климата. Чем выше цетановое число, тем лучше воспламеняемость топлива. В то же время при использовании топлива с повышенным цетановым числом происходит преждевременное воспламенение топливной смеси, которое снижает мощность и экономичность дизеля, повышает дымность отработавших газов. Применение топлива с цетановым числом менее 40 обуславливает жесткую работу двигателя, при которой возникает характерный металлический стук, напоминающий детонацию в двигателе с искровым зажиганием, повышенную вибрацию перегрев деталей цилиндропоршневой группы.

Для повышения цетанового числа дизельного топлива к нему добавляются кислородосодержащие присадки (органические перекиси, сложные эфиры азотной кислоты – этилнитрат, изопропилнитрат и др.) [3], которые резко снижают период задержки самовоспламенения. Данные присадки ускоряют начальные предпламенные реакции и способствуют образованию новых активных центров реакции. Например, добавление 1 % изопропилнитрата в зимнее, арктическое или низкоцетановое топливо повышает цетановое число на 10...12.

Специалистами фирмы «Юникол» разработана новая эффективная присадка «Миакрон-2000», основу которой составляет этилгексилнитрат. Массовая доля присадки в дизельное топливо должна быть 0,1...0,3 %. Один килограмм цетаноповышающей присадки Миксент 2000 на 1 тонну дизельного топлива повышает цетановое число на 3...4 единицы [4].

Присадка применяется нефтеперерабатывающими заводами для доведения цетанового числа выпускаемого ДТ до нормативных требований по ГОСТ (ТУ). Данная присадка снижает время задержки воспламенения топливной смеси, увеличивает равномерность и полноту сгорания топлива в двигателе, смягчает жесткость работы дизельного двигателя и облегчает его запуск, за счет улучшения сгорания топлива улучшает экологические характеристики и снижают расход топлива на 5...7 % [5].

Цетаноповышающая присадка Difron H 375 снижает шум в двигателе, облегчает холодный запуск. Эта присадка используется также в качестве антиокислителей, так как дизельное топливо начинает окисляться уже через три месяца хранения [6].

Для повышения цетанового числа используются также универсальные присадки с дополнительными возможностями [7]:

- Liqui Moly Super Diesel Additiv – очищает топливную систему;
- Hi-Gear – защищает металлические детали и уменьшает расход топлива;
- BFF – обладает антикоррозийным эффектом;
- Lavr – рекомендуется для постоянного использования в условиях низких температур;
- Castrol TDA – обладает одновременно смазывающим и противоизносным эффектом.

Заводы, производящие дизельное топливо по европейским стандартам, закупают цетаноповышающие присадки в основном за рубежом. Наиболее известные присадки – Kerobrizol (BASF), Hitec 4103W (Afton Chemical Corporation), RV 100 (Total) [8, 9].

**Заключение.** В результате проведенного обзора представлены основные показатели современных цетаноповышающих присадок к дизельному топливу, обеспечивающих улучшение смесеобразования и сгорания топлива, описан механизм их действия, химический состав, что приводит к улучшению мощностных, экономических и экологических характеристик работы дизельных двигателей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия. Введ. 01.-1.1983. М.:1982.
2. СТБ 1658–2006. Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Топливо дизельное. Технические требования и методы испытания. Введ. 01.02. 2007. Минск, 2006.
3. Карташев, А. Н. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / А. Н. Карташев, В. С. Товстыка, А. В. Гордеенко. – Минск: Новое знание, 2015. – 420 с.
4. Цетаноповышающая присадка к дизельному топливу Миксент 2000. – <https://miksentr.ru/cetanopovyshayushaya-prisadka/>.
5. Испытания противоизносной присадки МИКСЕНТ-2030. – <https://miksentr.ru/stati/stati/ispytaniya-protivoiznosnoy-prisadki-miksentr-2030.html>.
6. Цетаноповышающие присадки. Особенности применения. – <https://www.topreq.ru/stati-i-jbsori/>.
7. Цетаноповышающие присадки. – <https://www.ofptr.ru/blog/>.
8. Цетаноповышающие присадка для дизельного топлива. – <https://lakeevsn.ru/tehnologii>.
9. Получение присадок, повышающих цетановое число дизельного топлива из вторичного сырья и изучение их свойств. – <https://Zuniversum.ru.com/tech/arcive/item/17350>.

*Аннотация.* Основными эксплуатационными характеристиками автотракторных дизелей являются показатели, обеспечивающие установленную мощность, топливную экономичность, экологическую безопасность, надежность, зависящие от комплекса конструктивных и эксплуатационных факторов. Одним из основных факторов по выполнению требуемых показателей является качество применяемого дизельного топлива. Химические и физические свойства дизельного топлива оказывают существенное влияние на организацию процессов смесеобразования и сгорания. Наиболее приемлемым способом обеспечения требуемых показателей дизельного топлива является применение цетаноповышающих присадок.

В результате проведенного отбора представлены основные показатели современных цетаноповышающих присадок к дизельному топливу, обеспечивающие улучшение смесеобразования и сгорания топлива, что приводит к улучшению мощностных, экономических и экологических характеристик работы дизельных двигателей.

*Ключевые слова:* дизельный двигатель, присадки, качество, топливо, смесеобразование, сгорание.

## РАЗРАБОТКА ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

С. А. ПЛОТНИКОВ<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор  
А. Н. КАРТАШЕВИЧ<sup>2</sup>, д-р техн. наук, профессор

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Российская Федерация

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

**Введение.** Дальнейшее развитие альтернативной энергетики означает насущную проблему расширения многотопливности автотракторных ДВС [1–5]. Следует увеличивать применение, как минеральных, так и биологических топлив с эксплуатационными свойствами, отличающимися от свойств промышленно выпускаемых марок дизельных топлив для современных автотракторных дизелей. Реализация обозначенной цели возможна сразу в нескольких направлениях. Среди них можно выделить увеличение присутствия биологических компонентов в суммарном топливе и комплексное улучшение его эксплуатационных свойств, повышение физической стабильности и самовоспламеняемости топлив на основе низших спиртов, снижение кинематической вязкости и низкотемпературных свойств топлив на основе растительных масел, создание многокомпонентных составов биотоплив и биоминеральных топливных смесей. Также перспективны обоснование и разработка новейших систем питания, регулирования, воспламенения и смесеобразования для устойчивой работы дизельных ДВС на расширяющемся рынке альтернативных топлив.

**Основная часть.** Постановочные лабораторные испытания, теоретические разработки, исследования моторных свойств новых топлив были проведены в ФГБОУ ВО Вятский государственный университет (г. Киров, Россия). Стендовые испытания ДВС были осуществлены на территории УО БГСХА (г. Горки, Республика Беларусь).

Основными причинами, влияющими на ограниченность расширенного применения низших спиртов в качестве моторного топлива, являются:

- низкая физическая стабильность эмульсий;
- пониженное цетановое число (ЦЧ) топливных смесей;
- слабые противозносные свойства.

Основываясь на результатах теоретических и экспериментальных исследований, творческим коллективом ученых БГСХА и ВятГУ был разработан ряд новых составов альтернативных топлив (АТ), моторные свойства которых адаптированы к свойствам выпускаемых традиционных ДТ (таблица).

#### Новые альтернативные виды топлива

№ п/п	Название	Охранный документ	Улучшаемые свойства
1	Топливная эмульсия	Патент РФ № 2554348	Противоизносные свойства
2	Топливная эмульсия	Патент РФ № 2642078	Стабильность, воспламеняемость
3	Топливная эмульсия	Патент РФ № 2668225	Стабильность, жесткость
4	Топливная композиция	Патент РФ № 2642080	Кинематическая вязкость
5	Низкотемпературная топливная композиция	Патент РФ № 2730833	Воспламеняемость, низкотемпературные свойства
6	Многокомпонентная биотопливная композиция	Патент РФ № 2752565	Комплексное улучшение свойств
7	Биоминеральная топливная смесь	Патент РФ № 2827416	Пожаробезопасность

С целью улучшения противоизносных свойств, рекомендована к применению топливная эмульсия на основе дизельного топлива, содержащая 5,0 – 50,0 % этанола, 0,5 – 5,0 % воды, 0,25–1,0 % алкенилсукцинимида, 0,2 % смеси мыл диэтаноламина и олеиновой кислоты и 2 % присадки ЦД – 7К (таблица, п. 1) [6].

Повышение стабильности топливной эмульсии при одновременном повышении ЦЧ может быть достигнуто введением в состав ингибитора коррозии – алкенилсукцинимида мочевины в объеме – 1,0–5,0 %, масс. (таблица, п. 2) [7].

Повышение стабильности этанола-топливной эмульсии и значительное снижение жесткости процесса сгорания может быть достигнуто применением состава, в который дополнительно введена добавка дисульфида молибдена  $Mo_2S$  в объеме 0,1–0,5 % (таблица, п. 3) [8].

Применение растительных масел и продуктов их переработки ограничивается, в основном, высокими значениями кинематической вязкости масел и их слабыми низкотемпературными свойствами.

С целью снижения кинематической вязкости суммарного топлива до приемлемых значений исследователями предлагается к применению топливная композиция на основе ДТ и рапсового масла (РМ) с добавкой присадки супер антигель HG3427в объеме до 5,0 %, масс (таблица, п. 4) [9].

Добавка в топливную композицию цетанповышающей присадки DIFRON H372 в объеме 0,5–2,0 % (таблица, п. 5) [10] позволяет одновременно улучшить ее самовоспламеняемость и снизить температуру предельной фильтруемости.

В последнее время наметилась тенденция к разработке и применению многокомпонентных топливных композиций, включающих, одновременно, добавки низших спиртов и растительных масел. Свойства таких составов объединяют положительные качества новых ингредиентов, но также унаследуют некоторые отрицательные их свойства.

Комплексное улучшение основных моторных свойств, а также сохранение вязкостно-температурных свойства биотопливной композиции при изменении температуры окружающего воздуха в рамках действующего стандарта безопасности может быть достигнуто путем применения разработанных составов многокомпонентных биотопливных композиций – МКБТК (таблица, п. 6) [11]. Состав ингредиентов МКБТК отвечает следующему условию: биоэтанол – 31,0 %, рапсовое масло – 34,5 %, цетанповышающая присадка ЭКОЦЕТАН – 0,5 %, алкенилукцинимид – 0,5 %, дизельное топливо – до 100 %, масс. Применение разработанных составов МКБТК позволяет сохранять вязкостно-температурные свойства биотопливной композиции при изменении температуры окружающего воздуха в рамках действующего стандарта, а, значит, повышать показатели надежности и безотказности топливной аппаратуры и самого дизеля.

Повышение надежности работы самого дизеля и надежности функционирования топливной инфраструктуры, безусловно, зависят от свойств, определяющих возможность длительного хранения моторных топлив, в частности, их пожаробезопасности.

С этой целью разработаны и предложены оригинальные составы биоминеральных топливных смесей – БМТС (таблица, п. 7) [12]. Существенным отличием предлагаемых БМТС от всех, ранее известных решений, является введение в топливную композицию присадки МАКСОИЛ В3-02 на основе полиметакрилата в объеме 2,0...3,0 %. Присадка МАКСОИЛ В3-02 служит для повышения стабильности

топливной смеси и, одновременно, позволяет повысить температуру вспышки паров в закрытом тигле на 8...18 градусов.

Разработка новых составов АТ и способов комплексного улучшения их основных эксплуатационных свойств продолжается.

**Заключение.** Расширение многотопливности автотракторных дизелей путем улучшения показателей применяемости утяжеленных, малостабильных и низкоцетановых топлив следует считать перспективным направлением. Разработана линейка новых альтернативных дизельных топлив с улучшенными эксплуатационными свойствами.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Расширение многотопливности автотракторного дизеля при использовании альтернативных топлив / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Смольников, П. Н. Черемисинов // Известия МГТУ «МАМИ». – 2019. – № 3 (41). – С. 66–72.

2. Карташевич, А. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Г. Н. Гурков // – Киров, 2011. – Ч. 1. – 115 с.

3. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, П. Ю. Малышкин [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.

4. 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.

5. Применение этанола в дизелях / А. Н. Карташевич, А. А. Рудашко, С. А. Плотников [и др.]. – Горки: БГСХА, 2023 – 151 с.

6. Топливная эмульсия / Ш. В. Бузиков, В. В. Загребин, С. А. Плотников [и др.] // Патент РФ № 2554348, МКИ<sup>7</sup> С 10 L 10/08.

7. Плотников, С. А. Топливная эмульсия / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Смольников // Патент РФ № 2642078, МПК С10L 1/32.

8. Топливная эмульсия / Е. А. Куимов, А. В. Пляго, С. А. Плотников [и др.] // Патент РФ 2668225, МПК С10L 1/32.

9. Плотников, С. А. Топливная композиция / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, П. Н. Черемисинов // Патент РФ № 2642080, МПК С10Д 1/08.

10. Низкотемпературная топливная композиция / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, Ш. В. Бузиков [и др.] // Патент РФ № 2730833, МПК С10L 10/14.

11. Многокомпонентная биотопливная топливная композиция / С. А. Плотников, М. Н. Глушков, А. И. Шипин [и др.] // Патент РФ № 2752565, МПК С10L 1/10.

12. Биоминеральная топливная смесь / С. А. Плотников, Г. Э. Заболотских, Н. Ю. Кутергин [и др.] // Патент РФ № 2827416, МПК С10L 1/10.

*Аннотация.* Приведены сведения о новых видах дизельного топлива с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

*Ключевые слова:* дизель, дизельное топливо, альтернативное топливо, воспламеняемость, стабильность, физико-химические свойства.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РУЛЕВОЙ ТРАПЕЦИИ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА С ПОВОРАЧИВАЮЩИМСЯ ПЕРЕДНИМ МОСТОМ

А. А. РУДАШКО, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Поворот колесных машин обеспечивается поворотом левого и правого управляемых колес на разные углы с помощью рулевой трапеции [1]. Для улучшения маневренности тракторов можно использовать одновременный поворот переднего моста и управляемых колес [2]. Однако такой способа поворота требует существенного изменения конструкции рулевой трапеции [3], что может привести к рассогласованию углов поворота левого и правого колес и ухудшению условий их качения. Целью работы является исследование кинематики рулевой трапеции колесного трактора при одновременном повороте колес и моста и оптимизация параметров трапеции для снижения рассогласования углов поворота колес.

**Основная часть.** При повороте трактора следует различать теоретические и действительные углы поворота колес. Для качения управляемых колес без бокового скольжения и боковой деформации шин колеса должны быть перпендикулярны радиусам, проведенным из центра поворота. Действительные углы поворота колес определяются конструкцией рулевой трапеции, и их значительное отклонение от теоретических углов приводит к увеличению сопротивления качению колес, износу шин и повышенному расходу топлива.

Рассмотрим поворот колесного трактора с поворачивающимся передним мостом. Теоретические углы поворота левого  $\alpha_2$  и правого  $\alpha_1$  колес относительно передней оси можно найти из треугольников  $AMP$  и  $BNP$  (рис. 1, а):

$$\operatorname{tg}(\alpha_2 + \beta) = \frac{L_n}{R + a_n}, \quad (1)$$

$$\operatorname{tg}(\alpha_1 + \beta) = \frac{L_n}{R - a_n}, \quad (2)$$

откуда

$$\alpha_2 = \arctg \frac{L_{\text{п}}}{R + a_{\text{п}}} - \beta, \quad (3)$$

$$\alpha_1 = \arctg \frac{L_{\text{п}}}{R - a_{\text{п}}} - \beta. \quad (4)$$

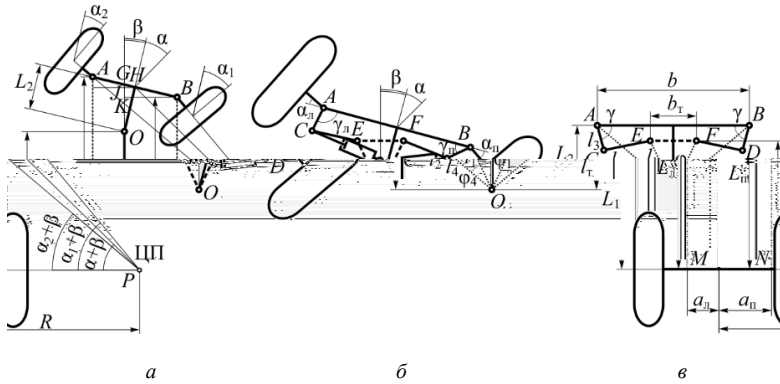


Рис. 1. Поворот колесного трактора: *a* – схема поворота; *б* – рулевая трапеция при повороте направо; *в* – рулевая трапеция при прямолинейном движении

В свою очередь, величины  $a_{\text{л}}$ ,  $a_{\text{п}}$ ,  $L_{\text{л}}$ ,  $L_{\text{п}}$  можно найти из треугольников  $AIH$ ,  $GKB$ ,  $JHO$ ,  $AMP$ ,  $BNP$ :

$$a_{\text{л}} = 0,5b \cos \beta - L_2 \sin \beta, \quad (5)$$

$$a_{\text{п}} = 0,5b \cos \beta + L_2 \sin \beta, \quad (6)$$

$$L_{\text{л}} = L_1 + L_2 \cos \beta + 0,5b \sin \beta, \quad (7)$$

$$L_{\text{п}} = L_1 + L_2 \cos \beta - 0,5b \sin \beta. \quad (8)$$

Радиус поворота определим, используя уравнение (5) [2]:

$$R = \frac{L_1 + L_2 (\sin \beta \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \cos \beta)}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)}, \quad (9)$$

где  $\alpha$  – средний угол поворота передних колес;

$\beta$  – угол поворота переднего моста.

Средний угол поворота колес  $\alpha$  определится из полусуммы котангенсов действительных углов поворота колес:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{2}{\operatorname{ctg}\alpha_{л} + \operatorname{ctg}\alpha_{п}}, \quad (10)$$

где  $\alpha_{л}$  и  $\alpha_{п}$  – действительные углы поворота передних колес (рис. 1, б), определяемые по зависимостям (14) и (15) [3].

Для расчета действительных углов поворота по этим зависимостям следует рассчитать ряд параметров.

Длину поперечной тяги  $l_2$  (рис. 1, в) можно вычислить аналогично расчетам шестизвенной трапеции [4] по формуле определения расстояния между двумя точками  $C$  и  $E$  с известными координатами:

$$l_2 = \sqrt{(x_C - x_E)^2 + (y_C - y_E)^2}, \quad (11)$$

где

$$x_C = l_3 \cos \gamma; \quad x_E = 0,5(b - b_T); \quad y_C = l_3 \sin \gamma; \quad y_E = L_2 - l_T.$$

Величины  $l_1$  и  $l_4$  определим по теореме Пифагора:

$$l_1 = \sqrt{(L_2 - l_T)^2 + 0,25b_T^2}, \quad (12)$$

$$l_4 = \sqrt{L_2^2 + 0,25b^2}. \quad (13)$$

Угол  $\varphi_4$  определится из выражения

$$\operatorname{tg}(\varphi_4 + \varphi_1) = \frac{0,5b}{L_2}, \quad (14)$$

откуда

$$\varphi_4 = \operatorname{arctg} \frac{0,5b}{L_2} - \varphi_1, \quad (15)$$

где

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg} \frac{0,5b_T}{l_T} + \beta \text{ при повороте на право.}$$

Исследование кинематики рулевой трапеции колесного трактора при одновременном повороте колес и моста произведем, задаваясь следующими величинами:  $L_1 = 2225$  мм; расстояние между шкворнями  $b = 1095$  мм; координаты присоединения поперечных тяг  $b_T = 420$  мм и  $l_T = 420$  мм; длина рулевого рычага  $l_3 = 210$  мм; первоначальный угол наклона рулевых рычагов  $\gamma = 70^\circ$ ; первоначальный вылет переднего моста  $L_2 = 250$  мм.

Оптимизация параметров рулевой трапеции осуществляется методом наименьших квадратов [5] по критерию  $\delta$  – наименьшей сумме квадратов отклонений действительных углов поворота управляемых колес  $\alpha_{дi}$  от теоретических  $\alpha_{тi}$ :

$$\delta = \sum_{i=1}^n (\alpha_{дi} - \alpha_{тi})^2 \quad (16)$$

На рис. 2, *a* представлена зависимость параметра  $\delta$  от вылета переднего моста, на рис. 2, *б* – от угла установки рулевых рычагов  $\gamma$ .

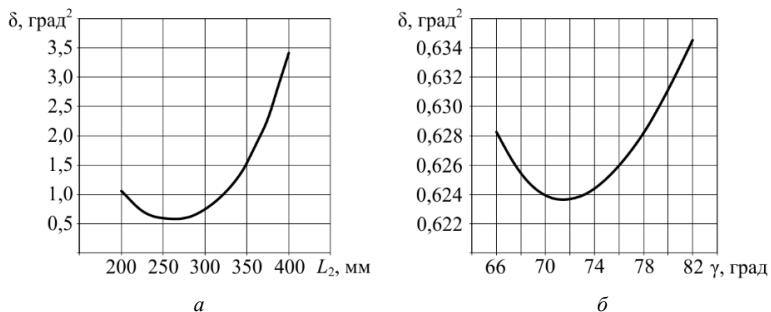


Рис. 2. Зависимость критерия  $\delta$ : *a* – от вылета переднего моста  $L_2$ ; *б* – от угла установки рулевых рычагов  $\gamma$

Оптимальная величина вылета переднего моста  $L_2 = 261$  мм получена методом золотого сечения. Аналогично определяем оптимальный угол установки рулевых рычагов:  $\gamma = 71,4^\circ$ .

Анализ приведенных зависимостей позволяет определить такие параметры рулевой трапеции, при которых отклонение действительных углов поворота управляемых колес относительно теоретических будут минимальными во всем диапазоне углов поворота моста и колес.

После оптимизации параметров рулевой трапеции отклонение действительных углов поворота от теоретических не превышает  $1,6^\circ$  для

наружного от центра поворота колеса и  $1,9^\circ$  – для внутреннего. При этом продольная база трактора с поворачивающимся мостом в сравнении с классической компоновкой увеличивается с  $L = 2370$  мм до  $L = L_1 + L_2 = 2486$  мм, что не приводит к ухудшению маневренности [2].

Расчеты показывают, что применение комбинированного способа поворота снижает минимальный радиус поворота на  $10,7...14,1$  %. Эти данные сопоставимы с результатами применения поворачивающегося передний моста SuperSteer на тракторах New Holland [6].

**Заключение.** Маневренность колесного трактора улучшается при одновременном повороте управляемых колес и переднего моста. Представленные аналитические зависимости позволяют определить оптимальные параметры рулевой трапеции и снизить погрешность изменения углов поворота управляемых колес при повороте переднего моста 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. Рудашко, А. А. Кинематика рулевой трапеции колесного трактора с поворачивающимся передним мостом / А. А. Рудашко // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки, 2024. – Вып. 9. – С. 305–308.
4. Сазонов, И. С. Кинематика шестизвенной рулевой трапеции и оптимизация ее параметров / И. С. Сазонов, Ю. Е. Атаманов, С. Н. Турлай // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2008. – № 3. – С. 40–46.
5. Бронштейн, И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
6. 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 оптимизации параметров рулевой трапеции колесного трактора с передними управляемыми колесами и поворачивающимся передним мостом, получены расчетные формулы для сравнения теоретических и действительных углов поворота управляемых колес в зависимости от угла поворота переднего моста.

*Ключевые слова:* колесный трактор, способ поворота, радиус поворота, рулевая трапеция, маневренность.

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ «ЗЕЛЕННОГО» ТРАНСПОРТА ДЛЯ АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

И. И. СТАНКЕВИЧ, ст. преподаватель  
Д. Н. КЛИМЕНКОВА, студентка

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

**Введение.** Развитие агропромышленного комплекса (АПК) Республики Беларусь сталкивается с множеством экологических и экономических вызовов, связанных с необходимостью снижения вредных выбросов и повышения устойчивости сельскохозяйственных процессов. Внедрение «зеленого» транспорта, характеризующегося использованием экологически чистых технологий, становится важным фактором для достижения этих целей [1–8]. Цель данного исследования заключается в анализе текущего состояния и перспектив развития «зеленого» транспорта для агропромышленного комплекса Республики Беларусь. Научная новизна работы заключается в выявлении ключевых проблем внедрения и направлений развития «зеленого» транспорта.

**Основная часть.** Агропромышленный комплекс (АПК) является одной из ключевых отраслей экономики Республики Беларусь, обеспечивая не только внутренний рынок продовольствием, но и значительную часть экспорта.

В последние годы все большее внимание уделяется вопросам экологической устойчивости и внедрению зеленых технологий в сельское хозяйство. Одним из важных направлений является развитие зеленого транспорта, что обусловлено необходимостью снижения углеродного следа и повышения энергоэффективности отрасли.

В Республике Беларусь под «зеленым» транспортом понимаются различные виды транспортных средств минимизирующие выбросы вредных веществ и использующих альтернативные источники энергии и технологии. Это могут быть:

- электромобили: транспортные средства, работающие на электричестве и не выделяющие выбросов углекислого газа в атмосферу;
- гибридные автомобили: машины, совмещающие традиционные двигатели внутреннего сгорания и электрические двигатели, что позволяет снизить расход топлива и выбросы;

– транспорт на биотопливе: использование биотоплива, полученного из сельскохозяйственных отходов и биомассы, вместо традиционно бензина и дизельного топлива.

Развитие зеленого транспорта в Беларуси сопряжено с рядом преимуществ, таких как:

– экологическая чистота: снижение выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ, что способствует улучшению экологической обстановки;

– экономическая выгода: снижение затрат на топливо и эксплуатационные расходы благодаря использованию возобновляемых источников энергии;

– социальное значение: повышение качества жизни населения за счет улучшения воздуха и сокращения уровня шума в городах.

Основными проблемами внедрения зеленых технологий в сельское хозяйство являются:

1. Недостаток инфраструктуры для «зеленого» транспорта: несмотря на значительное внимание к развитию экологически чистых транспортных средств, инфраструктура для их эффективного использования остается ограниченной. Это включает в себя недостаточное количество зарядных станций и сервисных центров, особенно в сельских районах.

2. Высокие начальные затраты на внедрение: стоимость разработки и производства «зеленого» транспорта значительно выше по сравнению с традиционными транспортными средствами, что делает его менее доступным для агропромышленных предприятий.

3. Необходимость адаптации существующих систем управления: внедрение «зеленого» транспорта требует значительных изменений в существующих системах управления и операционных процессах, что может вызвать сопротивление со стороны работников и управляющих.

Рассмотрим примеры внедрения «зеленого» транспорта на предприятиях ОАО «БЕЛАЗ» и ОАО «АМКОДОР».

ОАО «БЕЛАЗ» – один из крупнейших производителей карьерной и строительной техники, активно внедряет экологически чистые решения в свою продукцию. Недавние разработки включают:

– электрические карьерные самосвалы: разработал и запустил производство электрических карьерных самосвалов, которые работают на аккумуляторах и не производят вредных выбросов. Это инновационное решение не только улучшает экологическую обстановку, но и снижает эксплуатационные расходы на топливо;

– гибридные технологии: работает над гибридными самосвалами, которые комбинируют работу электромоторов и традиционных дизельных двигателей. Это позволяет сократить расход топлива и уменьшить выбросы углекислого газа.

ОАО «АМКОДОР» – ведущий производитель сельскохозяйственной и лесозаготовительной техники, также уделяет большое внимание экологическим аспектам своей продукции. Среди недавних инициатив можно выделить:

– электрические тракторы и погрузчики: разрабатывает и производит электрические модели тракторов и погрузчиков, которые значительно сокращают выбросы вредных веществ. Эти машины особенно востребованы в сельскохозяйственных работах, где экологическая чистота имеет первостепенное значение;

– инновационные системы управления: внедряет современные системы управления и мониторинга для оптимизации работы техники. Это позволяет не только повысить эффективность эксплуатации, но и сократить негативное воздействие на окружающую среду.

Перспективы развития «зеленого» транспорта в агропромышленном комплексе Республики Беларусь:

Расширение ассортимента экологически чистой техники: ожидается, что в ближайшие годы предприятия Беларуси будут активно расширять линейку «зеленой» техники, включая новые модели тракторов, комбайнов, грузовиков и специализированных машин.

Развитие инфраструктуры для электротранспорта: для успешного внедрения «зеленого» транспорта необходимо создать соответствующую инфраструктуру, включая зарядные станции и сервисные центры.

Государственная поддержка и стимулирование: государственная политика играет ключевую роль в развитии экологически чистого транспорта. Возможные меры поддержки включают субсидии, налоговые льготы и гранты на исследования и разработки в области «зеленого» транспорта.

Международное сотрудничество и обмен опытом: важным аспектом развития «зеленого» транспорта является сотрудничество с международными партнерами и обмен опытом. Это позволяет ускорить внедрение передовых технологий и адаптировать их к местным условиям.

**Заключение.** Развитие «зеленого» транспорта для агропромышленного комплекса Республики Беларусь имеет значительные перспективы и является важным шагом на пути к устойчивому развитию.

Примеры внедрения экологически чистых технологий на предприятиях ОАО «БЕЛАЗ» и ОАО «АМКОДОР» демонстрируют, что Беларусь обладает достаточным потенциалом для успешного перехода к более экологически чистым и эффективным транспортным решениям. Дальнейшее развитие этой области будет способствовать улучшению экологической ситуации в стране и повышению конкурентоспособности белорусской продукции на международном рынке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, Н. А. Невестенко [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 312 с.
2. Белорусские машиностроители – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://abw.by/news/industry/2024/11/22/tesla-cybercab-zametili-v-odnom-iz-torgovyh-centrov-londona> – Дата доступа: 22.11.2024.
3. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: РИВШ, 2023. – 404 с.
4. Новое поколение техники БЕЛАЗ и АМКОДОР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/moshch-v-zelenom-trende.html> – Дата доступа: 22.11.2024.
5. ОАО «БЕЛАЗ» реализует идеи по созданию экологичного транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dprom.online/unsolution/belaz-realizuet-idei-po-sozdaniyu-ekologichnogo-transporta/> – Дата доступа: 22.11.2024.
6. ОАО БЕЛАЗ: тренд на экологичность и цифровизацию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://atim-belaz.com/news/belaz-trend-na-ekologichnost-i-cifrovizaciyu> – Дата доступа: 22.11.2024.
7. Стратегия развития машиностроения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minprom.gov.by/intellektualnye-bolshegruznye-belazy-optimalnoe-reshenie-slozhnyh-zadach-v-oblasti-dobychi-poleznyh-iskopaemyh/> – Дата доступа: 22.11.2024.
8. Челноков, А. А. Безопасность жизнедеятельности / А. А. Челноков, В. Н. Босак, Л. Ф. Ющенко. – Минск: Выш. шк., 2023. – 407 с.

*Аннотация.* Рассмотрены перспективы развития «зеленого» транспорта для агропромышленного комплекса (АПК) Республики Беларусь. В условиях глобальных экологических вызовов и необходимости устойчивого развития, внедрение экологически чистых транспортных средств в АПК приобретает особую значимость. Проанализированы примеры внедрения инновационных технологий на предприятиях ОАО «БЕЛАЗ» и ОАО «АМКОДОР», подчеркивающие важность перехода к «зеленому» транспорту.

*Ключевые слова:* зеленый транспорт, агропромышленный комплекс, Республика Беларусь, экологически чистые технологии, устойчивое развитие.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Секция 1. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Азаренко В. В., Мисун Л. В., Мисун Ал-й Л., Савич Д. В. Обоснование технических решений для повышения внимательности и предупреждения засыпания за рулем водителя транспортного средства сельскохозяйственного назначения.....	3
Азаренко В. В., Мисун Ал-й Л., Мисун Л. В., Гаркуша А. В., Савич Д. В. К вопросу о повышении защиты опорно-двигательного аппарата водителя от перегрузок.....	7
Акулич М. П., Сергеева И. И., Цайц М. В., Кондраль А. Е., Гращенко И. А. Анализ требований охраны труда при производстве работ на высоте.....	12
Баева И. Е., Цайц М. В., Сергеева И. И., Акулич М. П. Анализ статистических данных производственного травматизма в Беларуси.....	17
Босак В. М., Сачыўка Т. У., Улаховіч Н. У. Арганічныя ўгнаенні: роля ў забеспячэнні харчовай бяспекі і ўзнаўленні глебавай урадлівасці.....	22
Гаркуша А. В., Севастюк Т. В., Гурина А. Н., Раубо В. М., Процко Л. Е., Сермяжко М. А. Совершенствование обзорности и повышение производственной безопасности труда операторов МСХТ.....	25
Гращенко И. А., Цайц М. В., Сергеева И. И., Кондраль А. Е., Акулич М. П. Производственный травматизм в АПК: пути снижения и устранения.....	29
Домненкова А. В., Босак В. Н., Сергеева И. И. Состояние и перспективы развития альтернативной энергетики в Беларуси.....	33
Евтух Г. Г., Попова Л. А., Левчук В. А. Психофизиологические свойства, влияющие на способность водителя воспринимать дорожную информацию.....	36
Ионас Е. Л., Сергеева И. И., Акулич М. П. Анализ воздействия бедствий на сельское хозяйство и продовольственную безопасность.....	40
Ионас Е. Л., Цайц М. В. Нулевой травматизм как система безопасного труда.....	44
Кондраль А. Е., Босак В. Н., Цайц М. В. Производственный контроль охраны труда на предприятиях АПК.....	47
Корчик С. А., Молош Т. В., Хамутовский С. Ю., Усик Н. М. Применение виртуальной и дополненной реальности в охране труда.....	52
Кунаш М. В., Харченко М. В., Белохвостов Г. И., Гайдук А. А. Разработка экспериментального стенда для прозвучивания глушителей.....	57
Мисун Ал-й Л., Азаренко В. В., Мисун Л. В. Оценка психофизиологических условий труда оператора мобильной сельскохозяйственной техники при выполнении длительных регулировочных воздействий.....	62
Мисун Ал-р Л., Азаренко В. В., Мисун Л. В., Савич Д. В. Разработка инженерно-технических решений для снижения запыленности в кабине транспортного средства сельскохозяйственного назначения.....	67
Мисун Л. В., Мисун Ал-р Л., Круглый П. Е., Савич Д. В. Повышение безопасности выполнения ремонтных работ мобильной сельскохозяйственной техникой в полевых условиях.....	71
Молош Т. В., Корчик С. А., Королева Л. Н. Пути повышения безопасности труда при эксплуатации кормоуборочной техники.....	74
Попова Л. А., Евтух Г. Г., Левчук В. А. Человеческий фактор в организации дорожного движения.....	79
Сачыўка Т. У., Босак В. М., Сяргева І. І. Роля вострасмакавых і эфірна-алеіных культур у забеспячэнні харчовай бяспекі.....	82

## Секция 2. МАШИНЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Астахов В. С., Иванчиков Г. О., Левчук В. А. Повышение эффективности использования твердых минеральных удобрений путем решения проблем их хранения .....	85
Астахов В. С., Левчук В. А. Обзор пневматических сеялок для посева зерновых культур .....	89
Астахов В. С., Левчук В. А., Иванчиков Г. О. Технологии внесения твердых минеральных удобрений .....	94
Бирюков А. Л., Рапаков Г. Г., Даргель Р. С. Система интеллектуального мониторинга сельхозугодий с помощью беспилотных летательных аппаратов .....	99
Гайдуков В. А., Левчук В. А. Влияние скорости движения, глубины хода дисков, их диаметра на тяговое сопротивление двухдискового сошника для ленточного посева .....	104
Греков Д. В. Перспективные конструкции и технологические схемы одnodисковых сошников .....	107
Греков Д. В., Левчук В. А. Обзор и исследование двухдисковых сошников с ограничителем глубины заделки клубней картофеля .....	113
Дралов А. А., Астахов В. С., Конг Цзяди, Лян Эньян. К вопросу посева кукурузы и других пропашных культур рядовым двухстрочным методом .....	116
Козел Н. И., Левчук В. А. Дисковый рабочий орган для разбрасывания твердых органоминеральных удобрений .....	120
Конг Цзяди, Лян Эньян, Астахов В. С., Дралов А. А. К вопросу обоснования объема бункера и его параметров для машины по посеву кукурузы двухстрочным рядовым способом .....	123
Крук И. С., Назаров Ф. И., Анищенко А. А., Гордеенко О. В. Исследование параметров струи факела распыла гидравлических распылителей в лабораторных условиях .....	129
Курзенков С. В., Сяньлэй Чжан, Цзюньянь Лу. Направления научного сотрудничества Беларуси и Китая в области развития и совершенствования национальных аграрных отраслей .....	134
Лабурдов О. П., Сысоев А. А., Сидоров С. А. Определение среднеквадратического отклонения глубины заделки семян комбинированным сошником с разновеликими дисками .....	139
Левчук В. А., Гайдуков В. А., Козел Н. И. Обзор современных машин для химической защиты растений .....	143
Левчук В. А., Попова Л. А., Козел Н. И. Обзор современных машин для основной обработки почвы .....	148
Мельников В. А., Анищенко А. А., Гордеенко О. В., Крук И. С., Назаров Ф. И. Снос капель при ленточном внесении рабочих растворов пестицидов .....	154
Рендов А. К., Крупенин П. Ю. Анализ технических средств для уборки клюквы крупноплодной в затопленном чеке .....	160
Рубец С. Г., Ерощенко В. А. Модернизация механизма привода многоаторных косилок .....	164
Сентюров Н. С. Методика определения размерных характеристик вороха льнокостры .....	168
Симоненко Д. Ю., Цайц М. В., Левчук В. А., Савченко И. А., Козлов Р. П. Обоснование параметров пневмотранспортирующего устройства роторно-бильного обмолачивающего аппарата .....	172
Филиппов А. И., Иванович О. В., Пузевич К. Л. Оценка всходов и глубины заделки семян при посеве овса сеялкой СПУ-6 с послепосевным прикатыванием кольчато-зубчатым катком КЗК-6 .....	179

<b>Цайц М. В., Левчук В. А., Чайчиц А. Н., Евтух Г. Г., Шумский В. В.</b> Методика выбора параметров и режимов работы льноуборочного комбайна с роторно-бильным аппаратом .....	184
<b>Чайчиц А. Н., Цайц М. В., Кесарев А. В., Даргель Р. С., Козлов Р. П.</b> К вопросу оптимизации комплекса технических средств для уборки льна-долгунца .....	189

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

<b>Китун А. В., Крупенин Ю. А., Крупенин П. Ю.</b> Мобильные системы для приготовления и раздачи полнорационных кормов животным .....	194
<b>Козлов С. И.</b> Характерные особенности структуры систем автоматизации сельскохозяйственной техники .....	199
<b>Мелехов А. В.</b> Усовершенствование загрузочной фрезы погрузчика-раздатчика-смесителя кормов ПРСК-12 .....	205
<b>Острейко А. А.</b> Биогазовые установки и технологии .....	209
<b>Понталёв О. В.</b> Автоматизация системы вентиляции животноводческого помещения на базе контроллера ARDUINO UNO .....	214
<b>Симченков А. С.</b> Создание оптимального микроклимата птичника в зимний период с усовершенствованием САР температуры воздуха .....	218

### **Секция 4. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ**

<b>Борисов А. Л.</b> Определение плотности масла, применяющегося в режущих аппаратах многоороторных косилок .....	223
<b>Ничипорук С. Н., Русак А. И.</b> Теоретические основы и современные способы обезвоживания нефтепродуктов .....	227
<b>Юцов М. С., Левчук В. А., Савенок Л. И.</b> Обоснование конструкции пескоструйного аппарата для очистки деталей .....	234

### **Секция 5. ТРАКТОРЫ, АВТОМОБИЛИ И МАШИНЫ ДЛЯ ПРИРОДООБУСТРОЙСТВА**

<b>Белоусов В. А., Гордеенко А. В., Костенич В. Г.</b> Зависимость дымности отработавших газов и концентрации окислов азота при работе дизеля Д-243 на рапсовом масле и дизельном топливе .....	238
<b>Варанкин Д. А., Плотников С. А., Втюрина М. Н.</b> Цифровые методы определения эффективных показателей ДВС .....	241
<b>Гордеенко А. В., Белоусов В. А., Костенич В. Г.</b> Улучшение низкотемпературных свойств дизельного топлива .....	246
<b>Карташевич А. Н., Кызласов Е. А.</b> Цетаноповышающие присадки для дизельного топлива .....	253
<b>Плотников С. А., Карташевич А. Н.</b> Разработка дизельных топлив с улучшенными эксплуатационными свойствами .....	257
<b>Рудашко А. А.</b> Оптимизация параметров рулевой трапеции колесного трактора с поворачивающимся передним мостом .....	261
<b>Станкевич И. И., Клименкова Д. Н.</b> Перспективы развития «зеленого» транспорта для АПК Республики Беларусь .....	266