

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Сборник научных трудов

Выпуск 5

Горки
БГСХА
2020

УДК 001.895:[631.152:657.1.011.54]
ББК 40.7
И66

Редакционная коллегия:

В. Р. Петровец (гл. редактор), Л. Я. Степук (зам. гл. редактора),
Н. И. Дудко (отв. секретарь), В. В. Азаренко, В. И. Клименко, С. И. Козлов

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *В. С. Астахов*;
кандидат технических наук, доцент *В. И. Ильин*;
кандидат технических наук, доцент *В. А. Гайдуков*

**И66 Инновационные решения в технологиях и механизации
сельскохозяйственного производства** : сб. науч. тр. / редкол.:
В. Р. Петровец (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2020. –
Вып. 5. – 341 с.
ISBN 978-985-7231-75-1.

Представлены результаты научных исследований ученых Республики Беларусь, Российской Федерации и Украины в области механизации сельскохозяйственного производства.

Посвящен памяти Сергея Ивановича Назарова, доктора технических наук, профессора, академика ВАСХНИЛ СССР, заслуженного деятеля науки и техники БССР.

УДК 001.895:[631.152:657.1.011.54]
ББК 40.7

ISBN 978-985-7231-75-1

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2020

АКАДЕМИК НАЗАРОВ – 34-й РЕКТОР

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

В числе выдающихся ученых-агроведов советского периода видное место принадлежит академику ВАСХНИЛ, Академии аграрных наук Республики Беларусь и Российской академии сельскохозяйственных наук, заслуженному деятелю науки и техники БССР, доктору технических наук, профессору Сергею Ивановичу Назарову.

С. И. Назаров родился 14 октября 1928 г. в учительской семье в д. Бородино Дубровенского района Витебской области. После окончания Городокского техникума механизации сельского хозяйства работал участковым механиком в МТС на Гомельщине. В 1948 г. поступил на факультет механизации сельского хозяйства Белорусской сельскохозяйственной академии. Работал преподавателем в Лидском техникуме механизации, учился в аспирантуре в Центральном научно-исследовательском институте механизации и электрификации сельского хозяйства Нечерноземной зоны СССР под руководством академика М. Мацепуро.

После окончания аспирантуры Сергей Иванович стал заведующим отделом механизации Могилевской областной сельхозстанции. Работая в этой должности, а затем заместителем директора института, Сергей Иванович немало сделал для развития отечественной аграрной науки и совершенствования сельхозтехники.

В 1980 г. С. И. Назаров стал ректором Белорусской сельскохозяйственной академии. Работая в этой должности более 12 лет, Сергей Иванович много сил отдавал укреплению материально-технической базы академии, строительству учебных корпусов и жилого фонда для студентов и сотрудников. Он впервые создал в академии учебно-методические центры по индустриальным и интенсивным технологиям в растениеводстве, животноводстве и мелиорации.

С 1992 г. С. И. Назаров возглавил Главное управление образования Минсельхозпрода Беларуси. Здесь пригодился его талант организатора науки для формирования единой системы аграрного образования после передачи аграрных вузов в состав министерства. При его участии в республике впервые была начата подготовка специалистов сельскохозяйственного профиля по непрерывной интегрированной системе профессионального образования.

С 1994 г. С. И. Назаров работал профессором кафедры сельхозмашин в БАТУ, а также совмещал основную работу с работой научного консультанта в ЗАО «Агротехнаука».

В 1992 г. С. И. Назаров входил в инициативную группу ведущих ученых республики по созданию Академии аграрных наук Республики Беларусь.

Он автор более 150 изобретений и 21 монографии, справочников и учебного пособия. Его научные идеи продолжают развивать подготовленные им кадры – 10 докторов и 40 кандидатов наук.

С. И. Назаров награжден орденами Трудового Красного Знамени (1971), Октябрьской Революции (1986), медалями и Почетными грамотами Президиума Верховного Совета БССР. За большой вклад в сельскохозяйственную науку ему было присвоено почетное звание заслуженного деятеля науки и техники БССР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петровец, В. Р. Крестьянский сын – академик: к 70-летию со дня рождения. Краткий биографический очерк / В. Р. Петровец, А. Р. Цыганов / Указатель научных трудов. Научные школы. – Горки, 1998. – 67 с.

2. Выдающийся ученый и педагог / В. Р. Петровец // Люди Белорусской науки. – Минск: Белорусская наука, 2008. – 67 с.

3. Крестьянский сын – академик В. Р. Петровец // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. трудов. – Вып. 3. – Горки: БГСХА, 2018. – 158 с.

УДК 929 [Назаров]

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТРАДИЦИЙ С. И. НАЗАРОВА

Л. Я. СТЕПУК, д-р техн. наук, профессор

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

В истории аграрной науки и инженерного образования Республики Беларусь имя Сергея Ивановича Назарова хорошо известно. С 1968 по 1980 гг. он работал заместителем директора центрального научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства (ЦНИИМЭСХ) Нечерноземной зоны СССР. Здесь он стал доктором технических наук, профессором. Годы расцвета ученого и организатора аграрного образования, корифея аграрной науки по механизации процессов в растениеводстве и животноводстве пришлись на время его работы ректором старейшего и крупнейшего аграрного вуза Европы – Белорусской орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственной академии, кото-

рую он окончил с отличием в 1953 г. и которой руководил 13 лет, с февраля 1980 г. по 1992 г.

Сергей Иванович Назаров упорным трудом прославил свою alma-mater, ее славное прошлое и настоящее. Личные качества, дар ученого, педагога и руководителя позволили С. И. Назарову достичь высокого авторитета среди ученых СССР. Его научные результаты являются достижением Белорусской науки и не будут забыты друзьями и многочисленными учениками.

Мне довелось работать на всех должностях, которые занимал С. И. Назаров в ЦНИИМЭСХ Нечерноземной зоны СССР: заместителем директора ЦНИИМЭСХ по научной работе, заведующим лабораторией механизации применения минеральных удобрений и ядохимикатов. Как заместитель директора института я курировал все направления, которые курировал Сергей Иванович, да и занимал на протяжении 16 лет его кабинет в институте.

Будучи ректором БСХА, С. И. Назаров каждый раз, приезжая в Минск, заходил ко мне с главным вопросом о сотрудничестве с НИКТИМ сельхозмашем (г. Запорожье), ВИМом (г. Москва), НИИ органических удобрений (г. Владимир). Работая в ЦНИИМЭСХ, Сергей Иванович тесно сотрудничал с родственными НИИ России, Украины, других стран бывшего Союза ССР и очень дорожил этими связями. Многие ученые из этих научных центров и сегодня помнят С. И. Назарова. Я в своих работах поддерживал и развивал традиции С. И. Назарова, что помогало добиваться существенных результатов в создании техники для применения органических и минеральных удобрений, химических средств защиты растений.

Сергей Иванович не переставал интересоваться нашими работами до последних дней. Даже будучи уже тяжело больным, он звонил и получал от нас информацию.

Он был человеком редкой души, завидного оптимизма, общительности и жизнерадостности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добролюбов, Н. Н. Белорусская сельскохозяйственная академия / Н. Н. Добролюбов, В. М. Лившиц. – Минск: Ураджай, 1986.
2. С. И. Назарову – 60 лет // Сельское хозяйство Белоруссии. – 1988. – № 11. – С. 13.
3. Наука – земле, земля – науке // Неман. – 1988. – № 1. – С. 104–112.
4. Академик в первом поколении // Родник. – 1991. – № 10. – С. 40–41.
5. Петровец, В. Р. Сергей Иванович Назаров: к 70-летию со дня рождения. Краткий биографический очерк. Указатель, научных трудов. Научные школы / В. Р. Петровец, А. Р. Цыганов. – Горки, 1998. – 67 с.
6. Шаршунов, В. А. 34-й ректор в истории академии // Советский студент. – Горки, 1998. – № 14.

7. Выдающемуся ученому, педагогу С. И. Назарову – 70 лет // Советский студент. – Горки, 1998. – № 14.

8. Кармановский, Л. П. Сергею Ивановичу – 70 лет / Л. П. Кармановский // Техника в сельском хозяйстве. – 1999. – № 1. – С. 40.

9. Долгих лет Вам, Сергей Иванович // Агропанорама. – 1998. – Вып. 4. – С. 4–6.

10. С. И. Назаров – выдающийся ученый и педагог. Люди / В. Р. Петровец [и др.] // Белорусская наука. – Минск: Белорус. наука.

УДК 621.432.3

РАСШИРЕНИЕ МНОГОТОПЛИВНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

А. Н. КАРТАШЕВИЧ, д-р техн. наук, профессор

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

С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор

Вятский государственный университет,
Киров, Российская Федерация

Многотопливным двигателем (МД) называют двигатель внутреннего сгорания (ДВС), предназначенный для работы на различных моторных нефтяных топливах – бензине, дизельном топливе и т. д. [1]. Изначально МД стали создаваться в Германии еще в 30-х годах прошлого века. Развивающаяся военная промышленность требовала создания универсального ДВС, способного надежно работать на широкой линейке топлив, в том числе и на непереработанной нефти. Основой для производства таких моторов служили карбюраторные ДВС, но подача воздуха и топлива осуществлялась раздельно. Подача воздуха производилась традиционным путем, а подачу топлива выполнял насос с давлением около 5 МПа. Запуск двигателя производился на бензине с использованием карбюратора, который в дальнейшем выключался. Поджигание горючей смеси производилось искрой от системы зажигания. Низкий технологический уровень промышленности заставил отказаться от этого пути.

Начиная с 40-х годов прошлого века постепенно стали развиваться МД, построенные на базе автомобильных дизелей. Снижение мощности, вызываемое применением топлива с меньшим удельным весом и изменением его фракционного состава, должно было быть компенсировано изменением хода рейки насоса высокого давления при максимальной подаче, созданием надежной, исключающей парообразование топлива системы питания путем повышения давления топлива в топ-

ливопроводах низкого давления, обеспечения циркуляции топлива в системе для удаления образовавшихся паров топлива, установки надежной топливной аппаратуры.

Сложность такой конструкции и необходимость тщательного наблюдения за системой топливоподачи явились основными недостатками, не позволяющими широкого развития и производства таких МД.

Решение задачи многотопливности связано прежде всего с проблемой организации процесса сгорания, позволяющего сжигать заряд таким образом, чтобы в нем не успели образоваться очаги подготовленной к детонационному воспламенению смеси. Можно назвать ряд путей решения этой проблемы, подлежащей тщательному изучению [2]. В искровых ДВС это – форкамерно-факельное зажигание, поздний впрыск топлива непосредственно в цилиндр двигателя, значительное ускорение процесса сгорания за счет улучшения турбулентных характеристик и некоторые другие.

Применительно к дизелям проблема может быть обозначена как сохранение количества топливовоздушной смеси в цилиндре к концу периода задержки воспламенения (ПЗВ). Количество смеси зависит от длительности самого ПЗВ и от скорости образования смеси в течение названного периода. В условиях реальной работы двигателя оба фактора взаимосвязаны. Кроме того, существенное увеличение ПЗВ, вплоть до начала хода расширения, из-за падения давления и температуры может вызвать невозможность пуска двигателя. Также могут иметь место пропуски воспламенения на частичных режимах работы и при невысоких частотах вращения [2].

Чтобы дизель мог нормально работать как на дизельном топливе, так и на различных альтернативных топливах, нужно выполнить ряд требований. Прежде всего необходимо обеспечить надежное и устойчивое самовоспламенение топлива независимо от его вида и моторных свойств на всех рабочих режимах ДВС. Современный уровень двигателестроения позволяет качественно решить эту проблему. Можно обеспечить подогрев заряда на впуске, коррекцию установочного угла опережения впрыскивания в зависимости от вида топлива, применение специальных камер сгорания. Развитие отрасли двигателестроения позволяло все более качественно и вариативно решать эти задачи.

С 1958 года и до конца 90-х годов в вооруженных силах Германии эксплуатировался автомобиль MAN 630 L2A, имевший прозвище «всеядный человек МАН» по причине установленного на нем МД [3]. Двигатель автомобиля MAN 630 L2A при отсутствии ДТ мог использовать для работы смесь ДТ-бензин, жир для жарки, чистое или ис-

пользованное моторное масло. Немало таких автомобилей до настоящего времени находится в частном пользовании.

В 1947 году промышленностью СССР был выпущен в производство дизель ЯАЗ-204, а в 1961 году – дизель ЯАЗ-206 [4]. Оба дизеля относились к серии МД. По результатам испытаний была установлена их работоспособность на ДТ, реактивном топливе, автомобильном бензине и на смесях ДТ-бензин.

В 2010 году компания Cyclone Power Technologies представила МД под аббревиатурой Waste Heat Engine (WHE) – это двигатель внешнего сгорания [5]. По принципу действия это старый паровой двигатель, только модернизированный. Сообщается, что такие двигатели, среднего размера и мощности, могут быть идеальными энергетическими установками для автомобилей и тракторов. WHE могут работать как на жидком, так и на газообразном топливе. В качестве топлива также может быть этанол (Э), дизельное топливо (ДТ), бензин, уголь, биотопливо (БТ) или их смеси, а также биомасса (бытовой мусор). Следовательно, такой двигатель может работать на самых дешевых видах топлива (рис. 1).

В условиях настоящего времени МД активно используются на танках. При этом до конца не определено преимущество газотурбинных (ГТД) и дизельных ДВС.

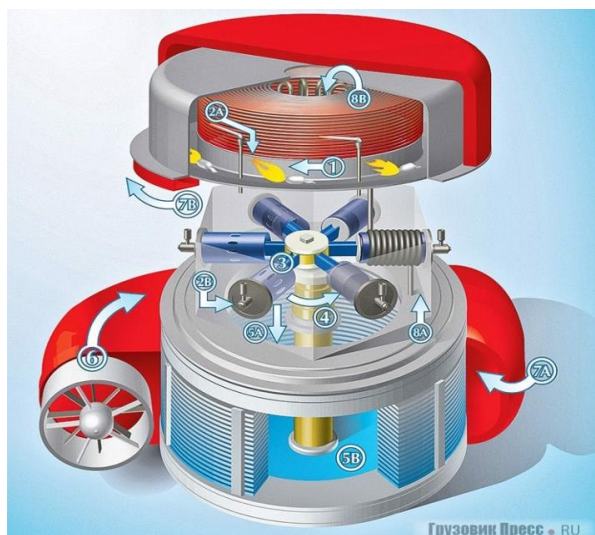


Рис. 1. Паровой многотопливный двигатель Waste Head Engine

Современные газотурбинные ГТД, как правило, многотопливные и могут работать на всем спектре топлив: бензинах всех типов, включая высокооктановый авиационный бензин, реактивном топливе, дизельном топливе с любым цетановым числом, – но номинальным топливом в мирное время для них служит авиационный керосин.

Подавляющее большинство выпускаемых дизельных двигателей снабжено системой турбонаддува, а в последние годы – и промежуточными охладителями наддувочного воздуха. Дизели имеют незначительную (на 2–9 %) потерю мощности в сравнении с ГТД, экономию топлива до 40 %, а также высокие показатели многотопливности. Кроме того, дизели легко переоборудуются для использования в качестве энергетических установок транспортных средств.



Рис. 2. Многотопливный танковый дизель В-92

На текущем этапе развития МД целесообразно не просто использовать различные виды альтернативных топлив (АТ), а адаптировать их отдельные эксплуатационные свойства, выходящие за рамки действующих стандартов, к свойствам ДТ (таблица).

Недостатки основных видов альтернативных топлив

Топливо	Отличительные свойства	Последствия
1. Низшие спирты (метанол, этанол)	Низкие воспламеняемость, теплота сгорания, стабильность	Потери мощности и экономичности, рост расходов на эксплуатацию ДВС
2. Промышленные газы (биогаз, генераторный газ)	Низкая теплота сгорания, молекулярное состояние	Потери мощности и экономичности, удорожание конструкции ДВС
3. Растительные масла	Высокая вязкость	Нагрузки на детали двигателя, нагар, снижение долговечности ДВС
4. Природный газ	Молекулярное состояние	Удорожание конструкции, снижение надежности ДВС

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/077/309.htm>
2. Плотников, С. А. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствования топливopодpающей аппаратуры: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук / С. А. Плотников. – Нижний Новгород, 2011. – 40 с.
3. https://de.wikipedia.org/wiki/MAN_630
4. neva-diesel.com
5. https://Многотопливный_двигатель_Waste_Heat_Engine
6. https://ru.wikipedia.org/wiki/Танковый_двигатель
7. Kartashevich, A. N. Flammability of New Diesel Fuels / A. N. Kartashevich, S. A. Plotnikov // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38. – № 6. – P. 424–427.
8. Плотников, С. А. Улучшение смесей дизельного топлива с рапсовым маслом для использования в тракторных дизелях / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, П. Н. Черемисинов // Двигателестроение. – 2017. – № 4. – С. 21–24.
9. Расширение многотопливности автотракторного дизеля при использовании альтернативных топлив / С. А. Плотников [и др.] // Известия МГТУ «МАМИ». – 2019. – № 3 (41). – С. 66–72.
10. Карташевич, А. Н. Исследование энергетических показателей трактора Беларус-922 при работе на топливе с добавками этанола / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, М. В. Смольников // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – № 1 (120). – С. 123–128.

УДК 631.34(476)

СПОСОБЫ ПОСЕВА ЛЬНА-ДОЛГУНЦА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

В. В. АМЕЛИЧЕВ, аспирант

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

Введение. Согласно официальным данным, в Республике Беларусь ежегодно увеличивают площадь посева льна. В 2017 году площади под посев льна составляли 47,4 тыс. га, а в 2018 году – 50,1 тыс. га, что на 2,7 тыс. га больше, чем в предыдущем году [1]. В 2019 году планировалось под посев льна занять 51,4 тыс. га [2].

Это связано тем, что в нашей стране лен имеет широкое применение для получения волокна и семян. Льняное волокно идет на изготовление разнообразных тканей, обтирочного и упаковочного материала. Из семян льна получают льняное масло, которое используется как в пищевой, так и в других отраслях промышленности.

Основная часть. Для посева сельскохозяйственных культур используют разбросной и рядовой способы посева. В отличие от раз-

бросного способа при рядовом происходит равномерное распределение семян вдоль рядка, семена заделываются на одинаковую глубину. Для культур сплошного сева применяются рядовой (или сплошной), узкорядный, широкорядный, ленточный, пунктирный, перекрестный и перекрестно-диагональный способы посева [3].

При посеве льна-долгунца используют узкорядный способ, при котором междурядье составляет 6,25...7,5 см. В Республике Беларусь это можно выполнить с помощью льяных сеялок типа СЗЛ-5,4 с междурядьем 7,5 см, СПУ-6Л с междурядьем 6,25 см. Данные сеялки от базовой отличаются тем, что на них установлены двухстрочные сошники. При этом сошники установлены в шахматном порядке. Кроме этого, на сеялке СЗЛ-5,4 установлены еще дополнительно цепные загортаци для разравнивания поверхности почвы по всей рабочей ширине захвата машины.

Рядовой посев зерновыми сеялками с европейским междурядьем 12,5 см и более неприемлем для посева льна в Республике Беларусь, так как в 2 раза превышает агротехнические требования.

При посеве льна специальными льяными сеялками, но с междурядьями 10...15 см снижается урожай волокна. В этом случае площадь питания одного растения представляет форму довольно вытянутого прямоугольника с большой загущенностью растений в рядке и неполным использованием площади питания в междурядье. Влияние ширины междурядий на урожай льна при норме высева 120 кг/га приведено в таблице [4].

Влияние ширины междурядий на урожай льна

Посев льяной сеялкой с междурядьем, см	Число стеблей на 1 кв. м перед уборкой	В том числе подсев, %	Урожайность, ц/га		Выход волокна из соломки, %
			семян	волокна	
7,5	1829	8,1	7,2	8,2	19,3
10	1875	8,7	7,2	7,7	19,2
15	1758	10,4	6,9	7,1	17,7

Современные льяные сеялки не совсем удовлетворяют требованиям, так как неравномерно распределяют семена по площади. Известно, что корни растения распределяются в плоскости по кругу, и площадь питания каждого растения приближается к квадрату. Однако в посевах с междурядьями 7,5 см она представляет форму вытянутого прямоугольника с соотношением сторон 1:13, 1:15 [4].

В Республике Беларусь проводили испытания посева льна ленточным способом. В отличие от узкорядного, при ленточном способе засевают два-три и более сближенных между собой рядка и оставляют между ними свободную от растений полосу. Сближенные между собой рядки называются лентой, а сами рядки – строчкой. Поэтому по числу строчек (рядков) в ленте посевы могут быть двух-, трехстрочными и более [5].

Посев ленточным способом выполняют с помощью комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов АПЛ-4 с шириной междурядья 6,0 см и агрегатом АППМ-6АК. При этом были разработаны сошники и детали сошниково-загортачной группы для выполнения посева льна. При проведении испытаний данных агрегатов подтвердили не только улучшение агротехнических показателей сева льна, но и перспективность в целом узкорядного способа посева. Анализ результатов сравнительных испытаний агрегатов АПЛ-4 и применяемого в льновозделывающих хозяйствах АППМ-6АК показал значительные преимущества нового агрегата. Так, получены прибавка урожайности льнотресты 0,57 т/га, а также увеличение номера длинного волокна на 0,4 единицы [6].

Перекрестный способ сева льна не имеет преимуществ перед обычным рядовым способом, и применять его в производственных условиях нецелесообразно. Исследования показали, что при перекрестном севе, как правило, снижается полнота всходов семян вследствие неравномерной их заделки. На проведение его требуется двойная затрата труда и времени [4].

Заключение. На основании вышеизложенного считаем, что в Республике Беларусь уделяется большое внимание возделыванию льна. В настоящее время целесообразно применять узкорядный способ посева льна сеялками СПУ-6Л, СЗЛ-5,4, используя ленточный способ с применением комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов АПЛ-4, АППМ-6АК. При выполнении посева этими способами можно рассчитывать на наибольшую урожайность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Посевные площади основных сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 1998–2020. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/selskoe-khozyaystvo/godovye-dannye/posevnye-ploshchadi-osnovnykh-selskokhozyaystvennykh-kultur/index.php>. – Дата доступа: 24.01.2020.
2. Посевная льна-долгунца 2019 в Белоруссии [Электронный ресурс] // РосЛенКонопля, 2020. – Режим доступа: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/spravochnie-materiali.html/id/2895>. – Дата доступа: 24.01.2020.
3. Способы посева и посадки сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс] / АГРОИНФормация, 2020. – Режим доступа: <https://agroinf.com/zemledeliye/-sposoby-poseva-i-posadki-selskokhozyaystvennykh-kultur/sposoby-poseva-i-posadki-selskoxozyajstvennyx-kultur.html>. – Дата доступа: 24.01.2020.

4. Рогаш, А. Р. Льноводство / А. Р. Рогаш, Н. Г. Абрамов, Я. А. Лебедев. – М.: Пи-лиgrim, 1995. – 544 с.

5. Способы посева [Электронный ресурс] // Mse-Online.Ru, 2020. – Режим доступа: <http://mse-online.ru/zemledelie/sposoby-poseva.html>. – Дата доступа: 30.01.2020.

6. Агрегат для льна АПЛ-4 [Электронный ресурс] // РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2018. – Режим доступа: <https://belagromech.by/articles/agregat-dlya-lna-apl-4>. – Дата доступа: 30.01.2020.

УДК 631.354.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО МОЛОТИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ВАЛЬЦОВОГО ТИПА

А. Е. УЛАХОВИЧ, канд. техн. наук, доцент

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

В. Н. КЕЦКО, ст. преподаватель

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

Введение. В текущем пятилетии в Республике Беларусь планируется существенно увеличить производство продукции животноводства. Это требует значительного укрепления кормовой базы за счет совершенствования структуры посевных площадей, повышения урожайности кормовых культур и их качества. Посевные площади под требуемые объемы травяных кормов ежегодно должны составлять: многолетние травы около 1034,8 тыс. га, или 21,6 % пашни, из них бобовые – не менее 469,0 тыс. га, бобово-злаковые травостои – 440 тыс. га и злаковые – 125,8 тыс. га. Потребность семян многолетних трав всех репродукций на 2016–2020 годы составляет 15,8 тыс. т, в том числе оригинальных семян – 3,0–3,1 т, суперэлиты – 24,0 т, элиты – 180 т, семян 1-й и 2-й репродукции – 1578 т, репродукционных семян на кормовые цели – 13992 т. Семеноводческими хозяйствами областных объединений ООО «Семена трав» производится 2200–2400 т семян 1-й и 2-й репродукций в доработанном виде. Для подготовки требуемых объемов семян многолетних злаковых и бобовых трав в Республике Беларусь не хватает современного оборудования [1].

В УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» на протяжении многих лет проводятся исследования по разработке устройств для обмолота и доработке семенного вороха мелкосемянных культур на стационарных пунктах. В частности, разработаны вальцовые молотильные устройства для обмолота вороха клевера и льна.

Основная часть. Хозяйственные испытания экспериментального молотильного устройства проводились на пункте сушки и переработки льновороха учхоза БГСХА. В качестве исследуемого материала был использован семенной ворох клевера, полученный методом очеса растений на корню. Результаты испытаний приведены на рис. 1–3.

Одним из важнейших факторов, оказывающих значительное влияние на качественные показатели процесса обмолота и требующих особо тщательного подхода к выбору режима работы и технологических регулировок молотильного устройства, является влажность материала. Поэтому в процессе хозяйственных испытаний проводилось изучение влияния влажности вороха на качественные показатели процесса обмолота.

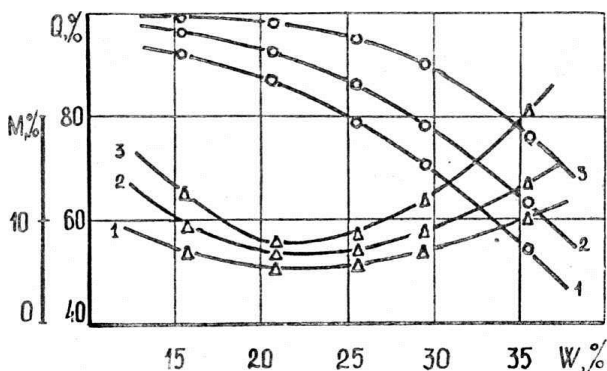


Рис. 1. Зависимость степени обмолота Q (о-) и травмирования M (-Δ-) семян от влажности вороха при частоте вращения вальцов: 1 – 100 об/мин; 2 – 150 об/мин; 3 – 200 об/мин

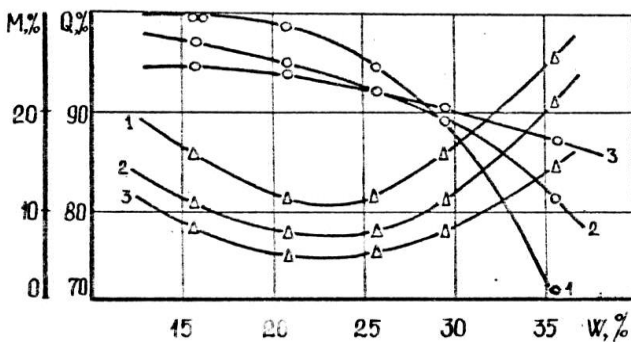


Рис. 2. Зависимость степени обмолота Q (о-) и травмирования M (-Δ-) семян от влажности вороха при соотношении частоты вращения вальцов: 1 – 0,2; 2 – 0,35; 3 – 0,5

Графические зависимости, представленные на рис. 1–3, показывают, что повышение содержания влаги в ворохе ведет к снижению степени обмолота и в то же время возрастает травмирование семян. Общий характер изменения установленных закономерностей не зависит от варьирования основных кинематических параметров, однако интенсивность изменения степени обмолота и микроповреждения семян обусловлены именно значением того или иного фактора.

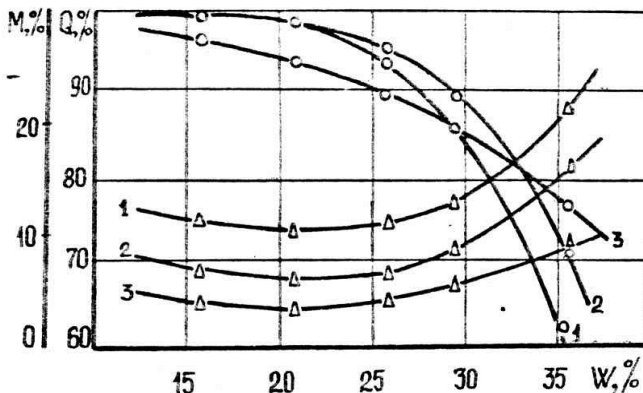


Рис. 3. Зависимость степени обмолота Q (—○—) и травматизации M (—Δ—) семян от влажности вороха при соотношении межцентрального расстояния валцов: 1 — 1,15R; 2 — 1,3R; 3 — 1,45R

Так, при повышении влажности вороха с 15 до 28...29 % (рис. 2) степень обмолота снижается с 99,4, 97,5 и 95,1 % при соотношении частоты вращения валцов соответственно 0,2, 0,35, 0,5 до 90 %. При дальнейшем увеличении влажности материала степень обмолота сокращается до 72 % при $\lambda = 0,2$. В то же время при $\lambda = 0,35$ и 0,5 количество обмолоченных семян уменьшается до 83,5 и 88,2 % соответственно.

Физическая сущность установленных закономерностей (рис. 1–3) объясняется агробиологическими особенностями клеверной пыжины. Даже при небольшом повышении влажности оболочка бобика легко впитывает влагу и вследствие этого трудно раскрывается, т. е. увеличивается невосприимчивость пыжины к механическим воздействиям. Попытка повышения степени обмолота путем увеличения значений кинематических характеристик рабочего органа не дает положительного результата. Кроме того, при возрастании силового воздействия на материал в зоне обмолота большее содержание влаги в пыжине способствует скручиванию ее в жгутики. Это также отрицательно сказывается на степени обмолота семян и надежности протекания технологического процесса.

Изменение зависимости травмирования семян от влажности вороха имеет несколько иной характер. Так, повышение влажности с 15 до 20–23 % ведет к некоторому снижению микроповреждения семян. Дальнейшее же увеличение содержания влаги в ворохе значительно повышает степень травмирования их. Это, на наш взгляд, объясняется тем, что с повышением влажности до определенного предела несколько увеличиваются упругие свойства семян клевера. При этом они в меньшей степени воспринимают механические нагрузки со стороны рабочего органа. Возрастание содержания влаги в ворохе до 25 % влечет за собой интенсивный рост микроповреждения семян вследствие снижения их сопротивления деформации сжатия.

Заключение. Характер изменения установленных закономерностей не зависит от величины кинематических параметров рабочего органа, но при этом его качественная оценка уменьшается с понижением силовых характеристик технологического процесса (рис. 1–3).

Таким образом, при обмолоте семенников клевера на стационаре наиболее целесообразно поддерживать влажность вороха в пределах 18–22 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чеботарев, В. П. Проблемы и перспективы производства семян трав в Республике Беларусь / В. П. Чеботарев, И. В. Барановский, Е. Л. Жилич // Технологии и технические средства производства продукции растениеводства и животноводства. – 2017. – № 92. – С. 93–97.

УДК 631.147

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИНТЕГРИРОВАННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. И. КЛИМЕНКО, д-р техн. наук, профессор

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

Н. И. ДУДКО, канд. техн. наук, профессор

С. А. СИДОРОВ, магистр техн. наук, инженер

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

Ведение. Основная обработка почвы является самой ресурсозатратной и энергоемкой операцией при производстве продукции сельского хозяйства. На ее долю приходится около половины всех энерго-ресурсов, используемых в растениеводстве. Вместе с тем основная обработка существенно влияет на урожайность сельскохозяйственных культур [1, 2, 3, 4].

В последние 20–30 лет многие передовые ученые и практики у нас и за рубежом пришли к заключению, что классическая система механической обработки почвы с частыми и глубокими отвальными вспашками не способствует повышению плодородия и сохранению почвы, а также характеризуется большой трудоемкостью и высокими энергозатратами. Систематическая отвальная обработка способствует развитию ветровой эрозии почвы, быстрой потере почвенной влаги весной [5, 6].

В настоящее время при производстве зерновых культур наблюдается тенденция перехода на мелкую мульчирующую обработку почвы [7, 8, 9]. Появление мелкой мульчирующей обработки вызвано тем, что отвальная вспашка лишала почву защитного мульчирующего слоя из растительных остатков. Пожнивные остатки и мульча на протяжении вегетационного периода хорошо сохраняют почвенную влагу независимо от климатических условий и испарения, а замульчированная почва имеет влажность в 1,5–2 раза выше, чем незамульчированная. Однако, как показывают исследования, технология мелкой мульчирующей обработки значительно отличается и во многом сложнее традиционного технологического процесса, выполняемого плугами общего назначения. Толщина верхнего мульчирующего слоя должна быть одинаковой в любом месте обрабатываемого пласта почвы и не должна превышать 5 см. Глубина обработки пахотного слоя должна составлять 10–16 см, при этом мульчирующий слой почвы не должен быть перемешан с нижележащим раскрошенным слоем почвы [10, 11, 12].

Необходимость восстановления в земледелии природной модели почвообразования и использования для защиты почв мульчей из растительных остатков еще в конце XIX века было предложено И. Е. Овсинским. Он выступает против отвальной обработки почвы плугом, а признает необходимость рыхления поверхностного слоя почвы. По его словам, необходима мелкая пахота на глубину 5–8 см для уничтожения сорняков. Высокая стерня, оставленная на поверхности почвы, способствует накоплению в почве в осенне-зимний период влаги и ее лучшему сохранению в весенне-летний период.

В своих работах Т. С. Мальцев рекомендует не использовать отвальную обработку почвы, а проводить ее поверхностное лушение. Он утверждает, что наличие рыхлого верхнего слоя почвы ослабит испарение влаги с ее поверхности, при этом выпавшие осадки будут легко им улавливаться, а мощная корневая система и стерня, расположенная в верхнем слое, будут защищать почву от ветровой эрозии. По словам Т. С. Мальцева, «заделанная в почву стерня делает верхний слой более рыхлым и пористым, и он служит в известной мере как бы мульчей, предохраняющей влагу от испарения, а поле от ветровой эрозии» [11].

Дисковые бороны и дискаторы, которые применяют для мелкой

обработки почвы, производят интенсивное крошение и перемешивание пахотного слоя, при этом происходит разрушение структуры почвы, значительное образование эрозийно-опасных частиц, иссушение почвы и создание благоприятных условий для быстрого размножения сорных растений.

Иностранные и отечественные комбинированные почвообрабатывающие орудия, состоящие из комбинации нескольких последовательно расположенных рабочих органов, не обеспечивают требуемого качества обработки почвы, производят перемешивание стерни и растительных остатков в обрабатываемом слое. Наблюдается неудовлетворительная заглубляемость этих машин на почвах высокой твердости в результате высокого тягового сопротивления.

В связи с этим возникает необходимость в разработке более совершенной технологии мелкой мульчирующей обработки почвы и почвообрабатывающих орудий для ее выполнения.

Основная часть. Интегрированное земледелие, позволяющее снизить энерго- и трудозатраты, уменьшить внесение минеральных удобрений и пестицидов, снизить экологически опасные нагрузки на окружающую среду при получении высоких урожаев сельскохозяйственных культур приобретает все больше сторонников в отечественной и мировой науке и практике. При этом фундаментальной основой земледелия во все времена была и остается обработка почвы.

В период с 2016 по 2019 годы в СПК «Федорский» Столинского района Брестской области были внедрены инновационные технологии мульчирующей обработки почвы и реализующие их два агрегата универсальных дисковых мульчирующих АДУ-6АКД с четырехрядным расположением дисковых рабочих органов, имеющих спиральные пружины, обеспечивающие их поперечную автовибрацию. Агрегаты снабжены противозрозийными спиральными катками. Основным способом обработки почвы является ее разрыв – наиболее перспективный из известных способов.

В течение 2016–2019 гг. универсальные мульчировщики АДУ-6АКД агрегатировались с тракторами Джон Дир 8430 и Glaas Aksion 950 на операциях мульчирования почвы с глубиной до 12 см, основной обработки почвы на глубину до 18 см с подготовкой под посев за один проход агрегата, измельчения растительных остатков кукурузы после уборки на корм и зерно с заделкой их в почву за один проход агрегата. Рабочая скорость агрегата с трактором Джон Дир 8430 составляла 11–12 км/час, с трактором Glaas Aksion 950 – 14–16 км/час.

В связи с высокими урожаями кукурузы на корм (свыше 400 ц/га) и на зерно (свыше 100 ц/га), в 2018 году были проведены сравнительные испытания двух технологий мульчирования растительных остатков кукурузы и заделки их в почву по следующим схемам:

- измельчение растительных остатков кукурузы импортным активнопроводным мульчировщиком с последующей заделкой их в почву отвальным плугом;

- измельчение растительных остатков кукурузы с помощью универсального мульчировщика АДУ-6АКД и заделкой их в почву за один проход агрегата.

По результатам сравнительных испытаний определено, что при одинаковом качестве измельчения растительных остатков кукурузы и заделки свыше 90 % их в почву, высоком качестве обработки почвы энергоресурсные затраты при использовании универсального мульчировщика АДУ-6АКД в 2,3–2,5 раза меньше, чем у двухстадийной европейской технологии.

Заключение. Выводы специалистов СПК «Федорский»: результаты четырехлетнего опыта использования технологий мульчирующей обработки почвы, реализуемых двумя универсальными дисковыми мульчировщиками АДУ-6АКД, показавшими высокое качество измельчения растительных остатков, мульчирования почвы и высокую производительность, а также надежность выполнения технологического процесса, позволяют сделать заключение о необходимости широко внедрения этих агрегатов в сельскохозяйственное производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азизов, З. М. Приемы и системы основной обработки почвы в засушливой степи Поволжья / З. М. Азизов // Земледелие. – 2004. – № 2. – С. 22–23.
2. Макаров, И. П. Как решаются проблемы обработки почв? / И. П. Макаров, А. В. Захаренко, А. Я. Рассадин // Земледелие. – 2002. – № 2. – С. 16–17.
3. Сизов, О. А. Энергосберегающие приемы предпосевной подготовки почвы / О. А. Сизов, Н. И. Бычков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2001. – № 6. – С. 11–14.
4. Суюндуков, Я. Т. Засоренность посевов при различных способах основной обработки почвы / Я. Т. Суюндуков, М. Б. Суюндукова, М. Г. Сираев // Земледелие. – 2001. – № 2. – С. 26–27.
5. Ванин, Д. Е. Влияние основной обработки почвы на урожайность и засоренность посевов / Д. Е. Ванин, Н. Ф. Михайлова // Земледелие. – 1985. – № 3. – С. 7–10.
6. Вериги, С. А. Почвенная влага / С. А. Вериги, П. А. Разумова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – С. 237–248.
7. Мальцев, Т. С. Система безотвального земледелия / Т. С. Мальцев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 128 с.
8. Рыбалко, А. Г. Ресурсосберегающие технологии возделывания и уборки зерновых культур и перспектива их применения для зон Юга Поволжья России и Западного Казахстана: рекомендации / А. Г. Рыбалко, Р. Б. Ширванов. – Уральск: Зап. Казахст. ЦНТИ, 2007. – 79 с.
9. Клименко, В. И. Новый рабочий орган для культивации и мульчирования почв / В. И. Клименко // Земледелие. – 2005. – № 1. – С. 46.
10. Макаров, И. П. Как решаются проблемы обработки почв? / И. П. Макаров, А. В. Захаренко, А. Я. Рассадин // Земледелие. – 2002. – № 2. – С. 16–17.
11. Мануйлов, В. Н. Противозрозионная эффективность мульчи крупностебельных

растительных остатков на склонах / В. Н. Мануйлов, Е. Н. Василенко // СНТ ВИМ. – Т. 111: Технология и механизация работ по защите почв от эрозии. – М., 1987. – С. 41–45.

12. Modern agriculture: opportunities *and risks* // USA Today Magazine, Jul 99, Vol. 128 Issue 2650, p. 54, 3 p., 2bw. Item Number: 201.

УДК 621.43.057

РЕГУЛИРОВАНИЕ СОСТАВА СМЕСЕЙ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И РАПСОВОГО МАСЛА

С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор

Ш. В. БУЗИКОВ, канд. техн. наук, доцент

И. С. КОЗЛОВ, аспирант

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

На сегодняшний день одним из перспективных источников тепловой энергии, используемых в качестве топлива в дизельных двигателях, является смесь дизельного топлива (ДТ) и рапсового масла (РМ) [1–4]. Использование чистого РМ в дизелях осложняется различием физико-химических свойств масла по сравнению с ДТ [5]. Основными недостатками РМ являются высокая вязкость, плохие низкотемпературные свойства, высокая температура воспламенения, повышенная коксующесть, меньшая теплотворная способность [5, 6]. На данный момент времени объем и степень исследований не позволяют всецело и полностью установить зависимости влияния различных смесей ДТ с РМ на показатели работы топливopодpающей аппаратуры (ТА) [7, 8]. В связи с этим определение оптимальных параметров для регулирования состава смеси, состоящей из ДТ и РМ в ТА, является на сегодняшний день весьма актуальной задачей.

Нормальная работа дизеля на различных смесях ДТ и РМ представляется достаточно проблематичной без внесения конструктивных изменений в систему регулирования топливopодpадачи.

Проанализировав характеристики топливopодpадачи, представленные на графике (рис. 1), видим, что при установленной заводом-изготовителем ТА зависимость вводимой в дизель теплоты с чистым ДТ от хода рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД), представляется прямой линией (линия 1 на рис. 1).

При работе ТА на различных смесях ДТ и РМ характеристика ТНВД изменяется по сравнению с работой на чистом ДТ. С учетом того, что низшая расчетная теплота сгорания смеси ДТ и РМ меньше

по сравнению с ДТ, то зависимость ввода теплоты в цилиндры дизеля от хода рейки принимается положением (линия 2, рис. 1).

Проанализировав зависимости (линии 1 и 2, рис. 1), видим, что при одном и том же положении рейки ТНВД теплота, вводимая в дизель с топливом, состоящим из смеси ДТ и РМ, меньше по сравнению с чистым ДТ. Следовательно, при положении рейки ТНВД с учетом действия регулятора соответствующей номинальной подачи и режима перегрузки в дизель не будет вводиться установленное заводом-изготовителем ТА необходимое количество теплоты с топливом.

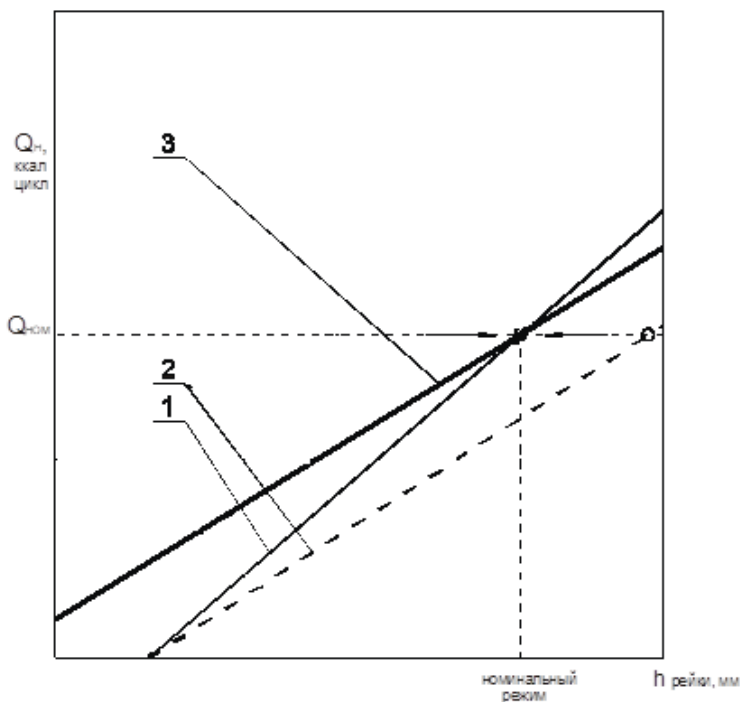


Рис. 1. Характеристики топливоподачи ТНВД:

- 1 – зависимости $Q = f(h)$ для ДТ; 2 – зависимости $Q = f(h)$ для смеси ДТ и РМ;
- 3 – зависимости $Q = f(h)$ для смеси ДТ и РМ с учетом регулировки насоса

Данное обстоятельство приведет к уменьшению номинального коэффициента запаса крутящего момента и снижению возможности преодоления перегрузки, а также нарушению скоростного режима работы дизеля.

Устранение данного обстоятельства возможно путем перерегулировки параметров топливоподачи ТНВД только в номинальном режиме (линия 3, рис. 1) [9]. Анализ данной зависимости показывает, что в номинальном режиме работы количество теплоты, вводимой в дизель с топливом, соответствует установленной заводом-изготовителем ТА. Однако в режиме перегрузки также наблюдается снижение номинального коэффициента запаса крутящего момента и нарушение скоростного режима работы дизеля в режиме частичных нагрузок, а также невозможности выключения подачи. Регулировка начала действия регулятора также не позволит вывести дизель на номинальный режим работы. В связи с этим перерегулировка параметров работы ТНВД не даст желаемого результата.

Следовательно, необходимо внесение изменений в конструкцию ТНВД. Для достижения данной цели есть несколько решений:

1) регулятор ТНВД может включать дополнительное промежуточное звено связи основного рычага регулятора и рейки. Конструктивные исполнения промежуточного звена могут быть различного типа – рычажного, роликового и т. д. Данная схема позволяет при уменьшении теплоты сгорания применяемого топлива увеличить ход рейки насоса. Основным недостатком схемы является ее регулирование только при заданном составе смеси ДТ и РМ, что не позволяет производить непосредственное регулирование хода рейки в зависимости от изменения состава;

2) использование сменных плунжерных пар значительно упрощает систему регулирования топливоподачи, основное отличие их от серийно выпускаемых состоит в том, что угол наклона винтовой канавки плунжера к горизонту изменен и удовлетворяет условию:

$$\varphi = \arctg \frac{Q_{\text{ДТ}}}{Q_{\text{СМ}}},$$

где $Q_{\text{СМ}}$, $Q_{\text{ДТ}}$ – соответственно, расчетная низшая теплота сгорания смеси ДТ и РМ и ДТ.

Замена плунжерных пар возможна при регулировке насоса и тем самым не требует вмешательства в конструкцию регулятора ТНВД. Основным недостатком также является невозможность производить непосредственное регулирование вводимой в дизель теплоты с топливом в зависимости от изменения состава смеси ДТ и РМ.

Идеальной бы в этом случае была система регулирования смеси ДТ и РМ, совместно работающая и корректирующая параметры ТА по следующему алгоритму:

1. При положении рейки ТНВД, соответствующем номинальному режиму работы дизеля и перегрузке, подавалось чистое ДТ для обеспечения заданных заводом-изготовителем показателей работы.

2. В диапазоне положений рейки ТНВД, соответствующем минимальной подаче, и до номинальной подачи смесь топлива, состоящая из ДТ и РМ, изменялась бы пропорционально. То есть чем больше ход рейки, тем больше процентное содержание по массе ДТ в смеси.

3. При минимальном ходе рейки ТНВД в составе смеси содержится по массе минимально возможное количество ДТ. С последующим увеличением хода рейки ТНВД вплоть до номинального в составе смеси увеличивается содержание ДТ вплоть до 100 %.

В связи с этим разработка такой системы регулирования ТА для ее работы на различных смесях ДТ и РМ с соблюдением рассчитанных соотношений, позволяющих достичь идентичности работы дизеля на чистом ДТ на всех рабочих режимах, является основной конструкторской задачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 68 с.
2. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – 133 с.
3. Сравнительный анализ технологий получения биотоплива для дизельных двигателей / А. Н. Зазуля [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2013. – 94 с.
4. Использование биологических добавок в дизельное топливо / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 50 с.
5. Плотников, С. А. Недостатки применения топлив на основе рапсового масла в дизельных двигателях / С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 4-1 (15-1). – С. 97–101.
6. Карташевич, А. Н. Оптимизация параметров топливopодачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 3. – С. 13–16.
7. Голубев, И. Г. Результаты испытания дизелей на смесевом топливе / И. Г. Голубев, И. И. Руденко // Труды ГОСНИТИ. – Т. 107. – № 1. – 2011. – С. 72–73.
8. Голубев, И. Г. Работоспособность топливной аппаратуры дизелей на топливе с биодобавками из рапсового масла / И. Г. Голубев, И. И. Руденко // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2012. – № 8. – С. 53–54.
9. ГОСТ 10578-95 Насосы топливные дизелей. Общие технические условия.

ОЦЕНКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТАВА

П. Я. КАНТОР, канд. физ.-мат. наук, доцент

А. В. ПЛЯГО, аспирант

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,

Киров, Российская Федерация

М. Н. ВТЮРИНА, канд. хим. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия»,

Киров, Российская Федерация

Введение. Исчерпаемость природных ресурсов, в частности нефти, заставляет человечество искать решение проблемы замещения энерго-ресурсов.

Работы по применению энергоносителей из возобновляемых ресурсов проводятся по всему земному шару. Применение дизельных двигателей в основной массе тяжелой техники, авто и сельскохозяйственного назначения ставит задачу по поиску решения проблемы дефицита ископаемого топлива. Одним из возможных вариантов является применение в качестве топлива для дизельного двигателя этаноло-топливной эмульсии. В Российской Федерации рассматривались различные составы эмульсий: с применением различных спиртов, различной доли вводимого спирта, различного рода присадок и т. д. Вопрос достаточно обширный и требует детальной проработки различных аспектов применения этанола в качестве топливной добавки к основному – дизельному, ископаемому топливу.

Основная часть. Из раздела химии мы знаем, что эмульсии представляют собой термодинамические неустойчивые дисперсные системы, образованные двумя (или более) взаимно нерастворимыми или слаборастворимыми друг в друге жидкостями. Эмульсии – это гетерогенные (неоднородные) жидкие системы с четким разделением компонентов на две фазы (полярную и неполярную) и обладающие значительной свободной энергией. Система из двух несмешивающихся жидкостей будет находиться в термодинамически устойчивом состоянии, если она будет состоять из двух сплошных слоев: верхнего (более легкая жидкость) и нижнего (более тяжелая жидкость). Как только один из сплошных слоев начинают дробить на капли, чтобы получить эмульсию, возрастает межфазная поверхность, изменяется свободная поверхностная энергия и система становится термодинамически неустойчивой. Чем больше энергии затрачено на образование эмульсии, тем более неустойчивой она будет. Чтобы придать эмульсии относи-

тельную устойчивость, используют специальные вещества – стабилизаторы, именуемые эмульгаторами. Практически все эмульсии, за исключением самопроизвольно образующихся, получают только в присутствии эмульгаторов. Таким образом, эмульсии, как минимум, трехкомпонентные системы, состоящие из полярной жидкости, неполярной жидкости и эмульгатора. Одна из жидкостей – в виде капель.

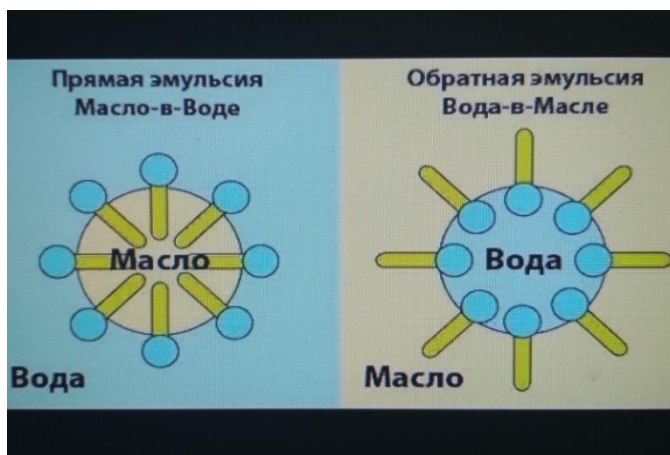


Рис. 1. Виды эмульсий

Эмульсии являются неравновесными, т. е. термодинамически неустойчивыми системами. Процессы, происходящие в них самопроизвольно, направлены на сокращение поверхности раздела, т. е. на слияние диспергированных частиц между собой, что в конечном счете может привести к полному расслоению системы на две фазы [4].

Рассматривая физико-химические свойства этанола-топливной эмульсии, нельзя обойти такие показатели, как относительная плотность и кинематическая вязкость, так как эти показатели влияют на работоспособность топливоподающей аппаратуры. Измерение плотности эмульсий производилось согласно ГОСТ 3900-85. Для проведения опытов был использован комплект ареометров ТУ 25-11.1514-79. Опыт с каждым составом топлива повторялся три раза, результаты усреднялись. При измерении вязкости использовались вискозиметр капиллярный стеклянный ВПЖ-2 (внутренний диаметр капилляра 0,56) и секундомер. В табл. 1 приведены показатели относительной плотности различных по концентрации этанола в смеси эмульсий. Из приведенных данных видно, что относительная плотность предельной эмульсии незначительно ниже базового топлива.

Таблица 1. Относительная плотность топлив [3]

№ п/п	Состав топлива	Плотность г/см ³	№ п/п	Состав топлива	Плотность г/см ³
1	ДТ 100 %	0,823	6	ДТ 80 % + Э 20 %	0,819
2	Э 100 %	0,807	7	ДТ 75 % + Э 25 %	0,817
3	ДТ 95 % + Э 5 %	0,822	8	ДТ 70 % + Э 30 %	0,816
4	ДТ 90 % + Э 10 %	0,821	9	ДТ 50 % + Э 50 %	0,812
5	ДТ 85 % + Э 15 %	0,820			

В табл. 2 приведены показатели кинематической вязкости составов, рассмотренных выше. Анализ данных показывает, что рост содержания этанола до 50 % снижает кинематическую вязкость смеси до 2,253 мм/с², это снижение составляет 1,7 от показателя базового топлива [3].

Таблица 2. Кинематическая вязкость топлив [3]

№ п/п	Состав топлива	Кинематическая вязкость при $t = 20^{\circ}\text{C}$, мм/с ²
1	ДТ 100 %	4,048
2	Э 100 %	1,074
3	ДТ 95 % + Э 5 %	3,611
4	ДТ 90 % + Э 10 %	3,506
5	ДТ 85 % + Э 15 %	3,331
6	ДТ 80 % + Э 20 %	2,822
7	ДТ 75 % + Э 25 %	2,761
8	ДТ 70 % + Э 30 %	2,678
9	ДТ 50 % + Э 50 %	2,253

В нашем исследовании рассматривается этано-топливная эмульсия с содержанием 50 % дизельного топлива, 49 % этанола, 1 % присадки комплексного действия. Были проведены исследования на стабильность данной эмульсии, результатом явилось 25 минут до начала седиментации и порядка 50 минут до полного расслоения [1].

В нашем случае мы имеем эмульсию пограничного состояния, когда возможен переход обратной эмульсии в прямую, т. е. масло-в-воде. Что в свою очередь негативно скажется на работоспособности узлов и агрегатов топливной системы автотракторного дизеля. Всем известно, что дизельное топливо еще несет смазывающую функцию в топливном насосе высокого давления, в плунжерной паре. Эмульсия обратного типа незначительно изменяет смазывающие свойства базового топлива, частицы этанола находятся в масляной среде дизельного топлива и в малой степени вступают в контакт с поверхностью плунжерной пары. При переходе эмульсии в прямую, частицы дизельного топлива будут находиться в этаноле, последует удаление масляной пленки ди-

зельного топлива с поверхности всех трущихся деталей топливной системы, что с большой долей вероятности приведет к поломке и дорогостоящему ремонту ТПА.

Заключение. Рассмотрев физико-химические свойства этанола-топливной эмульсии, приходим к заключению, что процентное отношение $50(ДТ) \times 49(Э) \times 1(ПР)$ является предельным для использования в дизельном двигателе с применением механического насоса высокого давления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Втюрина, М. Н. Исследование свойств этанола-топливных эмульсий с присадками / М. Н. Втюрина, А. В. Пляго // Транспортные системы. – 2017. – № 2(5). – С. 51–54.
2. Лиханов, В. А. Исследование рабочего процесса дизеля 4Ч 11,0/12,5 при использовании в качестве топлива этанола-топливной эмульсии / В. А. Лиханов, А. И. Чупраков. – Киров: Вятская ГСХА, 2012. – 146 с.
3. Карташевич, А. Н. Исследование свойств новых топлив на основе этанола / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, М. В. Смольников // Вестник БГСХА. – 2017. – № 1. – С. 114–118.
4. Кольцов, Л. В. Эмульсии: получение, свойства, разрушение / Л. В. Кольцов, М. А. Лосева. – Самара: Самарский ГТУ, 2017. – 18 с.

УДК 631.331.024.2/3:633.521

ОБЗОР СОШНИКОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В МАШИНАХ ДЛЯ ПОСЕВА ЛЬНА

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

В. В. АМЕЛИЧЕВ, аспирант

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

Введение. Сошник – рабочий орган, предназначенный для образования бороздки, укладки семян, поданных из высевашевого 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 семена или клубни и заделать их почвой [1].

Основная часть. В Республике Беларусь при посеве льна-долгунца используют узкорядный и ленточный способы. Посев узкорядным способом выполняют с помощью льяных сеялок типа СЗЛ-5,4 с междурядьем 7,5 см, СПУ-6Л с междурядьем 6,25 см. Для посева ленточным способом используют комбинированные агрегаты АПЛ-4 и АППМ-6АК с междурядьями 6,25 см.

В этих машинах и агрегатах для посева льна используются анкерные (рис. 1, а), килевидные (рис. 1, б) и дисковые сошники (рис. 1, в).



Рис. 1. Сошники, применяемые в посевных льняных машинах:
а – анкерные; *б* – килевидные; *в* – дисковые

Анкерные сошники устанавливаются на сеялках общего назначения для посева на глубину 3...7 см при работе на хорошо подготовленных к посеву почвах [2]. Эти сошники заглубляются под действием собственного веса и вертикальной составляющей сопротивления почвы. Заглубление сошников регулируют навешиванием грузиков и изменением угла вхождения в почву [1].

Килевидные сошники применяют для посева на глубину 1...2 см, а на легких почвах – на глубину 3...4 см. Килевидный сошник образует бороздку, перемещая частицы почвы в стороны и вниз, тем самым не иссушая ее. Дно борозды получается уплотненным. На засоренных и плохо обработанных почвах они работают неудовлетворительно [2].

Анкерные и килевидные сошники схожие по конструкции. Они состоят из наральника и раструба с хомутиком. Наральниковые сошники в процессе работы образуют U-образный профиль посевной бороздки. При влажных условиях они сглаживают основание посевной бороздки, а иногда и ее стенки, что негативно влияет на развитие корневой системы проростка, особенно при высыхании почвы и образовании корки. Разрывное действие сошников сопровождается образованием вдоль посевной бороздки полосок рыхлой почвы, которую используют для заделки семян. Характер и количество рыхлой почвы зависят от влажности и скорости движения. Часто на тяжелых глинистых почвах невозможно получить рыхлую субстанцию для закрытия посевной бороздки. Проблемой при использовании наральниковых сошников является их быстрая изнашиваемость. В течение срока службы они постоянно видоизменяются, что затрудняет анализ зависимости формы посевной бороздки от формы сошника.

Сошники наральникового типа удобны тем, что качество их работы меньше зависит от скорости движения и они не затягивают в посевную бороздку растительные остатки. Это является плюсом для прохождения сеялки, но минусом с точки зрения создания микроклимата. Главным недостатком этих сошников является высокий уровень износа и слабая способность к управлению растительными остатками [3, 4].

Дисковые сошники 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.

Дисковые сошники делятся на однодисковые и двухдисковые. Двухдисковые сошники бывают узкорядные, с ребордами и скоростные. У обычного сошника каждый из дисков образует в почве самостоятельную бороздку. Если же взять большой угол раствора (23°), то расстояние между бороздками увеличивается. Такие сошники позволяют получить узкорядный посев. Однако узкорядные сошники тяжелые, сложные по конструкции и не позволяют работать на повышенных скоростях [2].

Для обеспечения глубины заделки семян и копирования микрорельефа поля дисковые сошники в конструкции имеют ограничительные реборды. Некоторые производители для улучшения работы дисковых сошников с обеих сторон устанавливают резиновые колеса.

Значительным преимуществом дисковых сошников является то, что даже большое количество соломы не вызывает их забивания. Жесткая солома на мягкой почве не измельчается сошниками, а втискивается в грунт. В условиях достаточного и длительного увлажнения обеспечивается достаточное прорастание и дальнейшее нормальное развитие растений. Однако при засушливых условиях корни растений не могут прорасти сквозь солому. Как следствие этого – плохое прорастание и неравномерные всходы. Такие проблемы возникают тогда, когда семена высевают во влажной почве со свежей, плохо разровненной соломой, а также при сухости почвы. С другими растительными остатками, например свекольной ботвой или ботвой подсолнуха, таких трудностей не возникает [5].

Заключение. На основании вышеизложенного считаем, что в льяных сеялках и посевных агрегатах используют различные типы сошников. При выборе сошника необходимо учитывать их особенности применения, достоинства и недостатки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин: в 2 т. / под ред. А. В. Красниченко. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961. – Т. 2. – 862 с.
2. Клочков, А. В. Устройство сельскохозяйственных машин / А. В. Клочков, П. М. Новицкий. – Минск: РИПО, 2016. – 431 с.
3. Петровец, В. Р. Анализ и исследование основных типов современных сошников / В. Р. Петровец // Научный поиск молодежи XXI века: сб. научных статей по мате-

риалам XII Междунар. науч. конф. студентов и магистрантов (Горки, 28–30 ноября 2011 г.). – Ч. 1. – Горки, 2011.

4. Главный элемент сеялки [Электронный ресурс] // ТОВ «Видавництво «Зерно», 2016–2019. – Режим доступа: <http://www.technikazerno.com/tehnika/seyalki/glavnyy-element-seyalki>. – Дата доступа: 15.02.2020.

5. Сошники на все случаи жизни [Электронный ресурс] // Россельхоз, 2020. – Режим доступа: <https://rosselkhoz.pf/stati/nauka-i-tehnika/soshniki.html>. – Дата доступа: 13.02.2020.

УДК 621.432.2

ПОТЕНЦИАЛ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ В ВЫБОРЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА

Д. Г. СЕРГЕЕВ, канд. техн. наук, доцент
М. В. СМОЛЬНИКОВ, инженер, аспирант
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

В предыдущем сельскохозяйственном сезоне в Российской Федерации собрали рекордный урожай зерновых и зернобобовых агрокультур за всю историю – 135,3 млн. тонн. Этот рекорд побил предыдущий максимальный уровень урожая, который был зафиксирован еще в советское время, в 1978 году. Тогда было собрано 127,4 млн. тонн. Для сравнения: в 2016 году урожай составил 123,0 млн. тонн, и это был рекордный сбор для постсоветской России.

Статистика транспортного рынка логистических услуг 2017 года показывает, что весь объем перевозок распределяется по видам транспорта: автомобильный – 68,18 %, железнодорожный – 15,86 %, трубопроводный – 14,25 %, внутренний водный – 1,38 %, морской – 0,31 %, воздушный – 0,01 %. За год автотранспортом было перевезено 5,44 млн. тонн различных грузов.

Снижение доли транспорта в загрязнении окружающей среды является одним из главных государственных приоритетов, определенных Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ № 1734-р от 22.11.2008 г. Для снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду предполагается выработка и ввод в действие механизмов государственного регулирования, обеспечивающих мотивацию перевода транспортных средств на экологически чистые виды топлива.

Исходя из всего вышесказанного, можно утверждать, что парк автомобилей, тракторов, самоходных машин и расход нефтяного топлива растет и будет расти. Вся техника, которая существует на рынке продаж, энергоемкая, позволяющая получать высокие результаты и вы-

полнять поставленные задачи во всех сферах жизни. Большинство транспортных средств, занятых в сельском хозяйстве, промышленности, оснащено дизельными двигателями, являющимися перспективными в машиностроении. На сегодняшнее время практически весь транспорт зависит от традиционного углеводородного топлива, производящегося из невозобновляемых природных ресурсов. Безусловно, нужно улучшать показатели применяемости альтернативных топлив (АТ) автотракторных дизелей. Причиной такого поиска новых решений в теме альтернативных топлив становится и возможность независимости топливной энергетики России от мировой политики и цен на нефть на мировом рынке, что на сегодняшний день очень актуально.

Теперь возникает вопрос, а какое АТ нужно использовать, ведь их достаточно много [2, 6].

При этом считают, что любой вид АТ для транспорта может рассматриваться как перспективный с учетом ряда обязательных условий.

Первое – наличие и доступность сырьевых ресурсов.

Второе – технология и оборудование для производства топлива в коммерческих объемах должны обеспечивать максимально низкую его стоимость, в том числе и в процессе его транспортировки, хранения и распределения.

Третье – топлива должны обеспечить высокие потребительские качества, и в частности обеспечение мощностных и экономических параметров энергоустановки.

Четвертое – топлива должны быть экологически безопасны как при производстве, транспортировке, хранении и заправке, так и при сгорании в двигателях.

Чтобы объективно определить наиболее экологически безопасное и экономически выгодное биологическое топливо для дизельных энергоустановок, нельзя опираться только на информацию о свойствах топлив. Для обоснованного выбора необходима уточненная оценка по эколого-экономическим качествам дизельной установки, работающей на данном топливе.

В данной статье хотелось остановиться на первом условии для применения АТ касаясь Кировской области. В нашей области возможными АТ могут быть: рапсовое, льняное, подсолнечное и соевое масло (табл. 1), а также этиловый спирт [3, 4, 5], получаемый из переработки древесины и овощей.

Общая площадь сельхозугодий Кировской области – 464 528 га, в том числе пашни – 58731 га, что достаточно для выращивания сельскохозяйственных культур, продукты переработки которых можно использовать в качестве АТ.

На 01.01.2019 леса Кировской области занимают 8,1371 млн. га, покрытая лесом площадь составляет 7,5426 млн. га, лесистость территории Кировской области составляет 62,6 %.

Каждое сельхозпредприятие имеет возможность перевести свой машинно-тракторный парк на АТ, не вкладывая огромных средств. Выращивая сырье и перерабатывая его, а затем используя в качестве АТ, мы тем самым улучшаем экологическую обстановку области и увеличиваем количество рабочих мест в регионе.

Таблица 1. Площади посевов рапса и льна в Кировской области

№ п/п	Район области	Площадь посевов рапса, га	Площадь посевов льна, га	Площадь посевов подсолнечника, га	Площадь посевов сои, га
1	Подосиновский	200			
2	Шабалинский	249	302		
3	Оричевский	20			
4	Кирово-Чепецкий	1000			
5	Зуевский	71	250	528	
6	Фаленский	565			
7	Богородский	1400			
8	Сунский	300			
9	Яранский	493		900	15
10	Даровской			200	
11	Афанасьевский			2150	
12	Пижанский			1191	
13	Верхошижемский			629	
14	Куменский			50	

Из всех имеющихся в распоряжении человечества биологических, «солнечных» энергетических источников наиболее эффективным является масличное растение. Оно на биологическом уровне эффективно решает проблему аккумуляции энергии в содержащих масло зернах. В энергетический оборот большинства секторов энергопотребления могут быть вовлечены многие виды масличных культур. Основным компонентом растительных масел являются жирные кислоты, которые представляют собой высокомолекулярные кислородсодержащие соединения с углеводородным основанием. Поэтому все растительные масла являются горючими и могут применяться в качестве моторных топлив. Молекулы жирных кислот по своей структуре отличаются содержанием атомов углерода и уровнем насыщения кислоты. Поэтому свойства этих масел определяются в основном содержанием и составом жирных кислот [1].

При нормальных условиях растительные масла представляют собой маслянистые жидкости с повышенной по сравнению с дизельным топ-

ливом плотностью и вязкостью и сравнительно невысокой температурой самовоспламенения (табл. 2).

Низкая испаряемость и высокая вязкость растительных масел исключают их использование в бензиновых ДВС. Но они могут успешно применяться в качестве топлива для дизелей. Этому способствуют сравнительно невысокая термическая стабильность растительных масел и приемлемая температура их самовоспламенения.

Таблица 2. Свойства растительных масел, применяемых в качестве топлива в дизелях

Свойства	ДТ летнее	Рапсовое	Подсолнечное	Соевое	Хлопковое
Элементарный Состав С:Н:О, кг/кг	86:14:0	78:10:12	78,3:12,8:8,75	—	—
Плотность при 20 °С, кг/м ³	860	916–917	923	923–924	919
Кинематическая вязкость при 20 °С, сСт	3–6	75–76	63–65,2	57,2	84
Низшая расчет. теплота сгорания, МДж/кг	42,5	37,3	36–39,8	36–39	34
Теплотворная способность, кДж/кг	42,5	39,4	39,4	37,1	38,2
Содержание серы, % по массе	0,2	—	0,01	—	—
Температура помутнения, °С	–5	–9	–6,7	—	–
Температура застывания, °С	–10	–23	–16	–12	–4–18
Цетановое число, единиц	45	36	37	38	41
Температура самовоспламенения, °С	250	317–318	316–320	318–330	316–320
Температура вспышки, °С	Более 55	305	320	220	318

Положительным эффектом в программе внедрения АТ в Кировской области является предприятие ООО «БХЗ» – единственное на сегодняшний день предприятие в России, выпускающее этанол из возобновляемого непищевого сырья.

Кировский биохимзавод – мировой лидер биоэнергетики. На протяжении четверти века предприятие успешно занимается решением экологических проблем региона. За это время специалисты завода работали и реализовали несколько важных новаций, которые заслужили признание не только в Кировской области, но и на федеральном уровне. Эффективная переработка отходов лесопиления, выпуск экологически чистых топливных пеллет, создание биоэтанола из непищевого сырья – вот лишь малая часть актуальных разработок, принадлежащих БХЗ. А сегодня на предприятии воплощается очередная новая идея – создание биотоплива с использованием углекислого газа. С 2006 г. на предприятии производятся древесные гранулы – пелле-

ты – новое экологически безопасное топливо, которое поставляется в Германию, Швецию, в страны Балтии и СНГ.

На заводе реализован проект по производству биотоплива, соответствующего европейскому стандарту Е-85, из пищевого сырья с содержанием биоэтанола до 85 %.

Почему бы и нам самим не стать потенциальными покупателями их готовой продукции в качестве АТ?

Подводя итог, можно сказать следующее:

1. Изучение и внедрение АТ носит положительный эффект для развития всех отраслей экономики РФ.

2. В РФ, и в частности в Кировской области, имеется огромный потенциал сырьевой базы для получения АТ.

3. Применение АТ в качестве топлива для двигателей улучшит экологическую обстановку в регионе.

4. Самыми яркими представителями АТ в нашем регионе на сегодняшний день будут являться этанол и рапсовое масло.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девянин, С. Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С. Н. Девянин, В. А. Марков, В. Г. Семенов. – М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 340 с.

2. Карташевич, А. Н. Оптимизация параметров топливоподачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка, С. А. Плотников // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 3. – С. 13–16.

3. Плотников, С. А. Исследование энергетических показателей трактора Беларус-922 при работе на топливе с добавками этанола / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Смольников // Труды НГТУ им. П. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2018. – № 1 (120). – С. 223–228.

4. Плотников, С. А. Исследование свойств новых топлив на основе этанола / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Смольников // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 114–117.

5. Плотников, С. А. Модернизация системы питания тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 для работы на этано-топливной эмульсии / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Смольников, А. Л. Бирюков // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 2 (26). – С. 110–118.

6. Терентьев, Г. А. Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / Г. А. Терентьев, В. М. Тюков, Ф. В. Смаль. – М.: Химия, 1989. – 272 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТАВА ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗА, ПРОИЗВЕДЕННОГО ИЗ РАЗЛИЧНОГО СЫРЬЯ

А. С. ЗУБАКИН, аспирант

С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

П. Ю. МАЛЫШКИН, аспирант

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

Введение. Использование генераторного газа в качестве моторного топлива, несмотря на более чем полуторазековую историю, ограничивается не только низким КПД двигателя, работающим на данном виде топлива, но и нестабильным химическим и физическим составом топлива. Химический состав генераторного газа во многом определяется свойствами топлива, конструкцией газогенератора, метеорологическими условиями, объемом потребления и рядом менее значимых показателей. Большой пласт научных исследований, проведенных в 30–60-х годах XX века, остается непроанализированным.

Современный научный подход в купе с мощной вычислительной техникой позволяет найти наилучшие технические решения при производстве генераторного газа, задать вектор развития газогенераторной тематики как важной части альтернативной энергетики [1].

Большой объем теоретических исследований по данному вопросу проведен Н. Г. Юдушкиным [2], Д. Б. Гинзбургером [3], С. Л. Федосевым, А. Б. Чернышевым [4], С. В. Кафтаном [5], А. Б. Гениным [6], В. В. Сергеевым [7] и рядом других ученых.

Несмотря на это, остается не рассмотренным до конца вопрос получения генераторного газа с заданными характеристиками из различного сырья с минимальными затратами и максимальным выходом при химической стабильности получаемого топлива.

Рассматривая химизм образования генераторного газа в газогенераторе, исследователи до сих пор не поставили точку в первичной стадии образования СО или СО₂, хотя в последнее время склоняются к теории параллельности реакции образования этих компонентов, при этом интенсивность образования того или иного компонента во многом зависит от температуры в зоне окисления.

Целью данной работы является теоретическое определение состава генераторного газа при работе на различных видах сырья.

Для достижения цели были поставлены задачи: определить влияние химического состава, его геометрических размеров, физического состояния различного сырья на выход генераторного газа и его качественный состав.

Основная часть. Объектом исследования является состав генераторного газа из различных видов сырья, полученного на газогенераторной установке, работающей по обращенному процессу.

При расчете теоретического состава генераторного газа применяют различные подходы, и каждый подход имеет сильные и слабые стороны. Большинство методик не учитывает химическое взаимодействие элементов между собой и углеродом, которые поступили из зон (например, с периферии) с другой температурой [2]. Также многие не учитывают тот факт, что вода распадается на кислород и водород при температурах свыше 2000 °С, в то время как в зоне реакции редко достигается 1500 °С. Многие методики в расчетах опускают наличие метана в составе готового продукта [3], принимая как аксиому его наличие в пределах 1–2 %. Азот не учитывается в материальном балансе, как и избыток воздуха. Потери тепла в зоне газификации принимают как некое численное значение. В ряде методик не учитывается парциальное давление азота [4], хотя именно азот составляет более половины генераторного газа. В работе [5] не учитывается влага из воздуха, которая также участвует в процессе. Метод А. Б. Генина [6] подразумевает решение 5 уравнений с 6 неизвестными, что требует подмены одной неизвестной числом. Все предложенные методики обладают большим преимуществом – простотой расчетов, что было актуально в середине прошлого века.

С развитием вычислительной техники, аналитического и математического аппарата появилась возможность усложнить расчеты, привести их к реальным процессам газификации топлива. Компьютерное моделирование с помощью конечных элементов позволяет повысить точность расчетов, упростить решение сложных элементов, сделать процесс графически наглядным. Для этого можно рассмотреть современные методики, предложенные рядом авторов. Например, В. В. Сергеевым [7] (математическое моделирование процесса газификации), Р. Г. Сафиним, Н. Ф. Тимербаевым, З. Г. Саттаровой [8] (математическая модель процессов, протекающих в восстановительной зоне, а также процесс термической переработки древесины и отходов). Шафорост Д. А. [9] предложил методику балансовой модели. Ряд авторов (Ю. А. Каграманов, А. М. Дубинин, А. Ф. Рыжков, В. Г. Тупоногов, Е. С. Лабинцев [10]) предложили модель процесса газификации двухзонного газогенератора на воздушном дутье с псевдосжиженным слоем. Данные методики используют современный математический анализ, последние наработки в химизме процесса, дающие низкую погрешность и при-

ближенные к реальным процессам, но, несмотря на это, у них наблюдается и ряд допущений, что сказывается на точности конечного результата. Особого внимания заслуживает методика, предложенная Е. М. Кашиным [11], в которой учтены вышеописанные замечания.

Общий недостаток всех методик – неудовлетворительная сходимость теоретических расчетов с практическими результатами. Данное явление можно обосновать недоизученностью процесса газификации, как химического процесса, так и физико-механического процесса в зоне реакции и в общем объеме. Непостоянство химического состава сырья наряду с нестабильностью горения дает большой разброс измерений.

Наравне с проблемами, возникающими при теоретических расчетах самого процесса сгорания, остается неисследованным влияние конструктивных особенностей газогенераторов на конечный выход генераторного газа.

Проведенные нами теоретические и практические исследования [11] показали разброс расчетных и фактически полученных значений генераторного газа до 10–15 %, а иногда и до 30 %, что недопустимо и требует дальнейшего совершенствования расчетов и конструкции газогенераторов.

Большое влияние на стабильность и качество генераторного газа оказывает конструкция газогенератора. Как показали эксперименты [1], не получается достичь одинаково высоких показателей на различных видах топлива на одном и том же газогенераторе.

В качестве сырья для газогенератора может быть любая древесина, отходы лесозаготовки и деревопереработки, солома, шелуха и другие остатки сельхозпродукции, торф, каменный уголь и т. д.

На газификацию сырья, помимо вида и сорта, влияют влажность, размеры, плотность, конструкция газогенератора. Так, например, выход горючих компонентов при газификации березы выше, чем при использовании осины, ольхи (таблица). Повышение влажности древесных чурок с 12 % до 28 % снижает развиваемую мощность двигателя с 42 кВт до 28 кВт [2], так как присутствуют затраты энергии на процесс сушки в самом газогенераторе в зоне бункера, неполное разложение на горючие компоненты, высокое содержание балласта – азота и т. д.

Большое значение имеет размер сырья. Чем меньше размер, тем больше активная поверхность, но наблюдается и обратный эффект: слеживается, спекается масса, нарушая подачу воздуха к колосниковой решетке в зону восстановления. Например, при использовании древесного угля, как самого теплотворного топлива с низким содержанием

золы, оптимальный размер угля составляет 20–40 мм, при этом содержание мелочи (меньше 20 мм) – не более 5 %.

Химический состав генераторного газа, получаемого из различного сырья

Наименования сырья	Горючие компоненты, %				Балласт, %		
	H ₂	C _n H _m	CO	CH ₄	O ₂	N ₂	CO ₂
Древесные чурки, $\omega = 27\%$	9,7	0,1-0,3	9,0	3,7	0,4	61,2	16,0
Древесные чурки, $\omega = 11\%$	15,0	0,2	21	3,6	0,6	49,2	10,6
Березовые чурки, $\omega = 28\%$	11,4	0,3	27,5	1,9	0,4	50,8	7,6
Еловые чурки, $\omega = 25,5\%$	11,7	0,2	28,8	3,3	0,1	50,1	5,6
Щепа	9,52	0,36	28,6	2,96	0,2	52,37	6,36
Хвоя	6	0,1	29,4	1,3	–	59	4
Шевельгаз	40	2	30	10	–	8	–

При использовании торфа как сырья необходимо производить подсушку и брикетирование, что повышает энергетическую ценность и механическую прочность брикетов. В качестве сырья возможно использование полукокса, полученного при сухой перегонке каменного угля. Однако это возможно лишь для ограниченного ряда полукокса в связи с высоким содержанием золы. Применение антрацитов ограничено зольностью, большим коксовым остатком (до 95 %) и малым распространением.

Большое значение имеет размер кусков топлива, так как при горении меняется форма, размеры и укладка слоя, его газопроницаемость, в связи с чем скорость протекания реакции различна в разных точках слоя.

Заключение. На основании проведенных теоретических исследований можно сделать следующие выводы:

- несмотря на большое количество методик расчета выхода генераторного газа, ни одна из них не описывает полностью процесс образования генераторного газа;
- для более полного описания методики расчета необходимо применять современный математический анализ с использованием программного комплекса типа MathCAD и других приложений, использовать метод конечных элементов;
- конструкция газогенераторов требует совершенствования на основе расчетов процесса газообразования;
- для каждого вида сырья требуется свой газогенератор, применение универсального газогенератора приводит к усредненным показателям;

- большое значение имеет размер сырья. При выходе за пределы оптимальных значений резко снижается выход качественного газа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубакин, А. С. Разработка и исследование газогенераторов для производства газообразного топлива. / А. С. Зубакин, А. Н. Коротков // Улучшение эксплуатационных показателей двигателей внутреннего сгорания: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. / Мин-во сельского хозяйства РФ; ФГБОУ ВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия». – Вятка, 2016. – С. 373–379.
2. Юдушкин, Н. Г. Газогенераторные тракторы. Теория, конструкция и расчет / Н. Г. Юдушкин. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1955. – 244 с.
3. Гинзбург, Д. Б. Газификация низкосортного топлива / Д. Б. Гинзбург. – М.: Государственное издательство литературы по строительным материалам, 1950. – 173 с.
4. Федосеев, С. Д. Полукоксование и газификация твердого топлива / С. Д. Федосеев, А. Б. Чернышев. – М.: Государственное научно-техническое издательство нефтяной горно-топливной литературы, 1960. – 327 с.
5. Общая химическая технология топлива / под ред. С. В. Кафтанова. – 2-е изд. – М., Л.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1947. – 497 с.
6. Генин, А. Б. Расчет теплохимического процесса получения силового газа из древесины / А. Б. Генин // Перевод на газ мощных двигателей дизеля: сборник статей. – М.: Речиздат, 1945.
7. Сергеев, В. В. Теплоэнергетические основы промышленной слоевой газификации растительной биомассы: дис. ... д-ра техн. наук / В. В. Сергеев. – СПб., 2009. – С. 84–97.
8. Сафин, Р. Г. Технология переработки древесных отходов в генераторный газ / Р. Г. Сафин, Н. Ф. Тимербаев, З. Г. Саттарова. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 116 с.
9. Шафорост, Д. А. Технологические основы газификации угля в барботируемом расплаве шлака для экологически чистой и безотходной ТЭС: дис. ... канд. техн. наук / Д. А. Шафорост. – Новочеркасск, 2000. – С. 84–97.
10. Двухзонный газогенератор на воздушном дутье с псевдоожиженным слоем / А. М. Дубинин [и др.] // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов, 2015. – Т. 326. – № 3. – С. 50–57.
11. Кашин, Е. М. Балансово-концентрационный метод определения состава и выхода древесного генераторного газа. Балансовая часть / Е. М. Кашин, В. Н. Диденко // Деревообрабатывающая промышленность. – 2018. – № 1. – 91 с.
12. Плотников, С. А. Анализ процесса сгорания генераторного газа и его смеси с бензином в поршневом двигателе / С. А. Плотников, А. С. Зубакин // Двигателестроение. – 2018. – № 3. – С. 14–18.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОЙ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ НА АКТИВИРОВАННОМ ТОПЛИВЕ

Г. П. ШИШКИН, канд. пед. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Кировский ГМУ Минздрава России»,
Киров, Российская Федерация

М. В. МОТОВИЛОВА, аспирантка
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

В процессе эксплуатации двигателя значительное внимание уделяется вопросам его экономичной работы, эмиссии отработавших газов в окружающую среду, а также вопросам работы топливоподающей аппаратуры [3].

В процессе работы дизельного двигателя имеет значение качество применяемого топлива, его состав, предварительная подготовка и его взаимодействие с ТПА [5, 6, 7]. Оказание дополнительного воздействия на топливо положительно сказывается на его физико-механических свойствах, а также на рабочем процессе дизеля [5, 6, 7].

Одним из эффективных способов активации дизельного топлива является передача ему тепла в самой системе топливоподачи перед форсункой. За счет высокотемпературного локального воздействия на топливопровод высокого давления не происходит нагрев остальных элементов системы питания. Объем смеси, равный объему цикловой подачи, быстро прогревается. Вязкость топлива и его плотность при этом снижаются [6].

При применении дизельного топлива с измененными физическими свойствами процесс смесеобразования может происходить несколько иначе. В современных системах питания дизельных двигателей жидкое топливо подается к форсунке под давлением и через распылители впрыскивается в камеру сгорания.

Эффективность процесса сгорания в дизельном двигателе зависит от однородности и тонкости распыливания топлива и его распределения по всему объему камеры сгорания.

Качество распыливания топлива определяется конструкцией форсунки (распылителя), давлением впрыска, плотностью воздуха и свойствами самого топлива – вязкостью и поверхностным натяжением.

Тонкость распыливания топлива характеризуется величиной среднего диаметра капли топлива, а однородность – предельными отклонениями диаметра капель топлива от среднего значения [4].

В процессе впрыскивания топлива формируется факел распыливания. Факел распыливания рассматривают как конус с вершиной у отверстия распылителя. Факел распыливания характеризуется макроскопическими и микроскопическими параметрами. К макроскопическим параметрам факела можно отнести: длину (дальнобойность струи), угол распыливания, диаметр капель топлива, однородность.

Значения макроскопических параметров факела зависят от ТПА и свойств самого топлива. Дальнобойность струи и угол распыливания определяют объем, занимаемый топливно-воздушной смесью в камере сгорания.

При работе дизельной топливной аппаратуры на активированном топливе коэффициент поверхностного натяжения и вязкость топлива уменьшается с повышением температуры. В результате впрыска происходит мелкодисперсное распыление топлива. Скорость нагрева капли топлива ускоряется, процесс испарения идет интенсивнее, топливно-воздушная смесь становится более однородной.

Распад капель в топливном факеле происходит до тех пор, пока число Вебера превышает критическое значение. Число Вебера определяется как отношение сил инерции к силам поверхностного натяжения [4]:

$$We = \frac{\rho \cdot d \cdot V}{\sigma}, \quad (1)$$

где ρ – плотность газовой среды;

d – диаметр капли;

V – скорость струи жидкости в газовой среде;

σ – поверхностное натяжение топлива.

Дизельное топливо – это многокомпонентная жидкость, состоящая из парафиновых, нафтенowych и ароматических углеводородов с присутствием ряда химических элементов. За счет активации топлива поверхностное натяжение и вязкость ДТ уменьшается.

Часть алкановых и нафтенowych углеводородов легко окисляется при повышении температуры до 300 °С, но имеющие в своем строении разветвленную структуру алкановые углеводороды обладают устойчивостью к окислению при высоких температурах. Ароматические углеводороды имеют самую высокую термическую стойкость к окислению.

В составе ДТ присутствует часть углеводородов (алканы, цикланы), у которых критическая температура перехода из жидкой фазы в газообразную находится в пределах 300 °С и коэффициент поверхностного натяжения при данных температурах резко уменьшается. При активации топлива до данной температуры происходит испарение (вскипание) наиболее легкокипящих компонентов ДТ и образуется облако

пара. Факел в своей структуре имеет жидкие капли топлива и газообразную фракцию.

Изменение плотности топлива от температуры некоторыми авторами оценивается по эмпирическому соотношению:

$$\rho_t = \rho_0 - (1,8 - 0,0013\rho_0)(t - t_0), \quad (2)$$

где ρ_t – плотность топлива при активации;

ρ_0 – плотность топлива при нормальных условиях;

t_0 – температура при начальных условиях;

t – текущая температура активации.

При подаче активированного топлива увеличивается угол распространения факела. Это приводит к мелкодисперсному распыливанию в камере сгорания. Скорость нагрева капель увеличивается. Это объясняется тем, что суммарная площадь распавшихся капель увеличивается.

Угол распространения факела топлива можно вычислить по следующей формуле [8]:

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = 0,13 \left[1 + \left(\frac{\rho}{\rho_t} \right) \right], \quad (3)$$

где ρ_t – плотность активированного топлива;

ρ – плотность топлива при нормальных условиях;

θ – угол распространения факела.

Топливный факел не имеет четко выраженной поверхности. Одним из подходов к определению угла распространения факела является нахождение его через арктангенс как отношение наибольшего диаметра факела к его дальности:

$$\theta = \operatorname{arctg} \frac{d}{s}, \quad (4)$$

где d – наибольший диаметр факела распыливания;

s – расстояние от распылителя до наибольшего диаметра факела;

θ – угол распространения факела.

В конструкции дизельной форсунки предусмотрено несколько распылителей. Их количество подобрано таким образом, чтобы при максимальной цикловой подаче топлива до начала воспламенения не происходило соприкосновения и наложение факелов топлива. В итоге могут образоваться зоны, переобогащенные топливовоздушной смесью, что ухудшает процесс сгорания топлива и увеличивает содержание сажи и токсических веществ в отработавших газах [4].

Работа дизельной топливной аппаратуры на активированном топливе должна обеспечить все необходимые геометрические параметры топливного факела. Помимо угла распространения факела, важным

параметром является глубина проникновения струи. При активированном топливе (мелкодисперсное распыливание) возникающие силы сопротивления в цилиндре двигателя приводят к уменьшению дальности струи топлива. На распространение струи оказывают влияние параметры самого распылителя, давление форсунки, а также давление, плотность, температура среды в камере сгорания.

Одним из важных показателей для расчета дальности струи является скорость подачи топлива в цилиндр двигателя.

Скорость струи топлива можно определить из выражения [4].

$$W = \varphi \frac{2 \cdot (\rho_T - \rho_{np})}{\rho_T}, \quad (5)$$

где ρ_T – плотность топлива перед распылителем;

φ – скоростной коэффициент (0,7–0,8);

ρ_T – давление топлива перед распылителем;

ρ_{np} – давление топлива в камере сгорания;

W – скорость струи жидкости в газовой среде.

Для расчета дальности струи авторы многих научных работ приводят различные зависимости. Некоторые зависимости получены по результатам математических расчетов и экспериментальных исследований.

Для нахождения глубины проникновения факела до момента распада его ядра могут быть использованы зависимости, предложенные М. Araí и М. Tabaia, исходя из значений давления перед распылителем форсунки. В общем виде зависимость может быть представлена следующим образом [4, 9]:

При $0 < t < t_b$ дальность распространения топливной струи определяется:

$$s = 0,39 \left(\frac{2\Delta P}{\rho_T} \right)^{0,5} t, \quad (6)$$

где ρ_T – плотность топлива перед распылителем;

ΔP – разность между давлением перед распылителем и противодавлением в камере сгорания;

t – время от начала впрыска;

t_b – время до начала распада топливной струи;

s – дальность распространения топливной струи.

При $t > t_b$

$$s = 2,95 \left(\frac{\Delta P}{\rho_a} \right)^{0,25} (d_p \cdot t)^{0,5}, \quad (7)$$

где ρ_a – плотность заряда в камере сгорания;

ΔP – разность между давлением перед распылителем и противодавлением в камере сгорания;

t – время от начала впрыска;

d_p – диаметр распылителя;

s – дальность распространения топливной струи.

При использовании активированного дизельного топлива возможны изменения некоторых показателей ТПА. При определении всех показателей и оценке параметров проводятся испытания ТПА в соответствии с действующими ГОСТами.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. При активации дизельного топлива до температуры и подачи его в цилиндры двигателя условия смесеобразования не ухудшаются. ТПА позволяет применять активированное топливо, а термическое воздействие на рабочий процесс дизельного двигателя действует положительно.

2. При активации топлива за счет улучшения условий сгорания топливо сгорает при максимальном количестве выделенной теплоты.

3. Возможно снижение эмиссии отдельных токсических компонентов в отработавших газах за счет лучшего смесеобразования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болотов, А. К. Конструкция тракторов и автомобилей / А. К. Болотов, А. А. Лопарев, В. И. Судницын. – М.: Машиностроение, 2006. – 304 с.
2. Николаенко, А. В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей / А. В. Николаенко. – М.: Колос, 1984. – 335 с.
3. Плотников, С. А. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствования топливоподающей аппаратуры: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С. А. Плотников. – Нижний Новгород: НГТУ, 2011. – 40 с.
4. Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени / Н. А. Чигир [и др.]. – М.: Машиностроение, 1981. – 407 с.
5. Плотников, С. А. Анализ процесса сгорания и тепловыделения тракторного дизеля с термической подготовкой топлива / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, А. Л. Бирюков // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 3 (27). – С. 114–124.
6. Плотников, С. А. Исследование работы дизельной ТПА на высокоактивированном топливе / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, М. В. Мотовилова // Транспортные системы. – 2019. – № 1 (11). – С. 12–18.
7. Плотников, С. А. Исследование показателей работы дизеля с термофорсированием / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк // Вестник Марийского государственного университета. – 2015. – С. 39–43.
8. Плотников, С. А. Влияние состава спиртосодержащего топлива на показатели процесса топливоподачи / С. А. Плотников, С. Н. Гущин, С. Р. Лебедев // Двигателестроение. – 2004. – № 3. – С. 43–45.
9. <http://mirmarine.net/dvs/toplivnye-sistemy/pokazateli-raboty-toplivnoj-apparatyry-sovremennykh-dizelej/> 416-protsess-vpryska-i-raspylivaniya-topliva.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ БИОТОПЛИВ В ДВИГАТЕЛЯХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

М. Н. ГЛУШКОВ, аспирант

А. И. ШИПИН, аспирант

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

Введение. Чем больше в мире производится транспортных средств, тем больше возникает проблем. Основной проблемой в современном двигателестроении является поиск моторных топлив, которые в перспективе частично или полностью смогут заменить традиционные дизельное топливо и бензин. Так как нефтяные месторождения истощаются, а цены на нефтепродукты растут, то интерес проявляется именно к топливам из возобновляемых ресурсов [5]. В первую очередь это биотопливо (рис. 1). Оно имеет растительное происхождение, и сырьевой запас практически неограничен.

Биотопливо		
Жидкое	Твердое	Газообразное
Спирты (метанол, этанол, бутанол)	Дрова	Биогаз
Эфиры	Топливные гранулы и брикеты	Бiovодород
Биодизель		Метан

Рис. 1. Виды биотоплива

Основная часть. Двигатель является источником движения транспортного средства, а его показатели: мощность, производительность, экологичность отработавших газов – являются значимыми в настоящее время. Правильное обслуживание и эксплуатация полностью не могут обеспечить данные показатели, поэтому есть необходимость дополнительного влияния на рабочие процессы двигателя [2].

Наиболее привлекательными являются топлива, получаемые из возобновляемых сырьевых ресурсов, в частности из растительных масел. Эти топлива весьма разнообразны как по перечню растительных

масел, используемых для производства биотоплив, так и по технологии их получения [7]. Для производства данного топлива могут быть использованы различные растительные масла: рапсовое, соевое, подсолнечное, кукурузное, хлопковое, льняное, арахисовое, пальмовое, пальмоядровое, кунжутное, касторовое, конопляное. Эти масла в качестве моторного топлива могут применяться как в чистом виде, так и в смесях с альтернативными и нефтяными топливами. Растительные масла перерабатываются в сложные эфиры (этиловый, метиловый, бутиловый и др.), которые также являются самостоятельными моторными топливами. Используются смеси этих эфиров с другими топливами [4].

Применение биотоплива на базе рапсового масла позволяет не только заменить традиционные моторные топлива альтернативными, но и улучшить показатели токсичности отработавших газов [8]. При работе дизельных двигателей на биотопливах, как правило, отмечается видимое уменьшение эмиссии токсичных компонентов отработавших газов. В первую очередь это относится к дымности и выбросам других продуктов неполного сгорания топлива, которые уменьшаются при использовании биотоплива примерно в два раза. Также применение топлив растительного происхождения обеспечивает кругооборот углекислого газа в атмосфере, потому что при сжигании биотоплива в двигателях внутреннего сгорания в атмосферу выбрасывается приблизительно такое же количество углекислого газа, которое поглощается в процессе выращивания сырья для производства биотоплива. Это приводит к снижению выброса в атмосферу парниковых газов и предотвращению парникового эффекта, способствующего возникновению различных природных аномалий и глобальному потеплению.

Необходимо отметить, что биотоплива по своим физико-химическим свойствам более близки к дизельным топливам, чем к бензинам. Им характерны сравнительно высокие вязкость и плотность, плохая испаряемость. Поэтому биотоплива возможно применять лишь в дизельных двигателях, отличающихся меньшей чувствительностью к свойствам применяемого топлива [3]. Кроме того, дизельные двигатели, которые работают с наибольшей степенью сжатия и увеличенными значениями коэффициента избытка воздуха, характеризуются лучшими показателями топливной экономичности и токсичности отработавших газов.

Однако у биотоплива физико-химические свойства отличаются от свойств традиционного дизельного топлива, вследствие чего при переводе двигателей, первоначально адаптированных к работе на дизельном топливе, на биотопливо появляется ряд проблем, связанных с ор-

ганизацией рабочих процессов, прежде всего – процессов топливоподачи, распыливания топлива, смесеобразования и сгорания [1]. При этом вероятно нарушение начальных регулировок дизельного двигателя и регресс ряда эксплуатационных показателей, повышение износа деталей двигателей и снижения ресурса их работы. Ввиду этого необходима адаптация двигателей к работе на данном виде топлива. Основным эффективным путем адаптации двигателей к работе на биотопливах является использование смесевых биотоплив, смеси рапсового масла с дизельным топливом. Наибольшего приближения свойств биотоплива к свойствам нефтяного дизельного топлива можно достичь путем использования многокомпонентных биотоплив, вследствие чего свойства одного топлива могут компенсировать другие [6]. Использование многокомпонентных смесевых биотоплив на основе растительных масел в сочетании с оптимизацией их состава позволит достичь требуемых показателей топливной экономичности и токсичности отработанных газов дизелей транспортных средств.

Заключение. На основании вышеизложенного материала можно сделать следующие выводы:

1. Актуален поиск альтернативных сырьевых ресурсов с целью получения моторных топлив для двигателей транспортных средств.
2. Рациональным альтернативным топливом является биотопливо.
3. Применение многокомпонентных биотоплив скомпенсирует отрицательные свойства топлива для двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные топлива для двигателей внутреннего сгорания / А. А. Александров [и др.]; под ред. А. А. Александрова, В. А. Маркова. – М.: ООО НИЦ «Инженер», ООО «Онико – М», 2012. – 791 с.
2. Гуреев, А. А. О перспективах развития топливного производства в двигателестроении / А. А. Гуреев // Химия и технология топлив и масел. – 1980. – № 9. – С. 22–23.
3. Опыт и перспективы применения биоэтанольных топлив / В. Е. Ершов [и др.] // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2014. – № 12. – С. 33–37.
4. Семенов, В. Г. Альтернативные топлива растительного происхождения / В. Г. Семенов, А. А. Зинченко // Химия и технология топлив и масел. – 2005. – № 1. – С. 29–34.
5. Смаль, Ф. В. Перспективные топлива для автомобилей / Ф. В. Смаль, Е. Е. Арсенов. – М.: Транспорт, 1979. – 151 с.
6. Плотников, С. А. Применение методики планирования эксперимента в исследовании свойств многокомпонентных биотоплив / С. А. Плотников, М. Н. Глушков, А. И. Шипин // Транспортные системы. – 2019. – С. 5–10.
7. Терентьев, Г. А., Моторные топлива из альтернативных сырьевых ресурсов / Г. А. Терентьев, В. М. Тюков, Ф. В. Смаль. – М.: Химия, 1989. – 272 с.
8. Фомин, В. М. Использование рапсового масла в качестве моторного топлива для дизелей / В. М. Фомин, И. В. Ермолович, Х. А. Сатер // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. – № 5. – С. 11–12.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ КЛЕВЕРОТЕРКИ КПЛ-100 ПРИ ВЫТИРАНИИ СЕМЯН КЛЕВЕРА СОРТА КИРОВСКИЙ-159

М. В. СИМОНОВ, канд. техн. наук, доцент

О. А. СИМОНОВА, канд. с.-х. наук, магистрант

Е. И. САВИН, аспирант

ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,
Киров, Российская Федерация

В технологии послеуборочной обработки семян бобовых трав обязательна такая операция, как вытирание семян из оболочек, которое осуществляется на специальных машинах – клеверотерках [1, 2, 3].

Для определения показателей качества работы клеверотерок (степень ε вытирания семян и дробление d семян) разработана методика [4], которая предусматривает дотирание не вытертых в процессе работы машины семян вручную либо на специальных лабораторных клеверотерках, обеспечивающих практически полное вытирание семян при минимальном их дроблении. Следует отметить, что запрос на разработку и изготовление лабораторной клеверотерки выдвинут со стороны селекционных лабораторий, занимающихся многолетними травами.

В связи с этим в ПКБ НИИСХ Северо-Востока разработан и изготовлен опытный образец лабораторной порционной клеверотерки КПЛ-100 (рис. 1) [5].

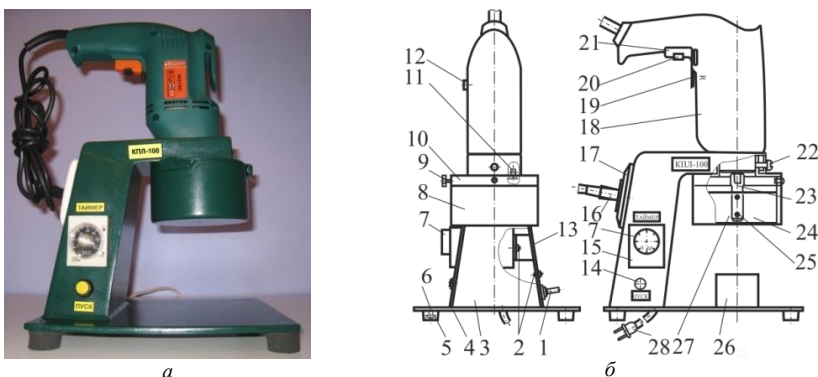


Рис. 1. Общий вид (а) и схема (б) клеверотерки порционной лабораторной КПЛ-100

Клеверотерка предназначена для вытирания семян клевера и других бобовых и злаковых трав. Устанавливается в лабораториях, занимаю-

щихся селекцией многолетних трав и кормовых культур. Обрабатывает исходный материал влажностью до 14 % с содержанием грубых соломыстых примесей не более 0,5 % и свободных семян – не более 1 %.

Клеверотерка КПЛ-100 состоит из основания 4 с Г-образным корпусом 3, держателя 10 со съемным терочным стаканом 8, вертикально установленной электродрели 18 с насаженным на ее вал ротором 25, снабженным эластичной лопастью 24, и электрооборудования.

Основание 4 представляет собой металлическую плиту, снизу которой закреплены винтами 6 четыре резиновые ножки 5, а сверху установлен Г-образный корпус 3.

Держатель 10 служит для установки на нем терочного стакана 8 и электродрели 18. Он состоит из фланца с четырьмя крепежными отверстиями, приваренной к нему ступицы с отверстиями для электродрели и стопорного винта 9. По наружному диаметру фланца держателя 10 выполнено кольцевое углубление со штифтами для установки терочного стакана 8.

Терочный стакан 8 является быстросъемным и служит также загрузочной емкостью. Его внутренняя рабочая поверхность выполнена рифленой. На верхнем крае стакана расположены Л-образные вырезы, служащие для установки его на штифты держателя 10.

Электродрель 18 установлена в посадочное отверстие ступицы держателя 10 и фиксируется на ней стопорным винтом 22. На резьбовой конец дрели навинчен ротор 25 с продольным пазом, в который вставлена эластичная лопасть 24 прямоугольной формы. Для надежности ротор 25 к резьбовому концу дрели с торца крепится винтом 23, имеющим левую резьбу. Эластичная лопасть 24 крепится на роторе 25 винтами 25.

Клеверотерка работает следующим образом.

Обрабатываемый материал (например, клеверную пыжину) с помощью мерного стакана 26 загружают в снятый терочный стакан 8, который затем снизу Л-образными вырезами устанавливают на штифты в кольцевое углубление держателя 10. При повороте по часовой стрелке соединение запирается, образуя закрытую герметичную емкость. Для надежности от самопроизвольного расчленения соединение стопорится винтом 9. Когда терочный стакан 8 зафиксирован в держателе 10, штурвалом 7 таймера 15 задают время работы и пусковой кнопкой 14 включают электродрель 18. При вращении лопастного ротора 25 в терочном стакане 8 материал протаскивается по его внутренней рифленой поверхности. Возникающее при этом нормальное давление в сжатом слое материала и силы трения обуславливают его перетирание. Благодаря упругим свойствам эластичной лопасти 24 ротора 25 и точно подобранному посредством таймера 15 времени работы семена не подвергаются грубому и излишнему воздействию и травмированию. После отключения таймера 15 и остановки дрели 18 снимают

терочный стакан 8 и высыпают из него перетертый материал в приготовленную емкость. Для выделения из перетертого материала чистых семян его необходимо направить на дальнейшую очистку на лабораторный пневмосепаратор или аспирационную колонку.

Лабораторная клеверотерка КПЛ-100 должна обеспечивать степень ε вытирания семян, близкую к 100 %, при минимальном дроблении d семян. Очевидно, что на показатели качества вытирания семян влияют как параметры клеверотерки, так и свойства исходного материала, которые существенно зависят не только от обрабатываемой культуры, но и от ее сорта [6]. Поэтому принято решение найти оптимальные параметры и режимы работы клеверотерки КПЛ-100 для различных культур и их сортов.

С целью оптимизации параметров машины при вытирании семян из пыжины клевера сорта Кировский-159 на основании результатов однофакторных экспериментов принят и реализован план Бокса-Бенкена второго порядка для трех факторов (таблица).

Факторы, уровни фиксирования и интервалы их варьирования

Кодированное обозначение факторов	Название факторов, их обозначение и единица измерения	Уровни факторов			Интервалы варьирования
		-1	0	1	
x_1	Объем V загружаемого материала, см ³	100	150	200	50
x_2	Частота n вращения ротора, мин ⁻¹	1600	1800	2000	200
x_3	Время t вытирания семян, с	10	15	20	5

В качестве исходного материала при проведении опытов использовали предварительно высушенную до влажности 7...8 % и очищенную от грубых соломистых и мелких примесей пыжину клевера сорта Кировский-159.

В ходе проведения однофакторных экспериментов выяснилось, что дробление семян в процессе их вытирания на клеверотерке КПЛ-100 при частоте вращения ротора $n = 1600...2000$ мин⁻¹ и времени вытирания $t = 10...20$ с отсутствует. Поэтому принято решение оценивать качество работы машины только одним показателем - степенью ε вытирания семян.

После реализации опытов плана и обработки результатов эксперимента получена адекватная модель регрессионного анализа второго порядка процесса вытирания семян (%):

$$\varepsilon = 98,48 - 0,28x_1 + 1,53x_2 + 1,28x_3 - 0,92x_1^2 + 0,40x_1 \cdot x_3 - 0,72x_2^2 - 1,00x_2 \cdot x_3.$$

Анализ модели проводили при помощи двумерных сечений поверхности отклика (рис. 2).

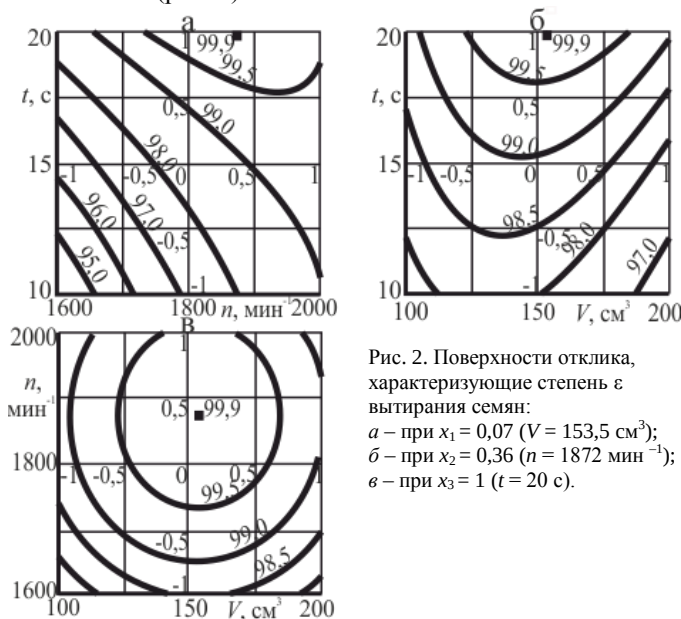


Рис. 2. Поверхности отклика, характеризующие степень ε вытирания семян:
а – при $x_1 = 0,07$ ($V = 153,5 \text{ см}^3$);
б – при $x_2 = 0,36$ ($n = 1872 \text{ мин}^{-1}$);
в – при $x_3 = 1$ ($t = 20 \text{ с}$).

В результате установлено, что максимальное значение степени вытирания семян $\varepsilon = 99,9 \%$ достигается при $x_1 = 0,07$ ($V = 153,5 \text{ см}^3$); $x_2 = 0,36$ ($n = 1872 \text{ мин}^{-1}$); $x_3 = 1$ ($t = 20 \text{ с}$).

Наибольшее влияние на степень ε вытирания семян оказывают два фактора – время t вытирания семян и частота n вращения ротора, причем t и n значительно коррелируют между собой. Так, например, увеличение времени t работы клеверотерки от 10 до 20 с при $x_1 = 0,07$ ($V = 153,5 \text{ см}^3$) и $x_2 = 0,36$ ($n = 1872 \text{ мин}^{-1}$) приводит к повышению степени вытирания ε на 2,0 % (от 97,9 до 99,9 %). Изменение n от 1600 до 1872 мин^{-1} при $x_1 = 0,07$ ($V = 153,5 \text{ см}^3$) и $x_3 = 1$ ($t = 20 \text{ с}$) повышает ε на 1,4 % (от 98,5 до 99,9 %). Дальнейшее увеличение n до 2000 мин^{-1} приводит к незначительному снижению ε до 99,6 %.

Зависимость $\varepsilon = f(x_1)$ имеет экстремум в зоне $x_1 = -0,5 \dots 0,5$ ($V = 125 \dots 175 \text{ см}^3$) во всей области варьирования факторов x_2 и x_3 . Так, например, увеличение объема V загружаемого материала от 100 до 153,5 см^3 при $x_2 = 0,36$ ($n = 1872 \text{ мин}^{-1}$) и $x_3 = 1$ ($t = 20 \text{ с}$) приводит к повышению ε на 1,1 % (с 98,8 до 99,9 %). Дальнейшее увеличение V до 200 см^3 приводит к снижению ε до 99,1 %.

Таким образом, проведенные исследования позволили определить основные параметры и режимы работы клеверотерки КПЛ-100 при вытирании семян из пыжины клевера сорта Кировский-159, на которых обеспечивается степень ε вытирания семян не менее 99,5 %: $V = 125 \dots 175 \text{ см}^3$; $n = 1800 \dots 1900 \text{ мин}^{-1}$ и t не менее 20 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахламов, Ю. Д. Машина для вытирания семян трав / Ю. Д. Ахламов, С. А. Отрошко, А. В. Шевцов // Техника в сельском хозяйстве. – 1997. – № 3. – С. 28–29.
2. Бурков, А. И. Машины для послеуборочной обработки семян трав / А. И. Бурков, Н. Л. Коньшев, О. П. Рошин. – Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2003. – 208 с.
3. Могильницкий, В. Г. Технологические аспекты развития механизации послеуборочной обработки семян многолетних трав в Северо-Западном регионе РФ / В. Г. Могильницкий, А. Н. Перекопский // Сб. науч. тр. СЗНИИМЭСХ Россельхозакадемии; сер. «Техн. науки». – 2012. – Вып. 84. – С. 26–37.
4. Бурков, А. И. Определение показателей качества работы устройств для вытирания семян трав / А. И. Бурков, М. В. Симонов, М. Ф. Машковцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 12. – С. 18–19.
5. Коньшев, Н. Л. Клеверотерка КПЛ-100 / Н. Л. Коньшев, М. В. Симонов // Сельский механизатор. – 2012. – № 6. – С. 14.
6. Симонов, М. В. Исследование влияния сорта клевера на показатели качества вытирания семян / М. В. Симонов, В. Ю. Мокиев // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. / ФГБНУ НИИСХ Северо-Востока. – Киров, 2017. – С. 402–405.

УДК 574:004.057.2:371.217(4)(416)

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВИДЫ ТОПЛИВА ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А. И. МЕЛЬНИКОВ, студент

В. А. ШАПОРЕВ, ассистент

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

Введение. Нефть сегодня – основной и наиболее востребованный энергоресурс. Однако ее запасы катастрофически заканчиваются, и уже понятно, что наступает закат нефтяной эры. Снижение темпов нефтедобычи в ряде стран, включая Беларусь, и снижение ее рентабельности наблюдается уже сегодня. Все это является первопричиной увеличения стоимости нефтепродуктов и, как следствие, накладывает определенные ограничения на развитие экономик отдельных стран и мировой экономики в целом.

В настоящее время двигатель внутреннего сгорания (ДВС) остается основной движущей силой автомобильного транспорта. В связи с этим единственный путь решения энергетической проблемы автомобильного транспорта – это создание альтернативных видов топлива.

Во многих странах все более популярным становится биологическое топливо, изготавливаемое из растительного сырья. В шести государствах ЕС, а также в США, Канаде, Бразилии, Малайзии такое биологическое топливо производят в промышленных масштабах, но все же его доля в топливном балансе не превышает 0,3 % [2].

Цель работы. Обосновать актуальность использования альтернативного топлива. Привести обзор существующих видов топлива. Представить описание видов топлива.

Материалы и методика исследований. Рассмотрим наиболее распространенные виды альтернативного топлива.

Природный газ (ПГ). В большинстве стран ПГ является наиболее распространенным видом альтернативного моторного топлива. Природный газ в качестве моторного топлива может применяться как в виде сжатого до давления 200 атмосфер, так и в виде жидкого, охлажденного до $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ газа. В настоящее время наиболее перспективным является применение жидкого газа [2].

Шахтный метан. В последнее время к числу альтернативных видов автомобильных топлив стали относить и шахтный метан, добываемый из угольных пород. Так, к 1990 г. в США, Италии, Германии и Великобритании на шахтном метане работало свыше 90 тыс. автомобилей. В Великобритании, например, он широко используется в качестве моторного топлива для рейсовых автобусов в угольных регионах страны. Прогнозируется, что газовая добыча метана в угольных бассейнах мира уже в ближайшее время составит 96–135 миллиардов метров кубических.

Синтетический бензин. Сырьем для его производства могут быть уголь, ПГ и другие вещества. Наиболее перспективным считается синтезирование бензина из ПГ. Из 1 м^3 синтез-газа получают 120–180 г синтетического бензина. За рубежом, в отличие от России, производство синтетического моторного топлива из ПГ освоено в промышленном масштабе. Так, в Новой Зеландии на установке фирмы «Мобил» из предварительно полученного метанола ежегодно синтезируется 570 тыс. тонн моторных топлив. Однако в настоящее время синтетические топлива из ПГ в 1,8–3,7 раза (в зависимости от технологии получения) дороже нефтяных. В то же время разработки по получению синтетического бензина из угля достаточно активно ведутся в настоящее время в Англии [1].

Спирты. Среди альтернативных видов топлива в первую очередь следует отметить спирты, в частности метанол и этанол, которые можно применять не только как добавку к бензину, но и в чистом виде. Их главные достоинства – высокая детонационная стойкость и хороший КПД рабочего процесса, недостаток – пониженная тепловая способность, что уменьшает пробег между заправками и увеличивает расход топлива в 1,5–2 раза по сравнению с бензином. Кроме того, затруднен запуск двигателя из-за плохого испарения метанола и этанола.

Электрическая энергия. Заслуживает внимания применение электроэнергии в качестве энергоносителя для электромобилей. Кардинально решается вопрос, связанный с токсичностью ОГ, появляется возможность использования нефти для получения химических веществ и соединений. К недостаткам электроэнергии как вида электроносителя можно отнести: ограниченный запас хода электромобиля, увеличенные эксплуатационные расходы, высокая первичная стоимость и высокая стоимость энергоемких аккумуляторных батарей [1].

Топливные элементы. Топливные элементы – это устройства, генерирующие электроэнергию непосредственно на борту транспортного средства. В процессе реакции водорода и кислорода образуются вода и электрический ток. В качестве топлива, содержащего водород, как правило, используется либо сжатый водород, либо метанол. В этом направлении работает достаточно много зарубежных автомобильных фирм, и если им в итоге удастся приблизить стоимость автомобилей на топливных элементах к бензиновым, то это станет реальной альтернативой традиционным нефтяным топливам в странах, импортирующих нефть. В настоящее время стоимость зарубежного экспериментального легкового автомобиля с топливными элементами составляет порядка 1 млн. долл. США. Кроме того, к недостаткам применения топливных элементов следует отнести повышенную взрывоопасность водорода и необходимость выполнения специальных условий его хранения, а также высокую себестоимость получения водорода [2].

Результаты исследования и их обсуждение. Также к распространенным видам альтернативного топлива относятся:

Биогаз. Он представляет собой смесь метана и углекислого газа и является продуктом метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения. Биогаз относится к топливам, получаемым из местного сырья. Хотя потенциальных источников для его производства достаточно много, на практике круг их сужается вследствие географических, климатических, экономических и других факторов. Биогаз как альтернативный энергоноситель может служить высококалорийным топливом. Он предназначен для улучшения техни-

ко-эксплуатационных и экологических показателей работы двигателя внутреннего сгорания. Применение биогаза в качестве топлива для ДВС позволяет снизить выбросы ОГ, а также улучшить топливную экономичность [2].

Отработанное масло. В настоящее время на ряде предприятий различных стран мира весьма эффективно работают установки, преобразующие отработанное масло (моторное, трансмиссионное, гидравлическое, промышленное, трансформаторное, синтетическое и т. д.) в состояние, которое позволяет полностью использовать его в качестве дизельного или печного топлива. Установка подмешивает очищенные (в установке) масла в соответствующее топливо в точно заданной пропорции с образованием навсегда стабильной, неразделяемой топливной смеси. Полученная смесь имеет более высокие параметры по чистоте, обезвоживанию и теплотворной способности, чем дизельное топливо до его модификации в установке [3].

Водород. Водород является эффективным аккумулятором энергии. Применение водорода в качестве топлива возможно в разнообразных условиях, что может дать существенный вклад в мировую энергетику, когда ресурсы ископаемого топлива будут близки к полному истощению. По сравнению с бензином и дизельным топливом водород более эффективен и меньше загрязняет окружающую среду. Взрывоопасность водорода резко снижается с применением специальных присадок.

Сейчас каждая автомобильная компания имеет концепт-кар, который работает на водороде. Однако некоторые фирмы предлагают комбинированные решения. Например, «Мазда» предлагает автомобиль, который имеет возможность чередовать топливо (водород и бензин). Другие автопроизводители совмещают эти виды топлива. В США выпускают тягачи, в двигателях которых используется смесь дизельного и водородного топлива. Это позволяет увеличить мощность двигателя, экологическую чистоту и уменьшить расход топлива. Система осуществляет разложение воды, собирает водород и направляет его в камеру сгорания, обеспечивая более высокую эффективность сгорания топлива [3].

Заключение. В данной статье нами были рассмотрены альтернативные виды топлива, такие, как природный газ, шахтный метан, синтетический бензин, спирты, электрическая энергия, топливные элементы, биогаз, отработанное масло, водород.

Следует отметить, что альтернативные виды топлива ничем не хуже нефтяных топлив, даже в большинстве случаев превосходят их.

Хочется сказать то, что будущее стоит за альтернативными видами топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириллов, Н. Г. Альтернативные виды моторных топлив из биосырья для сельскохозяйственной автотракторной техники / Н. Г. Кириллов // Достижения науки и техники. – 2002. – № 2. – С. 11–15.
2. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – С. 376.
3. Опыт применения альтернативных видов топлива для автомобильной и сельскохозяйственной техники / Е. П. Шилова [и др.]. – М., 2006.

УДК 504.03

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА БИОИНДИКАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

А. Д. БАЙБОТАЕВА¹, докторант

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

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

¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Республика Казахстан

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

Введение. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами ухудшает экологическую ситуацию и негативно сказывается на здоровье человека. В настоящее время основное загрязнение биосферы тяжелыми металлами происходит вследствие активной антропогенной деятельности в различных отраслях экономики (промышленность, энергетика, транспорт, сельское хозяйство) [1–7].

Анализ накопления тяжелых металлов в почвах Шымкента (Казахстан) показал, что город относится к населенным пунктам с классом повышенного уровня загрязнения, что делает актуальным разработку мероприятий по мониторингу и очистке почв от тяжелых металлов.

Одним из направлений мониторинга почвенного загрязнения тяжелыми металлами является использования метода индикации с применением дождевых червей. Актуальность биоиндикации обусловлена простотой определения качества среды. Кроме того, дождевые черви разлагают почвенную органику и органические отходы, обогащают почву минеральными веществами, дренируют почву и т. д. [1, 8, 9].

Основная часть. Для контроля загрязнения почв тяжелыми металлами были взяты почвы дендропарка г. Шымкент. Точечные пробы

отбирали послойно с глубины 0–5 и 5–20 см массой не более 100 г каждая. Пробы почвы для химического анализа высушивали до воздушно-сухого состояния, далее хранили в матерчатых мешочках и картонных коробках. Для определения химических веществ пробу почвы в лаборатории рассыпали на бумаге (кальке) и разминали пестиком крупные комки. Почву растирали в ступке пестиком и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Для воздействия на дождевых червей в качестве модельных тяжелых металлов были выбраны цинк гранулированный, сульфат кадмия, сульфат меди, хлорид кобальта и сульфат железа. Для оценки влияния этих реагентов на дождевых червей применяли пластиковые стаканы объемом 0,5 л, которые заполнялись пробами по 100 г почвы в каждом стакане. Всего использовалось 5 стаканов с одинаковым количеством почвы, куда добавляли отход хлопкового масла и в каждый стакан помещали по 10 шт. дождевых червей. Длительность эксперимента по воздействию тяжелых металлов на дождевых червей составляла две недели. В течение всего периода в образцах поддерживалась постоянная влажность почвенной среды 65–70 %.

Как показали результаты исследований, дождевые черви неодинаково реагировали как на различные виды загрязнителей, так и концентрацию испытываемых реагентов (таблица).

**Реакция дождевых червей на загрязнение почвы
различными реагентами**

Реагент	Контроль	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
Zn	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
Cu ₂ SO ₄	100 %	+	+	+	+	гибель
CdSO ₄	100 %	100 %	гибель	–	–	–
CoCl	100 %	30 % живые	20 % живые	10 % живые	гибель	–
Fe ₂ SO ₄	100 %	+	гибель	–	–	–

+ – гибель отдельных особей.

Наименьшее влияние на популяцию дождевых червей оказал гранулированный цинк – 100 % выживаемость дождевых червей отмечена во всех опытных вариантах.

В варианте с применением сульфата меди полная гибель червей отмечена при 50 % концентрации реагента, хлорида кобальта – при 40 % концентрации, сульфата железа – 20 %, сульфата кадмия – 10 % концентрации препарата. По степени негативного влияния на дождевых червей изучаемые химические элементы можно расположить следующим образом: Cd > Fe > Co > Cu > Zn.

Исследование внутреннего строения дождевых червей также показало, что они впитали через кожу все токсичные элементы, которые накапливались во внутренних строениях дождевых червей.

Заключение. Накопление в почвах Туркестанской области и города Шымкент (Республика Казахстан) тяжелых металлов делает необходимым разработку мероприятий по их мониторингу и очистке от загрязняющих веществ.

Использование метода биоиндикации в модельных исследованиях с различными концентрациями тяжелых металлов показало, что увеличение концентрации тяжелых металлов в почве ведет к значительным изменениям пищеварительной системы дождевых червей и к частичной, а затем и полной гибели популяции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байботаева, А. Д. Тяжелые металлы в почвах урбанизированных территорий / А. Д. Байботаева, Г. Д. Кенжалиева, В. Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2019. – № 4. – С. 85–189.
2. Безопасность жизнедеятельности человека: учебное пособие / В. Н. Босак [и др.]. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 312 с.
3. Головатый, С. Е. Кадмий, цинк и свинец в почвах в зоне воздействия промышленных предприятий / С. Е. Головатый, С. В. Савченко, Е. А. Самусик // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2017. – № 4. – С. 70–80.
4. Досалиев, К. С. Перспективы применения техногенных отходов / К. С. Досалиев, К. Т. Жантасов, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства. – Горки: БГСХА, 2018. – Вып. 3. – С. 6–9.
5. Мыслыва, Т. Н. Тяжелые металлы в агроселитебных ландшафтах г. Горки / Т. Н. Мыслыва, О. Н. Левшук // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 211–216.
6. Перспективы и оценка использования техногенных отходов фосфорного производства / К. С. Досалиев [и др.] // Вестник БГСХА. – 2018. – № 2. – С. 205–208.
7. Baibotayeva, A. Influence of heavy metals (As, Pb, Cd) on the environment / A. Baibotayeva, G. Kenzhaliyeva, V. Bosak // Industrial Technology and Engineering. – 2019. – № 2. – P. 5–10.
8. Максимова, С. Л. Вермикомпостирование и вермикультивирование: состояние, проблемы и перспективы / С. Л. Максимова, В. Н. Босак // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 9. – С. 65–66.
9. Максимова, С. Л. Применение жидких гуминовых удобрений на основе биогумуса в интенсивном земледелии / С. Л. Максимова, В. Н. Босак, Е. Г. Лузин. – Минск: НПП НАН Беларуси по биоресурсам, 2014. – 14 с.

**НОВЫЕ ИЗДАНИЯ КАФЕДРЫ БЕЗОПАСНОСТИ
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

В. Н. БОСАК, д-р с.-х. наук, профессор
А. С. АЛЕКСЕЕНКО, А. Е. КОНДРАЛЬ, А. Н. КУДРЯВЦЕВ,
канд. техн. наук, доценты
М. П. АКУЛИЧ, М. В. ЦАЙЦ, О. В. МАЛАШЕВСКАЯ,
ст. преподаватели
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Уровень решения проблем обеспечения охраны труда и безопасности жизнедеятельности может служить достоверным и интегральным критерием оценки степени экономического, правового и политического развития общества, а также оценкой его нравственного состояния.

Успех в решении проблем охраны труда и безопасности жизнедеятельности в большой степени зависит от качества подготовки специалистов, от их умения принимать правильные решения в условиях современного производства, в том числе в агропромышленном комплексе Республики Беларусь.

Качественная подготовка специалистов невозможна без соответствующего учебно-методического обеспечения, в том числе учебных и учебно-методических пособий [1–11].

Основная часть. Кафедра безопасности жизнедеятельности УО БГСХА уделяет большое внимание учебно-методическому обеспечению образовательного процесса. На кафедре БЖД разработаны новые учебные программы и УМК по дисциплинам кафедры (охрана труда, защита населения и объектов от чрезвычайных ситуаций, безопасность жизнедеятельности человека) для студентов дневной и заочной форм обучения всех специальностей, а также для слушателей по специальности переподготовки «Охрана труда в сельском хозяйстве» по дисциплинам правовые и экономические основы охраны труда, эргономические основы организации рабочих мест, страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, основы экологической безопасности, безопасность работников организации в чрезвычайных ситуациях, безопасность труда в сельском хозяйстве, система управления охраной труда в организации,

производственная санитария и гигиена труда, медико-профилактическое обеспечение в сельскохозяйственных организациях, пожарная безопасность в сельскохозяйственных организациях, безопасность производственных процессов и оборудования в строительстве.

За последние годы на кафедре БЖД подготовлены, изданы и внедрены в образовательный процесс учебник «Безопасность жизнедеятельности человека» (первый в Республике Беларусь), четыре учебных пособия по безопасности жизнедеятельности человека и четыре учебных пособия по охране труда с грифом Министерства образования Республики Беларусь, две практические рекомендации [1–11].

Все учебные пособия и практические рекомендации используются при подготовке студентов и слушателей по дисциплинам кафедры, а также для написания раздела «Охрана труда» в дипломных проектах (работах).

Для проведения лабораторных и практических занятий по дисциплинам кафедры, наряду с изданными практикумами с соответствующим грифом Министерства образования Республики Беларусь [3, 8, 9], коллективом кафедры на базе УО БГСХА подготовлен ряд новых методических указаний:

- аттестация рабочих мест по условиям труда;
- определение экономических потерь от травматизма и заболеваемости; расчет эффективности мероприятий по улучшению условий и охране труда;
- приборы дозиметрического контроля, радиационной и химической разведки;
- правила поведения в чрезвычайных ситуациях и др.

Для подготовки разделов «Охрана труда» в дипломных проектах (работах) также разработаны и изданы соответствующие методические указания.

Вся информация по новым изданиям размещена на сайте кафедры БЖД (<http://baa.by/facultet/mehfac/kafedra/bezopasnosti/>), требуемое количество изданий передано в библиотеку УО БГСХА.

В настоящее время ведется работа по обновлению методических указаний для проведения всех лабораторных и практических занятий.

Заключение. Разработка учебно-методического обеспечения образовательного процесса относится к важнейшим направлениям системы подготовки специалистов в высших учебных заведениях.

На кафедре безопасности жизнедеятельности за последние годы изданы и внедрены в учебный процесс по дисциплинам кафедры один учебник, восемь учебных пособий с грифом Министерства образова-

ния Республики Беларусь, ряд методических указаний и рекомендаций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности человека: учеб. пособие / В. Н. Босак [и др.]. – 2-е изд., доп. и перераб. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 312 с.
2. Безопасность жизнедеятельности человека: учеб. пособие / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 312 с.
3. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека: практикум / В. Н. Босак, А. В. Домненкова. – Минск: Выш. шк., 2016. – 192 с.
4. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека: учебник / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: Выш. шк., 2016. – 335 с.
5. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии: учеб. пособие / В. Н. Босак, А. С. Алексеенко, М. П. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.
6. Босак, В. Н. Радиационная безопасность в лесном хозяйстве: учеб. пособие / В. Н. Босак, Л. А. Веремейчик. – Минск: РИПО, 2018. – 277 с.
7. Мероприятия по улучшению состояния охраны труда в организациях АПК: рекомендации / А. С. Алексеенко [и др.] – Горки: БГСХА, 2019. – 40 с.
8. Охрана труда. Лабораторный практикум: учеб. пособие / А. С. Алексеенко [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 176 с.
9. Охрана труда. Практикум: учеб. пособие / А. С. Алексеенко [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 192 с.
10. Пожарная безопасность в сельском хозяйстве: учеб. пособие / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 209 с.
11. Разработка мероприятий по охране труда при постановке на хранение сельскохозяйственных машин, агрегатов и оборудования: рекомендации / А. С. Алексеенко [и др.]. – Горки: БГСХА, 2018. – 24 с.

УДК 636.085.7

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БУНКЕРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ КОРМОВ

В. Г. АНДРУШ¹, канд. техн. наук, доцент

О. В. КОВАЛЕВА², инженер

С. А. КОРЧИК¹, старший преподаватель

К. А. АКЫЕВ¹, магистрант

А. Х. БАБАЕВ¹, магистрант

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»,

²РУ ЭО СХП «Восход»

Минск, Республика Беларусь

Введение. Животноводство является отраслью с тяжелыми условиями труда и высоким уровнем травматизма. По данным статистики, распределение травмированных в животноводстве по профессиям вы-

глядит следующим образом: животноводы – 27 %; рабочие кормоцехов – 11 %; водители автотранспорта – 10 %; слесари, сантехники – 10 %; электромонтеры – 9 %.

Главной особенностью этой отрасли является то, что от животных исходит немалая доля опасных и вредных факторов, предусмотреть которые не всегда возможно. Механизация и автоматизация производственных процессов значительно облегчает условия труда работников животноводческой отрасли, однако требует от них знаний по безопасному обслуживанию механизмов, предотвращению травмирования движущимися мобильными агрегатами, а также соблюдения личной осторожности во время работы, и особенно во время контроля за уровнем заполняемости бункера для хранения кормов.

При анализе состояния охраны труда на комплексе было отмечено, что при несоблюдении личной осторожности во время контроля за уровнем заполняемости бункера для хранения кормов повышается опасность падения с высоты. Поэтому для улучшения условий работы труда работников животноводческой отрасли является актуальным разработка устройства контроля за уровнем корма без подъема на бункер. Это будет способствовать росту производительности труда и предотвращению случаев травматизма.

Основная часть. В имеющихся на животноводческих комплексах бункерах для хранения корма отсутствует устройство контроля его количества. Обслуживающему персоналу приходится периодически подниматься на самый верх бункера для проверки уровня заполнения через его горловину, что при неосторожности или из-за скользких ступеней лестницы может привести к падению с высоты.

При этом снижается производительность и ухудшаются условия труда. Для решения этих вопросов требуется разработать устройство контроля за количеством корма без подъема на бункер.

Для решения данной проблемы предлагается существующий бункер доукомплектовать тензометрическим весоизмерительным электронным устройством, что позволит получить систему для взвешивания бункера. Комплект оборудования весов состоит из тензодатчиков, узлов настройки и весового терминала.

Для бункеров, подвешенных на тросах, наиболее часто применяются S-образные тензодатчики. Для бункеров, установленных на фундамент, чаще всего применяются балочные тензодатчики и датчики типа шайба.

Наибольший предел измерения тензодатчика определяется делением максимального веса бункера с материалом на количество датчиков и добавлением 20–50 % запаса прочности.

Оптимальное количество датчиков – 3 штуки, обычно зависит от числа опор или точек подвеса бункера. Лучшая метрология обеспечивается на трех точках, так как через любые три точки можно всегда

провести плоскость, а это значит, что датчики будут равномерно нагружены, однако взвешивание бункеров на 4 и более опорах тоже возможно, за счет применения упругих узлов встройки и выравнивания нагрузки при первичной калибровке.

Практически готовое решение для взвешивания бункеров – это так называемые узлы встройки, которые представляют собой модули передачи механической силы с опор бункера на тензодатчик. Применение узлов встройки имеет следующие преимущества: простота монтажа, хорошая метрология, защита от перегрузки, защита от опрокидывания, защита от боковых перемещений, защита от вибрации.

Весовые терминалы необходимы для обработки и отображения сигнала, они имеют встроенную функцию калибровки и отображение цифр ЖК с подсветкой или светодиодное. Преобразователи сигнала имеют такой же функционал, как и весовые терминалы, но обычно не имеют цифровой индикации и чаще имеют более высокий класс пыли и влагозащиты.

Преимущества ТВЭУ по сравнению с другими устройствами:

- более высокая точность измерения по сравнению с расходомерами и уровнемерами;
- минимальные затраты – в качестве грузоприемного устройства можно использовать существующую конструкцию;
- большой выбор конструктивных исполнений силопередающих устройств и тензодатчиков обеспечивает возможность монтажа в любое технологическое устройство с минимальной доработкой;
- возможность проведения калибровки и госповерки системы на предприятии-изготовителе;
- время пуска наладки – от 2 часов (при предварительной подготовке).

При разработке устройства контроля за уровнем корма в бункере на базе ТВЭУ выполняются следующие задачи:

- 1) выбор схемы установки датчиков;
- 2) определение количества тензодатчиков и их номинальных нагрузок;
- 3) выбор весового преобразователя;
- 4) калибровка и поверка;
- 5) программное обеспечение для учета.

При выборе схемы установки датчиков возможны следующие варианты монтажа: подвесной бункер; опоры на среднем уровне; опоры на полу.

Наибольший предел измерения, т 2, 5, 10, 20. Рабочий диапазон температур, °С $-30...+70$. Рабочий коэффициент передачи, мВ/В $1,7 \pm 0,05(2-10t)$; $2,0 \pm 0,01(20t)$. Предельно допустимая нагрузка, % 150. Класс точности, % $0,3(2-10t)$; $0,5(20t)$. Критическая нагрузка,

% 200. Ползучесть за 30 мин, % 0,3. Рекомендуемое напряжение питания, В не более 12. Баланс нуля, % 1.

Определение количества тензодатчиков и их номинальных нагрузок:

Количество тензодатчиков определяется по количеству опор.

Оптимальное количество датчиков с точки зрения метрологии – 3.

Методика подбора номинальных нагрузок датчиков:

Наибольший предел измерений подбираемого датчика – отношение двойной максимальной весовой нагрузки к количеству опор.

Полученная величина округляется в большую сторону до ближайшего значения.

Заключение. В уменьшении количества несчастных случаев в АПК большую роль играет улучшение условий труда работников животноводческой отрасли. Предложенное электронное весовое устройство позволяет контролировать количество корма без подъема на бункер, что будет способствовать росту производительности труда и предотвращению случаев травматизма по причине падения с высоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорчук, А. И. Снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в АПК: монография / А. И. Федорчук, В. Г. Андруш. – Минск: БГАТУ, 2012. – 257 с.

2. Парахин, Ю. А. Заболеваемость обслуживающего персонала при работе на животноводческих комплексах и фермах / А. Н. Загородних, Ю. А. Парахин, Ю. Н. Баранов // Вестник охраны труда. – Орел: ФГНУ «ВНИИОТ» Минсельхоза России. – 2007. – № 3.

3. Правила по охране труда при производстве продукции животноводства: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 28.12.2007 г., № 89 // Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нац. Центр правовой информ. Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 16.01.2018.

4. Позин, А. О. Методы и средства прогнозирования профессиональных заболеваний рабочих животноводческого комплекса на основе нечетких нейросетевых моделей / А. О. Позин. – Курск, 2017. – 135 с.

5. Студенникова, Н. С. Условия труда в АПК – фактор риска травматизма и заболеваемости работников: технические решения и профилактика. – Орел: Изд-во «Картуш», 2017. – 352 с.

6. Охрана труда в АПК: практикум / В. Г. Андруш. – Минск: БГАТУ, 2013. – 162 с.

ВЛИЯНИЕ БИОГАЗА В СМЕСЕВЫХ СОСТАВАХ С ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ НА ЭФФЕКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДИЗЕЛЯ

В. А. ШАПОРЕВ, аспирант

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

Введение. Одним из перспективных видов альтернативного моторного топлива является биогаз (БГ), индустрия которого появилась за короткий промежуток времени во многих странах мира. Если в 80-х годах прошлого века в мире насчитывалось около 8 млн. установок для получения БГ суммарной мощностью в 1,7–2 млрд. м³ в год, то в настоящее время данные показатели соответствуют производительности только одной страны – Китая [1...3].

Биогазовая технология может быть использована для переработки многих видов органических отходов, навоза, сточных вод и отходов сельскохозяйственных культур, улучшая экологическую обстановку местности.

В процессе переработки органических отходов в биогазовых установках получают два основных продукта – биоудобрение и БГ, которые можно использовать в сельскохозяйственном производстве и в быту [4, 5].

Основная часть. Исследовались эффективные показатели работы дизеля при изменении нагрузки и работе на смесях 85 % ДТ + 15 % БГ, а также 70 % ДТ + 30 % БГ по внешней скоростной характеристике, снятой при рациональном значении угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{\text{оп.впр}} = 22^\circ$ до в.м.т. [6]. При проведении исследований ДТ замещалось БГ в процентном отношении по величине суммарной вводимой в цилиндры дизеля теплоты. Содержание БГ в объеме 15 % и 30 % было выбрано из условия наличия необходимого воздуха для обеспечения полноты процесса сгорания.

Влияние БГ в смесевых составах с ДТ на изменение эффективных показателей дизеля представлено на внешней скоростной характеристике (рис. 1).

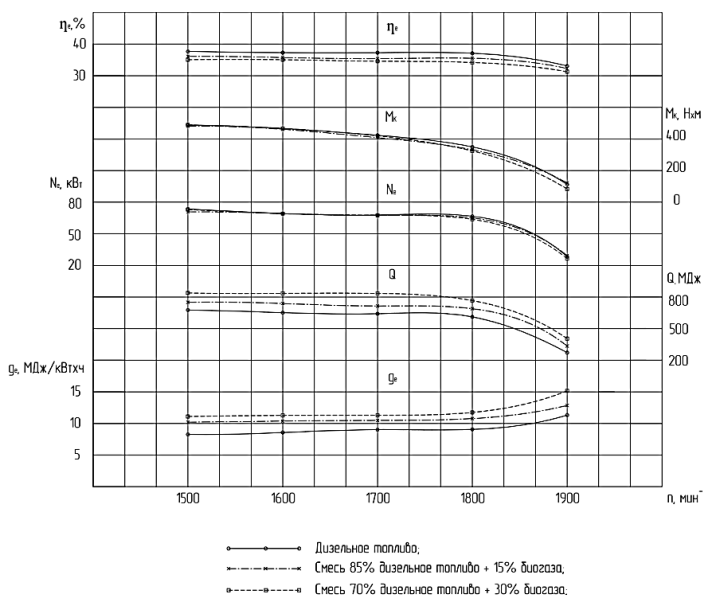


Рис. 1. Скоростная характеристика дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при рациональном значении угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{оп.впр} = 22^\circ$ до в.м.т.

Из графика видно, что работа дизеля на смесях ДТ и БГ вызывает некоторые изменения его эффективных показателей. Так, кривые значений эффективного КПД снижаются в сравнении с аналогичной кривой для ДТ во всем диапазоне изменения частоты вращения коленчатого вала. Величина КПД при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ составляет $\eta_e = 37,2 \%$ для ДТ, а для случая смеси 85 % ДТ + 15 % БГ – $\eta_e = 35 \%$ и, наконец, $\eta_e = 34,1 \%$ для смеси 70 % ДТ + 30 % биогаза. Следовательно, эффективный КПД дизеля понижается с ростом замещения чистого ДТ биогазом на 5,91 % и 8,1 %.

Незначительное снижение эффективной мощности и крутящего момента дизеля с добавлением БГ происходит по всему диапазону изменения частоты вращения коленчатого вала. При $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ мощность дизеля, работающего на ДТ, составляет $N_e = 68 \text{ кВт}$, а на смесях 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ ее значение составляет $N_e = 67 \text{ кВт}$ и $N_e = 65 \text{ кВт}$ соответственно. Характерно: мощность незначительно уменьшается с замещением ДТ в процентном отношении на смесях 15 % БГ и 30 % БГ на 1,47 % и 4,41 %. Крутящий момент при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ дизеля, работающего на ДТ, составляет $M_k = 363 \text{ Н}\cdot\text{м}$, а на смесях 15 % БГ и 30 % БГ его значение составляет $M_k = 354$

$N \times m$ и $M_k = 344 N \times m$. Крутящий момент уменьшается с замещением ДТ на смесях 15 % БГ и 30 % БГ на 2,47 % и 5,23 %.

Снижение мощности, крутящего момента и эффективного КПД дизеля на смесях ДТ и БГ означает, что снизилась эффективность процесса сгорания (его скорость и полнота). Общее количество теплоты, вводимой в цилиндры дизеля, поддерживалось на одинаковом уровне, но вблизи ВМТ выделяется тепла меньше, дальше от ВМТ – больше. Количество тепла, выделяющегося вблизи ВМТ, как раз и определяет эффективность рабочего цикла.

Характер изменения потребного значения вводимой теплоты Q в цилиндры дизеля сопровождается ее ростом по всему диапазону изменения частоты вращения. Значения теплоты Q при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ для ДТ и смесей 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % составляют $Q = 616,25 \text{ МДж}$, $Q = 695,94 \text{ МДж}$ и $Q = 738,08 \text{ МДж}$ соответственно. Теплоты Q , вводимой в цилиндры дизеля при работе на смесях 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ, необходимо больше, чем для работы на чистом ДТ, на 12,93 % и 19,77 %.

Кроме того, из графика видно (рис. 1), что при работе дизеля на чистом ДТ значение удельного эффективного расхода теплоты g_e значительно меньше, чем на топливах с добавлением 15 % БГ и 30 % БГ. Так, при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и работе на ДТ удельный эффективный расход теплоты составляет $g_e = 9,00 \text{ МДж/кВт}\cdot\text{ч}$, для смесей с добавлением 15 % БГ и 30 % БГ его значения равны $g_e = 10,44 \text{ МДж/кВт}\cdot\text{ч}$ и $g_e = 10,61 \text{ МДж/кВт}\cdot\text{ч}$. В отношении к ДТ этот рост равен 16 % и 17,88 %, соответственно, для смесей с добавлением 15 % БГ и 30 % БГ. Данное увеличение удельного эффективного расхода теплоты и общего потребного количества теплоты, вводимой в цилиндры дизеля, объясняется меньшим значением низшей расчетной теплоты сгорания БГ и замедлением скорости его сгорания по отношению к ДТ.

Заключение. Эффективные показатели дизеля 4ЧН 11,0/12,5 по внешней скоростной характеристике на смесевых составах 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ относительно показателей работы дизеля на чистом ДТ при номинальном режиме $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ сопровождаются:

- 1) снижением мощности на 1,47 % и 4,41 %;
- 2) снижением крутящего момента на 2,47 % и 5,23 %;
- 3) снижением КПД на 5,91 % и 8,1 %;
- 4) увеличением потребной теплоты, вводимой в цилиндры, на 12,93 % и 19,77 %;
- 5) увеличением удельного эффективного расхода теплоты на 16 % и 17,88 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле. Ч. I / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Г. Н. Гурков. – Киров: Типография «Авангард», 2011. – 116 с.
2. Карташевич, А. Н. Применение топлив на основе рапсового масла в тракторных дизелях / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка. – Киров: Типография «Авангард», 2014. – 144 с.
3. Плотников, С. А. Система питания генераторным газом ДВС и установка для его осуществления / С. А. Плотников, А. С. Зубакин, А. Н. Коротков // Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе современных информационно-коммуникационных технологий: сб. науч. тр. по матер. заоч. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2015. – С. 66–69.
4. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.
5. Альтернативные виды топлива для автотракторной техники: курс лекций / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 60 с.
6. Система подачи газообразного топлива в дизель: пат. 9079 Респ. Беларусь, МПК F 02M 43/00 / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин, заявитель Белорус. гос. с-х. академия. № и 20120268; заявл. 05.09.2011; опубл.: 30.04.2013. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2. – С. 188.

УДК 662.636

ВЫБОР ДИАМЕТРА ПРУТКОВ ТРАНСПОРТЕРА С ВОЛНООБРАЗНОЙ КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ СЕТЧАТОЙ ЛЕНТОЙ

Н. С. СЕНТЮРОВ, ст. преподаватель
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. При производстве кондиционного льноволокна до 75 % сырья переходит в отходы – костру, паклю, пыль. Переработка отходов позволяет не только получать различного рода материалы и изделия и, следовательно, повысить эффективность производства, но и решить возникающие на льнозаводах экологические проблемы.

Среди отходов большую часть составляет костра. На льнозаводах ее образуется в два раза больше, чем производится волокна. Зачастую костру используют на льнозаводах в качестве топлива в связи с ее довольно высокой теплотворной способностью [1].

Поскольку Беларусь находится практически в полной зависимости от импорта энергоносителей, вместо традиционных ископаемых топлив целесообразно использовать возобновляемые энергоресурсы, которые в нашей республике представлены значительными запасами растительной биомассы. Однако растительная биомасса имеет много

влаги, повышенную засоренность и невысокую тепловую способность, поэтому нуждается в определенной обработке. Наиболее эффективным способом устранения указанных недостатков является гранулирование или брикетирование предварительно измельченного и высушенного сырья [2].

При производстве топливных пеллет или брикетов из льнокостры существует проблема наличия засоренности минеральными примесями, которые как абразив приводят к быстрому износу основных рабочих органов пресса – одних из самых дорогостоящих узлов агрегата прессования [3].

Основная часть. Состав льнокостры определялся следующим образом. После отбора образцов производилась их разборка. Отдельно выбирались семенные коробочки, семена льна и сорняков, пустые коробочки, мякина, остатки стеблей льна и минеральные примеси. Компоненты, полученные таким образом, взвешивали по отдельности на электронных весах ВК-600 и определяли процентное массовое содержание их в общем объеме льнокостры. Повторность опытов трехкратная, каждую повторность выполняли по вышеизложенной методике. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Состав льнокостры для производства топливных пеллет или брикетов

Компоненты	Содержание по массе, %
Льнокостра	68...84
Семенные коробочки	0,5...1,2
Свободные семена	0,8...1,5
Семена сорняков	0,6...1,4
Пустые коробочки	1,8...4,2
Мякина	4...19,6
Остатки стеблей льна	3,1...11
Минеральные примеси	4,2...16

Процентное содержание компонентов льнокостры для производства гранулированного или брикетированного топлива изменяется в широких пределах и зависит от природно-климатических условий, засоренности полей, степени созревания посевов, степени полеглости льна, исправности и регулировки льноуборочного комбайна, исправности и регулировки машины для выделения путанины.

Для выделения минеральных примесей из льнокостры использовали транспортер с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой. Для повышения степени выделения минеральных примесей из льнокостры на транспортер установлены прутки, которые образуют волнистость сетчатой ленты.

Так как невращающиеся прутки диаметром 5 мм установлены на рабочей поверхности сетчатой ленты транспортера, то присутствующая в составе льнокостры мякина наматывается на них. Чтобы мякина не наматывалась на прутки, необходимо изменить диаметр прутков.

Диаметр прутков определялся следующим образом. На сетчатую ленту устанавливались прутки различного диаметра. При прохождении льнокостры через прутки определялось наматывание мякины на них. Вращение прутков обеспечивается за счет трения их о сетчатую ленту транспортера. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты лабораторных исследований

Диаметр прутков, мм	Прутки вращаются – «+»	Мякина наматывается – «+»
	Прутки не вращаются – «-»	Мякина не наматывается – «-»
5	+	+
	-	+
10	+	+
	-	+
15	+	-
	-	+
17	+	-
	-	-
20	+	-
	-	-

Согласно полученным результатам, можно сделать вывод: чтобы отсутствовало наматывание мякины на прутки транспортера с колеблющейся сетчатой лентой, нужно использовать прутки диаметром не менее 17 мм.

Заключение. Правильный выбор диаметра прутков транспортера с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой обеспечит бесперебойную очистку льнокостры от минеральных примесей для производства гранулированного и брикетированного топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы и средства защиты окружающей природной среды в легкой промышленности / В. О. Попов [и др.]. – М.: Легпромбытиздат, 1988 – 239 с.
2. Круглень, В. Е. Подготовка льнокостры для производства топливных гранул / В. Е. Круглень, А. С. Алексеенко, Н. С. Сентюров // Вестник Брянской. гос. с.-х. акад. – 2014. – № 3. – С. 49–50.
3. Шаршунов, В. А. Определение засоренности льнокостры минеральными примесями и способы их выделения / В. А. Шаршунов, В. Е. Круглень, Н. С. Сентюров / Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2013. – № 2. – С. 120–124.

ОСОБЕННОСТИ ОБЩЕТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРА НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ»

В. М. ГОРЕЛЬКО, канд. техн. наук, доцент

Е. И. МАЖУГИН, канд. техн. наук, профессор

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

Введение. Инженер в современных условиях должен быть специалистом широкого профиля на базе фундаментального образования по социально-гуманитарным, общетехническим и общепрофессиональным дисциплинам. А общетехническая подготовка является доминирующей составляющей общепрофессиональной подготовки будущего инженера.

Основная часть. В учебном процессе возникает необходимость создания условий для активизации познавательной деятельности с целью формирования и развития творческого инженерного мышления и повышения общетехнической подготовки. Общетехническая подготовка является одним из доминирующих факторов фундаментализации, широкопрофильности и профессиональной мобильности специалиста с инженерным образованием. И такой общетехнической дисциплиной, которая формирует инженерные компетенции, является дисциплина «Детали машин и основы конструирования».

При изучении курса деталей машин и основ конструирования необходимы знания теоретической механики и теории механизмов и машин (статика, кинематика, динамика, классификация механизмов, силы и др.), механики материалов (виды деформаций, определение реакций опор и др.), технологии конструкционных материалов (свойства различных материалов, их механические характеристики, прочность и др.), технического черчения, начертательной геометрии и других предметов. Поэтому курс «Детали машин и основы конструирования» является «концентратором» всей общетехнической подготовки и «трамплином» к изучению специальных дисциплин, так как в нем сфокусированы все теоретические и практические подходы с общетехнической точки зрения к овладению другими общепрофессиональными и специальными дисциплинами учебного плана подготовки инженера. Этот курс в наибольшей степени способствует формированию и развитию технического мышления.

Профессор Г. Н. Стайнов [1] предлагает преподавать курс «Детали машин и основы конструирования» по принципу «ПИНТА»:

- понятно,
- интересно,
- научно,
- творчески,
- активно.

Применительно к студентам инженерных специальностей сельскохозяйственных вузов и, в частности, Белорусской государственной сельскохозяйственной академии эти принципы можно представлять следующим образом:

- понятно – это доступное изложение материала студентам, которые имеют средний балл по математике и физике в школе в диапазоне 5,5...6,5 или балл при поступлении в вуз 10...20 из 100. Первая «машина», с которой непосредственно сталкиваются будущие инженеры, – это велосипед, она достаточно понятна всем;
- интересно – это потребность узнать, а что это за «машина», из каких элементов она состоит и можно ли ее разобрать;
- научно – это процесс получения объективных истинных знаний, направленных на отражение реальных закономерностей. Применительно к велосипеду – а почему он едет, не падает?
- творчески – это активизировать нашу интеллектуальную деятельность. Творческое мышление является частью саморазвития и самообучения. Что будет, если мы изменим размер ведущей звездочки?
- активно – не останавливаться на достигнутом, постоянно искать новые, более прогрессивные решения в достижении поставленных задач, стремиться к новым целям и неизведанным еще горизонтам. А что будет, если мы изменим размеры обеих звездочек и увеличим длину рычага педали?

Но все это будет работать только тогда, когда студент захочет учиться, т. е. процесс обучения не будет принудительным. Внешними факторами заинтересованности для студента являются гарантия востребованности и достаточное материальное положение его в дальнейшем как специалиста.

В начале изучения дисциплины следует обратить внимание студентов на важность самостоятельной работы. Самостоятельная работа, например работа над курсовым проектом, учит творческому мышлению, способствует становлению собственных взглядов и мнений. Специалист, не научившийся работать самостоятельно, не может воплотить в проекты и конструкции возникшие у него идеи. Значимость самостоятельной работы можно выразить образно, наглядно, с помощью сопоставлений и примеров. Следует помочь студентам осознать связь имеющихся знаний со знаниями, требуемыми в новой ситуации. Студент должен понимать, что, изучая современную машину или ее составные части, он закладывает прочный фундамент знаний, который поможет ему в будущем овладеть более современной машиной. А пре-

подаватель должен помочь студенту понять, что «правильно мыслить более полезно, чем много знать». Хотя еще более полезно было бы и то, и другое. В настоящее время, имея возможность воспользоваться компьютерной помощью, инженер должен самостоятельно быстро найти ответы на все вопросы.

Поэтому курс «Детали машин и основы конструирования» представляет собой как бы мост между общепрофессиональными и специальными дисциплинами, т. е. это – общетехническая дисциплина, служащая наряду с некоторыми другими курсами теоретической основой машиностроения и базовой дисциплиной для подготовки инженеров сельскохозяйственного профиля.

Заключение. Изучение дисциплины «Детали машин и основы конструирования» студентами инженерной специальности Белорусской государственной сельскохозяйственной академии требует от них полной отдачи как в учебном процессе, так и при самостоятельной подготовке. Эта дисциплина закладывает прочный фундамент для изучения специальных дисциплин, таких, как сельскохозяйственные, мелиоративно-строительные машины, машины для животноводства и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стайнов, Г. Н. Проектирование педагогической системы преподавания курса «Детали машин» / Г. Н. Стайнов. – М.: Педагогика-Пресс, 1999. – 192 с.

УДК 691.276

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА АСБЕСТОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

К. С. ДОСАЛИЕВ¹, PhD доктор

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

Ж. АЛТЫБАЕВ¹, PhD доктор

Т. Т. ЗАУРБЕКОВ¹, докторант

¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова,
Шымкент, Республика Казахстан

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

Введение. Асбест – это ряд тонковолокнистых минералов из класса силикатов, образующих агрегаты, которые состоят из тончайших гибких волокон. Существуют две основные группы таких минералов: серпентиновая (хризотил) и амфиболовая (крокидолит, амозит, антофиллит, тремолит и актинолит).

Крупнейшие месторождения асбеста расположены в Канаде, ЮАР, России и Казахстане. Достаточно крупные месторождения асбеста

имеются также в Китае, США, Зимбабве, Италии, Франции, Японии, Австралии и некоторых других странах [1–3].

В мировой промышленности используют в основном хризотил-асбест (около 95 % мировой добычи), который входит в состав более чем трех тысяч изделий в самых различных областях (кровельные и стеновые изделия, трубы, фасадные плиты, асбестотехнические и теплоизоляционные изделия, резинотехнические материалы, различные герметики, замазки, растворы и т. д.).

Основными потребителями, на долю которых приходится более 80 % мирового потребления хризотил-асбеста, являются Китай, Россия, Таиланд, Индия, Иран, Украина, Вьетнам, Индонезия, Бразилия и Узбекистан.

Из-за негативного воздействия на человека (асбестовая пыль относится к 1 группе канцерогенных веществ) производство и применение асбестовых изделий во многих странах ограничено. При этом серпентиновая группа асбестовых минералов (хризотил-асбест) оказывает меньшее отрицательное воздействие на здоровье человека в сравнении с амфиболовой группой, добыча минералов которой во многих странах запрещена [3–6].

На международном уровне Международным бюро труда разработана «Сводка правил по охране труда при использовании асбеста» (1984 г.), принята конвенция Международной организации труда (МОТ) № 162 «Об охране труда при использовании асбеста» (1986 г.), «Рекомендация 1986 года об асбесте» (№ 172, МОТ), а также Резолюция МОТ по асбесту (2006 г.).

Основная часть. В Республике Казахстан добычу хризотил-асбеста производят в Костанайской области, месторождение Джетыгара АО «Костанайские минералы». Джетыгаринское (Житикаринское) месторождение в Казахстане занимает по запасам хризотил-асбеста пятое место в мире. АО «Костанайские минералы» имеет высокотехнологичное производство, что дает возможность не только поставлять материал на внутренний рынок, но и снабжать хризотилом страны СНГ и дальнего зарубежья. Предприятие отгружает не менее 400 тысяч т асбеста в год и является градообразующим предприятием г. Житикары. На производстве выпускаются различные строительные смеси с использованием хризотил-асбеста, а также добавки для дорожного строительства [7].

Житикаринское месторождение АО «Костанайские минералы» хризотил-асбеста открыто в 1916 г., разведочные работы начаты в 1930 г., разрабатывается месторождение с 1961 г.

Месторождение расположено в протерозойских гнейсах и графитовых кварцитах, связанных с массивом ультрамафитов. Рудное поле образовано пятью отдельными асбестовыми рудными телами, распо-

ложенными на глубине 600–800 м. Самое крупное из них (длина – 3200 м, мощность – 150–180 м) содержит около 85 % запасов. Промышленное содержание волокнистого асбеста в рудах 3,54–5,62 %, из них запасы хризотил-асбеста – 93 %. Около 80 % добываемого асбеста применяется в изготовлении асбоцементных изделий, используемых в энергетике, химии, целлюлозно-бумажной промышленности.

В настоящее время основными потребителями хризотил-асбеста Житикаринского месторождения в Республике Казахстан являются Карагандинский завод асбестоцементных изделий, Семипалатинский и Шымкентский шиферные заводы.

Карагандинский завод асбестоцементных изделий выпускает волнистый шифер СВ-40-1750, плоский шифер, асбестоцементные трубы, железобетонные плиты, шлакоблочные изделия, а также облицовочные кирпичи. Выпускаемая продукция поставляется не только в регионы Республики Казахстан, но и в соседние Узбекистан и Таджикистан.

В советское время в Казахстане действовало три завода по производству шифера, однако производство на них было приостановлено. Поэтому рынок наполнился более дорогими кровельными материалами. Рынку потребовалось время, чтобы выровнять спрос и предложение. У населения есть потребность не только в дорогих кровельных материалах, но и в недорогом шифере, что привело к наводнению рынка российской и китайской продукцией. Но из-за количества боя и низкокачественных отдельных партий привозимого кровельного материала возникла потребность в качественном и недорогом местном шифере. Примером собственного производства асбестовых изделий является соседний Узбекистан, где работает около 20 шиферных заводов и спрос на данный кровельный материал очень высок (около 35 млн. листов шифера в год).

Наличие собственной сырьевой базы и потребность в шифере способствовали возрождению в Казахстане производства хризотилцементного шифера. Сейчас шифер в Казахстане выпускают на двух современных заводах в Семее (ТОО «Семипалатинский завод асбоцементных изделий») и Шымкенте (ТОО «Tectum Engineering»). Ежегодно в Казахстане потребляется около 5 млн. листов шифера в год, из них в прошлом году казахстанские предприятия выпустили 2,5 млн. листов шифера. Наиболее крупными потребителями шифера в Казахстане являются южные регионы, что объясняется как более жаркими климатическими условиями, так и более традиционным укладом жизни местных жителей.

Следует, однако, помнить, что производство и применение асбестовых изделий требует строгого соблюдения мер охраны труда. При работе с асбестовыми волокнами, как и с другими видами пылеобразующих материалов, необходимо контролировать уровень запыленно-

сти и соблюдать допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Из общих мер защиты следует отметить необходимость наличия общей вентиляции и аспирации рабочих мест, использование индивидуальных средств защиты, регулярное проведение влажной уборки рабочего помещения [4, 8–11].

Заключение. Потребность Республики Казахстан в недорогих асбестовых изделиях, в том числе кровельном шифере, а также наличие в стране крупного месторождения хризотил-асбеста обусловило расширение его добычи и производства местного шифера.

При производстве и применении асбестовых изделий необходимо придерживаться международных рекомендаций по охране труда при работе с асбестом, на основе которых следует разработать соответствующие национальные правовые акты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возможно ли безопасное использование хризотилового асбеста? Опыт Украины / В. И. Чернюк [и др.]. – Киев, 2008. – 36 с.
2. Нейман, С. М. О безопасности асбестоцементных материалов и изделий / С. М. Нейман, А. И. Везенцев, С. В. Кашанский. – Москва: Стройматериалы, 2006. – 63 с.
3. Сперанская, О. Асбест: реальность, проблемы, рекомендации / О. Сперанская, О. Цыгулева, Л. Астанина. – Астана-Москва-Киев, 2008. – 55 с.
4. Безопасность и здоровье при производстве асбеста и других волокнистых материалов. – Асбест: Асбестовая ассоциация, 2003. – 176 с.
5. Ковалевский, Е. В. Нормативно-методическое обеспечение безопасного контролируемого использования хризотил-асбеста в России / Е. В. Ковалевский, С. В. Кашанский // Медицина труда и промышленная экология. – 2011. – № 5. – С. 4–48.
6. Оценка индуцированного мутагенеза у рабочих хризотил-асбестового производства / Г. С. Жумабекова [и др.] // Медицина труда и промышленная экология. – 2014. – № 8. – С. 18–22.
7. Житикаринское месторождение хризотил-асбеста / Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2005. – Т. II.
8. Бацукова, Н. Л. Безопасные условия труда при работе с асбестом / Н. Л. Бацукова // Охрана труда. – 2016. – № 6. – С. 62–69.
9. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак, З. С. Ковалевич. – Минск: Вышэйшая школа, 2016. – 335 с.
10. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии / В. Н. Босак, А. С. Алексеев, М. П. Акулич. – Минск: Вышэйшая школа, 2019. – 317 с.
11. Кашанский, С. В. Динамика запыленности воздуха рабочих зон при добыче руды на Баженовском месторождении хризотил-асбеста / С. В. Кашанский, С. Г. Домнин // Медицина труда и промышленная экология. – 2003. – № 12. – С. 40–41.

ДЫМНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЕЙ И ПУТИ ЕЕ УМЕНЬШЕНИЯ

Е. Д. ПЕТУХОВИЧ, студент
Г. М. КУХАРЕНОК, д-р техн. наук, профессор
УО «Белорусский национальный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС), представленные в основном бензиновыми двигателями и дизелями, в настоящее время находятся вне конкуренции по отношению к известным альтернативным вариантам энергетических установок, предназначенных для использования на современной автомобильной, тяговой и транспортной технике. При этом в силу ряда причин, обусловленных главным образом различием в технико-экономических показателях, ведущая роль отводится двигателям с воспламенением от сжатия. Ими оснащен весь парк современных тракторов, комбайнов, грузового автотранспорта и сельских тягачей, а также значительная часть парка легковых автомобилей.

Широкомасштабное использование ДВС в различных сферах человеческой деятельности приводит к целому ряду негативных последствий, связанных в первую очередь с загрязнением окружающей среды токсичными компонентами отработавших газов (ОГ) двигателей автомобилей, тракторов и другой тяговой и транспортной техники. Основная доля суммарной токсичности ОГ дизелей обусловлена содержанием в них фракции сажевых компонентов и других классов твердых частиц (ТЧ), являющихся структурными составляющими дымности. Установлено, что сажа токсичнее углеводородов в 30 раз, окиси углерода – в 20 раз, оксидов азота – в 1,7 раза.

Образование сажи при сгорании – специфическая особенность дизелей, и ее количество в ОГ зависит от условий смесеобразования и сгорания, которые определяются такими факторами, как режим работы дизеля, химические и физические свойства топлива, конструктивные особенности камеры сгорания, параметры топливной аппаратуры и т. д. Сажа является основной так называемых твердых частиц (ТЧ), в состав которых входят также адсорбированные на поверхности сажи тяжелые углеводороды, зольные частицы, некоторые продукты износа и т. д.

Наличие сажи в отработавших газах дизелей приводит к потере их прозрачности (увеличению оптической плотности) и появлению облака дыма черного цвета. Оптическая плотность отработавших газов за-

висит от количества и размеров частиц сажи. Видимое дымление дизелей соответствует содержанию сажи в отработавших газах более $1,1 \text{ г/м}^3$.

Сажа представляет собой частицы твердого углерода неправильной формы с линейными размерами $0...100 \text{ мкм}$ (преимущественно от $0,2$ до $1,0 \text{ мкм}$). Первичные структуры сажи, образующиеся в камерах сгорания дизелей, являются частицами сферической формы диаметром $0,015...0,017 \text{ мкм}$ с удельной геометрической поверхностью $75 \text{ м}^2/\text{г}$, которые из-за коагуляции в процессе сгорания образуют вторичные и третичные структуры, выбрасываемые с ОГ из системы выпуска дизеля в атмосферу. Большая часть сажевых образований имеет размеры $0,4...5 \text{ мкм}$.

Удельная поверхность сажи значительна и может достигать $300 \text{ м}^2/\text{г}$, а ее плотность довольно низка – $0,05 \text{ г/см}^3$. Измерения размеров этих частиц показали, что их распределение по величине практически не зависит от способа смесеобразования, т. е. оно очень близко у двигателей с вихревой камерой сгорания и у двигателей с непосредственным впрыском посредством системы Common Rail или насос-форсунок.

В настоящее время для решения требований экологических стандартов в мире в основном применяются две стандартные технологии:

1. EGR – Exhaust Gas Recirculation – система очистки ОГ дизельного двигателя, основанная на использовании рециркуляции ОГ и установке сажевого фильтра в системе выпуска дизеля;

2. SCR – Selective Catalyst Reduction – система очистки выхлопа ОГ дизельного двигателя, использующая впрыск AdBlue (32,5-процентный раствор карбамида в деионизированной воде) в выхлопную трубу перед SCR-нейтрализатором.

Следует отметить, что сложность борьбы с выбросами сажевых частиц заключается в необходимости улучшения полноты сгорания топлива, связанной с увеличением температуры в камере сгорания дизеля, что ведет к росту выбросов оксидов азота NO_x . Для снижения их содержания необходимо снижать температуру, что приводит к неполному сгоранию топлива и образованию твердых частиц. Это, в свою очередь, определяет необходимость использования в системе выпуска двигателя сажевого фильтра. Применение системы очистки EGR определяет жесткие требования к газовому составу свежего заряда и стабильности процесса горения. При этом добавление к свежему заряду ОГ двигателя не способствует улучшению рабочих характеристик. Определенные сложности возникают и при использовании системы очистки SCR, которые заключаются в необходимости организации процесса доставки, хранения и заправки МЭС раствором AdBlue, что

приведет к дополнительным затратам и снижению прибыли предприятия.

Снижение выброса сажевых частиц является сегодня одной из сложнейших задач в области очистки отработавших газов дизелей. Один из эффективных способов очистки газов от сажевых частиц – задержание их посредством специальных фильтров: фильтры с «металлической шерстью», фильтры с керамическими фильтрующими элементами, спиральные фильтры с керамическим наполнителем и др.

В качестве сажевых фильтров наиболее распространены керамические фильтры. Сажевый фильтр состоит из сотообразных керамических модулей из карбида кремния в металлическом корпусе. Керамический модуль разделен на множество мелких каналов, закрытых попеременно с одной или другой стороны, которые создают лабиринт. Стенки фильтра из карбида кремния имеют поры и покрыты слоем из оксида алюминия и окиси церия. На этот слой напылен драгоценный металл платина, который и служит катализатором. Покрытие из окиси церия в сажевом фильтре снижает температуру воспламенения сажи и ускоряет термическую реакцию с кислородом.

По сравнению с каталитическим нейтрализатором со свободным проходом отработавших газов в сажевом фильтре каналы установлены с чередованием открытых и закрытых концов. Так как каналы фильтра закрыты попеременно со стороны впуска и выпуска, газы, содержащие частицы сажи, вынуждены проходить через пористые стенки из карбида кремния. При этом частицы сажи задерживаются во впускных каналах, а газ свободно проходит через поры стенок каналов. В зависимости от пористости керамического тела эти фильтры могут задерживать от 70 до 90 % твердых частиц. Для нормальной работы при длительных условиях эксплуатации сажевые фильтры должны подвергаться регенерации через определенные промежутки времени, при этом осуществляется дожигание сажевых частиц. Частицы сажи, участвуя в реакции с двуокисью азота, превращаются в углекислый газ.

Процесс регенерации сажевого фильтра с каталитическим покрытием разделяют на пассивную и активную регенерацию.

Пассивная регенерация осуществляется при высоких температурах рабочего процесса двигателя порядка 350–500 °С. Для осуществления пассивной регенерации в топливо добавляются специальные присадки, уменьшающие температуру воспламеняемости сажевых частиц отработавших газов. При небольших нагрузках на двигатель температура отработавших газов слишком низка для пассивной регенерации. Сгорание сажевых частиц становится невозможным, поэтому происходит

их скопление в фильтре. В таком случае применяется активная регенерация.

Активная регенерация осуществляется с помощью нагревательного элемента или системой управления двигателя, повышающих температуру отработавших газов до 600–700 °С. В этом температурном диапазоне скопившаяся сажа окисляется в фильтре до углекислого газа. Процесс регенерации длится примерно 10–15 минут.

При регенерации с помощью системы управления двигателя в систему выпуска подается воздух, рециркуляция отработавших газов отключается, чтобы увеличить температуру сгорания и долю кислорода в камере сгорания. Для увеличения температуры сгорания производятся дополнительные впрыски, причем основная фаза впрыска происходит с запаздыванием. Топливо, подаваемое в цилиндры двигателя, не сгорает, а испаряется в камере сгорания. Несгоревшее топливо горит в катализаторе окисления. Вырабатываемая при этом теплота обеспечивает повышение температуры отработавших газов перед сажевым фильтром до температуры сгорания сажевых частиц. Необходимость регенерации определяется датчиком давления.

К недостаткам сажевых фильтров относятся следующие: малая величина сажеемкости; необходимость в периодической регенерации, очистке или замене фильтрующего элемента; зависимость газодинамического сопротивления фильтра от количества собранной им сажи; увеличение сопротивления на выпуске, что приводит к снижению коэффициента наполнения, увеличению коэффициента остаточных газов, удельного расхода топлива и дымности ОГ. Описанные недостатки сажевых фильтров существенно ограничивают их практическое широкомасштабное применение.

К устройствам дополнительной очистки ОГ от ТЧ в процессе выпуска можно также отнести следующие: каталитические окислители сажи, термореакторы, барботажные системы и др. Перспективным направлением в этой области могут стать электроразрядные технологии газоочистки. Электроразрядные газоочистители (ЭРГ) обладают рядом преимуществ по сравнению с другими альтернативными вариантами. К ним относятся следующие: высокая степень очистки (99 % и более); малая величина удельных энергозатрат процесса газоочистки; незначительная величина газодинамического сопротивления устройства и ее независимость от количества собранных ТЧ; возможность очищать газовые потоки от твердых частиц и газообразных токсичных компонентов в одном газоразрядном объеме.

Известные в настоящее время конструкции ЭРГ можно разделить на две группы: электрофильтры (ЭФ) и плазмохимические очистители

(ПХО). Конструкции ЭФ, хорошо зарекомендовавшие себя в промышленности, абсолютно не пригодны для очистки ОГ дизелей от сажи в силу следующих причин: на мобильной технике должен использоваться малогабаритный газоочиститель, что автоматически требует производить очистку газового потока при высокой скорости прохождения газов через устройство, чего не могут обеспечить электрофилтры; дизельная сажа имеет хорошую электропроводность, что способствует быстрому выходу из строя высоковольтных изоляторов либо прекращению процесса очистки по причине короткого замыкания высоковольтной цепи через слой сажевых частиц, осевших на поверхности изоляторов; высокая температура очищаемых газов и широкий интервал ее изменения (100...650 °С), высокая химическая активность среды значительно повышают требования к качеству изготовления устройств и материалу электродных систем.

Известные в настоящее время конструкции плазмохимических систем используются для очистки газовых потоков от оксидов азота и других газообразных токсичных компонентов. Несмотря на довольно успешные практические результаты, полученные в данной области (90 % по степени очистки от NO_x), применение плазмохимических систем для дизелей ограничено лишь модельными образцами. Данный факт объясняется тем, что существующие конструкции плазмохимических систем довольно чувствительны к наличию в ОГ электропроводящей сажи и предполагают очистку газовых потоков, не содержащих дисперсных аэрозольных частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альферович, В. В. Токсичность ДВС / В. В. Альферович. – Минск: БНТУ, 2009. – 51 с.
2. Альферович, В. В. Состав отработавших газов двигателей внутреннего сгорания / В. В. Альферович. – Минск: БНТУ, 2011. – 39 с.
3. Майорова, Л. П. Защита атмосферы: практикум / Л. П. Майорова, В. П. Тищенко, А. А. Черенцова; под общ. ред. Л. П. Майоровой. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2014. – 115 с.
4. Система нейтрализации отработавших газов на основе высокопористых блочных ячеистых катализаторов / А. И. Козлов, А. Н. Пивкин, В. Н. Грунский, А. В. Беспалов // Успехи в химии и химической технологии. – 2009. – № 2 (95). – С. 66–71.
5. Тришкин, И. Б. Использование электрофилтра в качестве системы очистки выхлопа дизельного двигателя от сажи / И. Б. Тришкин, Н. П. Стражев // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – С. 45–58.
6. Электроразрядные технологии очистки отработавших газов дизельных двигателей от токсичных компонентов / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2002. – 282 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДЫ В ДВС

Д. В. ДЕМИДОВЕЦ, студент

В. А. ШАПОРЕВ, ассистент

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

Введение. Одной из основных задач при эксплуатации автотранспорта является разработка мероприятий по защите окружающей среды от токсичных компонентов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания (ДВС).

В течение многих десятилетий не прекращаются попытки использовать эффект добавки воды в топливо. Основная цель заключается в улучшении воспламеняемости и сгорания топлив, благодаря чему возможны экономия топлива и уменьшение дымности и токсичности отработавших газов (ОГ) [3].

Впрыск воды в топливо-воздушную смесь ДВС используется для дополнительного охлаждения двигателя и временного повышения его характеристик. Также впрыск воды нейтрализует 60–80 % вредных выбросов в атмосферу, а еще снижает расход топлива на 25–30 % для бензиновых и дизельных двигателей и позволяет увеличить на 15–20 % мощности двигателей с такими системами [3].

Использование воды в ДВС получило широкое распространение во время Второй мировой войны на истребителях при работе на форсажных режимах [1].

В данной статье обосновывается актуальность применения воды в ДВС в целях снижения экономических и экологических показателей.

Цель работы. Обосновать актуальность использования воды в ДВС. Произвести обзор и анализ существующих способов подачи воды в ДВС, а также отметить плюсы и минусы применения воды.

Материалы и методика исследований. Хотелось бы сразу отметить, что впрыск воды в ДВС сильно увеличивает антидетонационные свойства топлива, это значит, что при 95-м бензине можно увеличить опережение зажигания, и это даст рост мощности. Например, при впрыске смеси воды и спирта увеличивается октановое число топлива за счет высокого октанового числа спиртов (этанол, метанол, изопропанол), что также сказывается на росте мощности. Также вспомним о паровом эффекте, который помогает сгоревшим газам «давить» на поршень, и о повышении гомогенности топливной смеси при впрыске

воды. Впрыск воды позволяет сделать смесь более бедной, т. е. уменьшить количество впрыскиваемого топлива, а также повышает мощность и крутящий момент, что в свою очередь позволит быстрее набирать скорость транспортному средству [2].

Результаты исследования и их обсуждение. Простейшие системы впрыска воды времен Второй мировой были механическими и дозировали воду пилотом самолета. Известен интересный факт: применявшиеся системы подачи воды в карбюратор на грузовиках «Дороги жизни» (для увеличения пробега на том же запасе топлива) состояли из медицинской капельницы и иглы шприца. Проще говоря, системы были несовершенны и при всех своих плюсах создавали сложности и проблемы. Во времена формулы 1 и WRC системы уже управлялись компьютерами и могли дозировать воду точно, но применялись с целью повышения мощности и охлаждения камеры сгорания. Современные системы впрыска воды также управляются компьютерами и оборудованы многоуровневыми системами защиты.

Задача любой системы впрыска воды – распылить определенное, небольшое, количество воды и подать в двигатель. При этом количество впрыскиваемой воды должно быть четко и прецизионно дозировано и зависеть от оборотов и нагрузки на двигатель, т. е. постоянно изменяться. В этом и скрыта основная проблема всех систем – точно дозировать количество впрыскиваемой воды в двигатель в нужный момент.

Любая современная система впрыска воды состоит из:

- насоса высокого давления 5–10 бар;
- форсунки или нескольких впрысков воды;
- контроллера впрыска (электронный блок, управляющий насосом и выполняющий защитные функции);
- бачка для воды;
- датчика уровня жидкости в бачке;
- шлангов и креплений [3].

Принцип работы всех современных систем впрыска воды одинаков и заключается в следующем: контроллер получает данные о расходе воздуха с датчика двигателя и рассчитывает количество подачи воды; насос включается по команде контроллера и качает давление; форсунка впрыскивает воду. При этом форсунка – просто втулка с очень маленьким отверстием.

Все эти системы обладают достаточным количеством минусов, так как производят их выходцы из автоспорта и по большей части для автоспорта или тюнинга, где нет задачи экономить топливо.

Во-первых, впрыск воды происходит не постоянно, а только на мощностных режимах, т. е. контроллер определяет, когда начинать впрыск.

Во-вторых, все системы весьма инерционны, так как контроллер посылает сигнал на насос, тот включается и начинает накачивать давление, и только потом форсунка начинает впрыскивать воду. Задержка между отправкой команды на впрыск и непосредственно впрыском может составлять 1 мс, для ДВС это очень долго.

Большинство выпускаемых сейчас систем могут начинать работу с 3000 об/мин и то с оговоркой производителей, что могут быть проблемы, так как система не контролирует количество подаваемой воды, а только дает команду включить/выключить насос. Ограничение количества впрыскиваемой воды происходит посредством размера форсунок, т. е. ее производительности.

Но, как показывает действительность, большинство систем использует только часть плюсов от впрыска воды, даже BMW использует впрыск воды по-спортивному, как интеркулер, чтобы охладить горячий впускной воздух от двух турбин.

Большинство автолюбителей делают самодельные системы впрыска воды из капельниц и шприцов, из насосов и форсунок омывателя и прочих подручных средств, и эти системы работают. Они повышают мощность, улучшают отклик двигателя, позволяют экономить топливо. Но минусов у таких систем много, они недостаточно эффективны. По сути, они льют условно неопределенное количество воды в мотор, но не распыляют, и даже в таком виде вода в ДВС работает и приносит пользу [1].

Принцип работы системы впрыска воды основан на свойстве огромной теплоемкости воды. Если воду распылить и мелкие капельки воды запустить в двигатель вместе с впускным воздухом, то они охладят и воздух, попадающий в двигатель, и сам впускной коллектор. Есть мнение, что микрочастицы воды позволяют сделать смесь бензина и топлива более однородной, что повышает КПД. Попадая в горячую камеру сгорания (300–600 °С), маленькие капли воды моментально испаряются, превращаясь в пар, который очищает камеру сгорания, днище поршня и свечи, а также «давит» на поршень, так как вода расширяется при испарении в 1700 раз от своего объема в жидком виде, т. е. вода создает паровой эффект в двигателе внутреннего сгорания, который выражается в повышении крутящего момента двигателя. Более того, вода вступает в химическую реакцию с выхлопными газами, что сильно снижает количество вредных выбросов, в результате реакции образуются CO_2 и H_2O [1].

Заключение. В данной статье были рассмотрены способы применения воды в ДВС.

Данные решения позволяют увеличить мощность, крутящий момент и экономичность двигателя внутреннего сгорания, повысить детонационную стойкость и улучшить ряд других характеристик.

К плюсам применения воды в ДВС отнесем:

- снижение температуры впускного воздуха;
- снижение температуры в камере сгорания;
- резкое повышение детонационной стойкости топлива (в том числе некачественного и низкооктанового);
- снижение вредных выбросов на 60–80 %;
- повышение мощности на 15–20 % и крутящего момента на 25–30 %;
- снижение расхода топлива (при правильной настройке ЭБУ);
- очистку камеры сгорания и свечей зажигания.

К минусам применения воды в ДВС отнесем:

- стоимость системы;
- необходимость периодически заправлять дополнительный бачек дистиллированной водой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – С. 376.
2. Буцкий, Ю. И. Альтернативные автомобили XX века / Ю. И. Буцкий // AUDITORIA. – 2017. – С. 264.
3. Кулаков, А. Т. Особенности конструкции и эксплуатации, обслуживания и ремонта силовых агрегатов грузовых автомобилей / А. Т. Кулаков, А. С. Денисов, А. А. Макушин // INFА-INJiNeria. – 2013. – С. 542

УДК 665.753:662.767.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЯ НА СМЕСЯХ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА С БИОГАЗОМ

В. А. ШАПОРЕВ, аспирант

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

Введение. Выбросы автотракторной техники отрицательно влияют на состояние атмосферы, и на нее приходится около 70 % общего объема выбросов загрязняющих веществ. При эксплуатации силовая установка трактора выбрасывает с ОГ более 1000 токсичных компонентов,

среди них оксиды азота NO_x , угарный газ CO , сажа C , несгоревшие углеводороды C_nH_m и некоторые другие. Перспективным направлением снижения дымности и токсичности выбросов является применение альтернативных видов топлива для силовых установок машин. Анализируя текущее положение дел с моторными топливами, можно сделать вывод, что их заменителями уже в ближайшее время могут быть: спирты (этанол, метанол), рапсовое масло и продукты его переработки, природный газ, генераторный газ, а также биогаз [1...3].

Биогаз – это смесь из 50...80 % метана CH_4 , 20...50 % углекислого газа CO_2 , до 1 % сероводорода (H_2S) и незначительных следов азота N_2 , кислорода O_2 и водорода H_2 , а также продуктов метанового брожения органических веществ растительного и животного происхождения, осуществляемого специфическим природным биоценозом анаэробных бактерий различных физиологических групп [4].

Основная часть. С целью выявления влияния смесевых видов топлива, состоящих из 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ, на экологические показатели работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S5) были проведены экспериментальные исследования на электро-тормозном стенде SAK N670 (Германия) с балансирной маятниковой машиной. Дизель 4ЧН 11,0/12,5 был укомплектован штатной системой топливоподачи, турбокомпрессором, системой принудительного охлаждения надувочного воздуха (ПОНВ) и газовой системой питания [5]. Расход топлива определялся массовым способом при помощи электронного расходомера АИР-50. Значение установочного угла опережения впрыскивания топлива определялось по мениску, т. е. с момента начала подачи цикловой дозы топлива секцией топливного насоса. Анализ проб отработавших газов (ОГ) производился с помощью автоматического газоанализатора Мага MGT-5. Дымность ОГ измерялась с помощью дымомера СИДА-107 «АТЛАС». Все приборы прошли государственную поверку.

При проведении исследований ДТ замещалось БГ в процентном отношении по величине суммарной вводимой в цилиндры дизеля теплоты. Содержание БГ в объеме 15 % и 30 % было выбрано из условия наличия необходимого воздуха для обеспечения полноты процесса сгорания.

Влияние применения смесей, состоящих из 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ на экологические показатели работы дизеля 4ЧН 11,0/12,5 по внешней скоростной характеристике представлены на рис. 1.

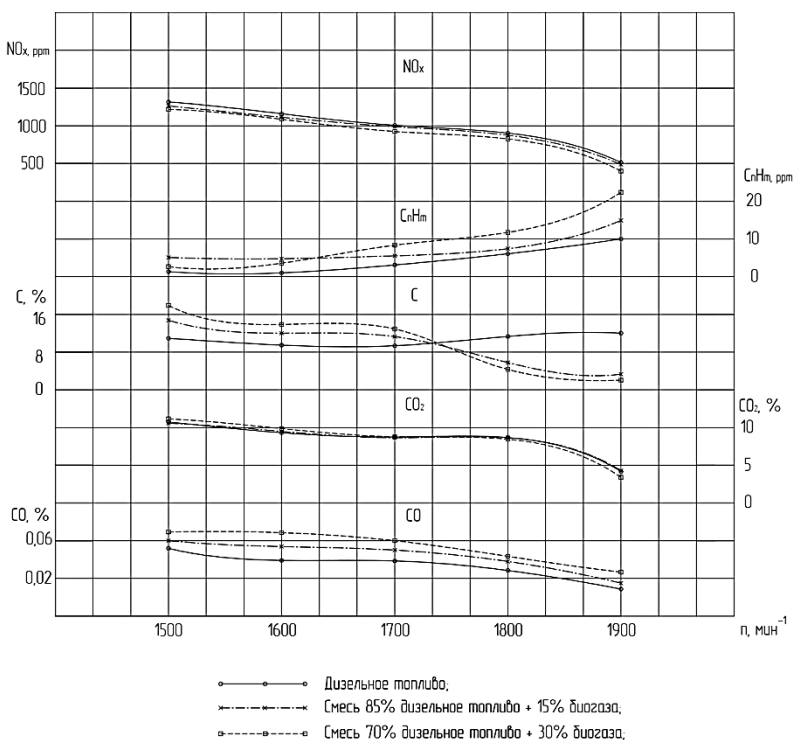


Рис. 1. Показатели токсичности и дымности дизеля 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от частоты вращения коленчатого вала при рациональном значении угла опережения впрыскивания топлива $\Theta_{оп.впр} = 22^\circ$ до в.м.т.

В результате исследований было выявлено, что добавление 15 % БГ и 30 % БГ в ДТ приводит к уменьшению количества оксидов азота NO_x и диоксида углерода CO_2 в ОГ дизеля 4ЧН 11,0/12,5. При номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ и работе на чистом ДТ содержание оксидов азота NO_x составляет 909 ppm, а для смесей 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ эти значения равны 889 ppm и 876 ppm. То есть содержание оксидов азота NO_x в ОГ дизеля при его работе на смесях 15 % БГ и 30 % БГ меньше, чем при работе на ДТ, на 2,2 % и 3,63 %. А выбросы диоксида углерода CO_2 с ОГ незначительно уменьшаются с ростом замещения чистого ДТ биогазом, что в процентном соотношении составляет 1,2 % и 11 % для смеси 15 % БГ и 30 % БГ с ДТ. Снижение оксидов азота NO_x можно объяснить тем, что их эмиссия находится в прямой зависимости от содержания свободного кислорода в пламени при условии достаточно высокой его температуры [6]. Снижение локальной и средней температуры

цикла в случае работы дизеля на смесях с БГ непосредственно обуславливает снижение эмиссии оксидов азота.

Анализируя результаты замера выбросов оксида углерода СО и углеводородов C_nH_m , видим, что данные показатели изменяются с увеличением количества БГ и с увеличением частоты вращения коленчатого вала. Так, на номинальном режиме $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ при работе на смеси 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ выбросы СО в процентном отношении к ДТ увеличиваются на 33,3 % и 46,4 %. Выбросы углеводородов C_nH_m увеличиваются на 8,3 % и 66,4 %. Рост выбросов несгоревших углеводородов при работе дизеля с добавками БГ можно объяснить наличием в последнем плохо горящих компонентов, а рост выбросов оксида углерода СО можно объяснить снижением коэффициента избытка воздуха в топливовоздушной смеси, снижением наличия свободного кислорода [6].

С увеличением частоты вращения коленчатого вала содержание сажи С в ОГ снижается. Так, при $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ уровень сажи в ОГ дизеля, работающего на чистом ДТ, составляет $S = 11,2 \%$, а при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ этот уровень уже равен $S = 12,7 \%$. При работе дизеля на смесях 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ и той же частоте вращения коленчатого вала выбросы сажи составляют $S = 6,8 \%$ и $S = 5,3 \%$. То есть с увеличением БГ в смесевых составах при $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ снижается содержание сажи на 46,45 % и 58,27 %.

Вывод. Показатели токсичности и дымности дизеля 4ЧН 11,0/12,5 по внешней скоростной характеристике на смесевых топливах 85 % ДТ + 15 % БГ и 70 % ДТ + 30 % БГ относительно показателей работы дизеля на чистом ДТ на номинальном режиме $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ сопровождаются:

- снижением выбросов оксидов азота на 2,2 % и 3,63 %;
- снижением выбросов диоксида углерода на 1,2 % и 11 %;
- снижением выбросов частиц сажи на 46,45 % и 58,27 %;
- увеличением выбросов углеводородов на 8,3 % и 66,4 %;
- увеличением выбросов оксидов углерода на 33,3 % и 46,4 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Г. Н. Гурков. – Ч. 1. – Киров: Типография «Авангард», 2011. – 116 с.
2. Карташевич, А. Н. Применение топлив на основе рапсового масла в тракторных дизелях / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка. – Киров: Типография «Авангард», 2014. – 144 с.
3. Плотников, С. А. Система питания генераторным газом ДВС и установка для его осуществления / С. А. Плотников, А. С. Зубакин, А. Н. Коротков // Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе современных ин-

формационно-коммуникационных технологий: сб. науч. тр. по матер заоч. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2015. – С. 66–69.

4. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.

5. Система подачи газообразного топлива в дизель: пат. 9079 Респ. Беларусь, МПК F 02M 43/00 / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин; заявитель Белорус. гос. с-х. академия. № u 20120268; заявл. 05.09.2011; опубл.: 30.04.2013. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 2. – С. 188.

6. Образование и разложение загрязняющих веществ в пламени / под ред. Ю. Ф. Дитякина; пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.

УДК 662.767.2

КЛАССИФИКАЦИЯ ВИДОВ БИОТОПЛИВА ПО ПОКОЛЕНИЯМ

Р. С. ДАРГЕЛЬ, аспирант

А. Н. МОЖАЙКО, студент

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

Биотопливо (биологическое топливо) – топливо из растительного или животного сырья, из продуктов жизнедеятельности организмов или органических промышленных отходов, получаемое из биомассы термохимическим или биологическим способом. Биотопливо классифицируют по агрегатному состоянию и поколениям. По агрегатному состоянию различают: жидкую биомассу (обычно применяют для двигателей внутреннего сгорания); твердое биотопливо (способно гореть при условии, что топливо состоит из горючего, например дерева, и окислителя, которым часто служит кислород воздуха); газообразное – биогаз (газ, получаемый брожением биомассы), биоводород, метан.

Биотопливо, как правило, делится на первичное и вторичное. Первичное биотопливо используется в необработанном виде в первую очередь для отопления, приготовления пищи и электричества; в основном это топливная древесина, каменный уголь. Вторичное биотопливо можно условно разделить на три поколения (на основе различных параметров, типа технологии обработки, исходного сырья и др.); производится путем переработки биомассы и используется на транспортных средствах, в различных промышленных процессах и др.

Биотопливо разделяют на два типа: первого и второго поколения.

К биотопливам первого поколения относятся биоэтанол, произведенный из сахарного тростника, кукурузы, пшеницы и других злаковых культур, и биодизель, полученный из маслянистых культур – сои, рапса, пальмы, подсолнечника. Для их выращивания требуется использование качественных пахотных земель, много сельскохозяй-

ственной техники, а также удобрений и пестицидов. При таком раскладе производство биотоплива напрямую конкурирует с пищевым сектором экономики [1].

Существуют также проекты разной степени проработанности, направленные на получение биотоплива из целлюлозы и различного типа органических отходов, но эти технологии находятся в ранней стадии разработки или коммерциализации. Различают:

- твердое биотопливо: лес энергетический (дрова, брикеты, топливные гранулы, щепа, солома, лузга), торф;

- жидкое биотопливо (для двигателей внутреннего сгорания, например, биоэтанол, биометанол, биобутанол, диметиловый эфир, биодизель);

- газообразное (биогаз, биоводород, метан).

Условная эффективность производства биотоплива из биомассы первого поколения составляет примерно 35...45 % [1].

Биотопливо второго поколения – разнообразные виды топлива, получаемые различными методами пиролиза биомассы, или прочие виды топлива, помимо метанола, этанола, биодизеля, получаемые из источников сырья «второго поколения». Быстрый пиролиз позволяет превратить биомассу в жидкость, которую легче и дешевле транспортировать, хранить и использовать. Из жидкости можно произвести автомобильное топливо или топливо для электростанций.

Источниками сырья для биотоплива второго поколения являются лигноцеллюлозные соединения, остающиеся после того, как пригодные для использования в пищевой промышленности части биологического сырья удаляются. Использование биомассы для производства биотоплива второго поколения направлено на сокращение количества использованной земли, пригодной для ведения сельского хозяйства. К растениям – источникам сырья второго поколения – относятся:

- водоросли – простые живые организмы, приспособленные к росту и размножению в загрязненной или соленой воде (содержат до двухсот раз больше масла, чем источники первого поколения, такие, как соевые бобы);

- рыжик – растение, растущее в ротации с пшеницей и другими зерновыми культурами;

- *jatrophacurcas*, или ятрофа – растущее в засушливых почвах, с содержанием масла от 27 до 40 % в зависимости от вида [3].

Из биотоплив второго поколения, продающихся на рынке, наиболее известны BioOil – производства компании Dynamotive (Канада) и SunDiesel (Канада) – и компании CHOREN Industries GmbH (Германия) [4].

По оценкам Немецкого Энергетического Агентства (Deutsche Energie-AgenturGmbH) (при ныне существующих технологиях), произ-

водство топлива пиролизом биомассы может покрыть 20 % потребностей Германии в автомобильном топливе. К 2030 году с развитием технологий пиролиз биомассы может обеспечить 35 % немецкого потребления автомобильного топлива. Себестоимость производства составит менее € 0,80 за литр топлива.

Создана «Пиролизная сеть» (Pyrolysis Network (PyNe) – исследовательская организация, объединяющая исследователей из 15 стран Европы, США и Канады.

Весьма перспективно также использование жидких продуктов пиролиза древесины хвойных пород. Например, смесь 70 % живичного скипидара, 25 % метанола и 5 % ацетона, то есть фракций сухой перегонки смолистой древесины сосны, с успехом может применяться в качестве замены бензина марки А-80. Причем для перегонки применяются отходы дереводобычи: сучья, пень, кора. Выход топливных фракций достигает 100 килограммов с тонны отходов [2].

Биотопливо второго поколения получают из непищевого сырья (отработанные жиры и растительные масла, биомасса деревьев и растений). Условная эффективность производства биотоплива из биомассы второго поколения составляет примерно 50 %. Производство биотоплива второго поколения в настоящий момент является очень капиталоемким процессом, так как соответствующие технологии весьма дороги [2].

Биотопливо третьего поколения – топлива, полученные из водорослей. Департамент энергетики США с 1978 года по 1996 год исследовал водоросли с высоким содержанием масла по программе «AquaticSpeciesProgram». Исследователи пришли к выводу, что Калифорния, Гавайи и Нью-Мексико пригодны для промышленного производства водорослей в открытых прудах. В течение 6 лет водоросли выращивались в прудах площадью 1000 м². Пруд в Нью-Мексико показал высокую эффективность в захвате CO₂. Урожайность составила более 50 граммов водорослей с 1 м² в день. 200 тысяч гектаров прудов могут производить топливо, достаточное для годового потребления 5 % автомобилей США. 200 тысяч гектаров – это менее 0,1 % земель США, пригодных для выращивания водорослей. У технологии еще остается множество проблем. Например, водоросли любят высокую температуру (для их производства хорошо подходит пустынный климат), однако требуется дополнительная температурная регуляция, защищающая выращиваемую культуру от ночных понижений температуры («похолоданий»). В конце 1990-х годов технология не была запущена в промышленное производство в связи с относительно низкой стоимостью нефти на рынке [4].

Кроме выращивания водорослей в открытых прудах, существуют технологии выращивания водорослей в малых биореакторах, располо-

женных вблизи теплоэлектростанций (ТЭС). Сбросное тепло на ТЭС способно покрыть до 77 % потребностей в тепле, необходимого для выращивания водорослей. Данная технология выращивания культуры водорослей защищена от суточных колебаний температуры, не требует жаркого пустынного климата, то есть может быть применена практически на любой действующей ТЭС.

При сжигании ископаемое топливо производит большое количество углекислого газа, который считается парниковым газом и причиной удержания солнечного тепла на планете. Сжигание угля и нефти повышает температуру и вызывает глобальное потепление. Чтобы уменьшить воздействие парниковых газов, можно использовать биотопливо. Исследования показывают, что биотопливо снижает выбросы парниковых газов до 65 процентов. Кроме того, культуры, выращиваемые для биотоплива, частично поглощают оксид углерода, что делает систему использования биотоплива еще более устойчивой. Биодизель в сравнении с обычным дизельным топливом почти не содержит серы. При попадании в почву или воду он практически полностью разлагается уже через три недели.

Бензин и дизельное топливо получают из сырой нефти, которая не относится к возобновляемым ресурсам. Хотя современных запасов ископаемого топлива хватит еще на много лет, они в конечном счете когда-то закончатся. Биотопливо изготавливается из различного сырья, такого, как навоз, отходы сельскохозяйственных культур и растений, выращенных специально для топлива. Это возобновляемые ресурсы, которые, вероятно, не закончатся в ближайшее время. Совершенно ясно одно: нефти на земле с каждым годом становится все меньше, а биотопливо может стать новым источником дохода для компаний производителей и новым рычагом влияния для стран.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетика и тепло [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://energycraft.org/biotoplivo/pokolenija-biotopliva.html>. – Дата доступа: 05.11.2019.
2. Производство биотоплива [Электронный ресурс] // Наука и новые технологии. – Режим доступа: <https://znanieavto.ru/nuzhno-znat/biotoplivo-dlya-avtomobilej.html>. – Дата доступа: 10.11.2019.
3. Зуева, О. Н. Биотопливо и бионанотехнологии / О. Н. Зуева, В. Т. Калайда, В. С. Чичиров. – Москва, 2014. – 250 с.
4. Егорова, Т. А. Основы биотехнологии: справочник / Т. А. Егорова, Т. В. Овсянко. – Москва, 2013. – 145 с.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИХ СТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ

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

А. В. НОЗДРИН-ПЛОТНИЦКИЙ, инженер

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

Введение. Современная тенденция в развитии научно-технического прогресса характеризуется разработкой и выпуском автоматизированной техники. Знание и понимание содержания и сущности автоматизированной техники дает возможность профессионально и эффективно ее эксплуатировать.

Стационарные и мобильные машины и агрегаты, а также стационарное технологическое оборудование, поступающие в хозяйства агропромышленного комплекса, оснащены техническими средствами автоматизации. Эксплуатация автоматизированной техники (систем автоматизации) позволяет значительно увеличивать ее производительность, повышать качество производимой продукции и выполняемых различных видов работы, а также улучшать условия труда человека [1, 2, 4, 5].

Уровень подготовки современного инженера должен соответствовать современному уровню развития научно-технического прогресса в области сельскохозяйственного производства. Профессиональная степень подготовки современного инженера должна определяться умением анализировать рабочий процесс систем автоматизации с целью выявления и определения причин возникающих отказов и неисправностей, а также умением профессионально организовать эксплуатацию автоматизированной сельскохозяйственной техники в производственных условиях.

Структурные схемы, начерченные на основе выполненного структурного анализа, не только раскрывают, но и наглядно показывают физические механизмы формирования в системах автоматизации управляющих сигналов, команд и воздействий; контуров управления, регулирования, контроля и сигнализации; автоматических регуляторов управления, контроля и сигнализации [3, 6].

Особенности структурных схем систем автоматизации, которые эксплуатируются в сельскохозяйственном производстве, заключаются в их содержании. Конкретность и характер особенностей связаны с назначением, сложностью конструктивного исполнения и рабочим

процессом систем автоматизации. В отличие от сложных объектов, управление которыми осуществляется техническими средствами и оператором-диспетчером, управление многочисленными сельскохозяйственными объектами выполняется в системах автоматизации только техническими средствами.

Основная часть. *Структурный анализ* – это процесс мысленного восприятия и отражения в своем сознании структуры (внутреннего устройства) систем автоматизации посредством формирования и построения их реального структурного образа, состоящего из структурных элементов [6].

Структурный анализ направлен на совершенствование и интенсификацию процесса познания сущности и содержания систем автоматизации. Это достигается за счет того, что структурный анализ обеспечивает более углубленное, более ускоренное, а также осознанно осмысленное и целенаправленное проникновение в содержание и сущность систем автоматизации.

Структурный анализ осуществляется на основе использования принципиальных электрических схем систем автоматизации, а также на основе использования описания таких схем с точки зрения устройства и рабочего процесса.

Реальный структурный образ каждой системы автоматизации конкретизирует и отражает ее структуру в виде вычерченных структурных схем. Внутреннее устройство каждой системы автоматизации представляет собой определенный количественный состав структурных элементов. Структурные схемы каждой системы автоматизации формируются осознанно и целенаправленно и могут иметь упрощенный и развернутый вид. Это означает, что каждая система автоматизации может показываться структурными схемами в виде упрощенного и развернутого состава структурных элементов [3].

Мысленное восприятие и отражение внутреннего устройства систем автоматизации на уровне структурных элементов является познавательным процессом анализирующего плана. Мысленное отражение внутреннего устройства изучаемой системы автоматизации осуществляется на основе использования различий функциональных признаков, присущих ее структурным элементам. Система автоматизации осмысленно разделяется на отдельные и самостоятельно обособленные части, которые отличаются между собой конструктивным исполнением и функциональными признаками. Такие функционально обособленные части системы автоматизации являются конкретными техническими средствами и называются структурными элементами [3, 6].

В системах автоматизации структурными элементами являются объект автоматизации и система управления. В составе системы управления может быть один или большее количество автоматических регуляторов управления, что зависит от вида системы автоматизации. Автоматический регулятор управления, как правило, состоит из определенного количества структурных элементов, которыми являются измерительный преобразователь (ИП) или чувствительный элемент (ЧЭ), сравнивающий (СЭ) и задающий (ЗЭ) элементы, усилительный орган (УО), исполнительный механизм (ИМ), регулирующий орган (РО). В некоторых автоматических регуляторах управления дополнительно используются преобразователи сигналов, которые преобразуют аналоговый (непрерывный) сигнал в дискретный (прерывистый). Использование преобразователей сигналов обусловлено необходимостью прерывисто подавать управляющую среду в некоторые объекты автоматизации [6].

Объект автоматизации, как правило, обеспечивает выполнение технологического процесса. Система управления осуществляет автоматическое управление протекающим в объекте технологическим процессом по одному или нескольким физическим параметрам. В системе управления может быть один или несколько автоматических регуляторов управления. Автоматический регулятор управления является независимым от других подобных устройств в одной системе автоматизации и осуществляет управление объектом по одному физическому параметру.

В составе систем автоматизации находятся структурные элементы различной конструктивной сложности, различной физической природы и различного функционального назначения.

Структурные элементы систем автоматизации характеризуются функциональными признаками, каждый из которых по своему содержанию присущ только конкретному структурному элементу. Функциональные признаки разделяются на две разновидности: одной из них является функция, а второй – функциональная задача. Функция присуща каждому отдельному структурному элементу, входящему в состав автоматического регулятора управления, контроля и сигнализации. Функциональная задача выражается в конкретной совокупности определенного количественного состава отдельных функций и присуща автоматическому регулятору управления, автоматическому регулятору контроля и автоматическому регулятору сигнализации [3, 6].

Две разновидности функциональных признаков разделяют структурные элементы систем автоматизации на две группы. Одна группа структурных элементов характеризуется одной разновидностью функ-

ционального признака, которым является функция. Вторая группа структурных элементов характеризуется второй разновидностью функционального признака, которым является функциональная задача.

Функция присуща структурным элементам, которые входят в состав автоматических регуляторов управления, контроля и сигнализации. В названных автоматических регуляторах структурные элементы представляют собой конкретные технические средства, которые имеют различные конструктивные исполнения и, как правило, различную физическую природу. В автоматических регуляторах управления, контроля и сигнализации технические средства могут иметь электрическую, механическую, гидравлическую и пневматическую физическую природу.

Функциональная задача в системах автоматизации присуща структурным элементам, которые имеют значительную конструктивную сложность. Такими структурными элементами являются объекты автоматизации и автоматические регуляторы управления, контроля и сигнализации.

Заключение. Таким образом, анализируя вышеизложенное, можно сделать выводы, что роль структурного анализа, связанного с пониманием структуры систем автоматизации, чрезвычайно велика и очень значима, а это значит, в свою очередь, что овладение структурным анализом дает возможность понимать самое главное и существенное не только в современных, но и в будущих системах автоматизации, а также знание структуры систем автоматизации позволяет раскрывать содержание основных понятий и параметров, связанных с автоматическим управлением различными сельскохозяйственными объектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – М.: Колос, 2004.
2. Автоматизация в растениеводстве / С. А. Иофинов [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1992.
3. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А. С. Клюев [и др.]. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
4. Автоматизация сельскохозяйственного производства / В. В. Концур [и др.]. – Киев: Урожай, 1988.
5. Электрооборудование и автоматизация сельскохозяйственных агрегатов и установок / под ред. проф. И. Ф. Кудрявцева. – М.: Агропромиздат, 1988.
6. Радченко, Г. Е. Автоматизация сельскохозяйственной техники / Г. Е. Радченко. – Минск: Технопринт, 2005.

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА ПРИ ВАЛКЕ ДЕРЕВЬЕВ

А. Е. КОНДРАЛЬ, канд. техн. наук, доцент

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

М. П. АКУЛИЧ, М. В. ЦАЙЦ, О. В. МАЛАШЕВСКАЯ,

ст. преподаватели

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

Горки, Республика Беларусь

Введение. Сельскохозяйственное производство и строительство являются в настоящее время наиболее травмоопасными видами трудовой деятельности. По оперативным данным Департамента государственной инспекции труда, в январе-октябре 2019 года смертельные травмы, связанные с производством, получили 122 человека, в том числе 59 – по вине нанимателя. В момент гибели 17 работников находились в состоянии алкогольного опьянения [1]. Проведение мелиоративных мероприятий и работ по обустройству сельскохозяйственных территорий включает работы по сводке древесно-кустарниковой растительности. При выполнении данного вида работ значительно увеличилось количество несчастных случаев, связанных с валкой деревьев. Так, в 2018 году при выполнении лесосечных работ погибло 12 человек (в 2017 году – 8) и 18 человек получили тяжелые производственные травмы (в 2017 году – 21). За 10 месяцев 2019 года получили травмы со смертельным исходом 8 работников [2]. Следует указать, что травмирование работников при выполнении работ по валке леса происходит не только в организациях, подчиненных республиканским органам государственного управления, но и в организациях, не имеющих вышестоящих органов управления.

Основная часть. Материалы расследования причин и обстоятельств несчастных случаев показывают, что выполнение лесосечных работ осуществлялось без наличия технологической карты, содержащей сведения о зоне безопасности, очередности выполнения и безопасных способах ведения работ. Нередки случаи, когда потерпевшие были допущены к выполнению работ без проведения в установленном порядке инструктажа, стажировки и проверки знаний по вопросам охраны труда, а также без ознакомления с технологической картой разработки лесосеки. Кроме того, со стороны лиц, ответственных за ведение лесосечных работ, не был обеспечен контроль за соблюдением работающими требований локальных правовых актов.

Так, на одной из делянок Смолевичского лесничества 7 июля 2019 года произошел групповой несчастный случай со смертельным исходом. По данным следствия, накануне двое работников при валке леса были смертельно травмированы подпиленным упавшим деревом [3].

Глубокским РОСК устанавливаются обстоятельства гибели вальщика леса 2 августа 2019 года. При осуществлении валки леса одно из подпиленных деревьев упало на работника. Мужчина погиб на месте происшествия.

В Могилевской области при заготовке леса 16 сентября пострадали двое мужчин, один из них погиб на месте происшествия [4]. По данным следствия, при раскряжке деревьев на 59-летнего мужчину упало сухое дерево, причинив телесные повреждения, от которых он скончался на месте происшествия. Установлено, что дерево спилы не имело и, предположительно, упало от сильного ветра. В этот же день в Кличевском районе при проведении аналогичных работ на 32-летнего мужчину, предположительно, также от порыва ветра упал сук березы. Мужчина в тяжелом состоянии находится в отделении реанимации. Могилевским МРОСК и Кличевским РОСК по обоим фактам проводятся проверки. Следователями с участием экспертов проведены осмотры мест происшествий, опрашиваются очевидцы, для изучения изъята необходимая документация, назначены экспертизы, производство которых поручено специалистам государственного комитета судебных экспертиз [4].

В течение одной недели в Минской области зафиксировано два несчастных случая со смертельным исходом в ходе валки леса. Днем 16 сентября в Стародорожском районе в процессе лесозаготовки спиленное дерево упало на находившегося в опасной зоне 33-летнего мужчину. По данным следствия, трое мужчин осуществляли валку леса после употребления спиртных напитков. При этом они не имели соответствующей квалификации, проигнорировали требования правил техники безопасности и средства индивидуальной защиты.

Второй трагический случай произошел днем 21 сентября в Борисовском районе. По предварительным данным, мастер леса и лесник по собственной инициативе в нерабочее время спиливали деревья, находившиеся на территории лесосеки вблизи проезжей части. Мужчины не обозначили опасную зону соответствующими знаками безопасности, предупреждающими надписями, запрещающими движение людей и транспортные средства. Спеленное ими дерево упало на кабину грузового автомобиля и травмировало водителя, который в это время дви-

гался по автодороге. МАЗ съехал в кювет и опрокинулся, а 60-летний житель Борисова скончался на месте [5].

В целях профилактики и недопущения в дальнейшем травматизма работающих при выполнении работ по валке леса, лесосечных работ необходимо обеспечить безусловное соблюдение требований Межотраслевых правил по охране труда в лесной, деревообрабатывающей промышленности и лесном хозяйстве, утвержденных постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Минлесхоза от 30 декабря 2008 г. № 211/39:

организовать выполнение работ под руководством и в присутствии руководителя работ (мастера). В случае отсутствия мастера руководство этими работами возлагать на одного из работников организации, прошедшего обучение и проверку знаний по охране труда для ведения данного вида работ;

к выполнению работ допускать работников соответствующей профессии и квалификации, прошедших в установленном порядке медицинские осмотры, обучение безопасным методам и приемам работы, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда в соответствии с Инструкцией о порядке обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний работающих по вопросам охраны труда, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 28 ноября 2008 г. № 175;

производство работ осуществлять в соответствии с технологической картой, с которой перед началом производства работ должны быть ознакомлены под роспись все работники, которым предстоит выполнять валку деревьев;

обозначать опасную зону в зависимости от рельефа местности и высоты деревьев. До начала выполнения основных лесосечных операций производить подготовительные работы, включающие подготовку лесосек, уборку опасных деревьев, разметку трелевочных волоков [6].

До начала валки дерева должно быть подготовлено рабочее место – вырублен кустарник, мешающий валке (вокруг дерева в радиусе 0,7 м), срезаны нижние ветки и сучья на стволе дерева, подготовлен путь отхода длиной не менее 4 м под углом 45° в направлении, противоположном падению дерева, а зимой расчищен или утоптан снег вокруг дерева и на пути отхода.

При валке деревьев необходимо:

убедиться в отсутствии людей, животных, машин и механизмов в опасной зоне. Валка деревьев при нахождении в опасной зоне людей, животных, машин и механизмов не допускается;

оценить размеры, форму ствола и кроны, наклон подлежащего валке дерева, направление и силу ветра, убедиться в отсутствии на нем зависших сучьев, которые могут упасть в процессе пиления, и с учетом технологических требований выбрать направление валки;

подпиливать с той стороны, в которую намечено валить дерево;

подпиливать прямостоящие деревья на глубину $1/4$, а деревья, наклоненные в сторону направления валки, на глубину $1/3$ диаметра в месте спиливания;

выполнять нижнюю плоскость подпила перпендикулярно к оси дерева, при этом верхний рез подпила должен образовывать с нижней плоскостью угол $45\text{--}60^\circ$, а при использовании редукторных пил – $30\text{--}40^\circ$ или быть параллельным нижней плоскости подпила и отстоять от нее на расстоянии $1/10$ диаметра дерева в месте спиливания с обязательным удалением ломтя;

спиливать дерево перпендикулярно его оси в пределах верхнего реза и выше нижней плоскости подпила не менее чем на 2 см;

оставлять недопил у здоровых деревьев диаметром до 40 см – 2 см, от 40 до 60 см – 3 см, от 61 и выше – 4 см. У деревьев, имеющих напennую гниль, недопил увеличивается по сравнению со здоровыми на 2 см, у деревьев, имеющих боковой наклон по отношению к направлению валки, недопил должен иметь форму клина, вершина которого обращена в сторону наклона;

валить деревья, имеющие наклон более 5° , в сторону их наклона, за исключением случаев валки деревьев на лесосеках с уклоном более 15° , когда деревья валятся вниз по склону под углом $30\text{--}40^\circ$ к волоку;

во время валки деревьев не допускать выполнения работ на территории опасной зоны (расчищать снег вокруг деревьев, обрубать сучья, сжигать сучья и выполнять другие работы);

при валке дерева соблюдать параметры подпила и направление валки, а также использовать валочные приспособления: валочную лопатку, топор с клиньями, в случае работы вальщика в паре с лесорубом – валочную вилку;

снятие зависших деревьев осуществлять трактором, лебедкой или при помощи конной тяги;

не допускать к работе (отстранять от работы) лиц в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения, не прошедших в установленном порядке медицинский осмотр, обучение, инструктаж и проверку знаний по вопросам охраны труда, не использующих необходимые средства индивидуальной защиты [6].

Заключение. Для сокращения количества несчастных случаев при валке деревьев необходимо выполнять комплекс организационных и

технических мероприятий, обеспечить проведение контроля за состоянием охраны труда в соответствии с Типовой инструкцией о проведении контроля за соблюдением законодательства об охране труда в организации, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 26 декабря 2003 г. № 159.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сведения о несчастных случаях на производстве со смертельным исходом за январь-октябрь 2019 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://git.gov.by/ru/article/svedenia-o-nescastnyh-slucaah-na-proizvodstve-so-smertelnym-ishodom-za-anvar-oktabr-2019-goda>. – Дата доступа: 15.11.2019.
2. Департамент государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь. Этого могло не случиться [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://git.gov.by/ru/page/eto-moglo-ne-slucitsa>. – Дата доступа: 15.11.2019.
3. Беларусь сегодня. В Смолевичском районе дерево насмерть придавило двух вальщиков леса: возбуждено уголовное дело [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/v-smolevichskom-rayone-derevo-nasmert-pridavilo-dvukh-valshchikov-lesa-vozbuzhdeno-ugolovnoe-delo.html>. – Дата доступа: 15.11.2019.
4. В Могилевской области на заготовке леса один мужчина погиб, второй в реанимации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ctv.by/novosti-mogileva-i-mogilevskoy-oblasti/v-mogilyovskoy-oblasti-na-zagotovke-lesa-odin-muzhchina-pogib>. – Дата доступа: 15.11.2019.
5. В течение прошлой недели в Минской области зафиксировано два несчастных случая со смертельным исходом в ходе валки леса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ot-media.by/articles/v-techenie-proshloy-nedeli-v-minskoy-oblastizafiksirovano-dva-neschastnyh-sluchaya-so>. – Дата доступа: 15.11.2019.
6. Постановление Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь 30 декабря 2008 г. N 211/39 «Об утверждении межотраслевых правил по охране труда в лесной, деревообрабатывающей промышленности и в лесном хозяйстве»

УДК 637.11

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КЛАПАНА В КОЛЛЕКТОРЕ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА

П. Ю. КРУПЕНИН, канд. техн. наук, доцент
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Доение коров не только наиболее трудоемкая технологическая операция на молочно-товарных предприятиях, но также и единственная, которая в полной мере соответствует определению системы «человек – машина – животное» [1]. Одним из направлений повышения эффективности этой системы является улучшение условий деятельности

операторов машинного доения [2]. Однако сложность современных технологических и технических элементов процесса машинного доения увеличивает нагрузку на операторов, снижает эффективность их работы и, как следствие, повышает вероятность возникновения отклонений от стандартов выполнения ручных операций при машинном доении коров. При этом оператор машинного доения по-прежнему остается ключевым элементом этой системы и его действия оказывают непосредственное влияние на безопасность и уровень стресса животных. В связи с этим производители доильного оборудования активно разрабатывают и внедряют новые технические решения с целью облегчения условий труда операторов машинного доения и предотвращения человеческих ошибок при выполнении ручных операций при доении коров.

Одним из таких решений является коллектор доильного аппарата *IQ*, получающий все более широкое распространение на территории Республики Беларусь в доильном оборудовании производства компании *GEA Farm Technologies*. Благодаря четырехкамерной конструкции с запорными клапанами коллектор *IQ* предотвращает избыточное поступление воздуха в систему транспортирования молока при надевании доильных стаканов на соски. Такое конструктивное решение облегчает условия труда операторов машинного доения, поскольку им более не требуется вручную пережимать молочные трубки, соединяющие коллектор с доильными стаканами, при надевании последних на соски вымени.

Ввиду того что доильный аппарат *IQ* является сравнительно новым оборудованием, в научно-методической литературе отсутствует методика обоснования параметров его уникального коллектора. Следует признать, что этот факт существенно ограничивает возможности глубокого изучения принципов работы современного доильного оборудования студентами и магистрантами инженерных специальностей.

Доильный аппарат с четырехкамерным коллектором и запорными клапанами устроен таким образом, что молоко, выдаиваемое из различных долей вымени, смешивается только на выходе из коллектора. Иными словами, такой доильный аппарат состоит из 4 независимых линий, каждая из которых обеспечивает выдаивание отдельной доли вымени. Такая линия (рис. 1) включает двухкамерный доильный стакан 1, подключаемый при помощи молочной трубки 2 к камере 4 коллектора. Все четыре камеры коллектора в свою очередь соединены с отводным патрубком 7.

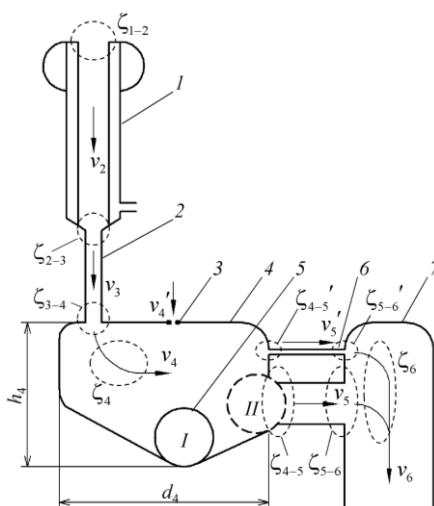


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема доильного аппарата с четырехкамерным коллектором:

1 – доильный стакан; 2 – молочная трубка; 3 – калиброванное отверстие; 4 – камера коллектора; 5 – шарик; 6 – перепускной канал; 7 – отводной патрубок

Принцип работы доильного аппарата заключается в следующем. Подключение патрубка 7 к вакуумметрическому давлению в системе транспортирования молока доильной установки приводит к всасыванию значительного объема атмосферного воздуха в аппарат через открытое отверстие стакана 1. Образующийся при этом высокоскоростной поток воздуха в камере 4 перемещает шарик 5 клапана из открытого положения I в закрытое II, отключая тем самым доильный стакан 1 от разрежения в патрубке 7. Надевание оператором стакана на сосок вымени герметизирует систему, давление в патрубке 7 и камере 4 выравнивается посредством перепускного канала 6, шарик 5 клапана опускается в открытое положение I, и в подсосковую камеру доильного стакана поступает разрежение из системы транспортирования молока. В случае сбрасывания животным с вымени одного или нескольких стаканов доильного аппарата интенсивный поток воздуха, всасываемого через открывшееся отверстие стакана, приводит к срабатыванию шарикового клапана, который отключает свалившийся стакан от разрежения в молокопроводе.

При спадании доильного стакана перевод шарика 5 из положения I в закрытое II происходит за счет действия на него высокоскоростного потока воздуха, поступающего в камеру 4 коллектора из молочной трубки 2.

При допущении, что вектор силы лобового сопротивления F_v направлен параллельно траектории движения шарика, условие равновесия последнего запишется в виде:

$$F_v - mg \sin \beta = ma, \quad (1)$$

где m – масса шарика, кг;

a – ускорение шарика, м/с^2 ;

β – угол наклона дна камеры коллектора, рад.

При равноускоренном движении шарика время его перемещения из положения I в закрытое состояние II может быть рассчитано по зависимости:

$$t_3 = \sqrt{\frac{2l_3}{a}} = \sqrt{\frac{2l_3 m}{F_v - mg \sin \beta}}, \quad (2)$$

где l_3 – путь, проходимый шариком из положения I в положение II , м.

Сила лобового сопротивления определяется выражением [3]:

$$F_v = C_x S \frac{v_{43}^2}{2} \rho_p, \quad (3)$$

где C_x – коэффициент лобового сопротивления шарика;

S – площадь проекции шарика на плоскость, перпендикулярную направлению движения, м^2 ;

v_{43} – скорость воздушного потока в осевом сечении камеры коллектора, м/с^2 ;

ρ_p – плотность разреженного воздуха в коллекторе, кг/м^3 .

Скорость v_{43} может быть определена из соотношения:

$$v_{43} = \frac{Q_3}{d_4 h_4}, \quad (4)$$

где Q_3 – расход воздуха через доильный стакан при его спадании с вымени, $\text{м}^3/\text{с}$;

d_4, h_4 – диаметр и высота камеры коллектора, м.

С учетом того, что $Q_3 = v_{63} S_6$, где v_{63} – скорость воздушного потока в отводном патрубке 7, зависимость (4) примет вид:

$$v_{43} = \frac{v_{63} S_6}{d_4 h_4}. \quad (5)$$

Скорость v_{63} может быть определена посредством математического описания движения потока воздуха в элементах доильного аппарата, выполненного с использованием уравнения Бернулли [3]. При этом

зависимость скорости v_{63} воздушного потока в отводном канале коллектора запишется в следующем виде:

$$v_{63} = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_6)}{\rho_p \left(\alpha + \zeta_{1-2} \frac{S_6^2}{S_2^2} + \zeta_{2-3} \frac{S_6^2}{S_3^2} + (\zeta_{3-4} + \zeta_4) \frac{S_6^2}{S_4^2} + \zeta_{4-5} \frac{S_6^2}{S_5^2} + \zeta_{5-6} + \zeta_6 \right)}}, \quad (6)$$

где p_1 – атмосферное давление воздуха, Па;

p_6 – давление воздуха в отводном патрубке, Па;

α – коэффициент кинетической энергии потока [3];

ζ_{1-2} , ζ_{2-3} , ζ_{3-4} , ζ_4 , ζ_{4-5} , ζ_{5-6} , ζ_6 – коэффициенты местных сопротивлений согласно схеме доильного аппарата на рис. 1;

S_2 , S_3 , S_4 , S_5 , S_6 – площадь поперечного сечения сосковой резины, молочной трубки, камеры коллектора, перепускного канала и отводного патрубка соответственно, м².

После подстановки параметров из формул (3–6) в выражение (2) и последующего расчета времени t_3 установлено, что при использовании стального шарика массой $m = 0,003 \dots 0,005$ кг и угле наклона дна камеры коллектора $\beta = 0,35 \dots 0,52$ рад ($20 \dots 30^\circ$) в случае спадания доильных стаканов с сосков вымени срабатывание (закрытие) клапана коллектора будет обеспечено в пределах $0,1 \dots 0,6$ с, что вполне удовлетворяет требованиям к доильному оборудованию.

Предложенная математическая модель позволяет выполнять обоснование конструктивных параметров клапана четырехкамерного коллектора доильного аппарата по времени срабатывания (закрытия) клапана при случайном спадании доильного стакана с соска вымени при доении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов, А. Н. Исследование сосковой резины доильных аппаратов в динамическом режиме / А. Н. Козлов, А. И. Тимирбаева // Вестн. Красноярского гос. аграрн. ун-та. – 2014. – № 1. – С. 136–140.
2. Яковенко, Т. П. Повышение технологической надежности оператора путем совершенствования условий труда в системе «человек – машина – животное»: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Т. П. Яковенко. – Оренбург, 2003. – 24 с.
3. Чугаев, Р. Р. Гидравлика / Р. Р. Чугаев. – Ленинград: Энергия, 1975. – 600 с.

БЕЗОПАСНОСТЬ ПРОВЕДЕНИЯ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ

О. В. МАЛАШЕВСКАЯ, ст. преподаватель
А. С. АЛЕКСЕЕНКО, канд. техн. наук, доцент
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Выполнение погрузочно-разгрузочных работ относится к числу работ с повышенной опасностью. Соответственно, к их выполнению должны допускаться лица, прошедшие медицинский осмотр, обучение, инструктаж и проверку знаний по вопросам охраны труда. На практике эти требования часто не соблюдаются как должностными лицами организаций, так и самими работниками. Нарушения приводят к случаям производственного травматизма с тяжелыми последствиями. По данным Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, порядка 7 % от общего числа потерпевших в результате несчастных случаев с тяжелыми последствиями получили травмы при выполнении погрузочно-разгрузочных работ. Обстоятельства и причины несчастных случаев свидетельствуют об отсутствии должного внимания соблюдению технологии производства погрузочно-разгрузочных работ [1].

Основная часть. При выполнении погрузочно-разгрузочных работ должны выполняться требования Правил по охране труда при выполнении строительных работ. Транспортные средства и оборудование, применяемые для погрузочно-разгрузочных работ, должны соответствовать характеру перерабатываемого груза.

Площадки для погрузочных и разгрузочных работ должны быть спланированы, а их размеры и покрытие – соответствовать проекту производства работ. В соответствующих местах необходимо установить надписи: «Въезд», «Выезд», «Разворот».

Спуски и подъемы в зимнее время должны очищаться от льда и снега и посыпаться песком или шлаком.

Эстакады, с которых разгружаются сыпучие грузы, должны быть оборудованы указателями допустимой грузоподъемности, а также должны ограждаться с боковых сторон и оборудоваться колесоотбойными брусками.

На площадках для погрузки и выгрузки тарных грузов (тюков, бочек, рулонов) должны быть устроены платформы, эстакады, ramпы высотой, равной уровню пола кузова автомобиля.

Движение автомобилей на территории строительной площадки, погрузочно-разгрузочных площадках и подъездных путях к ним должно регулироваться общепринятыми дорожными знаками и указателями.

При размещении автомобилей на погрузочно-разгрузочных площадках расстояние между автомобилями, стоящими друг за другом (в глубину), должно быть не менее 1 м, а между автомобилями, стоящими рядом (по фронту), – не менее 1,5 м.

Если автомобили устанавливают для погрузки или разгрузки вблизи здания, то между зданием и задним бортом автомобиля (или задней точкой свешиваемого груза) должен соблюдаться интервал не менее 0,8 м.

Расстояние между автомобилем и штабелем груза должно быть не менее 1 м.

Погрузочно-разгрузочные работы должны выполняться, как правило, механизированным способом при помощи подъемно-транспортного оборудования и под руководством руководителя работ, назначенного приказом руководителя организации, ответственного за безопасное производство погрузочно-разгрузочных работ.

При организации работ, связанных с подъемом и перемещением грузов вручную, необходимо учитывать параметры, характеризующие тяжесть и напряженность труда, установленные санитарными нормами и правилами. Организациями или индивидуальными предпринимателями, применяющими грузоподъемные машины, должны быть разработаны способы правильной строповки и зацепки грузов, которым должны быть обучены стропальщики и машинисты грузоподъемных машин.

Схемы строповки и зацепки, а также перечень основных перемещаемых грузов с указанием их массы должны быть выданы на руки стропальщикам и машинистам кранов и вывешены в местах производства работ.

В местах производства погрузочно-разгрузочных работ и в зоне работы грузоподъемных машин запрещается нахождение работающих, не имеющих непосредственного отношения к этим работам.

Запрещается присутствие людей и передвижение транспортных средств в зонах возможного обрушения и падения грузов.

В случаях неодинаковой высоты пола кузова автомобиля и платформы должны применяться трапы.

Перед погрузкой или разгрузкой панелей, блоков и других сборных железобетонных конструкций монтажные петли должны быть осмотрены, очищены от раствора или бетона и при необходимости выправлены без повреждения конструкции. Способы строповки грузов должны исключать возможность падения или скольжения груза после его строповки. Установка (укладка) грузов на транспортные средства должна обеспечивать устойчивое положение груза при его транспортировании и разгрузке.

При выполнении погрузочно-разгрузочных работ не допускается строповка груза, находящегося в неустойчивом положении, а также исправление положения элементов строповочных устройств на при-

поднятом грузе, оттяжка груза при косом расположении грузовых канатов.

Полы и платформы, по которым перемещаются грузы, должны быть ровными и не иметь щелей, выбоин, набитых планок, выступающих гвоздей.

После окончания погрузочно-разгрузочных работ с опасными грузами места производства работ, подъемно-транспортное оборудование, грузозахватные приспособления и средства индивидуальной защиты должны быть подвергнуты санитарной обработке в зависимости от свойств груза.

Баллоны следует перемещать только на специальных носилках или на тележках, а бутылки с кислотой или другими опасными жидкостями – в плетеных корзинах. Подъем этих грузов на высоту производится в специальных контейнерах, подъем их вручную запрещается. При перемещении баллонов со сжатым газом, барабанов с карбидом кальция, а также материалов в стеклянной таре необходимо принимать меры для избежания толчков и ударов.

Запрещается переносить и перевозить баллоны с кислородом совместно с жирами и маслами, а также с горючими и легковоспламеняющимися жидкостями.

Тяжелые штучные материалы, а также ящики с грузами следует перемещать при помощи специальных приспособлений.

Погрузочно-разгрузочные работы с катучими грузами (барабаны с кабелем) следует, как правило, выполнять механизированным способом; в исключительных случаях разрешается перемещение грузов при помощи наклонных площадок или лаг с удержанием грузов канатами с противоположной стороны. Работающие при этом должны находиться с торцов перемещаемого груза.

Бочки, барабаны и рулоны разрешается грузить вручную, путем перекатывания, при условии, если пол склада находится в одном уровне с полом железнодорожного подвижного состава или кузова автомобиля [2, 3].

Заключение. Производство погрузочно-разгрузочных работ заметно модернизировалось из-за широкого применения современных машин и механизмов. Однако процент травматизма остается достаточно высоким. От уровня организации погрузочно-разгрузочных работ зависит не только их производительность, но и безопасность.

Анализ видов происшествий, повлекших несчастные случаи на производстве при выполнении погрузочно-разгрузочных работ, в том числе с использованием средств механизации, указывает, что со стороны работодателей, их организующих, и работников, их выполняющих, не соблюдаются требования безопасности, регламентируемые нормативными правовыми актами, локальными нормативными правовыми актами по охране труда, не уделяется должного внимания соблюдению технологических процессов. Со стороны работодателей

должен обеспечиваться эффективный контроль за применением работниками безопасных приемов в работе, выполнении требований, изложенных в правилах и инструкциях по охране труда.

В целях профилактики и недопущения в дальнейшем травматизма работающих при выполнении погрузочно-разгрузочных работ, в том числе с использованием средств механизации, необходимо строго соблюдать требования безопасности, регламентируемые нормативными правовыми актами, локальными нормативными правовыми актами по охране труда, уделять должное внимание соблюдению технологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. О несчастных случаях (погрузочно-разгрузочные работы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://otb.by/news/3861-o-neschastnykh-sluchaiaikh-pogruzочно-razgruzochnye-raboty>. – Дата доступа: 05.11.2018.
2. Межотраслевые правила по охране труда при проведении погрузочно-разгрузочных работ, утвержденные постановлением Совета Министров от 30.01.2016 № 73 (с изм., утв. постановлением Министерства труда и социальной защиты от 26.01.2018, № 12).
3. Правила по охране труда при выполнении строительных работ, утвержденные постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь 31.05.2019 № 24/33.

УДК 631.171

ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУПЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

К. А. МАЧЕХИН, магистр техн. наук, ст. преподаватель
В. М. КИБУК, инженер

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

Введение. В связи с подорожанием энергоносителей большое значение в настоящее время приобрел вопрос снижения энергозатрат на отопление и вентиляцию ферм. Расходы на потребляемую энергию в отопительный период года (октябрь-апрель) сопоставимы с расходами на кормление животных. Поэтому вопрос снижения энергозатрат в технологических процессах формирования нормативного микроклимата в животноводческих помещениях занимает особое место. Удаление теплого воздуха из помещений без применения системы вентиляции с рекуперацией тепла приводит к огромным тепловым потерям. Для их уменьшения в системах вентиляции применяют теплообменник-рекуператор. Он использует часть отработанного и выбрасываемого тепла и возвращает его назад в помещение [3].

Основная часть. Продуктивность сельскохозяйственных животных на 50–55 % зависит от полноценного кормления, на 20–25 % – от генетических признаков и уровня селекционно-племенной работы и на 70–80 % – от условий микроклимата. При неудовлетворительном микроклимате потенциальная продуктивность животных и птиц используется лишь на 20–30 %, а срок их племенного и продуктивного использования сокращается.

Температура воздуха оказывает наибольшее влияние на продуктивность сельскохозяйственных животных и поедаемость ими корма. Ею определяется и влияние других факторов (скорости движения воздуха, влажности и др.).

Оптимальная температура для молочных коров – 6–25 °С, а минимально допустимая – 4,4 °С. Верхняя граница оптимальной температуры считается +25 °С (таблица).

Оптимальные значения температуры, влажности и содержания углекислого газа для различных видов животных

Вид животных	Температура, °С	Влажность, %	CO ₂ , г/м ³
КРС	6–25	70–85	2,5
Свиньи	12–16	70–75	2,5
Птицы	10–20	60–70	2,0
Овцы	8–15	80	3,0

Под оптимальной температурой понимают температуру, при которой животные имеют наивысшую продуктивность при наименьшем расходе корма (рис. 1).

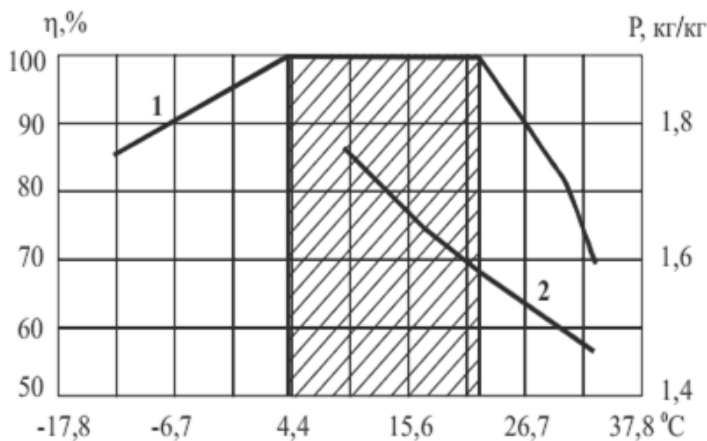


Рис. 1. Влияние температуры окружающей среды на удои в % к нормальной продуктивности (1) и на расход условного корма (2)

Важным направлением экономии энергоресурсов в животноводстве является утилизация тепла, содержащегося в воздухе животноводческих помещений. Тепловыделения животных составляют приблизительно 4,3 млн. т. у. т. в год, причем 0,3 млн. т. образуется летом и должно быть удалено из помещения посредством вентиляции, а теплота, эквивалентная 4 млн. т. у. т. получается в зимний и переходный периоды года и может быть использована на обогрев помещений.

Степень покрытия дефицита мощности на обогрев животноводческих помещений с помощью теплоутилизации зависит от их назначения и климатических условий. В северных районах нашей страны для коровников этот дефицит может быть покрыт на 40–50 %, т. е. использование теплоутилизаторов представляет собой значительный источник сокращения затрат электроэнергии на теплоснабжение животноводческих помещений [1].

Рециркуляция воздуха в системах вентиляции представляет собой смешение некоторого количества отработанного (вытяжного) воздуха к приточному потоку. Благодаря этому достигается снижение затрат энергии на нагрев свежего воздуха. Рекуперация тепла в вентиляции – это способ передачи тепловой энергии от потока отработанного воздуха к потоку приточного. Рекуперация применяется при наличии разности температур между удаляемым и приточным воздухом для повышения температуры свежего воздуха. Основным отличием рекуперации от рециркуляции является отсутствие подмешивания воздуха из помещения к наружному. Рекуперация тепла применима для большинства случаев, в то время как рециркуляция имеет ряд ограничений [4].

Распространение получила энергосберегающая система воздухообмена в животноводческом помещении, в которой теплообмен между приточным и удаляемым воздухом осуществляется через стенки труб, без использования промежуточного теплоносителя. Она содержит два приточных и вытяжной вентиляторы, приточный и вытяжной воздухопроводы с влаговывпускными отверстиями. Приточные вентиляторы установлены с противоположных концов приточного воздухопровода, внутри которого с сопряжением установлен вытяжной воздуховод. Последний соединен с вытяжным вентилятором и вытяжными шахтами. С приточным воздухопроводом с помощью переходного патрубка соединен раздающий воздухопровод с воздуховывпускными отверстиями. Для увеличения поверхности теплообмена приточный воздухопровод с установленным в нем вытяжным воздухопроводом выполняют из нескольких параллельных, соединенных между собой в виде гребенки воздухопроводов. Раздающих воздухопроводов также несколько, в зависимости от рядов скотомест в помещении.

Приточные вентиляторы подают холодный наружный воздух в приточный воздуховод. Одновременно вытяжной вентилятор подает

теплый влажный воздух из верхней зоны помещения в вытяжной воздуховод. Обтекая поверхность труб с холодным воздухом, теплый влажный воздух отдает часть тепловой энергии приточному воздуху и через шахты удаляется в атмосферу. При этом на внутренних поверхностях труб с теплым воздухом и на наружных поверхностях труб с холодным воздухом происходит конденсация водяных паров, в результате этого выделяется скрытая тепловая энергия парообразования, которая также подогревает приточный воздух. Приточный воздух, выходя из приточного воздуховода через переходный патрубок, поступает в раздающий воздуховод, а затем через отверстия – в помещение. Конденсат вытекает из воздуховода через отверстия в лотки, установленные под воздуховодом, и удаляется из помещения, что повышает эффективность теплообмена. В результате теплообмена происходит подогрев приточного воздуха, а также охлаждение и осушение удаляемого воздуха [4].

Использование такой системы вентиляции позволяет производить воздухообмен в помещениях даже без подогрева приточного воздуха, независимо от температуры наружного воздуха, так как интенсивность конденсации влаги увеличивается при понижении температуры поверхности приточного воздуховода, при этом подача приточных вентиляторов принимается из условия удаления вредных веществ (CO_2 , NH_3), а не из условия удаления избытков влаги, следовательно, подача воздуха уменьшается, например, для помещений крупного рогатого скота – примерно на 30 %, что расширяет эксплуатационные возможности данной системы вентиляции [2].

Заключение. Применение установок с рекуператором обусловлена созданием оптимального микроклиматического режима и экономии ресурсов на энергосбережении, отклонение параметров микроклимата от установленных пределов приводит к сокращению удоев молока на 10–20 %, приросту живой массы – на 20–33 %, увеличению отхода молодняка до 5–40 %, расходу дополнительного количества кормов, сокращению срока службы оборудования, машин и самих зданий, снижению устойчивости животных к заболеваниям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амерханов, Р. А. Решение задачи воздухообмена в животноводческом помещении: Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве / Р. А. Амерханов, К. А. Гарькавый. – Ч. 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2003. – С. 380–385.
2. Ахундов, Д. С. Микроклимат животноводческих помещений и энергосбережение / Д. С. Ахундов, Д. Н. Мурусидзе, А. И. Чугунов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1997. – № 12. – С. 9–13.
3. Бородин, И. Ф. Энергосберегающие технологии формирования оптимального микроклимата в животноводческих помещениях / И. Ф. Бородин, С. П. Рудобашта,

В состав фракции в основном входят непереваренные части кормов, таких, как кукуруза, силос и сено. Но у твердой фракции имелись недостатки в виде достаточно высокой влажности и наличия бактерий, вызывающих заболевания коров.

Для устранения этих недостатков разработана ФСУ – фильтровально-сушильная установка. Подстилка из ФСУ по органолептическим показателям – это бурое вещество, рассыпчатое, хорошо впитывающее воду и не прилипающее к рукам, с запахом земли. В процессе использования подстилки происходит ее истирание и растворение в жидких стоках, поэтому накопление ее не происходит [1].

Солома. На белорусских фермах животных содержат на органической подстилке – соломе, опилках, а также песке. Они обладают рядом преимуществ – теплое место для отдыха, естественная среда для животных, материал недефицитен, очень низкая стоимость.

Наибольшее распространение получил подстилочный материал в виде соломы. При наличии соломы с точки зрения инвестиционных затрат и эксплуатационных расходов данной технологии альтернативы нет.

Проводили эксперимент: коровам предлагали на выбор несколько боксов с разными подстилками, и выяснилось, что животным больше нравится соломенная подстилка, потому что она более комфортна.

Преимуществами использования соломы являются ее способность поглощать влагу в течение суток, в отличие от опилок и песка, которые напитываются влагой уже в течение первого часа. Экономически выгодно применять соломенную подстилку не в рассыпном виде, а в виде прессованных и рулонированных материалов. Причем их желательно измельчать, что позволит механизировать процесс внесения подстилки и последующую работу с навозом, снизить объемы хранения подстилки. С увеличением длины резки соломы ее влагопоглощающие свойства увеличиваются, однако для облегчения последующей работы с навозом и его аэрации рекомендуется измельчать стебли соломы до 8–10 см.

Из всех подстилочных материалов лучшими считают озимую солому. Озимая солома обеспечивает теплое, чистое и сухое ложе для животных, увеличивает количество навоза и улучшает его качество. Причем излишнее ее количество делает навоз соломистым. Солому в качестве подстилки используют без предварительного измельчения, но лучше ее измельчать. Хорошая злаковая солома светлая, блестящая, упругая; долголежавшая – ломкая, пыльная, часто с пряным запахом [1].

Опилки. Из применяемых подстилок имеют значение также сухие опилки. Опилки очень влагоемки, но ценность их как удобрений весьма низка.

Влажные опилки не поглощают мочи и холодны. Лучшие опилки сосновые и еловые, но не смолистые, так как они пачкают кожу, прилипают к шерсти, а при заглатывании у лошадей вызывают колики. Кроме того, у лошадей опилки забиваются в копытные борозды и в щели между подошвой и ветвями подковы, в результате чего отмечают заболевание копыт. Поэтому в конюшнях использовать опилки нежелательно.

Для овец опилки совершенно непригодны. Сухие опилки пригодны в качестве подстилки крупному рогатому скоту и свиньям.

Песок. В теплом климате широко применяется в качестве органической подстилки песок. Песок не имеет преимуществ, кроме простоты его внесения в логово животного.

Анализ подстилочного материала показывает, что разные типы подстилки имеют определенные преимущества и недостатки.

Таким образом, применение песка в качестве подстилочного материала по влагоемкости, теплопроводности, возможности получения качественного удобрения имеет низкие показатели [2].

Ниже приведем сравнительный анализ недостатков различных подстилочных материалов и приведем их в виде таблицы.

Недостатки различных подстилочных материалов

Подстилочный материал	Недостатки
Резиновые маты	Необходимость покрытия ими больших пространств; достаточно высокая стоимость; необходимость их замены через определенный период времени; влажные маты и матрасы без подстилки способствуют размножению бактерий и развитию болезней у животных; в зимний период маты могут обмерзать
Опилки	Опилки, которые были произведены не из сухого дерева или долго хранились, при их использовании в качестве подстилки плохо впитывают влагу; при внесении в почву повышается фенольный фон, что снижает качество кормов; в опилки может попадать песок, что сокращает срок эксплуатации насосов по перекачке и внесению навоза на поля
Твердая фракция навоза	Наличие бактерий, вызывающих заболевание коров маститом и др.; достаточно высокая влажность
Песок	Большая трудоемкость внесения, уборки и замены; в зимний период замерзает
Солома	Резко увеличивается количество навоза; наличие посторонних предметов может нанести травму животным; заиливаются лагуны

Вывод. Таким образом, подстилка нового поколения должна соответствовать следующим показателям:

1. Должна быть всегда в наличии.
2. Производство подстилки должно быть рентабельным.
3. В ней не должны присутствовать и размножаться болезнетворные микробы.
4. Должна легко впитывать в себя влагу, навоз.
5. Должна быть достаточно мягкой и удобной для лежания и не прилипать к коровам.
6. Должна быть рассыпчатой для удобства укладки подстилки и уборки загрязненной части. Иметь низкую трудозатратность внесения, уборки или замены.
7. Должна обладать низкой теплопроводностью для отдыха коров в осенне-зимний период.
8. В зимний период подстилка не должна замерзать и становиться скользкой. Коровы должны легко вставать и передвигаться.
9. Не должна иметь травмоопасных включений: камней, металла и т. д.
10. Должна быть всегда доступна и быть в наличии – для уменьшения площадей складов хранения, транспортных расходов и расходов по приобретению.
11. Должна быть удобной для дальнейшей переработки подстилки и навоза.

Этим показателям полностью соответствует подстилка, производимая с помощью шнековых сепараторов, твердая фракция навоза. Это перспективное направление для применения «нового» вида подстилки, а также качественно новое направление утилизации навоза. Применение в качестве подстилки переработанного навоза позволит сократить трудовые и денежные затраты животноводческого комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Подстилка для коров. Сравнение различных типов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ecostar.by/index.php/articles.html?id=108:podstilka-dlya-korov-sravnenie&catid=1/> свободный. – Дата доступа: 15.10.2019.
2. Подстилка и подстилочный материал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/14813-aminokislotnyy-balans/> свободный. – Дата доступа: 12.11.2019.
3. Официальный сайт Lely Compedes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lely.com/ru/solutions/housing-and-caring/compedes/> свободный. – Дата доступа: 10.11.2019.

ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МЯСНОГО ПОДКОМПЛЕКСА

А. В. МЕЛЕХОВ, ст. преподаватель

К. С. ЗИНЕВИЧ, инженер

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

Введение. Актуальность темы исследования. Проблема обеспечения продовольственной безопасности Республики Беларусь, основными направлениями которой являются снабжение населения качественными продуктами питания и защита отечественных производителей от бесконтрольных поставок импортного продовольствия, имеет первостепенное значение. Особое место в решении этой задачи принадлежит мясному подкомплексу.

Цель и задачи исследования. Целью научной статьи является разработка на основе теоретико-методологических и аналитических исследований рекомендаций по совершенствованию организации и повышению эффективности функционирования мясного подкомплекса в условиях рыночных отношений.

В качестве объекта исследования выбраны сельскохозяйственные, мясоперерабатывающие и торговые предприятия Могилевской области.

Предметом исследования являются теоретико-методологические основы формирования и эффективного функционирования мясного подкомплекса, анализ и диагностика его хозяйственно-финансовой деятельности с выявлением соответствующих резервов, организационно-экономическое обоснование приоритетных направлений совершенствования организации и повышения эффективности производства продукции на предприятиях объекта исследования при минимально возможных затратах труда и средств.

Основная часть. Производство мяса КРС значительно эффективней на комплексах, нежели на других видах предприятий. Объяснением тому служит эффект масштаба производства, проявляющийся в высоком уровне механизации, наличии квалифицированных специалистов и в других показателях.

Для повышения эффективности сельскохозяйственным предприятиям рекомендуется входить в кооперативно-интеграционные объединения, так как агропромышленная интеграция является объективной необходимостью создания эффективной национальной продовольственной системы, которая формируется по географическому принци-

пу в условиях обостряющейся конкуренции, ограниченности собственных экономических ресурсов и малоемкого внутреннего аграрного рынка, базируется на индустриализации агропромышленного производства и является более высокой степенью сельскохозяйственной кооперации.

На современном уровне развития животноводства в стране первостепенное значение имеет не столько наращивание вложений в основное средство производства животных в виде селекционной работы, сколько повышение качества и рациональное использование ресурсов, важнейшими из которых являются корма, улучшение условий содержания животных, повышение технологической и производственной дисциплины, ответственности исполнителей, а также выявление и исправление нарушений в технологи воспроизводства стада.

Основным источником роста продукции животноводства является повышение уровня кормления и эффективности использования кормов, улучшение возрастного и породного состава стада, а также условий содержания животных.

Повышение прибыли от производства говядины достигается путем более продолжительного в течение года использования пастбищ и применения ресурсосберегающих технологий.

Важным фактором увеличения продуктивности животных является повышение качества кормов и в первую очередь их энергетической и протеиновой питательности и сбалансированности. Качество кормов зависит от способов и сроков их заготовки и хранения, технологии приготовления к скармливанию.

Заключение. 1. Проблема обеспечения продовольственной безопасности Республики Беларусь имеет первостепенное значение. Рациональное ее решение связано с повышением эффективности функционирования отраслей и производств, входящих в состав АПК. Среди них особое место занимает мясной подкомплекс, сложная производственно-экономическая система (совокупность вертикально интегрированных отраслей с многоаспектными функциями), обеспечивающая производство, переработку и реализацию высококачественной продукции установленного ассортимента при минимально возможных затратах труда и средств.

2. В современных условиях функционирование мясного подкомплекса должно основываться на создании оптимальной рыночной структуры и установлении равновыгодных экономических отношений между его отраслями. При этом решающую роль следует отводить процессам кооперации и агропромышленной интеграции, соблюдению принципа долгосрочной самоокупаемости, что обуславливает объективную необходимость государственного регулирования и поддержки хозяйствующих субъектов.

3. Решающее значение для роста производства продукции животноводства имеет совершенствование организации воспроизводства стада и кормовой базы. С этой целью нами разработан оптимальный вариант структуры посевных площадей, в котором предусмотрено увеличение посевов зерновых на фураж, многолетних бобовых трав на сенаж, кормовых корнеплодов, что позволит значительно снизить расход концентратов (10–15 %) и повысить экономическую эффективность выращивания и откорма молодняка сельскохозяйственных животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агирбов, Ю. И. Экономические проблемы агропромышленного и регионального плодовоощного производства в условиях перехода к рынку / Ю. И. Агирбов. – М.: Изд-во МСХА, 2014. – 252 с.
2. Анализ производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий с применением экономико-математических методов. – М.: Колос, 2008. – 256 с.
3. Ахмадеев, А. М. Проблемы кооперации в мясном подкомплексе АПК / А. М. Ахмадеев. – Уфа, 2017. – 149 с.
4. Ахметов, Р. Г. Эффективность и устойчивость кормопроизводства / Р. Г. Ахметов. – М.: МСХА, 2009. – 123 с.
5. Баканов, В. Н. Кормление сельскохозяйственных животных / В. Н. Баканов. – М.: Агропромиздат, 2013. – 511 с.

УДК 637.11

СНИЖЕНИЕ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ МОЛОКА ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ МОЛОЧНОГО НАСОСА

С. А. КОСТЮКЕВИЧ, канд. с.-х. наук, доцент
Е. В. ДУБРОВСКИЙ, студент 3-го курса,
агромеханического факультета
УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Молоко – это сложная многокомпонентная система, в состав которой входят белки, жир, вода, минеральные вещества, витамины и другие компоненты.

Молоко и продукты его переработки являются неотъемлемой частью питания человека из-за высокой концентрации питательных веществ, которые необходимы организму.

Молоко и его составные части с момента доения до получения готовой молочной продукции подвергается разнообразным воздействиям. Постоянно увеличивающаяся доля механизации и автоматизации

технологических процессов обработки первичного продукта и получения молочной продукции приводит к повышению механической нагрузки, прежде всего гидродинамического характера.

Молоко испытывает неизбежные механические воздействия при протекании по трубопроводам и перекачивании насосами. К преднамеренным механическим воздействиям относятся: сбивание, центрифугирование, перемешивание, гомогенизация. Одним из первичных последствий перечисленных механических воздействий является пенообразование. В то время как различные комбинированные продукты питания со взбитой структурой должны обладать стойкой пеной. Образование пены при транспортировке и технологических процессах отрицательно сказывается на качестве продуктов, вырабатываемых из молока.

Молоко склонно к пенообразованию. Обильное пенообразование снижает эффективность ряда технологических процессов (транспортировку, сепарирование, розлив и др.) [1, с. 100]. Пенообразование изменяет жировые и белковые части молочных продуктов; возможно одновременное как укрепление, так и разрыв жировых и раздробленных жировых и белковых частиц [2, с. 299].

Основная часть. Особое распространение при транспортировке молока получили лопастные и дисковые центробежные насосы. Это обосновано тем, что центробежные насосы имеют ряд преимуществ, таких, как компактность, простота устройства, легкость сборки и разборки, доступность мойки.

Лопастные центробежные насосы делят на однолопастные с прямыми лопатками и многолопастные с лопатками, загнутыми назад. Центробежное колесо состоит из двух дисков, между которыми, соединяя их в единую конструкцию, находятся лопасти, плавно изогнутые в сторону, противоположную направлению вращения колеса. При вращении колеса на каждую частицу жидкости, находящейся внутри колеса, действует центробежная сила, прямо пропорциональная расстоянию частицы от центра колеса и квадрату угловой скорости вращения колеса. Под действием этой силы жидкость выбрасывается в напорный трубопровод из рабочего колеса, создается разрежение, а в периферийной его части – повышенное давление [2, с. 36].

Цель исследования – снижение пенообразования молока в процессе транспортировки по молокопроводу путем модернизации молочного насоса ЦНС-13-70.

Движение жидкости по всасывающему трубопроводу происходит вследствие разности давлений над свободной поверхностью жидкости в приемном резервуаре и в центральной области колеса, где имеется разрежение.

Привод насоса осуществляется от электродвигателя, соединенного непосредственно с насосом.

Многолопастные центробежные насосы имеют более высокий коэффициент полезного действия, их применяют для нагнетания жидкости на относительно небольшую высоту. Напор, создаваемый ими, не превышает 5...10 м, но при этом лопастная форма рабочего колеса насоса вызывает сильное вспенивание.

В герметичном насосе дискового типа давление на нагнетании создается рабочим органом в виде параллельно расположенных дисков, которые перемещают продукт, используя силы пограничного слоя и вязкостного сопротивления [3, с. 87].

Создаваемый ими напор достигает 30 м и более. Коэффициент полезного действия дисковых насосов выше, чем у лопастных насосов, и колеблется в пределах 0,3...0,5.

Для уменьшения пенообразования молока при его транспортировке по молокопроводу и одновременного повышения напора нами предлагается в корпус лопастного центробежного многосекционного насоса добавить еще одну секцию, в которой будет размещено дисковое рабочее колесо, следовательно, измениться конструкция вала насоса.

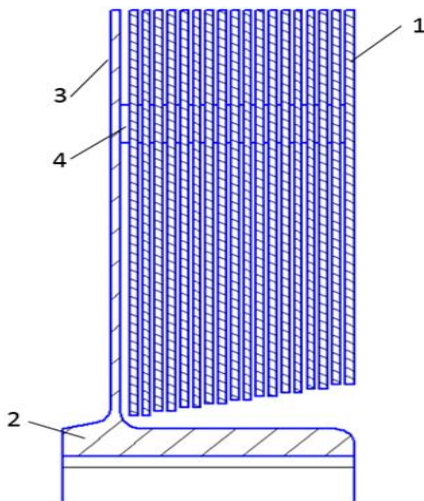


Рис. 1. Разрез дискового рабочего колеса:
1 – диск; 2 – втулка; 3 – ведущий диск; 4 – винт

Конструкция дискового рабочего колеса представляет собой (рис. 1): ведущий диск 3 с 4 винтами 4, втулку со шпоночным пазом 2, и набор дисков с изменяющимся внутренним диаметром 1 и дистанци-

онных шайб, которые обеспечивают рабочий зазор между дисками. Материал деталей – пищевая нержавеющая сталь 12Х18Н10.

Рабочее колесо вращается и приводит в движение молочную жидкость, находящуюся между лопастями. Возникает центробежная сила, в результате действия которой жидкость от центра рабочего колеса перемещается к выходу и далее через направляющие на вход следующего колеса. Жидкость подводится к центральной части дискового колеса. За счет сил пограничного слоя и трения энергия от дисков передается частицам жидкости молока, которые разгоняются и в результате действия центробежной силы отбрасываются к периферии рабочего колеса – в спиральный отвод. За счет этого освободившееся пространство снова заполняется жидкостью, поступающей из всасывающего трубопровода под действием давления. Так, жидкость переходит с одного колеса на другое с увеличением давления жидкости на каждой ступени.

Уменьшение пенообразования молока происходит из-за того, что дисковое рабочее колесо может работать при более низких давлениях на входе, чем лопастные рабочие органы. Это объясняется тем, что при обтекании входных кромок дисков вследствие малой скорости обтекания возникает меньшее разрежение, чем при обтекании лопаток.

Также следует отметить, что дисковые рабочие органы менее шумные и имеют малый уровень пульсации, что улучшает качество транспортировки молока по молокопроводу.

Заключение. В результате модернизации насоса для транспортировки молока ЦНС-13-70 снижается пенообразование молока, так как предложенное дисковое рабочее колесо работает при более низких давлениях на входе, чем лопастные рабочие органы. При обтекании входных кромок дисков вследствие малой скорости их обтекания возникает меньшее разрежение, чем при обтекании лопаток насоса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жданов, В. А. Исследование процесса пенообразования молока: автореф. дис. ... канд. техн. наук / В. А. Жданов; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2000. – 133 с.
2. Китун, А. В. Машины и оборудование в животноводстве: учебник / А. В. Китун, В. И. Передня, Н. Н. Романюк. – Минск: БГАТУ, 2019. – 504 с.
3. Мисюра, В. И. Дисковые насосы / В. И. Мисюра, Б. В. Овсянников, В. Ф. Присяжков. – М.: Машиностроение, 1986. – 112 с.

НЕТРАДИЦИОННЫЕ МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Е. Д. ПЕТУХОВИЧ, студент

Г. М. КУХАРЕНОК, д-р техн. наук, профессор

УО «Белорусский национальный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Двигатели внутреннего сгорания (ДВС) в настоящее время получили широкое распространение во многих отраслях хозяйственной деятельности. Постоянный рост выпуска ДВС остро ставит проблему их качественного совершенствования, в основе которого – увеличение мощности, снижение расхода топлива, дымности и токсичности отработавших газов, улучшение эксплуатационных показателей и т. д.

Одним из направлений достижения указанной проблемы является совершенствование рабочего процесса ДВС. Схема реализации рабочего процесса базируется на традиционных двух- и четырехтактных циклах, которые практически не изменились за всю историю развития двигателей.

Поэтому во всем мире ведутся работы по новым, нетрадиционным, модифицированным рабочим циклам ДВС.

Цель работы. Изучение возможности использования нетрадиционных ДВС в качестве силовой установки в современных тракторах и автомобилях.

Материалы исследований. В двухтактных двигателях все рабочие циклы (процессы впуска топливной смеси, выпуска отработанных газов, продувки) происходят в течение одного оборота коленчатого вала за два основных такта [1, 2].

В четырехтактном двигателе рабочий цикл осуществляется за 4 хода поршня или два оборота коленчатого вала и включает следующие такты: впуск, сжатие, сгорание, расширение и выпуск.

Дополнительные такты добавляют к четырем тактам традиционного цикла с целью реализовать продолженное расширение рабочего тела или обеспечить дополнительный отвод и рекуперацию теплоты от деталей цилиндра-поршневой группы.

Пятитактный двигатель ILMOR разработан английской компанией *Ilmor Engineering* [3]. Двигатель имеет добавленный такт рабочего цикла и обеспечивает продолженное расширение. Главной задачей проекта являлось создание бензинового двигателя с высокой удельной

мощностью, не уступающего по топливной экономичности дизелям, но лишённого присущего последним недостатка в виде повышенной эмиссии оксидов азота и сажи. Три цилиндра пятитактного ДВС имеют разный диаметр. Внешние цилиндры высокого давления (ВД) малого диаметра работают по обычному четырехтактному циклу. В среднем цилиндре низкого давления (НД) большого диаметра происходит продолженное расширение газов, которое разработчики и назвали пятым тактом.

Шеститактным двигателем называют ДВС, у которого к четырем тактам традиционного цикла добавлены два дополнительных такта. Шеститактные двигатели, как правило, являются однообъемными с совершением всех тактов цикла в одном цилиндре. Во время дополнительных тактов к рабочему телу подводится теплота от нагретых поверхностей камеры сгорания, которая утилизируется на такте расширения. Американским инженером *Б. Кроуэром* разработана конструкция и изготовлены образцы двигателей, в цилиндры которых после завершения такта выпуска подается вода под давлением 15 МПа [4]. Отбирая теплоту от нагретых поверхностей камеры сгорания, вода испаряется. При ходе поршня от ВМТ к НМТ водяной пар, расширяясь, совершает полезную работу (пятый такт – паровой рабочий ход). При ходе поршня от НМТ к ВМТ (шестой такт) осуществляется выпуск отработавшего пара. Внутреннее охлаждение позволяет существенно повысить степень сжатия двигателя с искровым зажиганием, что также положительно скажется на топливной экономичности.

Двигатель *Баюласа* разработан в компании Bajulaz S. A. (Швейцария) [5, 6]. В этом двигателе реализован рабочий процесс с воспламенением от сжатия. В головке цилиндра размещены камера сгорания и камера нагрева, а также четыре клапана, два из которых управляют процессами впуска и выпуска, а два других расположены в каналах, соединяющих цилиндр с камерами сгорания и нагрева. Утилизация теплоты отработавших газов способствует повышению топливной экономичности двигателя Баюласа.

В канадской компании Revelation Power Technology разработана конструкция и изготовлены образцы *восьмитактного* двигателя, в двухцилиндровом модуле которого поршень второго (правого) цилиндра движется с запаздыванием на 90° относительно поршня первого (левого) цилиндра [7]. Первый цилиндр оснащен впускным клапаном для подачи топливно-воздушной смеси и перепускным клапаном, соединяющим первый и второй цилиндры. Второй цилиндр имеет впускной клапан для подачи воздуха и выпускной клапан для удаления

отработавших газов. Рабочий цикл двигателя осуществляется за два оборота коленчатого вала.

Двигателями с *разделенными тактами* называются такие, в которых такты рабочего цикла осуществляются в разных цилиндрах, как правило, в двух. При этом двигатель состоит из двухцилиндровых модулей. Полный рабочий цикл происходит, как правило, за один оборот коленчатого вала, хотя двигатель является четырехтактным.

В 60-х годах XX столетия профессор Ленинградского института авиационного приборостроения В. М. Кушуль предложил двигатель, в котором попарно расположенные цилиндры сообщаются между собой через тангенциальный канал [8]. Движение поршней происходит с некоторым сдвигом по фазе. Поршень второго цилиндра отстает на $22...24^\circ$ по углу поворота коленчатого вала от поршня первого, что достигается особым расположением цапфы прицепного шатуна.

Степень сжатия в первом цилиндре равна 7, как в двигателях с искровым воспламенением, а во втором – 21. При этом общая для блока из двух цилиндров степень сжатия равна 10.

В последние годы наиболее активно разрабатывает концепцию разделенного цикла фирма *Scuderi Group* (США) изобретателя К. Скудери [9]. В двигателе один цилиндр предназначен для впуска и сжатия, а второй цилиндр – для расширения (рабочего хода) и выпуска отработавших газов. Цилиндры соединяются между собой перепускным каналом с клапанами, по которому сжатая топливно-воздушная смесь поступает в рабочий цилиндр. Поршни в параллельных цилиндрах движутся с небольшим смещением по фазе (ориентировочно около 30°), обеспечивая последовательное, но почти одновременное протекание двух тактов. Когда в первом цилиндре (компрессорном) осуществляется впуск или сжатие, во втором цилиндре, соответственно, происходит расширение или выпуск.

Компания *Zajac Motors* работает над созданием концептуального двигателя [10] с отдельными функциями цилиндров, который значительно увеличивает время сгорания топлива при помощи специальной внешней камеры сгорания, попав в которую происходит сгорание топливной смеси.

Группа ученых из университетов Пиза (Италия) и Мэдисон (США) на базе двигателя с разделенным циклом разрабатывают концепцию *Homogenous Charge Progressive Combustion* (НСПС), являющуюся разновидностью рабочего процесса с самовоспламенением гомогенной смеси НССН [11]. Как и в других двигателях с разделенными тактами, в двигателе, реализующем процесс НСПС, имеются два цилиндра, в одном из которых 7 (компрессорном) осуществляются впуск и сжатие,

а в другом (рабочем) – сгорание, расширение и выпуск. Цилиндры соединены перепускным каналом, в который производится впрыск топлива несколько позже ВМТ поршня рабочего цилиндра. В это время поршень компрессорного цилиндра движется к своей ВМТ, перемещая воздушный заряд через перепускной канал в рабочий цилиндр.

Наиболее радикально процесс сгорания отделен от других *составляющих* рабочего цикла в двигателе, предложенном немецкой фирмой DIROKonstruktion [12]. В головке цилиндра двигателя *DIRO* размещен вращающийся золотник, содержащий две камеры сгорания, попеременно сообщающиеся с рабочей полостью цилиндра. Камеры сгорания с интервалом в 180° периодически соединяются с рабочей полостью цилиндра в конце такта сжатия и начале такта рабочего хода. Золотник совершает один оборот за четыре оборота коленчатого вала.

Заключение. Новым, нетрадиционным, модифицированным рабочим циклам ДВС присущ ряд серьезных недостатков, в первую очередь заключающихся в значительном усложнении конструкции, что не позволяет их внедрить в массовое серийное производство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Двигатели внутреннего сгорания теории и расчета: учеб. пособие / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок. – Горки: БГСХА, 2011. – 312 с.
2. Карташевич, А. Н. Теория автомобилей и двигателей: учеб. пособие / А. Н. Карташевич, Г. М. Кухаренок, А. А. Рудашко. – Минск: РИПО, 2018. – 307 с.
3. Пятитактный двигатель от Ilmor Engineering [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bikepost.ru/blog/engine/2441/pjatitaktnyj-dvigatel-ot-ilmor-engineering.html>. – Дата доступа: 10.01.2019.
4. Шеститактный двигатель Кроуэра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/815714>. – Дата доступа: 10.01.2019.
5. Двигатель с двумя циклами рабочего хода [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>. – Дата доступа: 10.01.2019.
6. Тер-Мкртчян, Г. Г. Двигатели внутреннего сгорания с нетрадиционными рабочими циклами: учеб. пособие / Г. Г. Тер-Мкртчян. – М.: МАДИ, 2015. – 80 с.
7. Восьмитактные двигатели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://yandex.by/images/search/>. – Дата доступа: 10.01.2019.
8. Кушуль, В. М. Знакомьтесь, двигатель нового типа / В. М. Кушуль. – Л.: Судостроение, 1966. – 18 с.
9. Двигатель Скудери [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zr.ru/content/articles/>. – Дата доступа: 10.01.2019.
10. Двигатели фирмы ZajacMotors [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autopeople.ru/news/technology/3725.html>. – Дата доступа: 10.01.2019.
11. Eight Companies Determined to Change Diesel Engines Forever [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.trucktrend.com/features/1203dp-eight-companies-determined-to-change-diesel-engines-forever/>. – Дата доступа: 10.01.2019.
12. Двигатель DIROKonstruktion [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.Diro-konstruktion.de/>. – Дата доступа: 10.01.2019.

НОВИНКИ АВТОТРАКТОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В. А. ШАПОРЕВ, аспирант

С. А. ЦУКАНОВ, студент

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

Введение. Автотракторное производство Республики Беларусь активно развивается, проводится активное внедрение новых технологий в процесс их производства, существующие модели модернизируются, все чаще на рынок поступают совершенно новые разновидности техники, которые отвечают современным требованиям [1].

Как известно, самыми крупными производителями автотракторной техники в Республике Беларусь являются такие заводы, как «Минский автомобильный завод» и «Минский тракторный завод».

Цель данной статьи заключается в исследовании рынка и проведении анализа новинок техники в сфере автотракторного производства Республики Беларусь.

Основная часть. В последние годы инженерами завода «МАЗ» была проделана большая работа по введению в производство новой продукции, которая смогла бы конкурировать с другими производителями.

Завод «МАЗ» выпустил совершенно новый седельный тягач «МАЗ-5440М9», он предназначен для перевозки различных грузов в составе автопоезда. Впервые эта модель была представлена в день 70-летия Минского автомобильного завода 8 августа 2014 года. И вот спустя 5 лет данная модель встала на конвейер. Данная модель отвечает экологическому классу «EURO-6», это первая модель, выпускаемая заводом, которая отвечает современным требованиям экологического класса [2].

Основой «МАЗ-5440М9» является скроенная из высокопрочной стали лонжеронная рама, на которой размещены все основные агрегаты и узлы (в том числе цельнометаллическая кабина на передних и задних амортизаторах). Подвеска заднего моста пневматическая четырехбаллонная, с автоматической регулировкой давления ECAS. На передней оси подвеска малолистовая рессорная. В ее основе – продольные рессоры и телескопические амортизаторы гидравлического типа. Размерность шин – 315/70R 22.5. Интегральный руль с гидроусилителем, двухконтурная пневмо-система тормозов с раздельными задним и

передним приводами и дисковыми механизмами на всех колесах, антиблокировочная система и ASR.

Топливные баки установлены слева и справа на раме автомобиля, бак слева имеет объем 700 литров, а справа – 400 литров. Аккумуляторный отсек находится в заднем свесе рамы, как и ресиверы. Седельно-сцепное устройство у «МАЗ-5440М9» отечественное и производится на заводе «Гидромаш». Светотехника на данном автомобиле установлена фирмы «HELLA».

На «МАЗ-5440М9» установлен двигатель Mercedes-Benz OM471 мощностью 475 л. с. Конструктивно Mercedes-Benz OM-471 – это шестицилиндровый рядный дизель с рабочим объемом в 12,8 литров. Грузовик легко преодолевает крутые подъемы при полной загрузке, а это 25 тонн. Также на тягаче реализована возможность торможения двигателем, это позволяет снизить нагрузку на колодки в экстренных ситуациях. Двигатель агрегатируется с роботизированной 12-ступенчатой коробкой переключения передач (КПП) Mercedes-Benz G230-12 AMT, в целом предусмотрено три типа КПП: две ручных и одна автоматическая. Ведущий задний мост также немецкого производства – гипоидный Daimler R440, производитель в дальнейшем планирует изготавливать свой собственный аналог [2].

Внешний вид кабины «МАЗ-5440М9» претерпел большие изменения. Передняя часть кабины привязана к большой ширине радиатора нового двигателя. Дизайн интерьера кабины совершенно новый и не свойственен предыдущим моделям «МАЗ», лишь только некоторые компоненты напоминают предшествующие элементы дизайна.

К достоинствам и недостаткам можно отнести следующие:

- Недостатком является тот факт, что в машине лежат импортные узлы и агрегаты, что соответственно увеличивает ее стоимость.

- Достоинством является то, что автомобиль стал первым на постсоветском пространстве магистральным седельным тягачом, с технологической точки зрения способным на равных конкурировать с аналогичной современной техникой европейских производителей.

Минский автомобильный завод представляет одну из новинок «МАЗ-281-040», которая является первым микроавтобусом, выпускаемым «МАЗ». Данная модель, как и «МАЗ-365022», является лицензионной китайской копией JAC Sunray образца 2010 года. «МАЗ-281-040» получил колесную формулу 4x2, привод задний, а кузов цельнометаллический. В салоне микроавтобуса размещается 17 посадочных мест. Данный микроавтобус оснащен силовым агрегатом JAC HFC4DE1-1D, который имеет экологический класс (EURO-5), мощность которого составляет 150 л. с. Этой же фирмы установлена коробка передач – JAC LC6T32. Передняя подвеска независимая пружинная, с поперечными рычагами, амортизаторами и стабилизатором

поперечной устойчивости; задняя подвеска зависимая рессорная, с амортизаторами и стабилизатором поперечной устойчивости. Стандартная комплектация включает: кондиционер салона; круиз-контроль; систему ABS с электронным распределением тормозных усилий в зависимости от загрузки (EBD); аудиосистему; электро-стеклоподъемники и электрозеркала; центральный замок; задний парктроник; систему экстренного реагирования при авариях «ЭРА-ГЛОНАСС». Автобус оборудован сдвижной дверью с автоматически выдвигающейся подножкой для удобного доступа в салон [3].

Новинки в сфере тракторного производства. Одной из новинок тракторного производства Республики Беларусь является трактор «BELARUS-3525». Он предназначен для работ на переувлажненных и торфяно-болотных почвах, его колесный движитель заменен на гусеничные тележки «Poluzzi» с резино-армированными гусеницами. Трактор «BELARUS-3525» был анонсирован вместе с самым мощным и энергоемким транспортом производителя и даже в таком случае сумел привлечь к себе значительную долю внимания потенциальных покупателей, заинтересованных в приобретении универсальной неприхотливой техники, которая совмещает в себе экономность и высокую производительность, а также в состоянии работать практически в любых условиях без ощутимого спада производительности. Самую важную роль играют гусеницы «Poluzzi Track System», которые трактор получил от итальянской компании.

Основным отличием от аналогичных по производительности моделей служит именно наличие гусениц, именно им производитель уделяет больше всего внимания. С особой гордостью можно отметить то, что гусеницы монтируются сразу на ступицы колес, что позволяет существенно ускорить их установку, избегая необходимости использовать какие-либо переходники. Трактор «BELARUS-3525» имеет ряд преимуществ, это высокие тяговые характеристики, низкое энергопотребление, полноценное распределение нагрузки на оси и отменная устойчивость и маневренность.

Трактор «BELARUS-3525» получил двигатель «Caterpillar C9 CPXL08.8ESK» мощностью 364 л. с., но может комплектоваться и с двигателями «CUMMINS». Коробку передач «BELARUS-3525» получил от фирмы «Full PowerShift» с числом передач вперед 36 и назад 24 передачи [4].

Также завод «МТЗ» может похвастаться еще одной новинкой, которой является трактор «BELARUS-622.5», он является логическим продолжением трактора «BELARUS-622», который выпускается на ОАО «Бобруйский завод тракторных деталей и агрегатов» с 2010 года. В отличие от серийно выпускаемой модели прототип оснащен японским 4-тактным дизельным двигателем «Yanmar» с турбонаддувом и

предкамерным впрыском, мощность которого составляет 66 л. с. Данный двигатель обеспечивает экологические показатели в соответствии с действующими в Европе стандартами «Tier IIIВ», а также высокую производительность и низкий удельный расход топлива. Помимо нового двигателя, новинка выгодно отличается от своего предшественника и интересным дизайном, отвечающим мировым тенденциям. Простота конструкции и доступность являются неотъемлемой чертой тракторов «BELARUS-622.5», поэтому разработчики оснастили трактор механической коробкой передач с 16 передачами вперед и 8 назад. При этом максимальная скорость данной модели составляет 31,8 км/ч [5].

Модель трактора «BELARUS-622.5» воплощает идеальную комбинацию тех параметров, которые в основном важны для фермера: компактные размеры трактора, оптимальная мощность двигателя, комфорт в сочетании с современным дизайном. А универсальные передняя и задняя навески, трехточечные подъемные рычаги и широкий диапазон скоростей позволяют использовать большой спектр навесного оборудования.

Заключение. Производство автотракторной техники Республики Беларусь с каждым годом выпускает на рынок довольно большое количество новых моделей тракторов и автомобилей. Качество и надежность новой техники растет в разы, внешний вид и комфортабельность заметно улучшается. Новинки автотракторной техники Республики Беларусь способны на равных конкурировать с аналогичной современной техникой европейских производителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Инновационные разработки в автотракторной технике / А. Н. Карташевич. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2007. – 244 с.
2. Машинный парк [Электронный ресурс]. – Седелный тягач «МАЗ-5440М9». – Режим доступа: <https://mpark.pro/experience/138-maz-5440m9.html>. – Дата доступа: 01.11.2019.
3. Легкие фургоны и микроавтобусы МАЗ выходят на рынок [Электронный ресурс]. – МАЗ-281-040. – Режим доступа: <https://news.dr-om.ru/68865.html>. – Дата доступа: 01.11.2019.
4. Руководство по эксплуатации трактора «BELARUS-3525». ПО «Минский тракторный завод», 2018 г.
5. Руководство по эксплуатации трактора «BELARUS-622.5». ПО «Минский тракторный завод», 2019 г.

ОБЗОР И АНАЛИЗ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук, профессор

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

Н. И. ДУДКО, канд. техн. наук, профессор

И. В. КОРОТКЕВИЧ, магистрант

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

Успешное выполнение Государственной программы возрождения и развития села неразрывно связано с проблемой повышения плодородия почв, эффективного использования земельных ресурсов, новейших достижений науки и практики.

Основой повышения почвенного плодородия, непрерывного увеличения урожайности всех сельскохозяйственных культур в настоящее время стали всесторонняя химизация и механизация сельскохозяйственного производства. Научкой и практикой доказано, что в Республике Беларусь внесение удобрений обеспечивает до 75 % прироста урожая. При этом около 60 % питательных веществ вносится в почву с минеральными удобрениями (туками). В технологической цепи применения удобрений последним звеном является их внесение и заделка в почву. При этом основными показателями, характеризующими качество выполнения технологического процесса, являются: доза внесения, неравномерность распределения, нестабильность дозы, рабочая ширина захвата машины.

Основной операцией, качество выполнения которой значительно отражается на эффективности внесения удобрений, является распределение их по поверхности почвы.

Согласно данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», эффективность твердых и жидких минеральных удобрений находится в прямой зависимости от показателя неравномерности их внесения, т. е. снижение неравномерности внесения удобрений на 1 % приводит к увеличению прибавки урожая за их счет также на 1 % и наоборот.

Показатель неравномерности распределения удобрений сверх допустимого уровня должен рассматриваться не только как причина недобора урожая сельскохозяйственных культур, но и как причина потерь самих удобрений.

Распределяющие рабочие органы машин для внесения твердых минеральных удобрений условно разделяют на бросковые метатели и штанговые. Среди всех бросковых метателей в настоящее время используются только центробежные дисковые разбрасыватели. В парке

машин для внесения твердых минеральных удобрений в сельском хозяйстве нашей страны их доля составляет почти 100 % [1].

Распределяющие рабочие органы таких машин представляют собой один или два вращающихся в горизонтальной плоскости диска с лопатками. Диски могут быть плоскими и конусными, одно- или двухъярусными, с различной формой, количеством лопаток, регулируемых как по длине, так и по углу наклона их к оси вращения либо жестко закрепленных на диске.

Принцип работы этих машин в буквальном смысле разбрасывание удобрений. Они обеспечивают «внесение» удобрений в большом диапазоне доз, просты в конструктивном исполнении, надежны в работе, имеют низкое отношение массы к массе загружаемых удобрений и низкие затраты на техническое обслуживание.

Однако центробежные машины практически не обеспечивают требуемого качества распределения удобрения из-за влияния на неравномерность внесения их многочисленных сторонних факторов, таких, как рельеф поля, направление и сила ветра, разброс (спектр) размеров частиц, сыпучести удобрений [2].

Кроме того, в значительной степени оказывает влияние на качество внесения удобрений центробежными разбрасывателями исправность энергосредства в целом и гидросистемы его в частности, а также и квалификация механизатора, что подтверждается многочисленными испытаниями [3]. Следовательно, эту группу машин, если подходить строго, нельзя признать перспективными для внесения минеральных удобрений в условиях нашей республики.

При работе штанговых машин практически исключается влияние на качество внесения удобрений неровности рельефа поля, направление и сила ветра, высота установки штанги над поверхностью поля. В отличие от центробежных разбрасывателей в штанговых машинах удобрения, поступающие из кузова (бункера), транспортируются в поперечном к движению агрегата направлении в специальных кожухах при помощи шнеков, скребковых, ленточных транспортеров или воздушного потока. Ширина захвата штанговых распределителей может достигать значительных величин.

Наиболее типичным представителем пневматических штанговых распределителей минеральных удобрений является сеялка СУ-12 (рис. 1) с шириной захвата 12 м, выполненная на базе узлов зерновой пневматической сеялки СПУ-6 с пневматическим делением потока (изготовитель – ОАО «Лидагропромаш»).

Основной недостаток сеялки СУ-12, ограничивающий ее широкое применение, – это высокая требовательность к качеству вносимых удобрений. Удобрения с влажностью, даже незначительно превышающей стандартную, налипают внутри дозировочных каналов и в пневмотукопроводах, что приводит к резкому увеличению неравномерно-

сти. В реальных же условиях почти всегда влажность удобрений выше стандартной, так как они чаще всего хранятся в ненадлежащих условиях. Кроме того, на неравномерность внесения удобрений машинами данного типа влияет длина пневмотукопроводов [4].

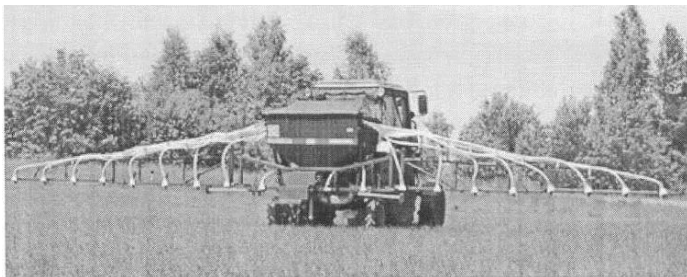


Рис. 1. Пневматический штанговый распределитель твердых минеральных удобрений СУ-12 (Беларусь)

С механическим делением потока работает пневматический распределитель модели DPS12 фирмы Nodegougis (рис. 2). Аналогичен принцип работы и у машин JET801-12 фирм «Amazone-Werke», Rauch, Kongskilde серии 4000, ПШ-21,6 НПО «НИКТИМсельхозмаш».

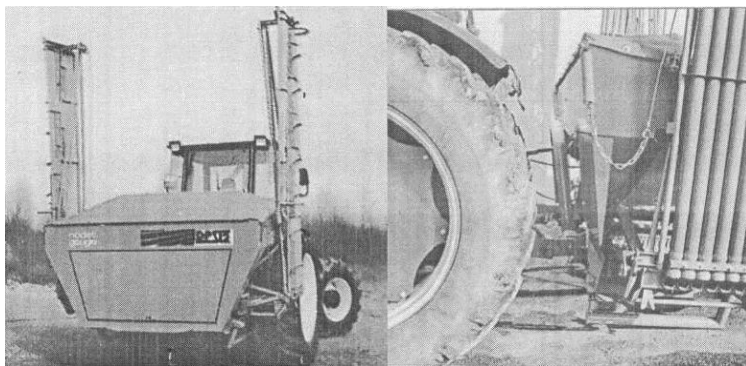


Рис. 2. Пневматический разбрасыватель минеральных удобрений DPS12 фирмы Nodegougis (Франция)

В машинах с механическим делением потока удобрений короче и проще пневмотранспортная система. В целом же машины данного типа имеют те же недостатки, что и сеялка СУ-12 [4].

В силу перечисленных недостатков пневматические штанговые распределители не получили широкого распространения. Именно по-

этому все большее распространение в отечественной и зарубежной практике получают шнековые штанговые распределяющие рабочие органы.

Однако высокоточное внесение удобрений с неравномерностью, определяемой коэффициентом вариации менее 10 %, можно обеспечить в условиях Республики Беларусь, только используя штанговые механические или пневматические распределяющие рабочие органы [5, 6].

Наиболее простыми из распределяющих рабочих органов этой группы являются штанги с открытой шнековой высевающе-распределительной системой (рис. 3)

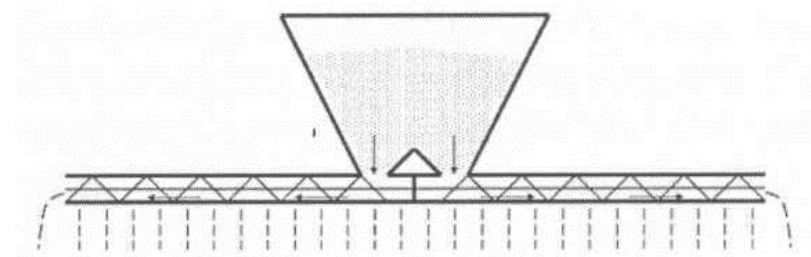


Рис. 3. Схема механической штанги с открытой шнековой высевающе-распределительной системой

Фирма «Bruns» выпускает серию МВА машин для внесения минеральных удобрений, которые могут быть оборудованы как центробежными двухдисковыми аппаратами, так и штангами с открытой шнековой высевающе-распределительной системой шириной захвата 6, 9, 12 и 15 м.

Канал-желоб штанги устанавливается под выпускным окном питателя (цепочно-планчатого транспортера). Внутри его имеются шнеки с правым и левым направлениями витков. В нижней части канала-желоба по всей длине установлены высевающие отверстия с заслонками. Из-за невозможности полного согласования производительности винта шнека и дозирующих отверстий по концам желоба сделаны выпускные окна, через которые сходят остатки удобрений. Однако такое выбрасывание излишка удобрений приводит к повышению неравномерности посева удобрений.

Аналогичная система распределения минеральных удобрений и у таких машин, как ZG3002 и ZG5000 фирмы «Amazone-Werke» (Германия), K105L фирмы «Bredal» (Дания), DPAPolyvrac S120, S160 и D190 фирмы Sulky (Франция), LW108TA и Hspread фирмы «Streumaster» (Германия), модельный ряд «Kurier» фирмы Kuhn (Германия) и др.

Проблему с излишком удобрений, выбрасываемых из штанги, решали установкой на концах штанг центробежных дисков или применением возвратных шнековых транспортеров (рис. 4), что в обоих случаях приводит к усложнению конструкции машины.

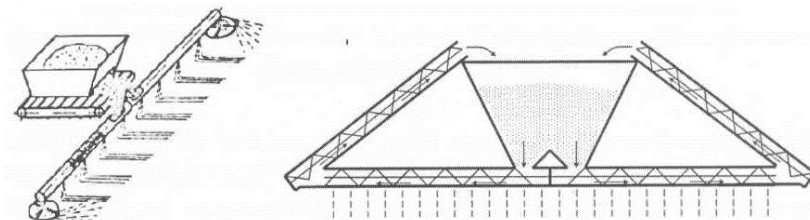


Рис. 4. Схема штангового распределителя в комбинации с центробежными разбрасывателями (слева) и с возвратным шнеком (справа)

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» были разработаны две машины с цепочно-шайбовым распределяющим рабочим органом: навесной распределитель штанговый удобрений РШУ-12 и прицепная машина МТТ-4Ш (рис. 5).

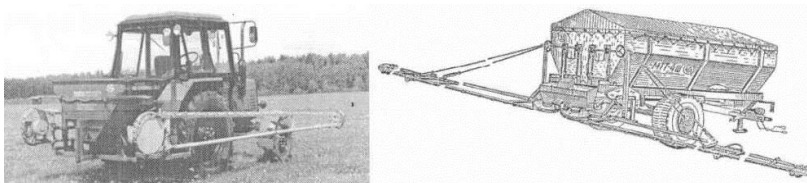


Рис. 5. Штанговые машины с цепочно-шайбовым транспортером РШУ-12 (слева), МТТ-4Ш (справа)

Работает устройство следующим образом. При включенном ВОМ и открытых заслонках удобрения из бункера через выгрузные отверстия поступают в загрузочные горловины штанг. Затем транспортируются по ним цепочно-шайбовым транспортером. Последние перемещают удобрения по рабочим ветвям штанг и выталкивают их через выпускные отверстия на поверхность поля. Избыток удобрений по обратным ветвям штанг возвращается в приемные лотки, затем процесс повторяется.

Однако данный тип штанговых распределителей весьма чувствителен к качеству удобрений. Он обеспечивает высокую равномерность высева только хорошо текучих удобрений стандартной влажности.

С целью повышения устойчивости работы данного распределителя на удобрениях повышенной влажности была сделана попытка исполь-

зовать линейно движущийся в трубчатом контуре спиральный рабочий орган вместо цепочно-шайбового. Этот вариант оказался весьма эффективным по устойчивости и качеству высева влажных удобрений, но надежность работы спирального рабочего органа оказалась низкой.

Следует отметить, что основным недостатком всех представленных выше механических штанговых распределяющих рабочих органов является то, что внести ими требуемые дозы удобрений, начиная с подкормочных и кончая основными, с высокой равномерностью практически невозможно, так как для этого необходимо иметь ширину высеваемых отверстий не более 6 мм, через которые не может быть устойчивого (непрерывного) истечения (высева) удобрений, тем более частиц повышенной влажности.

Кроме того, рассмотренные механические штанговые распределяющие рабочие органы удобрительных машин имеют ограничение по рабочей ширине захвата. Дело в том, что масса их находится в прямой зависимости от ширины захвата. С увеличением ширины пропорционально возрастает их масса. Поэтому для штанговых машин типа РШУ-12 можно считать предельной ширину захвата 12 м.

Исходя из этого, базовым элементом при разработке перспективной схемы высокоточного распределяющего рабочего органа машин для внесения твердых минеральных удобрений необходимо использовать пневматический распределяющий рабочий орган группового дозирования с установкой дозирующего устройства активного принципа действия, обеспечивающего устойчивое дозирование в широком диапазоне норм внесения гранулированных удобрений от 80 до 800 кг/га, что было подтверждено нами ранее [7].

ЛИТЕРАТУРА

1. Степук, Л. Я. Построение машин химизации земледелия / Л. Я. Степук, А. А. Жешко; Нац. акад. наук Беларуси; РУП «Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – 443 с.
2. Дудко, Н. И. Ресурсосберегающие технологии и машины для внесения минеральных удобрений и посева зерновых культур / Н. И. Дудко, В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2011. – 296 с.
3. Сенько, В. Ф. Повышение качества работы и технологической надежности распределителей минеральных удобрений путем совершенствования штанговых рабочих органов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. / В. Ф. Сенько. – Минск, 1992. – 206 с.
4. Синдяшкина, Р. И. Современные тенденции в производстве, совершенствовании качества и приемов внесения минеральных удобрений: Обзор, информ. / Р. И. Синдяшкина; ВНИИЭИсельхоз, ВАСХНИЛ. – М., 1983.
5. Лях, С. И. Результаты государственных приемочных испытаний штанговой машины МТТ-4Ш для высокоточного внесения твердых минеральных удобрений / С. И. Лях // Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса сельскохозяйственной техники: материалы международной научно-практической конференции. – Минск, 2006. – Ч. 2. – С. 100–107.

6. Степук, Л. Я. Теория и расчет штанговых рабочих органов с замкнутым спиральным транспортером для внесения химических мелиорантов / Л. Я. Степук, И. В. Румянцев, А. И. Юркевич. – Минск: Белсельхозмеханизация, 1993. – 99 с.

7. Астахов, В. С. Результаты испытаний пневматической централизованной высевающей системы при внесении минеральных удобрений / В. С. Астахов // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1997. – № 1. – С. 67–72.

УДК 628.385

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА МЕТАНОВОГО БРОЖЕНИЯ

А. А. ОСТРЕЙКО, ст. преподаватель

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

Введение. В большинстве стран мира биогазовые технологии стали стандартом очистки и утилизации муниципальных и промышленных сточных вод и переработки сельскохозяйственных и твердых бытовых отходов с целью получения биогаза для производства тепловой и электрической энергии и высокоэффективного органического удобрения.

Процессы переработки и утилизации органических отходов путем их разложения в анаэробных условиях с получением горючего газа и его энергетическим применением освоены человечеством со времен глубокой древности, при этом природа биологического процесса разложения органических веществ с образованием метана за прошедшие тысячелетия не изменилась. В современных условиях развития науки и техники созданы оборудование и системы, позволяющие сделать эти «древние» технологии рентабельными и применяемыми не только в странах с теплым климатом, но и в странах с более суровыми континентальными климатическими условиями, такими, как Республика Беларусь.

Получение биогаза из отходов животноводства представляет собой довольно сложный процесс, а для его успешной реализации необходимо решить большое число технологических, технических и экономических вопросов.

Значительные трудности связаны с выбором технологии анаэробного сбраживания, режимами работы и обоснованием параметров технологического оборудования. Все это влияет на производство биогаза и должно быть учтено при решении вопроса интенсификации процесса метанового сбраживания.

Основная часть. В настоящее время существует две группы методов интенсификации процессов метанового сбраживания: группа мик-

робиологических методов и группа конструктивно-технологических методов.

Микробиологические методы интенсификации процесса метанового брожения представлены следующими основными направлениями: коферментация, получение новых штаммов микроорганизмов, использование стимулирующих добавок, иммобилизация.

Коферментация, то есть совместное сбраживание отходов растительного и животного происхождения, технологически оправдана, поскольку растительный субстрат дает значительно больший выход биогаза по сравнению с отходами животного происхождения, что объясняется более высоким содержанием различных факторов роста, таких, как, аминокислоты и редуцирующие сахара [1, 2].

Перспективным также является получение новых штаммов микроорганизмов (*Methanosarcina*, *Methanobacterium*, *Methanospirillum*, *Metanobrevibacter* и др.), обладающих повышенной способностью к метанообразованию, использование добавок, стимулирующих процессы окисления, которые изменяют соотношение углерода и азота (оптимальное соотношение $C/N = 20/1 - 30/1$) с целью интенсификации процесса анаэробного сбраживания. Также используются различные факторы роста, ферменты, энзимы [3].

Одним из наиболее эффективных микробиологических способов увеличения окислительной мощности традиционных биоэнергетических установок является применение адгезионной и адсорбционной иммобилизации биомассы на поверхности инертных твердых материалов. При этом не только происходит увеличение концентрации биомассы в единице объема метантенка, но и повышается устойчивость микроорганизмов к негативным факторам окружающей среды, что прежде всего связано с обогащением видового состава биоценозов. Исследованиями иммобилизации микроорганизмов на гелях, мембранах, волокнах, решетках занимается в настоящее время ряд ученых [1].

Значительные резервы интенсификации процессов получения биогаза скрыты в применении различного рода конструктивно-технологических методов интенсификации процесса анаэробного сбраживания, таких, как температура, перемешивание субстрата, разделение процесса анаэробного сбраживания на стадии, качественная подготовка сырья.

Оптимальный температурный режим различен для каждого вида сырья, но на основании эмпирических данных различных установок оптимальным диапазоном температур для мезофильного температурного режима является 34–37 °С, а термофильного – 52–54 °С. Психрофильный температурный режим соблюдается в установках без подогрева, в которых отсутствует контроль температуры. Наиболее интен-

сивное выделение биогаза в психрофильном режиме происходит при температуре 23 °C [2, 4].

К преимуществам термофильного процесса сбраживания относятся повышенная скорость разложения сырья и, следовательно, более высокий выход биогаза, а также практически полное уничтожение болезнетворных бактерий, содержащихся в сырье.

Недостатками термофильного разложения являются: большое количество энергии, требуемое на подогрев сырья в реакторе, чувствительность процесса сбраживания к минимальным изменениям температуры и несколько более низкое качество получаемых удобрений.

При мезофильном режиме сбраживания сохраняется высокий аминокислотный состав биоудобрений, но обеззараживание сырья не такое полное, как при термофильном режиме.

Установлено, что для стран с холодными климатическими условиями наиболее предпочтительным является мезофильный режим.

В настоящее время проводятся экспериментальные исследования индукционного нагрева навоза в метантенке [3].

Для эффективной работы биогазовой установки и поддержания стабильности процесса сбраживания сырья внутри метантенка необходимо перемешивание. Главными целями перемешивания являются: высвобождение произведенного биогаза; перемешивание свежего субстрата и популяции бактерий (прививка); предотвращение формирования корки и осадка; предотвращение участков разной температуры внутри реактора; обеспечение равномерного распределения популяции бактерий; предотвращение формирования пустот и скоплений, уменьшающих эффективную площадь реактора.

Перемешивание является ключевым способом повышения эффективности работы биогазовой установки. Согласно литературным источникам, оптимальное перемешивание субстрата в метантенке увеличивает выход биогаза на 50 % [1].

Процесс производства биогаза может быть основан на разделении природного биологического процесса метаногенерации на 3 стадии (гидролиз, кислотообразование, образование метана) либо на две стадии – гидролиз и кислотообразование (совместно с метанообразованием) [1, 2].

Процесс может быть реализован в соединенных последовательно реакторах либо в одном реакторе, разделенном на зоны перегородками. В целом, применение такой биосистемы позволяет интенсифицировать процесс в 2–3 раза [3].

Однако разделение процесса анаэробного сбраживания на стадии очень сложно реализовать с конструктивной точки зрения, так как для этого требуется значительное усложнение конструкции самого метан-

тенка либо применение дополнительных аппаратов, что ведет к увеличению и без того высоких капитальных затрат.

На эффективность работы биогазовых установок большое влияние оказывает предварительная подготовка исходного субстрата. Чем меньше размеры частиц органических компонентов исходного сырья, тем больше их удельная поверхность и, соответственно, интенсивнее происходят процессы сбраживания.

В настоящее время для придания биомассе однородной и гомогенной консистенции используются ультразвуковые и гидродинамические кавитационные деструкторы [5].

Результатами предварительной обработки биологического сырья являются высокая степень измельчения и гомогенизации сырья; уменьшение периода сбраживания биомассы и, как следствие, возможность строительства реакторов меньших размеров; высвобождение природных энзимов, являющихся биологическими катализаторами процесса сбраживания биомассы; стабилизация биологических процессов, что в целом приводит к увеличению содержания метана в биогазе до 70–75 % [4].

Заключение. Интенсификация процесса получения биогаза за счет микробиологических методов и конструктивно-технологических решений позволяет повысить количество и качество вырабатываемого биогаза, обеспечивая благоприятные условия для жизнедеятельности микроорганизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер; пер. с нем. М. И. Серебряного. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
2. Веденев, А. Г. Биогазовые технологии в Кыргызской Республике / А. Г. Веденев, Т. А. Веденеева. – Бишкек: Типография «Евро», 2006. – 90 с.
3. Волова, Т. Г. Биотехнология / Т. Г. Волова. – Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения Российской академии наук, 1999. – 252 с.
4. Э д е р, Б. Биогазовые установки: практическое пособие. / Б. Эдер, Х. Шульц [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: http://zorgbiogas.ru/upload/pdf/Biogas_plants_Practics.pdf – Дата доступа: 23.09.2017.
5. Карташов, Л. П. Перспективы применения энергосберегающей кавитационной обработки материалов в технических процессах АПК / Л. П. Карташов, А. В. Колпаков // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: труды международной научно-технической конференции. – 2010. – Т. 1. – С. 132–139.

ОЦЕНКА ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА

П. Ю. МАЛЫШКИН, ст. преподаватель
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Во всем мире развитие мобильных энергетических средств происходит прежде всего в направлении улучшения их основных эксплуатационных свойств. Эти свойства можно условно разделить на три группы: энергетические, агротехнические (технологические) и общетехнические. В последнее время особое внимание уделяют стоимостным показателям эффективности использования мобильных средств, во многом влияющим на эксплуатационные свойства.

Кроме этого, мобильные энергетические средства должны отвечать широкому спектру эксплуатационных требований, базирующихся на научно обоснованных свойствах и показателях, обеспечивающих высокую производительность, экономичность и качественное выполнение сельскохозяйственных работ в определенные агротехнические сроки [1].

Также важное значение имеют требования агроэкологического характера, связанные с засорением атмосферы вредными компонентами, содержащимися в отработанных газах двигателей. Согласно оценкам экспертов, до 75 % всех болезней человека напрямую связаны с состоянием окружающей среды и возможностью функционирования биологических связей в природе [2, 3]. Поэтому снижение отрицательного воздействия мобильными энергетическими средствами на окружающую среду – одно из важнейших эксплуатационных требований для всего человечества.

Для снижения выбросов в атмосферу ведется активная работа по энергосбережению и широкому использованию альтернативных видов энергии, таких, как ветер, вода, солнечная энергия, биомасса и др. В числе альтернативных топлив для питания двигателей колесных тракторов в настоящее время рассматриваются газовые топлива (сжатые, сжиженные газы, биогаз), водород, спирты, различные масла и др., которые позволяют не только улучшить экономические, экологические показатели двигателей мобильных энергетических средств, но и снизить зависимость от импортируемого топлива [2].

Основная часть. Основными показателями, характеризующими энергетические свойства колесных тракторов, являются производи-

тельность и удельный расход топлива, составляющий значительную долю эксплуатационных затрат в себестоимости выполняемых работ.

Объем выполненной работы на полевых операциях определяется по зависимости, га

$$A = 10^{-4} L_y \cdot S_y,$$

где L_y – средняя длина обработанного участка, м;

S_y – средняя ширина обработанного участка, м.

Производительность машинно-тракторного агрегата (МТА) за час чистой работы W_q определяется по зависимости

$$W_q = A/T_p = 0,1 \cdot B_p \cdot v_{cp}, \quad (1)$$

где B_p – рабочая ширина захвата агрегата, м;

v_{cp} – средняя скорость движения агрегата, км/ч;

T_p – время чистой работы, ч.

Рабочая ширина захвата агрегата

$$B_p = \beta \cdot n \cdot B_k, \quad (2)$$

где β – коэффициент использования конструктивной ширины захвата B_k (м) рабочей машины (орудия);

n – количество машин (орудий) в агрегате, шт.

Производительность МТА за час технологического времени определяется по зависимости, га/ч

$$W_{tex} = A / (T_p + T_x + T_o), \quad (3)$$

где T_p – время чистой работы, ч;

T_x – время работы на холостом ходу, ч;

T_o – время остановок трактора с работающим двигателем, ч.

В результате движения трактора по грунту образуется колея. Работа, затрачиваемая на образование колеи, а также на смятие грунта, образует потери на передвижение трактора. При этом почвозацепы, погруженные в грунт, под действием ведущего момента деформируют (спрессовывают) пласты почвы до тех пор, пока возрастающая реакция почвы не уравновесит касательную силу тяги. Указанные горизонтальные деформации почвы происходят в направлении, противоположном движению трактора, поэтому в результате их действия снижается скорость движения трактора, т. е. происходит буксование [3]. Таким образом, действительная скорость V_d движения тракторов тесно связана с буксованием и определяется по зависимости, м/с

$$v_d = v_t (1 - \delta), \quad (4)$$

где V_t – теоретическая скорость движения трактора, м/с;

δ – буксование.

Теоретическая скорость движения трактора получилась бы при качении ведущего колеса по поверхности грунта без буксования. При известных передаточных числах трансмиссии и частоте вращения коленчатого вала двигателя теоретическая скорость движения колесного трактора определяется по зависимости, м/с

$$v_T = 2 \cdot \pi \cdot r_k \cdot n_d / i_{тр}, \quad (5)$$

где r_k – динамический радиус ведущего колеса, м;
 n_d – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин⁻¹;
 $i_{тр}$ – передаточное число трансмиссии.

Действительную скорость движения колесного трактора с учетом формул 4 и 5 определяется по зависимости, км/ч

$$v_d = \frac{0,377 \cdot n_d \cdot r_k}{i_{тр}} \left(1 - \frac{\delta}{100} \right). \quad (6)$$

Производительность МТА за час основной работы определяется по зависимости, га/ч

$$W_q = \frac{A}{T_{ф}}, \quad (7)$$

где $T_{ф}$ – фактическое основное время работы, ч.

Производительность МТА за час сменного времени определяется по зависимости, га/ч

$$W_{см} = W_q \cdot k_{см}, \quad (8)$$

где $k_{см}$ – коэффициент использования времени смены.

Коэффициент использования времени смены характеризует отношение времени чистой работы агрегата за смену к общему времени смены.

Таким образом, производительность МТА определяется энергонасыщенностью и тягово-сцепными свойствами и условиями работы тракторов. Однако производительность также зависит от степени утомляемости тракториста, которая, в свою очередь, зависит от плавности хода трактора, защищенности кабины от шума, газов, пыли и температуры окружающей среды, легкости управления и обслуживания, обзорности кабины, т. е. от эргономических свойств трактора, характеризующих условия труда.

Расход топлива на единицу выполненной за час работы определяется по зависимости, кг/га

$$g_q = G_T / W_q, \quad (9)$$

где G_T – общий расход топлива за час основной работы, кг.

$$G_T = G_{Tp} + G_{Tx} + G_{To}, \quad (10)$$

где G_{Tp} – часовой расход топлива на рабочем режиме, кг;

G_{Tx} – часовой расход топлива на холостом ходу, кг;

G_{To} – часовой расход топлива на остановках с работающим двигателем, кг.

Удельный расход топлива на единицу тяговой мощности $g_{кр}$ определяется зависимостью [5], г/кВт·ч

$$g_{кр} = 10^3 \frac{G_T}{N_{кр}}, \quad (11)$$

где $N_{кр}$ – тяговая (крюковая) мощность трактора, кВт.

Тяговая мощность трактора определяется зависимостью, г/кВт·ч

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} \cdot v_d}{3,6}, \quad (12)$$

где $P_{кр}$ – тяговое усилие трактора, кН.

Гектарный расход топлива трактором определяется по зависимости, кг/га

$$\theta = \frac{G_{Tp} \cdot T_p + G_{Tx} \cdot T_x + G_{To} \cdot T_o}{W_{см}}. \quad (13)$$

При этом для сохранения мощности двигателя на уровне, установленном заводом-изготовителем, при работе дизеля трактора с разработанной системой питания [6] на ДТ и газе с достаточной точностью должно выполняться условие:

$$G_T / G_{дт} \approx H_{дт} / H_T, \quad (14)$$

где G_T – часовой расход газового топлива трактором;

$G_{дт}$ – часовой расход дизельного топлива трактором;

H_T – низшая расчетная теплота сгорания газовой (пропано-бутановой) смеси, зависит от состава газа и рассчитывается по формуле $H_T = 45,81$ МДж/кг;

$H_{дт}$ – низшая расчетная теплота сгорания дизельного топлива, $H_{дт} = 42,5$ МДж/кг.

Низшая расчетная теплота сгорания газовой (пропано-бутановой) смеси определяется по зависимости

$$I_a = \sum n_i \cdot H_{ui}, \quad (15)$$

где n_i – i -компонент смеси;

H_{ui} – низшая теплота сгорания 1 кг i -компонента, МДж/кг.

График для определения рабочей скорости и расхода дизельного топлива в зависимости от тягового усилия при подаче газового топлива трактора «Беларус-922» представлен на рис. 1.

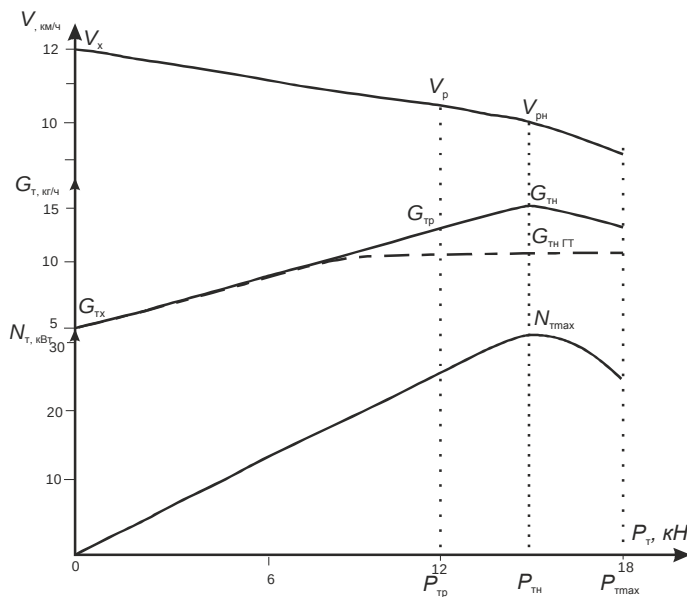


Рис. 1. Определение рабочей скорости и расхода дизельного топлива в зависимости от тягового усилия при подаче газового топлива

Заключение. Для поддержания неизменной скорости и крутящей мощности трактора при переводе его на работу с замещением ДТ газовым топливом необходимо уменьшить номинальную цикловую подачу топлива на величину замещения газом путем перерегулирования топливного насоса высокого давления. Так, в случае замещения ДТ газовым топливом в количестве 10, 20, 30 % экономия ДТ с учетом низшей теплоты сгорания не будет превышать 10,8; 21,6; 32,3 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гребнев, В. П. Тракторы и автомобили. Теория и эксплуатационные свойства: учеб. пособие / В. П. Гребнев, О. И. Поливаев, А. В. Ворохобин; под общ. ред. О. И. Поливаева. – 2-е изд., стер. – М.: Кнорус, 2016. – 260 с.
2. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 376 с.
3. Беспятый, Ф. С. Конструкция, основы теории и расчет трактора / Ф. С. Беспятый, И. Ф. Троицкий. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1972. – 502 с.
4. Ляхов, А. П. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А. П. Ляхов, А. В. Новиков, Ю. В. Будько. – Минск: Ураджай, 1991. – 336 с.

5. ГОСТ 24055-2016. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – М.: Стандартинформ, 2017. – 27 с.

6. Электронная система впрыска газового топлива в дизель: пат. 10060 Респ. Беларусь, МПК F 02M 43/00 / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин; заявитель Белорус. гос. с.-х. академия. № u 20130295; заявл. 05.04.2013; опубл.: 30.04.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 2. – С. 150.

УДК 631.164:636.22

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МАШИННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ ЧЕРНО-ПЕСТРОЙ ПОРОДЫ ДОИЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ АДУ-1 И «STIMORULS MA»

И. В. ПИЛЕЦКИЙ, канд. техн. наук, доцент

В. В. ЛИНЬКОВ, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия
ветеринарной медицины»,
Витебск, Республика Беларусь

М. В. ОРЕШКИН, д-р с.-х. наук, профессор,

член-корреспондент РАН

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет
им. Н. И. Вавилова»,
Саратов, Российская Федерация

Введение. Обеспечение населения Республики Беларусь качественными продуктами питания собственного производства – одно из приоритетных направлений развития АПК страны. Большая роль в решении поставленной проблемы отводится молоку, производство которого необходимо нарастить к 2025 году на 2,5 млн. т по отношению к 2019 году. Планируется в 2020 году экспортировать белорусского продовольствия не менее 6,2 млрд. долл. Модернизация технологий – важная составляющая проектов животноводства, в том числе совершенствование процесса доения, на который приходится более 40 % всех трудовых затрат по обслуживанию и уходу за животными. Альтернативы интенсификации производства продукции на основе высокоэффективного использования внутренних резервов и роста рентабельности на этой основе у отечественного производителя нет [1–3, 5–7].

Актуальность выбранного направления исследования объясняется тем, что рост молочной продуктивности коров зависит не только от генетического потенциала животных, но и от используемого оборудования. В первую очередь это относится к доильному оборудованию,

так как оно непосредственно участвует в получении молока. Доильное оборудование должно максимально соответствовать физиологическим и морфологическим свойствам вымени коров. Однако доильных аппаратов, в полной мере отвечающих физиологии коров, на сегодняшний день практически нет. В современной практике используется большое количество доильных аппаратов различных марок. Известные конструкции доильных аппаратов отличаются разнообразием способов воздействия на сосок [4]. Популярные отечественные аппараты АДУ-1 предназначены для машинного доения коров на всех типах отечественных и зарубежных доильных установках. Выпускаются в двух- и трехтактном исполнении, унифицированы между собой более чем на 60 %. Известны в Беларуси и доильные аппараты различной комплектации немецкой компании Westfalia Landtechnik GmbH. Особо выделяются доильные аппараты серии «Stimopuls», обеспечивающие автоматическую стимуляцию сосков вымени и отключение пульсаций после прекращения молокоотдачи, – «Stimopuls C», а также автоматическое снятие доильных стаканов после прекращения молокоотдачи – «Stimopuls MA». Главная их отличительная особенность от отечественных – наличие электронного блока управления, регулирующего режим работы аппарата. Однако до сих пор вопрос подбора доильного оборудования, максимально отвечающего особенностям конкретного дойного стада, остается весьма актуальным и требует тщательного подхода.

Нами проведены исследования сравнительной эффективности использования разных доильных аппаратов при доении коров с привязным содержанием в условиях СПК «Мокраны» Малоритского района Брестской области, определены слабые и сильные стороны с позиций соответствия физиологическим особенностям организма животных.

Цель исследования – сравнить эффективность технологии машинного доения коров черно-пестрой породы второй лактации доильными аппаратами АДУ-1 и «Stimopuls MA» при привязном содержании в условиях СПК «Мокраны» и предложить наиболее оптимальный вариант. В исследованиях использовались методы анализа, синтеза, дедукции, сравнений, прикладной математической статистики.

Основная часть. Дойное стадо хозяйства представлено черно-пестрой породой крупного рогатого скота с высокой культурой ведения животноводства: налажены племенной и зоотехнический учет, кормление и содержание животных соответствуют их биологическим особенностям. Экспериментальная часть работы выполнена в 2017–2018 годах на молочно-товарной ферме «Мокраны» Малоритского района Брестской области. Научно-производственный опыт проводили по определенной схеме. Для опыта было отобрано по принципу анало-

гов 30 коров второй лактации черно-пестрой породы, которые выращивались по традиционной технологии для Беларуси. Подопытные животные были представлены 2 группами: контрольной и опытной по 15 голов в каждой. Первую и вторую группы опытных коров обслуживали два отдельных оператора машинного доения.

Анализировали документы производственного зоотехнического учета и годовые отчеты СПК «Мокраны» за 2017–2018 гг. Материалы статистической отчетности хозяйства позволили проанализировать обеспеченность скота кормами, рационы кормления дойных коров на зимний и летний периоды. Рационы коровам составлялись согласно детализированным нормам кормления с учетом физиологического состояния животных и уровня продуктивности. В период проведения исследований расход кормов в расчете на одну голову колебался от 35,0 до 38,6 ц корм. ед.

Оценку влияния доильных аппаратов на свойства вымени коров проводили на третьем месяце лактации по методике Ф. Л. Гарькавого с помощью аппарата ДАЧ-1. Удой (кг) от подопытных коров учитывали за 100 и 305 дней лактации по результатам контрольных доек (один раз в месяц) по каждому опытному животному. Содержание жира (%) в молоке, общего белка (%) определяли анализатором качества молока ЛАКТАН 1-4М. В обоих исследуемых вариантах привязной технологии производства молока в хозяйстве доение осуществлялось доильной установкой АДЧН.

Экономическую эффективность производства молока, полученного разными доильными аппаратами, определяли по стоимости дополнительно полученного молока с пересчетом на базисную жирность и с учетом надбавки за содержание белка выше базисной нормы. Цифровой материал обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере с использованием программ MS OFFICE Microsoft Excel XP и пакета АО «АСКОН» Компас-График V8-3D. Из статистических показателей рассчитывали среднюю арифметическую (M), ошибку средней арифметической (m), коэффициент вариации (C_v) с определением достоверности разницы между показателями.

Результаты эксперимента по влиянию доильных аппаратов АДЧ-1 и «Stimopuls MA» на свойства вымени коров показали, что суточный удой у контрольной группы коров в среднем на 0,89 кг меньше, чем опытной. В то же время интенсивность молокоотдачи была выше в опытной группе на 0,06 кг/мин, или на 3,87 %, индекс вымени – на 0,39 % по сравнению с контрольной. Так как величина индекса вымени у опытных коров выше, то время холостого доения было меньше и составило в среднем 20 с, а у контрольных – 32 с. Продолжительность разового доения коров была в пределах 4,79–4,87 мин, что соответствует действию гормона молокоотдачи. По функциональным свой-

ствам вымени разница между группами коров статистически недостоверна.

Доение обеспечивает активное упражнение молочной железы, улучшает рост и величину вымени, способствует большему развитию в нем железистой, секреторной ткани и повышает интенсивность образования молока. Экспериментальные исследования показывают, что доение коров – это не только технический прием удаления накопленного в вымени молока, но и воздействие на физиологические показатели вымени, которые способствуют росту молочной продуктивности. Таким образом, правильная организация и техника доения коров обеспечивают наиболее полное удаление молока из вымени в короткий срок и интенсивное его образование между доениями.

Показатели по молочной продуктивности подопытных коров за первые 100 дней лактирования приведены в таблице.

**Влияние доильных аппаратов АДУ-1 и «Stimopuls МА»
на молочную продуктивность коров за 100 дней лактирования**

Показатель	Группа	
	контрольная $X \pm m$	опытная $X \pm m$
Количество коров, голов	15	15
Удой на 1 корову, кг	$1378,31 \pm 19,246$	$1483,59 \pm 11,25$
В % отношении к контролю	100,0	107,6
Среднесуточный удой, кг	$13,78 \pm 0,273$	$14,84 \pm 0,309$
Массовая доля жира, %	$3,53 \pm 0,014$	$3,59 \pm 0,017$
Количество молочного жира, кг	$48,64 \pm 1,507$	$53,24 \pm 1,151$
Массовая доля белка, %	$3,03 \pm 0,011$	$3,08 \pm 0,011$
Количество молочного белка, кг	$41,75 \pm 0,818$	$45,68 \pm 0,382$

Надой на корову за 100 дней лактирования в опытной группе составил 1483,6 кг молока, что больше по сравнению с удоем контрольной группы на 105,3 кг, или 7,69 % ($P > 0,95$). В опытной группе содержание массовой доли жира равно 3,59 %, или выше по сравнению с контролем на 0,06 п. п., количество молочного жира – на 4,6 кг, или 9,46 % ($P > 0,95$). Массовая доля белка у коров опытной группы составила 3,08 %, или выше по сравнению с контрольными животными на 0,05 п. п. ($P > 0,95$), в количественном отношении – 45,68 кг, или выше на 3,93 кг и 9,41 %.

Изучение молочной продуктивности коров за 305 дней лактации показало, что в опытной группе удой на 1 корову за данный период составил 3572,5 кг молока, что выше на 194,2 кг, или 5,75 % ($P > 0,95$) по сравнению с контрольными животными.

Массовая доля жира у коров опытной группы равна 3,67 %, у контрольных ниже на 0,06 п. п., массовая доля белка соответственно – 3,09 и 0,04 п. п. ($P > 0,95$). Наблюдается разница в пользу опытной

группы коров и по количественному содержанию жира – 131,09 и белка – 110,58.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что применение при доении коров доильного аппарата «Stimopuls MA» позволяет повысить величину удоя и массовую долю жира и белка в молоке. «Stimopuls MA» оказывает более щадящее влияние на физиологические свойства вымени и, кроме того, способствует лучшему выдаиванию молока.

Анализ экономической оценки свидетельствует о том, что использование доильных аппаратов «Stimopuls MA» при производстве молока с беспривязным содержанием коров второй лактации затраты труда на 1 ц молока снижаются на 0,07 чел.-ч, снижается расход кормов на 1 ц молока – на 0,05 ц корм. ед., уровень продуктивности на корову увеличивается на 194 кг, или на 5,7 %. Увеличение прибыли от производства 1 ц молока составило 1,03 руб. В целом рентабельность производства молока с доильными аппаратами «Stimopuls MA» составила 12,8 %, тогда как с доильными аппаратами АДУ-1 – 9,8 %, что на 3,0 п. п. больше.

Рост прибыли от производства 1 ц молока при технологии доения коров доильными аппаратами «Stimopuls MA» по сравнению с технологией доения доильными аппаратами АДУ-1 составил 10,3 тыс. руб. В целом рентабельность производства молока в первом случае составила 12,8 %, тогда как во втором – 9,8 %, что на 3,0 процентных пункта больше.

Выводы. Проведенные нами исследования молочной продуктивности коров черно-пестрой породы с привязным содержанием позволяют заключить, что с целью повышения эффективности производства молока в хозяйстве следует при привязном способе содержания коров использовать доильные аппараты «Stimopuls MA» вместо АДУ-1. При этом затраты труда на 1 ц молока уменьшаются на 0,07 чел.-ч, снижается расход кормов на 1 ц молока – на 0,05 ц корм. ед., уровень продуктивности на корову увеличивается на 194 кг, или на 5,7 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Научные принципы регулирования развития АПК: предложения и механизмы реализации 2018 / ред.: В. Г. Гусаков [и др.]; Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2018. – 194 с.
2. Пилецкий, И. В. Сельскохозяйственное производство как фактор формирования культурных ландшафтов Белорусского Поозерья / И. В. Пилецкий // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2002. – № 2 (24). – С. 133–142.
3. Пилецкий, И. В. Проблемы реформирования агропромышленного комплекса Республики Беларусь / И. В. Пилецкий // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2003. – № 4 (30). – С. 54–60.

4. Научно-методические основы создания высокопродуктивных стад в молочном скотоводстве / под общ. ред. проф. Е. Я. Лебедько. – Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2014. – 122 с.

5. Базылев, М. В. Инновационные управленческие технологии в современном сельскохозяйственном производстве / М. В. Базылев, В. В. Линьков, Е. А. Левкин // Инновационная экономика, стратегический менеджмент и антикризисное управление в субъектах бизнеса: сборник статей I Междунар. науч.-практ. конф. (5 июня 2018 года, г. Орел). – Орел: ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ», 2018. – С. 168–172.

6. Линьков, В. В. Новая концепция теории и практики агроменеджмента / В. В. Линьков // Актуальные проблемы менеджмента в АПК: материалы IV Международной научно-практической конференции кафедры управления / гл. ред. И. В. Шафранская. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 82–84.

7. Минаков, В. Н. Факторы, влияющие на выбытие коров из стада / В. Н. Минаков, И. В. Пилецкий, В. В. Линьков // Научное обеспечение животноводства Сибири: материалы III Междунар. науч.-практ. конф. – Красноярск: КрасНИИЖ ФИЦ КНЦ СО РАН, 2019. – С. 185–188.

УДК [378:62]:001.895

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗУЧЕНИЮ ОБЩЕИНЖЕНЕРНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

В. И. КОЦУБА, канд. техн. наук, доцент

Л. И. САВЕНОК, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Современные тенденции мирового развития характеризуются динамичным развитием экономики, ростом конкуренции, сокращением сферы неквалифицированного и малоквалифицированного труда, определяют потребность в повышении профессиональной квалификации специалистов, росте их коммуникабельности и мобильности.

Создание конкурентоспособной на мировом рынке наукоемкой системы образования Республики Беларусь предполагает переход к качественно новому уровню подготовки кадров на основе инновационных изменений в высшей школе – практико-ориентированной подготовки будущих специалистов. Образовательные инновации выдвигают задачу подготовки специалиста, имеющего определенный запас знаний, умений и навыков и способного получать новые знания и быстро применять их на практике.

Анализ источников. Программой подготовки в БГСХА инженеров по специальностям 1-74 06 01 – Техническое обеспечение процессов в сельскохозяйственном производстве и 1-74 06 04 – Техническое обеспечение мелиоративных и водохозяйственных работ на первом курсе предусмотрено изучение дисциплины «Материаловедение и техноло-

гия конструкционных материалов (МиТКМ)». Она является первой общеинженерной дисциплиной, основное содержание которой составляют фундаментальные общеинженерные знания, которые по своей сути опосредованно связаны с дальнейшим изучением специализированных дисциплин и будущей производственной деятельностью.

Особенностью изучения данной дисциплины является совмещение теоретической и практической подготовки, поскольку предусматривается проведение двух практик. До 2018 года таковыми были учебная практика по технологии материалов в мастерских факультета и технологическая практика на машиностроительном предприятии.

Именно при изучении МиТКМ студенты получают базовые знания о составе, структуре, физико-механических свойствах конструкционных и инструментальных материалов и их использовании в технологических процессах изготовления деталей машин, применяемых в машиностроении и ремонте сельскохозяйственной техники.

При практическом применении полученных знаний и умений во время практики вырабатываются устойчивые навыки, которые в сочетании со знаниями и умениями в дальнейшей практической деятельности инженера должны обеспечивать грамотную эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт машин и оборудования [1].

Однако при всеобщем признании значения практической подготовки специалистов и установке Министерства образования на практико-ориентированное обучение и переход с 2018 года на четырехлетний срок обучения в типовых программах вышеперечисленных специальностей на первом курсе вместо трехнедельной учебной практики по технологии материалов и четырехнедельной технологической практики на машиностроительном предприятии введены двухнедельная ознакомительная практика по сельскохозяйственному производству и двухнедельная (для специальности 1-74 06 01) и недельная (для специальности 1-74 06 04) ознакомительные инженерные практики [2, 3]. Ознакомительные практики, как правило, представляют собой совокупность экскурсий, организованных с выездом в организации. Ввиду сложности проведения массовых экскурсий, их низкой педагогической и познавательной эффективности, ознакомительные практики менее результативны в практической подготовке студентов по сравнению с практикой по технологии материалов в мастерских факультета и технологической практикой на машиностроительных предприятиях.

Основная часть. Рынок труда в современных условиях требует не просто теоретически подготовленного специалиста, а человека, способного решать сложные производственные задачи. В связи с этим перед сотрудниками кафедры технического сервиса и общеинженерных дисциплин возникла задача, как при нынешнем положении, не теряя фундаментальности по изучению МиТКМ, подготовить будущего инженера как высококвалифицированного специалиста, умеющего

выполнять и технологические работы на уровне рабочих профессий. Это позволит своевременно заметить и скорректировать ошибки и отклонения от технологии выполнения работ слесарем-сборщиком, токарем, сварщиком и пр. Кроме того, такой специалист может провести текущее обучение рабочих на своих рабочих местах на имеющемся, в том числе и на приобретаемом, более современном, оборудовании.

Все это свидетельствует о том, что в рамках действующего учебного плана необходимо провести ряд мероприятий, направленных на инновационное совершенствование процесса обучения. По нашему мнению, следует:

1. Ознакомительную двухнедельную практику на предприятиях проводить в течение первой недели в виде экскурсионно-познавательной с уклоном профессиональной направленности (машинный двор, имеющаяся в сельскохозяйственном предприятии техника, в том числе современная, автогараж, помещения для хранения техники, запасных частей, ремонтные мастерские и др.). В каждой организации с учетом специфики производства и возможностей имеются положительные и отрицательные стороны, которые сложно понять первокурснику. Поэтому вторую неделю практики желательно проводить в учебных мастерских факультета, в которых рабочие места оборудованы в соответствии с технологическими требованиями к ним, а также охраны труда и техники безопасности. Для этого учебный процесс может быть организован по графику (в том числе скользящему) в пяти отделениях, имеющих в мастерских (слесарному, токарному, механическому, сварочному и столярному). Это станет началом последующей ознакомительной инженерной практики на этом же курсе. В результате у первокурсника во время проведенной таким образом практики разовьется и усилится интерес к избранной специальности и приобретению профессиональных навыков и умений.

2. Реализовывать компетентностный подход в обучении, не нанося ущерба теоретической базе. Необходимо усилить практическую подготовку будущих специалистов путем внедрения новых форм, методов и технологий обучения, используя имеющееся в учебных лабораториях кафедры оборудование и инструментарий. Шире практиковать на лабораторных занятиях имитационные практико-ориентированные технологии, то есть следует повысить направленность лабораторных работ на решение поставленных не только учебных, но и профессиональных производственных задач.

3. Продолжить оснащение учебных мастерских современными станками, сварочными агрегатами и прочим оборудованием, а также тренажерами с компьютерным сопровождением. Так, например, применение визуального сварочного тренажера позволяет студенту в условиях, близких к ситуации реальной сварки, в разных пространственных положениях, с различными видами сварных деталей выпол-

нять необходимый перечень обучающих упражнений. При этом на экране тренажера высвечивается формирование трехмерного сварного шва: реалистические звуки сварки, сигналы на экране показывают студенту текущий статус процесса. После выполнения учебного упражнения осуществляется оценка сварного шва по его внешнему виду с учетом дефектов, допущенных по ходу выполнения упражнения, и автоматически формируется оценка студенту. Считаем, что применение тренажеров в практическом обучении позволит снизить затраты на расходные материалы и ресурсы, получить профессиональные навыки, ускорить и улучшить практическую подготовку.

4. На основании приобретенных на первом курсе знаний и умений по МиТКМ и возникшего интереса у студента к рабочей профессии дать возможность на втором курсе продолжить обучение по выбору (до требуемого количества часов) в учебных мастерских на платных курсах до уровня присвоения первичных разрядов рабочих профессий (слесарь-сборщик, токарь, сварщик и др.) с последующей аттестацией и выдачей соответствующего удостоверения.

Заключение. Совмещение теоретической и практической подготовки обеспечит получение прочных знаний и будет соответствовать требованиям производства и работодателей.

Кроме этого, студенты будут иметь социальные гарантии на перспективу по трудоустройству в случае непредвиденных обстоятельств (отчисление из числа студентов, семейные проблемы, сокращения и др.), а также иметь допуск к рабочим местам во время производственных практик в период обучения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миренков, А. А. Совершенствование практической подготовки студентов по кафедре технологии металлов / А. А. Миренков, Л. И. Савенок, И. А. Шаршуков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – Горки, 2014. – Вып. 1. – С. 85–87.
2. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности 1-74 06 01 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства (рег. № УД-М-86-18/уч. от 26.12.2018) / В. И. Коцуба, Л. И. Савенок, Н. Д. Полховский. – Горки: БГСХА, 2018. – 27 с.
3. Материаловедение. Основы технологии конструкционных материалов: учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальности 1-74 06 04 Техническое обеспечение процессов сельскохозяйственного производства (рег. № УД-М-23-19/уч. от 27.03.2019) / В. И. Коцуба, Л. И. Савенок. – Горки: БГСХА, 2019. – 27 с.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИДОВ ТОПЛИВА ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Р. С. ДАРГЕЛЬ, аспирант

В. А. ГЕРМАКОВСКИЙ, студент

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

В последние годы в развивающихся странах все больше внимания уделяется развитию энергетики на базе возобновляемых источников, в том числе с использованием биотоплива. Эта тенденция обусловлена необходимостью снизить зависимость от импорта энергоресурсов в условиях роста мировых цен на углеводороды, а также стремлением выйти на рынки сбыта продуктов с высокой степенью добавленной стоимости. Особую важность при этом приобретает сбалансированность сочетания рациональных цен на сырье и мер по регулированию экологических и социальных рисков [1].

В современных условиях углубления проблем мировой экономики развитие возобновляемой энергетики в мире приняло ускоренный характер. Скорее всего в течение ближайшего десятилетия заложенная тенденция не просто сохранится, но и будет иметь повышательную динамику, что связано прежде всего с нарастающими в энергетике многофакторными кризисными явлениями глобального характера.

Процессы глобального масштаба обусловлены прежде всего двумя факторами:

- ограничение геологических запасов ископаемого топлива – нефти и газа;
- пагубное антропогенное воздействие человека на окружающую среду.

Увеличение числа машин с двигателями внутреннего сгорания привело к существенному ухудшению экологической обстановки в ряде городов.

Известно, что более сильными загрязнителями воздуха являются дизельные двигатели, в продуктах сгорания этого топлива имеется значительное количество веществ из «Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева», так как дизельное топливо при перегонке нефти выделяется только после эфира, бензина, керосина, лигроина [2].

Особенности организации процессов сгорания топлива в двигателях внутреннего сгорания (ДВС) обуславливают образование вредных веществ, которые выбрасываются вместе с отработавшими газами (ОГ)

в окружающую среду и оказывают вредное воздействие на атмосферу, почву, воду, растения, животных и людей.

В идеальном случае при полном сгорании углеводородного топлива должны были бы образовываться только диоксид углерода (CO_2) и вода (H_2O). Практически же вследствие физико-химических процессов в цилиндрах двигателя действительный состав ОГ очень сложный и включает более 1000 токсичных соединений, большую часть из которых представляют различные углеводороды. Ввиду такого многообразия и сложности идентификации отдельных соединений к рассмотрению обычно принимаются компоненты или их группы, составляющие основную часть ОГ.

В табл. 1 представлен ориентировочный состав ОГ дизельных двигателей.

Таблица 1. Ориентировочный состав отработавших газов дизелей

Компонент	Концентрация по объему, %	Примечание
N_2	74–78	Нетоксичный
O_2	2–18	Нетоксичный
Водяной пар	0,5–10	Нетоксичный
CO_2	1–12	Малотоксичный
CO	0,005–0,4	Токсичный
NO_x	0,004–0,5	Токсичный
C_nH_m	0,009–0,5	Токсичный
RCHO	0,001–0,015	Токсичный
Sox , мг/м ³	0–0,015	Токсичный
Соед. свинца, мг/м ³	–	Токсичный

Токсичные вещества дизелей составляют 0,02–1,0 % объема ОГ. Рассмотрим основные токсичные компоненты ОГ дизелей и степень их воздействия на человека.

Оксид углерода (CO) – бесцветный, не имеющий запаха газ. Плотность CO меньше, чем воздуха, и поэтому он легко может распространяться в атмосфере. Поступая в организм человека с вдыхаемым воздухом, CO снижает функцию кислородного питания, выполняемую кровью. Это объясняется тем, что поглощаемость CO кровью в 240 раз выше поглощаемости кислорода.

Углеводородные соединения по их биологическому действию изучены пока еще недостаточно. Однако экспериментальные исследования показали, что полициклические ароматические соединения вызывали рак у животных. При наличии определенных атмосферных условий (безветрие, напряженная солнечная радиация, значительная температурная инверсия) углеводороды служат исходными продуктами для образования чрезвычайно токсичных продуктов фотооксидантов, обладающих сильными раздражающим и общетоксичным действием на органы человека, и образуют фотохимический смог. Из группы угле-

водородов особенно опасными являются канцерогенные вещества. Наиболее изученное из них – многоядерный ароматический углеводород бенз(а)пирен, известный еще под названием 3,4бензпирен, – вещество, представляющее собой кристаллы желтого цвета. Установлено, что в местах непосредственного контакта канцерогенных веществ с тканью появляются злокачественные опухоли. В случае попадания канцерогенных веществ, осевших на пылевидных частицах, через дыхательные пути в легкие они задерживаются в организме.

Оксид азота (NO) – бесцветный газ, диоксид азота (NO₂) – газ красно-бурого цвета с характерным запахом. Оксиды азота при попадании в организм человека соединяются с водой. При этом они образуют в дыхательных путях соединения азотной и азотистой кислот, раздражающе действуя на слизистые оболочки глаз, носа и рта. Оксиды азота участвуют в процессах, ведущих к образованию смога. Опасность их воздействия заключается в том, что отравление организма проявляется не сразу, а постепенно, причем нет каких-либо нейтрализующих средств.

Сажа (C) при попадании в организм человека вызывает негативные последствия в дыхательных органах. Если относительно крупные частицы сажи размером 2...10 мкм легко выводятся из организма, то мелкие, размером 0,5...2,0 мкм, задерживаются в легких, дыхательных путях, вызывают аллергию. Как любой аэрозоль, сажа загрязняет воздух, ухудшает видимость на дорогах, но, самое главное, на ней адсорбируются тяжелые ароматические углеводороды, в том числе бенз(а)пирен.

Сернистый ангидрид (SO₂) – бесцветный газ с острым запахом. Раздражающее действие на верхние дыхательные пути объясняется поглощением SO₂ влажной поверхностью слизистых оболочек и образованием в них кислот. Он нарушает белковый обмен и ферментативные процессы, вызывает раздражение глаз, кашель.

Продукты сгорания топлива могут накапливаться в воде, растениях и почве. В воздухе они могут превращаться в другие вещества, которые в определенных условиях могут быть более токсичными, чем исходные продукты.

Загрязнение окружающей среды токсичными компонентами ОГ дизелей приводит к снижению продуктивности животноводства и ухудшению качества продукции. При подвозе кормов транспорт с дизельными двигателями входит в животноводческие помещения. Опасные для живых организмов газы собираются внизу их, образуя смолы, которые беспокоят животных, действуют на их аппетит, снижают удои и привесы.

Воздействие ОГ двигателей внутреннего сгорания на растительность обусловлено попаданием ОГ как на поверхность растений, так и в клетки (с почвенными водами). Особенно растения чувствительны к

оксидам серы, оксидом азота, а также соединениям оксидов азота с углеводородами. Так, например, урожайность сельскохозяйственных культур снижалась в среднем на 15,4 % при расстоянии 5 км от источника вредных выбросов и на 31,8 % при расстоянии 2–3 км. В пределах 100 м от дорог с интенсивным движением урожайность зерновых и зеленой массы снижается на 30 %, картофеля – на 45 %, овощей – на 50 %. При значительном загрязнении атмосферы повышается восприимчивость сельскохозяйственных культур к болезням, происходит преждевременное опадание листьев, нарушаются сроки цветения, а урожайность таких культур, как картофель, горох, цитрусовые, снижается примерно вдвое [3].

Следует отметить, что в отработанных газах дизельных двигателей содержится большое количество малотоксичных и токсичных веществ, которые негативно влияют на организм человека, а также на окружающую среду (ОС).

Состав ОГ ДВС в большой мере обуславливается типом используемого топлива. При замене ДТ на смесевое топливо СТ на основе рапсового масла (РМ) количество токсичных компонентов, выбрасываемых в ОС силовыми установками тракторов, изменится.

В табл. 2 представлена сравнительная характеристика ДТ, рапсового масла и смеси из ДТ и рапсового масла.

Таблица 2. Сравнительная характеристика ДТ, рапсового масла и биотоплива

Показатели	ДТ (Л/З), ГОСТ 305-82	Рапсовое масло	25 % ДТ 75 % рапсового масла
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	42,5	37,2	38,3
Плотность при 20 °С, кг/м	860/810	915	890
Вязкость при 20 °С, мм ² /с	3–6/1,8–5	78	38,2
Температура, °С:			
- помутнения	–5/–25	–9	–9
- застывания	–10/–35	–18	–16
- воспламенения	543	593	583
Цетановое число, ед.	45	41	42
Йодное число, г/100 г	6	9,7–10,3	9
Кислотность, мг КОН/100 см	5	6,1	6
Содержание по массе, %:			
- углерода	86,4	78,3	80,3
- водорода	12,1	12,8	12,95
- кислорода	0	8,895	6,52
Коксуемость 10 % остатка, %	0,3	0,43	0,4
Массовая доля серы, %	0,5	0,05	0,16
Содержание фактических смол, мг-100 см	40/30	–	–

Согласно результатам комплексных исследований, проведенных в ГНУ ВИМ на силовой установке трактора МТЗ-80, при использовании в качестве топлива смеси, содержащей 75 % РМ и 25 % ДТ, было отмечено снижение содержания СО, СН и твердых частиц в ОГ в два раза, однако произошло увеличение на 8 % выбросов NO [4].

Установлена связь режима работы силовой установки трактора с изменением выброса токсичных компонентов при замене ДТ на РМ. По исследованиям, проведенным Д. Д. Матиевским, С. П. Кулманак-вым, А. В. Шашевым на двигателе УК-2, представляющем собой од-ноцилиндровый отсек двигателя серий Д-440 и Д-460, при переходе с ДТ на РМ наблюдается уменьшение выбросов оксидов азота от 5 до 30 % в зависимости от нагрузки на дизель. Нагрузка также влияет на изменение других токсичных компонентов в ОГ при использовании в качестве топлива вместо дизельного топлива рапсовое масло. Выбросы твердых частиц (ТЧ) на малых нагрузках практически одинаковы, на средних нагрузках при переходе с нефтяного топлива на растительное снижение доходит до 100 %, на номинальном режиме уменьшение составляет 20 %. Изменение количества оксида углерода носит не-сколько иной характер. При малой нагрузке содержание данного ком-понента одинаково как для ДТ, так и для РМ. На средних нагрузках выбросы СО с ОГ снижаются на 20...25 %. На режимах номинальной мощности и близких к нему выбросы СО увеличиваются на 100...120 %.

Исследования, проведенные в МГТУ им. В. П. Горячкина на смеси ДТ с РМ с соотношением компонентов 1:1, свидетельствуют о сокра-щении на 15...20 % выбросов NO, на 30...35 % сажи и на 10...15 % СО и СН [5].

При использовании рапсового масла и смеси из ДТ и рапсового масла уменьшаются выбросы в окружающую среду токсичных ве-ществ.

Необходимо подчеркнуть, что для производства биотоплива ис-пользуются следующие виды растений: в Беларуси и Европе – рапс, в России – рапс и подсолнечник, в США – соя, в Бразилии – соя и касто-ровое масло, в Китае – хлопок и водоросли.

Процесс производства биодизельного топлива из растительного масла считается относительно несложным. В очищенное от механиче-ских примесей масло добавляют метиловый спирт и щелочь, которая служит катализатором реакции переэтификации.

Схематически это можно представить так: семена рапса – процесс прессования – растительное масло – добавка в масло метанола и щело-чи – процесс переэтификации – разделение с очисткой на дизельное биотопливо (биодизель) и глицерин. Установлено, что из 1 т семян рапса можно получить 300 кг рапсового масла, а из этого количества

масла – около 270 кг биодизельного топлива и 30 кг глицерина, из которого производятся моющие средства, жидкое мыло и фосфорные удобрения.

Биодизель по продуктам сгорания значительно чище дизельного топлива из нефти: выброс сажи меньше на 50 %, оксида углерода (CO) – на 10...12 %, чем при использовании дизельного топлива.

По этой причине системные преимущества биотоплива и поддержка этого направления обеспечили, начиная с 2000 года, быстрый рост производства моторного биотоплива – биоэтанола и биодизеля.

Преимущества биологических видов топлива:

- биотопливо относится к возобновляемым источникам энергии. Если запасы нефти – ископаемый конечный ресурс, то сырье для получения биотоплива (в основном – сельскохозяйственные энергоемкие культуры и отходы их переработки, в перспективе – водоросли и т. д.) – ресурс возобновляемый, который может постоянно воспроизводиться в необходимых для потребления количествах;

- экологическая нейтральность (безопасность) использования биотоплива. Широкое внедрение биотоплива рассматривается как один из наиболее эффективных способов противостоять глобальному потеплению. Сжигание биотоплива не приводит к образованию большого объема углекислого газа, а значит – снижает влияние парникового эффекта. Современные исследования показали, что использование автомобильного биотоплива на 65 % снижает выброс парниковых газов. Кроме того, выращивание растений и сельхозкультур, идущих на переработку для получения биотоплива, приводит к частичному поглощению оксида углерода, находящегося в атмосфере;

- низкая стоимость – именно топливный кризис стал причиной резко возросшего интереса к биотопливу и массовому его внедрению. В целом стоимость биотоплива для автомобилей почти на порядок ниже, чем стоимость обычного топлива (бензина или дизельного топлива). Важно, что оно меньше подвержено колебанию цены, ведь цена бензина напрямую связана с текущей стоимостью нефти на международных спекулятивных рынках. Поэтому стабильная цена биотоплива позволяет делать более точные экономические прогнозы и планировать развитие бизнеса;

- использование биотоплива позволяет экономить на обслуживании автомобиля, особенно когда речь идет о моделях двигателей, специально адаптированных под биотопливо. Как известно, со временем бензиновый двигатель увеличивает выбросы CO₂, что требует дополнительных затрат для контроля за уровнем выбросов. Еще один плюс – использование биотоплива снижает загрязнение двигателя (при сгорании не образуется сажа и гарь), не засоряется топливная система – все

это в комплексе приведет к снижению затрат на проведение техобслуживания;

- **мобильность** – использование, например, электромобилей напрямую связано с развитием сети электрозаправок, что требует дополнительных капиталовложений. Кроме того, зарядка аккумулятора не может быть выполнена в течение малого времени – это достаточно длительный процесс. Для автомобильного биотоплива может быть задействована уже существующая инфраструктура автозаправок. Отдельно стоит отметить тот факт, что биотопливо для автомобилей очень легко доставить к пункту заправки, оно стабильно и не теряет своих свойств во время доставки;

- **энергетическая независимость** – импорт энергоносителей (нефти и продуктов ее переработки, природного газа) не только негативно сказывается на бюджете любой страны (ведь деньги фактически вымываются из экономики), но ставит страну в зависимость от внешних поставок. В случае кризиса и ограничения или прекращения поставок энергоносителей экономика страны может быть практически полностью парализована. Поиск новых поставщиков, смена логистики и маршрутов перевозки – все это потребует значительных временных и финансовых вложений. Производство биотоплива для автомобилей, которое может быть налажено с использованием местного сырья, позволит любой стране повысить собственную энергетическую независимость, сократив внешние поставки. При этом значительные средства останутся внутри страны, что положительно скажется на потенциале экономического развития. Кроме того, организация производства биотоплива – это дополнительные рабочие места, а это еще один положительный фактор для экономики;

- **безопасность использования** – биотопливо для автомобилей нетоксично, не имеет резкого запаха, не может вызвать отравление. При его использовании существенно снижается опасность загрязнения почвы, ведь разлитое топливо, попав в землю, быстро разлагается под воздействием микроорганизмов.

Производство биотоплива в развивающихся странах идет ускоренными темпами. Эта тенденция разворачивается в рамках курса «на устойчивое развитие и обеспечение построения экономически, социально и экологически устойчивого будущего для нашей планеты, для нынешнего и будущих поколений». Развивающиеся страны связывают с производством биотоплива возможность придать новый импульс своему аграрному сектору, повысить доходы сельского населения, а также снизить зависимость от импорта энергоресурсов, уменьшить нагрузку на окружающую среду, сохранить невозобновляемые минеральные ресурсы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Производство биотоплива в развивающихся странах: проблемы и перспективы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhidkoe-biotoplivo-problemy-i-perspektivy-sozdaniya-i-ispolzovaniya>. – Дата доступа: 09.11.2019.
2. Проблемы загрязнения атмосферы продуктами сгорания [Электронный ресурс] // Наука и новые технологии. – Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/epr/106/8253.htm>. – Дата доступа: 10.11.2019.
3. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.
4. Использование биологических добавок в дизельное топливо / В. М. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротехник», 2007. – 52 с.
5. Карташевич, А. Н. Применение топлива на основе рапсового масла в тракторных дизелях / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка. – Киров: Типография «Авангард», 2014. – 144 с.

УДК 631.544.7

ПОСЕВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР ПОД МУЛЬЧИРУЮЩУЮ ПЛЕНКУ

К. Л. ПУЗЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

В. И. КОЦУБА, канд. техн. наук, доцент

В. В. ПУЗЕВИЧ, аспирантка

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

А. И. ФИЛИППОВ, канд. техн. наук, доцент

УО «Гродненский государственный аграрный университет»,
Гродно, Республика Беларусь

Введение. Качество почвы в первую очередь определяет успех любого аграрного проекта. Почва – сложнейшая система взаимодействующих между собой минералов, органических соединений и живых организмов, формировавшаяся миллионы лет, но очень хрупкая и легко разрушаемая неразумным хозяйствованием. А значит, почву нужно не только умело использовать, но и защищать. И одним из очень эффективных методов защиты почвы является мульчирование.

Мульчирование – это защита почвы укрывным материалом (либо естественным путем, образовавшимся на том же поле, либо специально завезенным на участок органическим или синтетическим).

Основная часть. Почву необходимо защищать от:

1. Водной и ветровой эрозии. Все то полезное и ценное, что накапливалось миллионы лет, превращаясь в почву, может быть смыто и унесено ветром за считанные часы. К похожим проблемам приводят и летние ливни, даже на небольших склонах.

2. Пересыхания. Это, пожалуй, самое важное из преимуществ мульчирования. Даже в самых засушливых климатических зонах выпадает 300–350 мм осадков за год. Это практически покрывает потребности ряда культур. Но только небольшая часть этой воды усваивается растениями, ведь львиная доля осадков, как правило, выпадает осенью-зимой и к моменту пикового потребления эта влага уже ушла, испарилась из почвы. Прикрыть землю мульчирующим материалом – значит сохранить эту воду для растений.

3. Переуплотнения ливнями и градом. Сильные ливни прессуют почву, утрамбовывают ее и покрывают жесткой коркой, через которую не могут пробиться ни всходы, ни необходимый корням воздух. Удары миллионов капель или градин окажутся опаснее, чем уплотнение почвы движителями сельскохозяйственных машин. Слой мульчи, создавая преграду, амортизирует удары и не допускает переуплотнения почвы.

4. Заращения сорняком. До сих пор есть ряд культур, для которых нет приемлемой линейки гербицидов, а также существует ряд сорняков, устойчивых почти ко всем гербицидам, если не считать тяжелые с длительным последствием. Решить эту проблему может только мульча.

5. Переувлажнения. Формирование высокой гряды или гребня – эффективнейший метод решения проблемы вымокания корней для дождливого климата. Избыток влаги быстро стекает в междурядье, а корни растения всегда будут располагаться над зоной переувлажнения (а если поверхность гряды покрыта мульчирующей пленкой, то ни единая лишняя капля не попадет в прикорневую зону).

6. Перегрева и переохлаждения. Любая мульча стабилизирует температуру почвы. При этом одни ее разновидности наиболее хорошо подогревают почву ранней весной, другие же наиболее эффективно защищают от летнего перегрева.

Самым технологичным и самым универсальным мульчирующим материалом является полиэтиленовая пленка. На сегодняшний день для мульчирования полей производителями предлагается пленка прозрачная, черная и двухцветная (с нижней стороны черная, а с верхней она может быть при этом белой, серебристой, оранжевой, коричневой и так далее). У каждой разновидности – свои плюсы и минусы.

Прозрачная пленка дает самый высокий эффект разогрева почвы ранней весной. Солнечные лучи проникают сквозь пленку, поглощаются почвой, которая разогревается при этом, а пленка не дает теплу рассеяться. Но вот как препятствие для прорастания сорняка такая пленка малоэффективна. Проникающий сквозь нее свет дает возможность расти сорным растениям. Для работы с такой пленкой необходимо натягивать ее предельно туго на почву и высевать семена куль-

туры под пленку, тщательно контролируя день всходов, сразу же прорезая крохотную дырочку над проростком, чтобы только растение могло пробиться сквозь пленку, а сорняки погибали бы от перегрева и недостатка воздуха. Малейшее опоздание с прорезанием приведет к гибели культурного растения, а если прорезь будет великовата – то сорнякам хватит воздуха и он начнет расти, подымая мульчирующую пленку и создавая проблемы, решаемые только демонтажом мульчи и ручными прополками.

Черная пленка имеет низкую светопрозрачность, что сказывается на росте сорняков. Прорезать отверстия нужно очень аккуратно, рассчитывая диаметр так, чтобы не обнажалась почва с боков, иначе сорные растения будут расти пучками из слишком больших отверстий, и удалять их будет очень сложно, неизбежно повреждая корни самой культуры. Именно поэтому не рекомендуется применять заранее перфорированную пленку: как правило, отверстия в ней слишком большие.

С приходом лета способность нагревать почву становится уже не достоинством пленки, а скорее недостатком. Если культура была высажена рано и успела до жары хорошо разрастись (прикрывая листовой саму пленку), то проблемы не будет, а вот при поздней или летней посадке черная пленка в качестве мульчи может быть неприемлема из-за опасности перегрева корней. Для этих целей существуют двухслойные мульчирующие пленки. Они всегда черны снизу (чтобы не давать расти сорнякам), а вот верхняя их сторона может быть окрашенной в следующие цвета:

- серебристая окраска. Имеет наибольшую светоотражательную способность и не только предохраняет почву от перегрева, но и дополнительно отражает солнечные лучи. Кроме того, поле, покрытое серебристой пленкой, своим блеском дезориентирует многих вредителей, которые принимают его за блеск водной поверхности и боятся садиться на такое поле;

- молочно-белая окраска. Исключает проблему перегрева корней, что делает такую пленку оптимальной для летней посадки. В ранневесенний период не стоит ожидать от нее особого эффекта подогрева, хотя стабилизировать температуры почвы и не допускать резкого охлаждения ночью она вполне может;

- оранжевые, коричневые, красные пленки. Вся эта палитра разрабатывается для поиска вариантов отпугивания тех или иных вредителей. Эти исследования ведутся постоянно, и в отдельных случаях достигнуты заметные успехи, однако пока еще массового применения такие пленки не нашли.

Важнейшая проблема, связанная с использованием любых видов мульчирующих пленок, – их нельзя стелить просто на поверхность почвы, потому что поле никогда не бывает идеально ровным. Всегда есть микрорельеф, и после первого же дождя вода будет собираться лужами в местах понижений, переувлажняя там растения или даже заливая их вплоть до полной гибели на первых стадиях развития.

Поэтому, прежде чем укладывать пленку, необходимо сделать грядку или гребень. По форме гряды в поперечном сечении должны быть полукругом, или трапецией, или треугольником, не допускается прогиб к центру (чтобы вода стекала по сторонам в междурядье). Высота принципиального значения не имеет – пленку можно укладывать даже на невысокую грядку, очень важно также стараться обеспечивать тугую натяжку. Лучше всего натягивать пленку в солнечный теплый день, тогда после похолодания она натягивается туго, как барабан.

Заключение. Мульчирующую пленку используют для защиты сельскохозяйственных культур от агрессивных условий окружающей среды. Она обладает целым рядом преимуществ и активно используется для сохранения тепла и борьбы с сорняками.

Разработка конструкций посевных агрегатов, способных осуществлять посев пропашных культур под мульчирующую пленку, является актуальным направлением. При этом можно применять различные укрывные материалы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дудка, В. Мульчирование почвы / В. Дудка // Лидер-Агро. – № 12 (22). – Кишинев, 2018.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://east-fruit.com/article/podrobno-o-mulchirovanii-pochvy-prakticheskie-rekomendatsii>.

УДК 539.16(476)

ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

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

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

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

Введение. В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС в Республике Беларусь радиоактивному загрязнению цезием-137 с плотностью выше 37 кБк/м² (1 Ки/км²) подверглось более 1,8 млн. га сельско-

хозяйственных угодий (около 20 % их общей площади). Вследствие высокой плотности загрязнения радионуклидами из хозяйственного оборота были исключены 265,4 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

Масштабы катастрофы потребовали принятия ряда чрезвычайных мер, в том числе в сфере нормативно-правового обеспечения радиационной безопасности [1–5].

Основная часть. Правовое регулирование в области радиационной безопасности в Республике Беларусь в настоящее время осуществляется в соответствии с:

- Законом Республики Беларусь от 5 января 1998 г. № 122-З «О радиационной безопасности населения»;

- Законом Республики Беларусь от 30 июля 2008 г. № 426-З «Об использовании атомной энергии»;

- Законом Республики Беларусь от 6 января 2009 г. № 9-З «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий»;

- Законом Республики Беларусь от 26 мая 2012 г. № 385-З «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС»;

- санитарными нормами и правилами «Требования к радиационной безопасности» и гигиеническим нормативом «Критерии оценки радиационного воздействия» (постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 декабря 2012 г. № 213);

- санитарными правилами и нормами «Требования к обеспечению радиационной безопасности персонала и населения при осуществлении деятельности по использованию атомной энергии и источников ионизирующего излучения» (постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31 декабря 2013 г. № 137);

- Государственной программой по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 годы и на период до 2020 года (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 31 декабря 2010 г. № 1922);

- Концепцией реабилитации населения и территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, 2002 г.;

- Концепцией радиоэкологического образования в Республике Беларусь, 1998 г.;

- Концепцией защитных мер в восстановительный период для населения, проживающего на территории Республики Беларусь, подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате Чернобыльской аварии, 1995 г.;

- другими нормативными правовыми (НПА) и техническими нормативными правовыми актами (ТНПА).

Система контроля радиоактивного загрязнения в Республике Беларусь функционирует на республиканском, ведомственном и производственном уровнях согласно «Положению о системе контроля радиоактивного загрязнения» (постановление Совета Министров Республики Беларусь от 4 мая 2015 г. № 372).

Сельскохозяйственное производство на территориях, загрязненных радионуклидами, ведется в соответствии с «Рекомендациями по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь», разработанными профильными НИИ НАН Беларуси.

Главной задачей сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами землях является получение сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов.

Вся растениеводческая и животноводческая продукция, произведенная на загрязненных радионуклидами землях и используемая для продовольственных целей, переработки и реализации на внутреннем и внешнем рынках, должна соответствовать требованиям нормативов.

В Республике Беларусь в отношении сельскохозяйственной продукции действуют следующие нормативы содержания радионуклидов:

- ГН 10-117-99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде» (РДУ-99);
- Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах (РДУ-99);
- Ветеринарно-санитарные правила обеспечения безопасности кормов, кормовых добавок и сырья для производства комбикормов;
- Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011);
- ГН 2.6.1.8-10-2004 «Республиканский допустимый уровень содержания цезия-137 в лекарственно-техническом сырье» (РДУ/ЛТС-2004).

Заключение. Разработка нормативно-правового обеспечения в области радиационной безопасности относится к приоритетным мерам по ликвидации последствий радиационного загрязнения в агропромышленном комплексе Республики Беларусь.

Нормативная база в области радиационной безопасности и регламентации ведения сельского хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения постоянно обновляется, в связи с чем требуется ее периодическая проверка на предмет возможных изменений.

ЛИТЕРАТУРА

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

2. Босак, В. Н. Обеспечение продовольственной безопасности регионов, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Развитие агропромышленного производства и сельских территорий. – Новосибирск, 2016. – С. 70–74.

3. Босак, В. Н. Обеспечение радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко // Дальневосточная весна. – 2016. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2016. – С. 131–133.

4. Босак, В. Н. Обеспечение радиационной безопасности в лесном хозяйстве Республики Беларусь / В. Н. Босак, Т. В. Сачивко, А. В. Домненкова // Дальневосточная весна – 2018. – Комсомольск-на-Амуре: КнАГТУ, 2018. – С. 221–223.

5. Сачивко, Т. В. Проведение йодной профилактики при техногенных авариях на АЭС / Т. В. Сачивко, В. Н. Босак // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. научных трудов. – Горки: БГСХА, 2019. – Вып. 4. – С. 134–137.

УДК 635.65:633.12:631.53

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПРЕДПОСЕВНОГО ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СЕМЯН

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

С. С. ШКУРАТОВ, магистр техн. наук, аспирант

А. Ю. БЕНЯШ, магистрант

В. И. ЛОСЕВ, студент

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

Введение. Предпосевная обработка семян против вредителей и болезней осуществляется преимущественно химическими препаратами. Но вместе с достижением положительных результатов использование химических способов защиты растений имеет ряд отрицательных последствий, среди которых загрязнение окружающей среды, накопление опасных химических веществ как в почве, так и в продукции растениеводства, трудоемкость при выполнении работ.

Основная часть. Применение альтернативных методов при предпосевной обработке семян зависит от рода стимулирующего воздействия, дозы, режимов обработки и других факторов. На целесообразность выделения основных факторов указывают многие исследователи [1]. Предпосевная обработка семян различными энергетическими методами применяется как эффективный способ обеззараживания и повышения посевных свойств семенного материала [2–5].

Сущность предпосевной обработки семян электромагнитным полем состоит в том, что семенной материал помещается в поле на определенный промежуток времени (от 3 до 12 минут). Основным параметром электрического поля является частота от 300 до 600 Гц. Так, про-

ведение предпосевной обработки семян капусты сорта Слава импульсным электрическим полем показало увеличение энергии прорастания в среднем на 8,2 %, а всхожести – на 5 %, что подтверждает эффективность данного вида обработки семян перед посевом (https://sibac.info/sites/default/files/conf/file/stud_3_3).

Совместная обработка семян гороха Орлус электромагнитным полем прибора «Биомаг» повышает полевую всхожесть обработанных семян до 6 %. Прибавка в урожай гороха в вариантах опыта ЭМП «Биомаг» + Гумат Калия составила к контрольному варианту 0,17 т/га (7,4 %), ЭМП «Биомаг» + Рибав – 0,31 т/га (13,4 %). (cyberleninka.ruГрнти»n/17558253).

Комбинированный метод электрофизической обработки семян с низкими посевными качествами осуществлялся в два этапа – сначала термический, затем, после отлежки в течение 30 мин., электромагнитным полем. Для проведения тепловой предпосевной обработки семян применялся термостат ТС-1/80 СПУ (используемая температура 30 °С). Воздействие ЭМП СВЧ проводилось на установке LG MS-1948V (используемая частота – 2,45 ГГц, мощность – 140 Вт) ([science.kuzstu.ru](http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/)wp-content/Events/Conference/).

Изучалось влияние низкочастотного электромагнитного поля на посевные свойства семян подсолнечника, сои и кукурузы. Параметры электромагнитного поля: индукция 16 миллитесла, частота импульсов 16 герц; время воздействия 15 и 20 минут. Предпосевная обработка семян кукурузы низкочастотным электромагнитным излучением неоднзначно повлияла на их посевные качества и формирование выросших из них растений ([vimsmit.com](http://vimsmit.com/jour/article/viewFile/262/210))jour/article/viewFile/262/210).

Многие годы термическое обеззараживание семян горячей или теплой водой было единственным способом борьбы, например, с пыльной головней. В опытах ряда исследователей [1] были достигнуты удовлетворительные и хорошие результаты при обработке зерна в борьбе с болезнями проростков и всходов, а также с твердой (*Tilletia caries*) и пыльной головней (*Ustilago nuda (tritici)*) пшеницы: до 90 % снижения зараженности твердой головней без заметного снижения всхожести семян. Для осуществления этого метода был разработан комплект оборудования КТС-0,5. Семена там погружали в воду на 3–4 ч при температуре 45 °С или на 2 ч при 47 °С, затем высушивали до кондиционной влажности. Термическое обеззараживание предупреждает заболевание пыльной головней пшеницы, ячменя и ржи, возбудители которых сохраняются в виде грибкины внутри семян.

Ультрафиолетовое облучение. При созревании зерно поражается преимущественно грибами родов *Alternaria*, *Clado-sporium*, *Helmin-*

tosporium, *Fusarium* и пр. При интенсивном развитии эти грибы вызывают ряд заболеваний (черный зародыш, оливковая плесень, розовые зерна у ржи, фузариоз колоса зерновых), в разной степени ухудшающих качество зерна. Развитие этих видов приводит к заметному ухудшению жизнеспособности, качества и технологических свойств зерна. Ультрафиолетовое (УФ) излучение относится к безреагентным физическим методам асептической обработки продуктов благодаря известному биоцидному, спорицидному и фунгицидному действию на патогенную микрофлору. УФ излучение используется более 100 лет для целей обеззараживания. Наиболее распространенными и эффективными источниками УФ излучения, используемыми в экологической технике, являются ртутные лампы низкого давления (РЛНД). Однако такие лампы обладают рядом недостатков, которые не позволяют обеспечить эффективную обработку продуктов. Современной альтернативой ртутным лампам являются высокоинтенсивные импульсные источники излучения (ИИИ). Принцип действия ИИИ для обеззараживания основан на облучении объектов импульсным излучением микросекундной длительности сплошного спектра (200–1000 нм.). Это позволяет обеспечить ионизацию ксенона в лампе и достичь высоких яркостных характеристик излучающей плазмы (патент № 2620831 «Модульная установка для обработки сыпучих зерновых продуктов ультрафиолетовым излучением»). Оценка эффективности обработки УФ излучением различного спектра проводилась в соответствии с ГОСТ Р 51278-99 «Зерновые, бобовые и продукты их переработки. Определение количества бактерий, дрожжевых и плесневых грибов». Анализ полученных результатов показал, что использование широкополосного УФ излучения при одинаковой плотности мощности обеспечивает на порядок больше снижение обсемененности зерна микроорганизмами, чем использование широкополосного излучения. Использование УФ излучения позволяет эффективно обеззараживать зараженное микроорганизмами зерно в процессе его движения.

Огневое обеззараживание семян. Проведены экспериментальные исследования по использованию способа огневой обработки семян с целью их обеззараживания. Способ проверялся в феврале 2018 г. на семенах пшеницы и овса, которые подвергались воздействию открытого пламени от 1 до 6 раз. Определяли возможное негативное воздействие на качественные показатели обработанных семян. Навески семян после термического огневого воздействия были проанализированы в специализированной лаборатории БГСХА «Испытательная лаборатория качества семян». В результате 6-кратного воздействия пламени исследованные показатели семян снизились на 2–3 %. При проведении

обработок до 3 раз повреждений зародыша не обнаружено. После однократного воздействия снижение качественных показателей не превысило 1 % (таблица).

Результаты огневого воздействия на семена пшеницы

Культура	Количество огневых обработок	Энергия прораста- ния, %	Лабораторная всхожесть, %	Холодовое проращивание (полевая всхо- жесть), %	Жизнеспос- обность, %
Пшеница	0	93	95	89	96
	1	92	94	88	95
	2	89	92	85	95
	3	91	92	86	93
	4	90	93	87	94
	5	91	92	86	92
Овес	0	80	86	80	80
	5	56	70	65	76

По полученным результатам планируется продолжить исследования с целью выявления эффективности производимого воздействия пламени на патогенную среду и разработки соответствующего оборудования для огневой обработки семян.

Заключение. Физические методы обеззараживания семян являются перспективными ввиду их экологических преимуществ. Продолжаются попытки использования электрических и магнитных воздействий, а также ультрафиолетового и теплового излучений. Возможно проведение огневых аппликаций без существенного снижения качества семенного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физические факторы в растениеводстве / М. С. Трифонова [и др.]. – М.: Колос, 1982. – 352 с.
2. Батыгин, Н. Ф. Комплексная оценка процесса воздействия электромагнитного поля высокой частоты на семена / Н. Ф. Батыгин, С. И. Ушакова, Н. Д. Никонова // Применение энергии высоких и сверхвысоких частот в технологических процессах сельскохозяйственного производства: тез. докл. – Челябинск, 1983. – С. 71.
3. Блонская, А. П. К вопросу механизма действия электрического поля на семена / А. П. Блонская, В. А. Окулова // Науч. тр. / ЧИМЭСХ. – 1977. – Вып. 121. – С. 32–35.
4. Предпосевная обработка семенного материала зерновых культур градиентным магнитным полем / В. М. Андреевский [и др.] // Пр-во экол. безопас. продукции растениеводства: регион. рекомендации. – М., 1997. – Вып. 3. – С. 24–31.
5. Савельев, В. А. Обработка семян ультрафиолетовыми лучами / В. А. Савельев // Вестник с.-х. науки. – 1990. – № 3. – С. 133–135.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В ХОЗЯЙСТВАХ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

А. В. КЛОЧКОВ, д-р техн. наук, профессор
Р. В. БОГАТЫРЕВ, магистр техн. наук, аспирант
А. А. ЕМЕЛЬЯНЕНКО, студентка

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

Введение. В Могилевской области зерновые и зернобобовые культуры в 2019 году возделывались на 329,2 тыс. га, а фактические уборочные площади по состоянию на конец года составили 315,3 тыс. га. На начало года в сельскохозяйственных организациях области имелось 1248 зерноуборочных комбайнов различных моделей, однако реальное участие в выполнении уборочных работ (на 22.07.2019 г.) принимало 1189 комбайнов. В итоге за основной период жатвы было намолочено 775,3 тыс. т зерна, а всего с учетом зерна кукурузы – 939,9 тыс. тонн (на 02.12.2019 г.). Средний намолот зерновых и зернобобовых культур на 1 комбайн составил 652 т зерна при уборочной площади 265 га. В среднем по Беларуси эти показатели равны 733 т и 256 га соответственно.

Основная часть. В каждой сельскохозяйственной организации существуют свои особенности проведения зерноуборочных работ, обусловленные наличием и состоянием комбайнового парка, уровнем урожайности, наличием и квалификацией комбайнеров и многими другими факторами. Однако следует ориентироваться на передовой уровень агротехники и положительные результаты проведения уборочных работ. В Могилевской области в числе лидеров также имеются сельскохозяйственные организации, опыт которых заслуживает пристального анализа и обобщения. Среди них можно выделить ЗАО «Агрокомбинат «Заря» Могилевского района, ОАО «Александровское» Шкловского района и РУП «Учхоз БГСХА» Горецкого района.

ЗАО «Агрокомбинат «Заря» – это многопрофильное хозяйство с замкнутым циклом производства, переработки и реализации готовых продуктов питания. В хозяйстве сформирован комплекс стабильно и эффективно развивающихся подразделений, которые делают ставку на современные технологии и эффективную сельскохозяйственную технику. В ходе уборочных работ по состоянию на 5 августа в хозяйстве было убрано 69 % площадей зерновых и зернобобовых культур при

максимальной по области средней урожайности 62,6 ц/га. Комбайн «Lexion-760» в данном хозяйстве к этому времени убрал 461 га и намолотил 2531 т зерна. Всего в хозяйстве работало 7 зерноуборочных комбайнов импортного производства, каждый из которых намолотил (на 27.08.2019 г.) значительное количество зерна: Lexion-760 – 4003 т; Lexion-600 – 2815 т; Lexion-580 – 3724 т, а четыре имеющихся комбайна John Deere WTS 960 собрали соответственно 2203, 2150, 1844 и 1613 т зерна.

ОАО «Александрийское» Шкловского района представляет собой хозяйство с большими потенциальными возможностями. Общая площадь сельскохозяйственных угодий составляет 7179 га, в том числе пашни – 5739 га. Значительные вложения средств в производственную и социальную сферу хозяйства приносят ощутимый результат. В хозяйстве имеется достаточный машинно-тракторный парк для механизации всех производственных процессов. В частности, для уборки зерновых и зернобобовых культур в 2008 году использовалось 24 зерноуборочных комбайна. При этом разница в годовых намолотах зерна данными комбайнами находилась в пределах от 6 305 т до 738 т. В 2008 году общая уборочная площадь (без кукурузы) составила в хозяйстве 5204 га.

Показательны сравнительные результаты использования комбайнов в ОАО «Александрийское» Шкловского района в сезон уборки 2019 года (рис. 1).

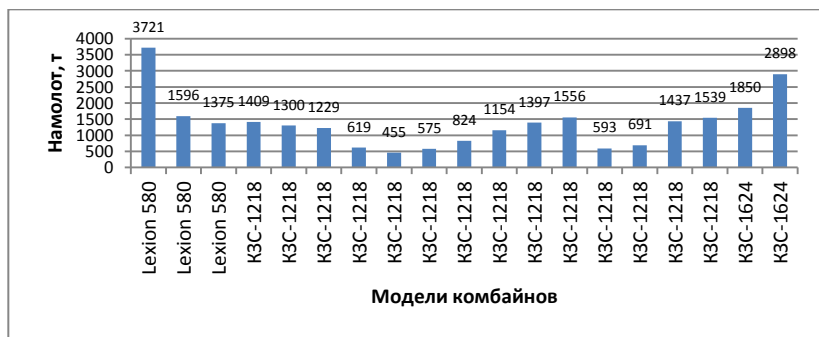


Рис. 1. Намолоты зерна различными моделями комбайнов в ОАО «Александрийское» Шкловского района (на 29.08.2019 г.)

Парк ОАО «Александрийское» в 2019 году насчитывал 19 машин различных моделей, включая 3 комбайна «Lexion-580» и 2 новых комбайна КЗС-1624. Остальные представлены вариантом КЗС-1218. Эти

комбайны имели различные намолоты зерна. Особый интерес представляют результаты использования новых моделей зерноуборочных комбайнов серии КЗС-1624, которые намолотили 2898 и 1850 т зерна, что характеризует их значительные возможности. Средний намолот по комбайнам КЗС-1218 составил 1056 т зерна, по моделям «Lexion-580» – 2231 т и по КЗС-1624 – 2374 т зерна.

Республиканское унитарное предприятие РУП «Учхоз БГСХА» Горецкого района является одним из ведущих сельскохозяйственных предприятий государственной формы собственности республиканского подчинения. Основными направлениями производственной деятельности являются производство молока, мяса крупного рогатого скота, зерна, рапса. В РУП «Учхоз БГСХА» Горецкого района на уборке всего работало 11 комбайнов модели КЗС-1218, а также комбайн КЗС-10К и Lexion-580. Средний намолот по комбайнам КЗС-1218 за основной сезон уборки (на 20.08.2019 г.) составил 1455 т зерна. Максимальный намолот комбайном КЗС-1218 к этому времени составил 1759 т зерна.

Заключение. Уборка урожая зерновых и зернобобовых культур проходила достаточно организованно и в условиях относительно благоприятных погодных условий. Комбайновый парк продолжает сокращаться, и следует продолжить замену старых моделей на новые с повышенной производительностью. В условиях Могилевской области были получены рекордные намолоты в 4000 т зерна. Во многих сельскохозяйственных организациях средние намолоты достигли показателей в 1000–1500 т зерна. Сроки проведения зерноуборочных работ во многих сельскохозяйственных организациях превысили нормативные и являются одной из существенных причин потери урожайности зерна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клочков, А. В. Уборка-2019: предварительные результаты / А. В. Клочков. – Ч. 1. Зерновые и травы // Наше сельское хозяйство. – № 15. – Август 2019. – С. 24–32.
2. Клочков, А. В. Основные результаты использования зерноуборочных комбайнов в 2019 году / А. В. Клочков, В. В. Гусаров, Р. В. Богатырев // Инновационные технологии в агропромышленном комплексе – сегодня и завтра: сборник тезисов докладов междунар. науч.-практ. конф., 3–4 октября 2019 г. – Гомель, 2019. – С. 106–108.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ЭЛЕКТРОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

С. А. ГРАБЦЕВИЧ, аспирант

В. В. ДОБРЯНЕЦ, аспирант

В. И. КОЦУБА, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. В настоящее время в организациях агропромышленного комплекса республики эксплуатируются около 42 тыс. тракторов различной мощности, из них 5,7 тыс. тракторов мощностью 250 лошадиных сил и более. Энергонасыщенные тракторы оснащаются гидросистемами с регулируемыми аксиально-поршневыми гидронасосами «Donaldson» A10CN045 и гидрораспределителями с электронной системой управления секциями распределителей EHS внешних потребителей фирмы «Bosch-Rexroth» [1].

Техническое обслуживание и ремонт гидросистемы подразумевают определение работоспособности ее элементов. Однако на предприятиях, как правило, отсутствует оборудование для контроля работоспособности элементов гидросистем тракторов с электронным управлением, а также отсутствуют критерии их оценки в процессе технического обслуживания и ремонта.

Следовательно, требуются разработки методов определения работоспособности гидросистем тракторов с электронным управлением. Одной из основных тенденций развития современных промышленных гидроприводов является обеспечение диагностики неисправностей. Актуальным является оценка технического состояния гидроагрегатов с учетом их индивидуальных возможностей. Реализовать это можно только с применением современных методов диагностирования [2].

Основная часть. Опыт показывает, что поиск неисправностей предпочтительно начинать с основных проблем и прорабатывать тестовые процедуры, учитывая такие признаки, как повышение температуры, шума, утечки и т. п. При этом порядок операций может меняться, так как определенные симптомы могут непосредственно указать на проблемную область.

Существует большое количество методов диагностики, но их можно разделить на два вида: тестовые и функциональные [2]. Они отличаются воздействиями, подающимися на входы объекта. Рассмотрим

методы функционального диагностирования, которые проводятся в процессе применения оборудования по прямому назначению.

Сравнительная таблица методов диагностики гидроприводов

Метод	Достоинства	Недостатки
Статопараметрический	Высокая точность, применим для всех гидроагрегатов	Трудоемкость
Спектральный анализ	Высокая точность	Невозможно определить источник загрязнения
Кинематический	Наименее трудоемкий	Низкая точность
Амплитудно-фазовых характеристик	Высокая точность	Трудоемкость, необходимо использовать дополнительные устройства
Акустический	Малое время проведения	Тарировка и наличие помех
Измерение скорости нарастания усилия на рабочем органе	Простота проведения, быстрое получение результата	Невозможно определить источник проблемы. Проводится отдельно от основного процесса работы оборудования
Диагностика с помощью искусственной нейронной сети	Возможность предсказания отказов. Высокая точность	Сложность проектирования ИНС. Необходимость обучения ИНС
Методы статистических решений	Предсказывание возможных неисправностей	Диагностика не в реальном времени. Метод слишком трудоемкий без использования ЭВМ

Первый метод – статопараметрический – основан на измерении параметров установившегося дросселированного потока рабочей жидкости. Диагностирующими параметрами его являются величина утечки рабочей жидкости, давление, коэффициент подачи и ее расход.

Проверка гидросистемы статопараметрическим методом проводится следующим образом. Сначала измеряется подача насоса при минимальном давлении. Далее увеличивают сопротивление последовательно включенного дросселя, что повышает давление на выходе из насоса. Проводится повторная проверка размера подачи на выходе из насоса уже при номинальном давлении.

Испытания должны проводиться при одинаковой частоте вращения вала насоса. По полученному результату разницы подач вычисляется коэффициент подачи, по которому судят о величине зазоров в гидрооборудовании и степени износа. Статопараметрический метод может использоваться для испытания всех механизмов гидропривода и на данный момент является наиболее распространенным методом диагностики [3].

Преимуществом данного метода является то, что он позволяет провести не только диагностику гидроаппарата, но и его обкатку. А высокая точность данного метода является его явным преимуществом. Но способ проведенный статопараметрической диагностики является его недостатком. Проверка всех механизмов, подключение дополнительных датчиков, отсоединение гидролиний делают процесс испытаний очень трудоемким, хотя за последние два десятка лет при производстве техники с гидроприводом ее производители заранее устанавливают измерительную аппаратуру. Это позволило несколько снизить сложность проведения испытаний.

Наименее трудоемким методом диагностики является кинематический метод. Он определяет общее техническое состояние гидропривода по скорости перемещения исполнительных элементов. Согласно этому методу, общую оценку состояния гидропривода можно провести визуально, например, при значительном снижении скорости перемещения штока поршня.

Для получения точных данных о перемещении исполнительных элементов можно использовать акселерометры. Подключив их к компьютеру и используя специальное программное обеспечение, можно получить диаграмму ускорения перемещения рабочих органов механизма при определенной подаче насоса. Но диагностика этим методом не позволит локализовать место появления неисправности.

Метод амплитудно-фазовых характеристик (метод пульсации давления) основан на том факте, что между диагностическим параметром (импульсом нарастания давления) и подачей насоса (объемным КПД) при постоянном режиме диагностирования существует определенная зависимость. В общем случае интенсивность изменения давления определяется измерением величины и времени нарастания давления [3].

Амплитуда импульса и продолжительность нарастания давления измеряются следующим образом. Гидропривод выводится на определенный режим работы – необходимо задать частоту вращения вала насоса, вязкость рабочей жидкости и давление нагружения. Затем с помощью нагрузителя резко повышается рабочее давление в напорной гидролинии до определенного значения и измеряется время нарастания давления от исходного значения давления до установившегося.

Для снижения погрешности время, затрачиваемое на изменение проходного сечения дросселя, должно быть строго постоянным. В простейшем случае для упрощения процесса диагностирования фиксируют величину интенсивности изменения давления путем дифференцирования сигнала, измеряемого в гидролинии давления. Полученный сигнал сравнивается с заданным сигналом, соответствующим номинальной величине интенсивности нарастания давления, и по разности сигналов определяют техническое состояние диагностируемого объекта. Измерение амплитуды пульсаций проводится с помощью ос-

циллографов. Реализация описанного способа может быть осуществлена с помощью устройств, измеряющих время снижения давления в заданном интервале и уровень снижения давления за заданный интервал времени.

Акустический метод применяется для диагностирования внутренней негерметичности гидроагрегатов. Измерения проводятся с помощью высокочувствительных микрофонов, которые в ультразвуковом диапазоне регистрируют шумы рабочей жидкости, протекающей через поврежденные уплотнения. Предварительная тарировка позволяет определить утечки в гидроуплотнителях, клапанах и других элементах гидросхемы. Необходимость тарировки и наличие помех от соседних агрегатов компенсируются высокой скоростью этого метода диагностики.

Виброакустический метод диагностики основывается на измерении вибраций объектов диагностирования. В отличие от акустического метода приборы регистрируют шумы не в ультразвуковом, а в более высоком диапазоне – от 500 до 1000 Гц. Виброакустический метод применяют в основном для механизмов с выраженным повторяющимся (циклическим) режимом работы, например, для гидронасосов. Его основное достоинство – это возможность получения информации о работе любого элемента гидропривода без необходимости его отключения от работы и разборки. Приближенную оценку состояния системы можно проводить по замеренным в ее отдельных точках общим уровням вибраций в долях ускорения силы тяжести или в децибелах. Для измерения общего уровня вибрации применяют пьезоэлектрический измеритель ускорений ПИУ-1М с пьезоэлектрическим датчиком ускорений ПДУ-1 или ИС-313 [4]. Однако при использовании этого метода сложно выделять полезную информацию.

Силовой метод основан на определении усилия, создаваемого исполнительным механизмом. Проводя диагностику этим методом, невозможно получить данные об отдельных механизмах гидропривода или объеме утечек. Проводится оценка только лишь общего состояния привода. Поэтому этот метод схож с кинетическим. Невысокая точность – главный недостаток силового метода. Преимуществом метода является возможность проведения испытаний без специального оборудования. В некоторых случаях можно ограничиться визуальным осмотром заготовки после воздействия на нее рабочего механизма, чтобы понять, что давления в гидросистеме недостаточно для работы оборудования.

Измерение скорости нарастания усилия на исполнительном элементе является усовершенствованием силового метода. Для его проведения используются переносные накладные датчики. Скорость получения данных также является преимуществом этого метода диагности-

ки, как и у трех предыдущих. Однако диагностика гидропривода этим методом не позволяет провести испытания систем с гидромотором.

Современные тенденции в области диагностики неисправностей гидравлических систем склоняются к использованию искусственных нейронных сетей (ИНС) для диагностики недостатков некоторых компонентов системы, таких, как клапаны, приводы, насосы или датчики. ИНС имеют возможность распознавания образов и диагностику, которую трудно описать в терминах аналитических алгоритмов диагностики, так как они могут получать входные образы сами по себе.

Принцип работы ИНС заключается в следующем. Сигналы от датчиков поступают на искусственные нейроны, которые представляют собой часть обрабатывающей программы, математическую функцию активации или функцию срабатывания. Вычисленный результат своей работы нейрон передает на выход функции. В большинстве случаев результат функций находится в промежутке, где значения соответствуют неисправному и исправному состоянию оборудования. Затем данные от нейрона передаются на систему принятия решения, компьютер или на второй слой нейронов, если система двухнейронная.

Основной задачей ИНС является определение неисправности оборудования или предсказывание технических проблем по множеству поступающих значений. Для принятия решения должно учитываться большое количество факторов, таких, как вибрация оборудования или вязкость рабочей жидкости. Эти параметры постоянно изменяются, поэтому возможность обучения является первичной необходимостью для ИНС. Отлаженная и обученная ИНС представляет собой надежный инструмент проведения технической диагностики гидросистем.

Методы статистических решений отличаются от всех вышеперечисленных, которые проводятся с действующим оборудованием и позволяют выявить текущие неисправности какого-либо узла и всей системы в целом. Таким образом, они являются методами диагностики в реальном времени, что приводит к одному их общему недостатку – невозможности или малой вероятности предсказания качества работы системы. Диагностика, проводимая методами статистических решений, учитывает не только текущее состояние гидросистем, но и частоту появления всех типов отказов, а также параметры состояния агрегатов, при которых отказы возникали.

Одним из таких методов является метод Байеса, разработанный английским математиком XVIII века Томасом Байесом. Суть метода в предсказывании вероятности какого-либо события с учетом того, что другие связанные с ним события уже произошли. Диагностика проводится следующим образом. Рассматриваемый гидропривод находится в одном из состояний, и существует набор факторов, которые могут влиять на общее состояние системы, делая ее неисправной.

Задача данной методики в том, чтобы разработать общее правило, по которому можно предсказывать возможные неисправности, имея данные о текущем отрицательном факторе из множества или их совокупности [1]. Для обследования гидропривода и расчета его технического состояния используют формулу, затем для каждой реализации считаются вероятности появления комплекса.

Заключение. Методы диагностирования определяются исходя из поставленной перед системой диагностирования задачи. Они должны включать диагностическую модель гидропривода, правила измерения диагностических параметров, порядок их анализа и обработки. Высокая точность является основополагающим фактором при выборе метода диагностики, но ряд причин, таких, как узкие временные рамки или экономический фактор, когда владелец оборудования не имеет возможности на приобретение дополнительных тестовых аппаратов, вынуждает специалистов, занимающихся ремонтом гидроприводов, прибегать к другим способам диагностики, не столь точным, но отвечающим текущим требованиям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство и применения гидропривода на энергонасыщенных тракторах марки БЕЛАРУС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://data.trendeconomy.ru/dataviewer/wb/wbd/wdi?ref_area=BLR&series=AG_AGR_TRAC_NO. – Дата доступа: 26.12.2018.
2. Богдан, Н.В. Техническая диагностика гидросистем / Н. В. Богдан, М. И. Жилевич, Л. Г. Красневский. – Минск: Белавоттракторостроение, 2000. – 120 с.
3. Алексеева, Т.В. Техническая диагностика гидравлических приводов / Т. В. Алексеева, В. Д. Бабанская, Т. М. Башта. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
4. Харазов, А.М. Технологическая диагностика гидроприводов машин / А. М. Харазов. – М.: Машиностроение, 1979. – 112 с.
5. Кондаков, Л.А. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем / Л. А. Кондаков. – М.: Машиностроение, 1982. – 216 с.

УДК 629.7.063.6:681.518.5

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ

В. В. ДОБРИЯНЕЦ, аспирант

С. А. ГРАБЦЕВИЧ, аспирант

В. И. КОЦУБА, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Анализ неисправностей двигателя показывает, что наиболее частые отказы имеют системы подачи топлива (насосы высокого давления, форсунки), механизмы газораспределения и детали ци-

линдропоршневой группы. Неисправности указанных систем ДВС могут развиваться постепенно (износ) или мгновенно. Их появление приводит к ухудшению показателей работы двигателя – повышению расхода топлива, снижению мощности, повышению токсичности отработавших газов. Таким образом, возникновение указанных неисправностей отражается на ухудшении рабочего процесса двигателя. По этой причине контроль протекания рабочего процесса эффективен для прогнозирования технического состояния систем двигателя [1].

Основная часть. Диагностические системы характеризуются большим разнообразием технических средств измерения и обработкой сигнала, а также методов и правил решения диагностических задач. Классификация диагностических систем представлена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация диагностических систем

Методы функционального диагностирования предусматривают получение данных о техническом состоянии двигателя и его узлов без его разборки и вывода из эксплуатации.

Существуют следующие методы функционального диагностирования в зависимости от измеряемой величины на основе анализа рабочего процесса по индикаторной диаграмме, пропусков воспламенения топлива в цилиндрах, виброакустических, тензометрических колебаний протекающих процессов в системах дизеля, химического состава отработавших газов, неравномерности частоты вращения коленчатого вала дизеля [1].

Метод диагностирования на основе анализа параметров рабочего процесса используется для комплексной и локальной (местной) оценки

технического состояния двигателя. Методика основана на сравнении фактических показателей работы двигателя с заранее известными неисправностями (отказами) или эталонными (контрольными) значениями параметров.

Вид диагностического сигнала может быть получен с использованием датчиков акустических, вибрационных, тепловых, газодинамических, оптических, тензометрических, пьезокварцевых.

Диагностическое оборудование может быть переносным и встроенным, а вид диагностического эксперимента – тестовый или функциональный.

Диагностирование топливной аппаратуры вибрационным способом представляют собой механические колебания частиц упругой среды. Так, внешний возмущающий импульс (например, удар) по поверхности тела сжимает слой, прилегающий к поверхности, и сообщает ему скорость. Возникающие силы упругости ускоряют следующий слой и деформируют его. Для возбуждения и регистрации упругих волн применяют пьезоэлектрические и электромагнитные преобразователи [2].

Диагностирование топливной аппаратуры с использованием накладного пьезоэлектрического датчика давления проводят следующими методами:

1. Снимают осциллограмму процесса подачи топлива, фиксируя импульс давления в топливопроводе. Полученную диаграмму сравнивают с эталонной диаграммой и определяют техническое состояние топливной аппаратуры.

2. Опытную диаграмму сравнивают с набором диаграмм, полученных с заведомо известными характерными неисправностями (например, потеря подвижности иглы распылителя). Эффективность данного метода диагностики зависит от набора имеющихся в базе данных диаграмм с известными неисправностями и сравнения их при помощи ЭВМ с контрольной диаграммой.

3. Сравнивают опытную характеристику подачи топлива с расчетной характеристикой.

При диагностировании топливной аппаратуры с использованием датчика давления тензометрического типа в качестве носителя информации о техническом состоянии форсунки может использоваться изменение давления топлива в топливопроводе или изменение хода иглы. Любое нарушение технического состояния форсунки будет влиять на величину и характер давления в трубопроводе в момент впрыска и в период между впрысками. Для регистрации давления используется мембранный тензометрический датчик. Наиболее точную информацию о состоянии форсунки дает датчик при установке его на входе в форсунку.

Диагностирование технического состояния форсунок дизеля по величине утечек топлива из дренажной магистрали основано на том, что в процессе работы форсунки топливо под действием перепада давления перетекает по зазору между иглой и направляющей. При диаметральном зазоре более 10 мкм утечки топлива уменьшают подачу топлива, поступающую в камеру сгорания [3]. По величине утечек топлива можно определить зазор в паре «игла – корпус распылителя». Для этой цели в лабораторных условиях определяют утечки топлива для известной величины зазора. По величине утечек топлива в эксплуатации (обратным способом) определяют зазор в распылителе, износ направляющей и делают заключение о целесообразности дальнейшей эксплуатации форсунки.

Заключение. При разработке диагностических систем дизельных двигателей основное внимание уделяется работе топливной аппаратуры. Настройкой определяются важнейшие характеристики процесса сгорания топлива – момент воспламенения топлива в цилиндре и качество его последующего сгорания. В зависимости от типа двигателя, его конструкции и совершенства на долю топливной аппаратуры приходится до 30 % неисправностей.

Современное состояние системы ремонта двигателей внутреннего сгорания предъявляет свои требования к диагностическим системам. В первую очередь это универсальность диагностического оборудования, применяемость к различным типам двигателей. Во-вторых, это возможность выполнения диагностических работ в условиях эксплуатации на частичных режимах работы двигателя или даже на холостом ходу.

Эффективность работы двигателя в основном зависит от состояния топливной аппаратуры. Техническое состояние можно определить по анализу давления в топливопроводе и анализу хода иглы распылителя форсунки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Балагин, Д. В. Экспериментальные исследования тепловых процессов в трубопроводах высокого давления топливной аппаратуры дизелей / Д. В. Балагин // Омский научный вестник. – 2012. – № 3(113). – С. 142–145.
2. Кочерга, В. Г. Технология оценивания технического состояния форсунок дизелей / В. Г. Кочерга // Наука – Хабаровскому краю: материалы XI краевого конкурса молодых ученых. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2009. – С. 43–55.
3. Роганов, С. Г. Влияние зазора в распылителе форсунки на процесс впрыска и некоторые показатели дизеля / С. Г. Роганов, Ю. П. Макушев // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 1978. – № 1. – С. 97–101.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

Е. В. СУЛИМА, аспирант

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

Введение. В процессе эксплуатации автомобильных двигателей своевременное диагностирование и прогнозирование технического состояния общепринято рассматривать как главное условие обеспечения их эффективности и эксплуатационной надежности. Среди узлов и деталей двигателей автомобилей цилиндропоршневая группа (ЦПГ) наиболее подвержена эксплуатационному износу. Вследствие этого падает компрессия в цилиндрах и двигатель теряет мощность, хуже запускается, увеличивается расход масла и топлива. Поэтому оценке технического состояния ЦПГ необходимо уделять особое внимание [1].

Основная часть. Диагностирование ЦПГ производится по внешним признакам и инструментальным методом (рис. 1).

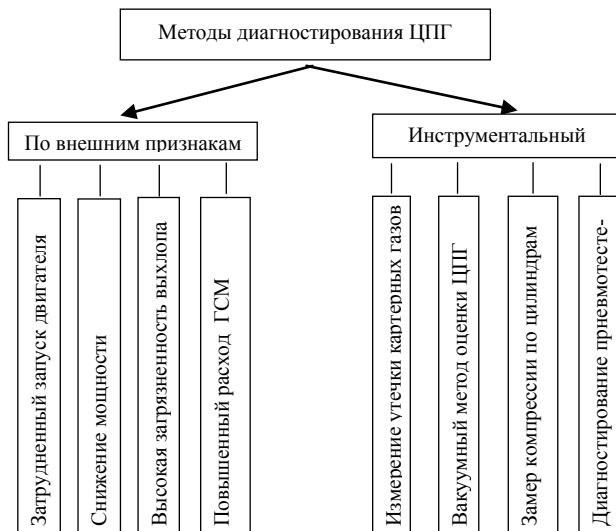


Рис. 1. Методы диагностирования ЦПГ

Работа неисправного двигателя характеризуется рядом внешних проявлений, выражающихся в изменении цвета выхлопных газов,

наличии посторонних шумов и стуков, повышенном расходе масла, ухудшении основных рабочих характеристик (мощности, крутящего момента), затрудненном запуске двигателя.

Сизый (голубовато-серый) дым выхлопа свидетельствует о попадании моторного масла в камеру сгорания цилиндра сверх допустимой нормы. Масло сгорает вместе с рабочей смесью и в виде «сизого» дыма выбрасывается в атмосферу. Основными причинами попадания масла в камеру сгорания двигателя могут быть:

- износ цилиндропоршневой группы в целом или маслосъемных колец в частности;

- поломка деталей ЦПГ (колец, поршня, перемычек между кольцами на поршнях и т. п.), а также задиры и царапины на зеркале цилиндра и юбке поршней, закоксовывание колец в канавках поршня;

- износ маслосъемных колпачков клапанов, направляющих втулок клапанов и стержней клапанов;

- износ уплотнений вала турбокомпрессора (для двигателей с турбонаддувом).

Износ цилиндропоршневой группы приводит к нарушению герметичности камеры сгорания и повышенному прорыву газов в картер двигателя и приводит к снижению компрессии в цилиндрах двигателя. В результате этого на такте сжатия снижаются давление и температура сжатого воздуха, что приводит к затрудненному запуску дизельных двигателей. Повышенный прорыв газов на такте рабочего хода приводит к снижению мощности и крутящего момента двигателя, неравномерной работе и повышенному дымлению из сапуна.

Для оценки текущего состояния цилиндропоршневой группы двигателя наибольшее распространение получили следующие методы диагностики – измерение компрессии, расхода картерных газов, величины утечек из камеры сгорания, параметров вибрации.

Замер компрессии является самым распространенным методом диагностирования цилиндропоршневой группы по давлению сжатия в цилиндрах двигателя. Для этого используют компрессометры различных конструкций. Прибор представляет собой стержень с внутренним каналом. В верхней части стержня закреплен манометр, а нижняя часть заканчивается переходником для подсоединения к форсуночным отверстиям двигателя. Переходник компрессометра должен компенсировать объем вывернутой форсунки, для того чтобы не менялись объем камеры сгорания и степень сжатия двигателя.

Измерение давления сжатия производят на прогретом двигателе. Снимают все форсунки, компрессометр устанавливают поочередно на все цилиндры в форсуночные отверстия и двигатель прокручивают стартером. В период прокручивания двигателя измеряют максимальное давление воздуха на такте сжатия [2].

Недостатком метода является то, что он не позволяет определить причины снижения компрессии. Снижение давления сжатия может быть вызвано не только износом гильз цилиндров, поршней, компрессионных колец, но и другими причинами: нарушением тепловых зазоров в клапанном механизме, износом направляющих втулок клапанов, прогоранием клапана или поршня, негерметичностью впускных и выпускных клапанов, дефектами прокладки головки блока цилиндров. Кроме того, показания компрессометра зависят от частоты вращения коленчатого вала, т. е. от состояния стартера и аккумулятора.

Оценку технического состояния ЦПГ двигателя по количеству газов, прорывающихся в картер, проводят следующим образом: запускают двигатель и прогревают его до рабочей температуры; индикатор присоединяют к заливной горловине двигателя и устанавливают в вертикальном положении. Прорывающиеся в картер газы проходят через корпус индикатора и поднимают поршень в сигнализаторе. Расход картерных газов оценивают при уравновешенном положении поршня. Повышенный расход газов может быть по причине чрезмерного износа ЦПГ, закоксовывания или поломки поршневых колец в разных цилиндрах. Если суммарный расход газов превышает 70 % предельного значения, то следует проверить исправность каждого цилиндра по отдельности [3].

Оценка состояния ЦПГ по расходу картерных газов показывает непосредственно на неисправность цилиндропоршневой группы, однако не позволяет выявить отдельный неисправный цилиндр и определить причины снижения работоспособности цилиндропоршневой группы [1, 5].

Диагностика ЦПГ при помощи пневмотестера позволяет оценить величину утечек из камеры сгорания при полностью закрытых клапанах.

Этот метод позволяет выявлять конкретный неисправный цилиндр. Поршень проверяемого цилиндра выставляется на такт сжатия или расширения. В цилиндр подается сжатый воздух, и по величине падения давления оценивается пневмоплотность цилиндра. Данный метод может быть реализован только в стационарных условиях при наличии источника сжатого воздуха (компрессора).

Кроме того, при проверке последних цилиндров мы получим худшие результаты вследствие утечки к моменту проверки части масла в картер [3].

Следует отметить характеристики косвенных методов оценки технического состояния ЦПГ двигателя [4].

Оценка технического состояния ЦПГ двигателя по характеристикам вибрации – метод диагностирования технических систем и оборудования, основанный на анализе параметров вибрации, создаваемой работающими деталями двигателя. При вибрационной диагностике,

как правило, исследуются временной сигнал или спектр вибрации того или иного оборудования. С точки зрения вибрационной диагностики, наиболее информативными являются колебания, вызываемые силами в ЦПГ, порождающие удары в различных сопряжениях (механические удары в сопряжении поршень-цилиндр).

Определение действительного значения удельного расхода моторного масла на угар проводится пробегом в 200...300 км. При этом уровень масла в картере, определяемый масляным щупом, должен быть в пределах нормы. Перед контрольным пробегом требуется прогрев двигателя, перед сливом температура масла должна быть 80...85 °С. Слив масла должен выполняться на ровной площадке, поршень первого цилиндра устанавливается в верхней мертвой точке, пробка заливной горловины должна быть открыта. Для исключения влияния на результат измерения работоспособности противодренажного клапана масляного фильтра необходимо определить вес фильтра с маслом до и после испытания, при этом исключить выливание масла при демонтаже фильтра. Получив значение общего расхода масла, определяют расход масла на угар в процентах к расходу топлива. Превышение этого показателя на 4,5...5,0 % свидетельствует о предельном износе поршневых колец или ЦПГ в целом.

Заключение. Несмотря на распространенность рассмотренных методов, они обладают общим недостатком – отсутствует возможность дифференцировать и однозначно трактовать вид неисправности деталей ЦПГ.

Следовательно, необходимо разработать метод, обеспечивающий полную информацию о состоянии цилиндропоршневой группы и причинах нарушения работоспособности ЦПГ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ методов диагностирования цилиндропоршневой группы для оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=17413>. – Дата доступа: 01.11.2019.
2. Методы диагностики состояния цилиндропоршневой группы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2015/article/2015011023>. – Дата доступа: 01.11.2019.
3. Анализ и оценка применимости методов диагностирования цилиндропоршневой группы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://revolution.allbest.ru/transport/01137459_0.html. – Дата доступа: 05.11.2019.
4. Диагностика цилиндропоршневой группы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dek-auto.ru/diagnostika-tsilindroporshnevoj-gruppy-dvigatelya-avtomobilya>. – Дата доступа: 05.11.2019.
5. Кулаков, А. Т. Контроль давления картерных газов дизельного двигателя при испытаниях и в эксплуатации для встроенной системы диагностирования / А. Т. Кулаков, Д. И. Нуретдинов, Ф. Л. Назаров // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2019. – № 3. – С. 36–42.

ВЫБОР ДИАМЕТРА ПРУТКОВ ТРАНСПОРТЕРА С ВОЛНООБРАЗНОЙ КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ СЕТЧАТОЙ ЛЕНТОЙ

Н. С. СЕНТЮРОВ, ст. преподаватель
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. При производстве кондиционного льноволокна до 75 % сырья переходит в отходы – костру, паклю, пыль. Переработка отходов позволяет не только получать различного рода материалы и изделия и, следовательно, повысить эффективность производства, но и решить возникающие на льнозаводах экологические проблемы.

Большую часть отходов составляет костра. На льнозаводах ее обрабатывается в два раза больше, чем производится волокна. Зачастую костру используют на льнозаводах в качестве топлива в связи с ее довольно высокой теплотворной способностью [1].

Поскольку Беларусь находится практически в полной зависимости от импорта энергоносителей, вместо традиционных ископаемых топлив целесообразно использовать возобновляемые энергоресурсы, которые в нашей республике представлены значительными запасами растительной биомассы. Однако растительная биомасса имеет много влаги, повышенную засоренность и невысокую тепловую способность, поэтому нуждается в определенной обработке. Наиболее эффективным способом устранения указанных недостатков является гранулирование или брикетирование предварительно измельченного и высушенного сырья [2].

При производстве топливных пеллет или брикетов из льнокостры существует проблема наличия засоренности минеральными примесями, которые как абразив приводят к быстрому износу основных рабочих органов пресса, одних из самых дорогостоящих узлов агрегата прессования [3].

Основная часть. Состав льнокостры определялся следующим образом. После отбора образцов производилась их разборка. Отдельно выбирались семенные коробочки, семена льна и сорняков, пустые коробочки, мякина, остатки стеблей льна и минеральные примеси. Компоненты, полученные таким образом, взвешивали по отдельности на электронных весах ВК-600 и определяли процентное массовое содержание их в общем объеме льнокостры. Повторность опытов трехкратная, каждую повторность выполняли по вышеизложенной методике. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1. Состав льнокостры для производства топливных пеллет или брикетов

Компоненты	Содержание по массе, %
Льнокостра	68...84
Семенные коробочки	0,5...1,2
Свободные семена	0,8...1,5
Семена сорняков	0,6...1,4
Пустые коробочки	1,8...4,2
Мякина	4...19,6
Остатки стеблей льна	3,1...11
Минеральные примеси	4,2...16

Процентное содержание компонентов льнокостры для производства гранулированного или брикетированного топлива изменяется в широких пределах и зависит от природно-климатических условий, засоренности полей, степени созревания посевов, степени полеглости льна, исправности и регулировки льноуборочного комбайна, исправности и регулировки машины для выделения путанины.

Для выделения минеральных примесей из льнокостры использовали транспортер с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой. Для повышения степени выделения минеральных примесей из льнокостры на транспортер установлены прутки, которые образуют волнистость сетчатой ленты.

Так как невращающиеся прутки диаметром 5 мм установлены на рабочей поверхности сетчатой ленты транспортера, то присутствующая в составе льнокостры мякина наматывается на них. Чтобы мякина не наматывалась на прутки, необходимо изменить диаметр прутков.

Диаметр прутков определялся следующим образом. На сетчатую ленту устанавливались прутки различного диаметра. При прохождении льнокостры через прутки определялось наматывание мякины на них. Вращение прутков обеспечивается за счет трения их о сетчатую ленту транспортера. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты лабораторных исследований

Диаметр прутков, мм	Прутки вращаются – «+»	Мякина наматывается – «+»
	Прутки не вращаются – «-»	Мякина не наматывается – «-»
5	+	+
	-	+
10	+	+
	-	+
15	+	-
	-	+
17	+	-
	-	-
20	+	-
	-	-

Согласно полученным результатам, можно сделать вывод: чтобы отсутствовало наматывание мякины на прутки транспортера с колеблющейся сетчатой лентой, нужно использовать прутки диаметром не менее 17 мм.

Заключение. Правильный выбор диаметра прутков транспортера с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой обеспечит бесперебойную очистку льнокостры от минеральных примесей для производства гранулированного и брикетированного топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы и средства защиты окружающей природной среды в легкой промышленности / В. О. Попов [и др.]. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 239 с.
2. Круглень, В. Е. Подготовка льнокостры для производства топливных гранул / В. Е. Круглень, А. С. Алексеев, Н. С. Сентюров // Вестник Брянской гос. с.-х. акад. – 2014. – № 3. – С. 49–50.
3. Шаршунов, В. А. Определение засоренности льнокостры минеральными примесями и способы их выделения / В. А. Шаршунов, В. Е. Круглень, Н. С. Сентюров / Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2013. – № 2. – С. 120–124.

УДК 62-03

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ ШИН

В. Л. САМСОНОВ, ст. преподаватель

Д. В. ГРЕКОВ, ст. преподаватель

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

Введение. Статистика ДТП показывает, что около 40 % назначения транспортно-трассологических экспертиз связано с определением времени образования повреждений на шинах. И в какой бы форме ни формулировалась экспертная задача, она, как правило, сводится к решению вопросов: когда – в момент происшествия, до него или после – образовались повреждения на шине и что явилось причиной их образования. В криминалистической литературе вопросам исследования повреждений на шинах посвящено сравнительно небольшое число работ. В них авторы утверждают (с чем нельзя не согласиться), что трассологические свойства шин зависят от их конструктивных особенностей, которые влияют на прочность и способность шин противостоять повреждениям и на отображение признаков слеодообразующего объекта. Основные типы шин состоят из каркаса, брекера, протектора, боковин, камеры и герметизирующего слоя. Каждая из этих частей отличается своими трассоло-

гическими свойствами и лишь в определенных условиях становится следоносителем.

Основная часть. Одной из самых уязвимых частей автомобиля являются шины. Это связано с тем, что шины – единственная часть автомобиля, которая имеет прямой контакт с поверхностью. Существует множество причин повреждения шин, некоторые из них вызваны неправильным использованием шин, а другие – просто производственными дефектами. В следующей статье мы представляем наиболее распространенные типы повреждений шин.

Рассмотрим, какими признаками характеризуется каждый из указанных элементов.

Протектор – это толстый слой резины, расположенный по длине покрышки. Он обеспечивает сцепление шины с дорожным покрытием, предохраняет покрышку и камеру от механических повреждений (разрезов, разрывов, проколов). Толщина протектора обусловлена маркой автомобиля, для которого предназначена шина. Так, у легковых автомобилей толщина протектора составляет 7–17 мм, у обычных грузовых – 14–32 мм, арочные же имеют протектор от 40 до 60 мм.

Боковина покрышки предназначена для предохранения каркаса от механических повреждений. Она состоит из тонкого эластичного слоя резины и способна выдержать многократные деформации на изгиб.

Бортами покрышки называют ее жесткие части, с помощью которых она крепится к ободу колеса. Стальное кольцо придает борту жесткость и прочность, а резиновый шнур – монолитность. Бортовые кольца испытывают большие нагрузки, поэтому они имеют значительный запас прочности.

Каркас покрышки состоит из нескольких наложенных друг на друга слоев прорезиненного корда и резиновых прослоек. Нити связаны между собой резиной. Если сцепление между нитями плохое, то происходит их расслаивание. Нити каркаса нарушаются также в случаях, когда для их изготовления используется некачественный материал (например, прелые, нестандартные и т. п. нити). В некоторых моделях шин для усиления прочности каркаса последний изготавливается путем переплетения металлических проволок (например, шины для автобусов «Икарус»).

Брекер – слой относительно мягкой резины или резинокорда, расположенный между протектором и каркасом. Он предназначен для усиления последнего и улучшения связи между указанными слоями. В условиях эксплуатации этот слой подвергается многократным деформациям на растяжение, сжатие и сдвиг.

Камера изготавливается из резины, обладающей достаточной прочностью и эластичностью. Толщина стенок камеры у шин разных моде-

лей находится в пределах 1,5–5,0 мм. В рабочем состоянии камера шины заполнена воздухом под определенным давлением.

Разрушения – повреждения шин, при образовании которых резко или медленно снижается давление воздуха в шине, – можно подразделить на две группы:

1) сквозные повреждения камеры при отсутствии сквозного повреждения покрышки;

2) сквозные повреждения шины (одновременные сквозные повреждения покрышки и камеры).

Сквозные повреждения камеры, когда покрышка остается без сквозного повреждения, могут образоваться:

- от производственных дефектов в камере – пропуск воздуха при расслоении стыка камеры, отслоение пятки вентиля;

- производственных дефектов в каркасе покрышки – расслоение и разрыв каркаса при отсутствии механических повреждений, следов удара и эксплуатационных разрушений покрышки, когда камера защемляется в месте разрыва каркаса и давление воздуха разрывает камеру;

- эксплуатационных разрушений покрышки, когда камера защемляется в месте разрыва каркаса, образовавшегося в результате эксплуатационных разрушений (удар, механические повреждения и т. п.), и давление воздуха разрывает камеру;

- некачественного ремонта камеры – отслоение заплаты или разрыв камеры в месте наложения заплаты;

- неправильной комплектации шины камерой – когда профиль камеры меньше профиля покрышки, толщина стенок камеры не соответствует стандартам и камера разрывается от давления воздуха;

- повреждения борта обода (диска колеса) – когда камера выходит наружу и защемляется – образуется сквозное повреждение камеры.

Сквозные повреждения шины могут образоваться:

- от производственных дефектов в каркасе покрышки – расслоение каркаса покрышки с последующим сквозным его разрывом при отсутствии механических повреждений и следов удара, когда камера выходит наружу и разрывается или когда камера защемляется в месте разрыва каркаса и давление воздуха разрывает камеру и покрышку;

- неправильной комплектации ТС шиной – когда покрышка и камера разрываются из-за нагрузки, давления и скорости движения;

- эксплуатационных разрушений покрышки – когда камера выходит наружу и разрывается или когда камера защемляется в месте разрыва каркаса и давление воздуха разрывает камеру и покрышку;

- удара о препятствие при езде с большой скоростью на сильно нагретой шине;

- прокола шины;
- прореza шипы;
- подреза покрышки, когда камера выходит наружу и разрывается.

По способу образования сквозные повреждения можно подразделить на колотые, резаные, разрывные, колото-разрывные, резано-разрывные, колото-резаные.

Проколом необходимо считать проникновение в шину предмета (независимо от размера и конфигурации) без его передвижения вдоль шины. Прокол при наезде на какой-либо предмет обычно происходит в контактирующей части (в зоне беговой дорожки) покрышки. В других частях покрышки прокол возможен только тогда, когда отсутствует качение колеса. При проколе образуются сквозные повреждения, отображающие форму проникшего в шину предмета, а также звездообразные, овальные, линейные и др. На резиновом слое покрышки и камеры образуются отдельные трассы различной выраженности, а нити корда или растягиваются и разрываются, или обрубаются. В первом случае концы нитей корда неровные и неодинаковой длины, в других случаях концы нитей одинаковой длины, но разволокненные.

Пробои образуются в результате внедрения в шину какого-либо (не обязательно острого) предмета (например, камня, болта).

Площадь этих повреждений больше площади проколов – более 10 мм. Особенность пробоев – отображение в них, а в ряде случаев и на поверхности камеры формы внедрившегося предмета. На внутренней поверхности покрышки, около сквозного повреждения, имеются признаки разрыва нитей корда и резинового слоя. Здесь же, на внутренней поверхности покрышки, можно наблюдать разрушения нитей корда и резинового слоя, характерные для движения автомобиля с недостаточным давлением в камере. На камере в месте пробоя, как правило, имеется повреждение в виде разрыва.

Вторую группу составляют разрезы и разрывы. Разрезы образуются от внедрения в поверхность шины различных острых предметов при движении колеса по проезжей части, острых краев выступающих деталей в процессе ДТП (столкновение, опрокидывание ТС), а также вследствие нанесения колото-резаных повреждений шины различными орудиями (ножом, отверткой, стамеской и т. п.) после происшествия.

Для разрезов, образовавшихся при наезде колеса на острый предмет, характерны признаки, указывающие, что в момент контакта этот предмет острой кромкой был обращен к шине. При нанесении колото-резаных повреждений след от режущей кромки имеет, как правило, противоположное направление.

Разрезы, образующиеся в процессе эксплуатации шины или в результате столкновения ТС, когда колесо находится в движении, имеют вид дугообразной или ломаной линии. Края этих повреждений ровные, нити

корда находятся на одном уровне. В качестве дополнительного признака разрезом, образовавшимся при вращении колеса, в них наблюдаются надрезы, соответствующие началу внедрения предмета в шину и выходу из нее.

Прямолинейная же форма разреза или отображение в нем конфигурации предмета, которым он образован, указывает на то, что в момент возникновения повреждения колесо не вращалось. Кроме того, в этом случае повреждения на покрышке и камере, как правило, совпадают не только по локализации, но и по форме.

При микроскопическом исследовании стенок повреждения на покрышке обнаруживаются группы трасс, образованные макро- и микро-рельефом режущей кромки предмета, которым сделан разрез. Эти следы в большинстве случаев пригодны для идентификации конкретного объекта, имевшего контакт с покрышкой.

Практика трассологических исследований повреждений на шинах показывает, что при производстве таких экспертиз не применяются комплексные исследования. Отдельные случаи производства подобных экспертиз с привлечением специалистов по исследованию металлов и лакокрасочных покрытий свидетельствуют о том, что комплексный метод позволяет не только выявить деталь, которой было образовано повреждение, но и установить факт контактного взаимодействия конкретных ТС.

Разрывы шины происходят тогда, когда сила контакта какого-либо предмета с ее поверхностью превышает прочность ее каркаса. При этом разрыв может образоваться как в месте контакта, так и в любом другом – наиболее слабом участке покрышки. Слабость участка может быть обусловлена степенью износа шины или наличием в ней производственных дефектов (некачественные нити корда, расслоение слоев покрышки и т. п.). Механизм разрыва, образовавшегося в зоне контакта, характеризуется следом пробоя с переходом его в разрыв покрышки, имеющий обратное направление перемещению колеса. Края повреждения неровные, нити корда располагаются на различном уровне, концы их утончены. Дополнительные признаки разрыва – следы в виде уплощения внутреннего слоя корда и резины покрышки в месте контакта ее наружной поверхности с предметом, вызвавшим ее разрушение и образование повреждения на камере с «минусом» резины.

При исследовании стенок такого повреждения (как правило, на разрезе) можно наблюдать сдвиг частиц резины и загиб разрушенных концов корда в направлении снаружи внутрь покрышки.

О том, правильно ли вы эксплуатируете шины и какие невидимые повреждения они получили, можно узнать по характерному износу протектора, разновидности которого для удобства собраны в таблице.

Причины износа протектора шин и пути его устранения

Износ протектора	Причины	Устранение, ремонт
Односторонний износ в плечевой зоне	Истирание одного края протектора говорит о неправильном угле установки колес (сход-развал) либо о частых маневрах на высоких скоростях	Проверка схода-развала или смена манеры езды на более спокойную
Двухсторонний износ в плечевых зонах	Езда с давлением воздуха в шине ниже рекомендуемого	Накачать шины до рекомендуемого автопроизводителем давления (табличка с рекомендациями крепится в проеме двери водителя) и найти причину падения: прокол, трещины, грыжа, ниппель, ржавчина на ободе диска в месте прилегания шины и т. п.
Износ по центру	Слишком высокое давление в шине	Понизить давление до рекомендованного (указано на табличке в проеме двери водителя)
Износ в виде колец и борозды	Может встречаться на прицепах или задних колесах пикапов и фургонов из-за вибраций и подпрыгиваний на высоких скоростях	Перестановка колес на нагруженную ось для выравнивания износа, езда с более тяжелым грузом
Выщербленный износ с порезами	Частые пробуксовки колес на каменистой поверхности	Переставить колеса на неведущую ось, аккуратнее работать педалью газа при начале движения

Особое место среди повреждений шины занимает «пневматический взрыв». Это повреждение характеризуется всеми признаками разрыва, но возникает в результате воздействия внутреннего давления на шину, покрышка которой имела либо производственные дефекты, либо дефекты, возникшие при ее эксплуатации. К ним можно отнести излом и выпадение металлического каркаса, отслоение резины от внутренней поверхности покрышки, протирание камеры.

В повреждении на покрышке, кроме сдвига резины и выпадения нитей корда наружу, в месте повреждения можно обнаружить, как правило, «минус» резины в виде отрыва деталей протектора или боковины [1–4].

Кроме того, на покрышках и камерах в ряде случаев наблюдаются повреждения в виде стертости резины до образования сквозных повреждений. При защемлении камеры возникает сквозное повреждение линейной формы с «минусом» камеры овальной или неопределенной формы в центре защемления. Величина «минуса» зависит от площади

захвата камеры, а линейный разрыв указывает на линию ее сложения. «Минус» материала покрышки образуется при расслоении каркаса, брекера, протектора и при последующем разрыве покрышки под воздействием давления воздуха.

Колото-разрывные повреждения образуются от внешнего воздействия на шину и действия внутреннего давления в ней.

Заключение. Большое значение имеет расположение дефектов. Если они находятся на протекторе, то есть вероятность того, что вся влага будет попадать прямо на металлический брекер, что в дальнейшем приведет к появлению ржавчины. Трещины на боковине могут стать причиной постепенной потери давления в покрышках. Из-за этого они чрезмерно нагружаются и нагреваются, что негативно сказывается на их эксплуатационных возможностях. В ремонте шин есть много особенностей и нюансов, поэтому выполнять его самостоятельно не рекомендуется. Лучше доверьте это дело профессионалам: они смогут применить соответствующее оборудование, воспользоваться специальными материалами, произвести балансировку колес и дать гарантию качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Девять ответов на тему «тормозной путь» [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://autosalon.by/index.php?id=194>. – Дата доступа: 18.11.2019.
2. Тарасик, В. Н. Теория движения автомобиля: учебник для вузов / В. Н. Тарасик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006.
3. Касьянов, В. А. Физика. 10 класс / В. А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2003. – 412 с.
4. Тормозной путь автомобиля / [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <https://presentacii.ru/presentation/tormoznoj-put-avtomobilya/>. – Дата доступа: 19.11.2019.

УДК 62-03

ЗАВИСИМОСТЬ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ОТ ТИПА И СОСТОЯНИЯ ШИН

В. Л. САМСОНОВ, ст. преподаватель

Д. В. ГРЕКОВ, ст. преподаватель

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

Введение. Изношенные шины на скользких дорогах – опасная комбинация. Автомобиль склонен легче уходить в занос или снос на поворотах, тормозной путь становится длиннее. Но многое также зависит от технологии изготовления шины, и не всегда характеристики сцепления с дорогой зависят от остаточной глубины протектора. Под чер-

ной резиной прячется множество ноу-хау: различные слои стального и/или текстильного корда, несколько слоев разной по составу и жесткости резины и прочие инженерные изощрения, направленные на придание шине прочности, отличных сцепных качеств с дорогой при качении и торможении.

Трудно подсчитать, сколько водителей управляют автомобилями, шины на которых уже отжидают свой срок. Предписанная правилами остаточная глубина протектора в 1,6 мм (для легковых авто) слишком мала для обеспечения реальной безопасности.

Основная часть. Повышение качества торможения в зависимости от типа и состояния шин.

Создатели ПДД разрешили использование шины различных типов и с различным рисунком протектора только при условии установки их на разных осях. Для тормозного пути и ездовых характеристик это плохое правило. Причина очевидна: шины разных типов и моделей тормозят по-разному. При экстренном торможении это может вводить в заблуждение современную электронику автомобилей. Датчики ABS и ESP будут получать несопоставимую информацию с колес передней и задней оси. В результате вспомогательные системы не смогут вмешаться в управление автомобилем и помочь водителю справиться с экстремальной ситуацией [4].

Канавки в шинах – это не что иное, как водные каналы. Их функция состоит в отведении воды из-под шины при движении по мокрой дороге. Если канавки слишком мелкие, то они не смогут отвести воду из-под шины. В результате в пятне контакта колеса с асфальтом остается скользкая прослойка. Она тем опаснее, чем выше скорость. Автомобиль начинает «плыть», теряя контакт с дорогой: ни управлением, ни тормозами с ним не справиться. Последствия этого самые неприятные: автомобиль легче и быстрее заносит на поворотах, для остановки требуется значительно большая дистанция [1, 2].

Предписанная правилами минимальная глубина протектора в 1,6 мм должна сохраняться по всему периметру шины. Измерять глубину нужно по всей поверхности качения в главных канавках профиля. Они располагаются на расстоянии примерно в 3 см от боковой поверхности, больше всего изнашиваются при езде. В них располагаются индикаторы износа в виде маленькой перемычки. Плечевая зона шин изнашивается сильнее, но ее глубина канавок не является принципиальной для измерений.

На сухой дороге более эффективны широкие шины с минимальной площадью канавок. Таким образом, достигается наибольшая площадь соприкосновения шин с асфальтом. Протектор должен быть очень

жестким. Все эти черты присутствуют у «сликов» – гоночных шин для болидов «Формулы-1». Но для езды в мокрую погоду они безнадёжны, так как не способны отводить воду из-под шины. Ширина шины также играет злую шутку: из-за нее покрышки гораздо легче «всплывают» в лужах, теряя контакт с асфальтом.

Тормозной путь определяет тяжесть последствий аварии. В наших тестах шин мы тормозим до полной остановки со скорости 100 км/ч. Хорошие шины способны остановить автомобиль через 50 м, а результат плохих на 8 м хуже. На первый взгляд, это не так уж и много, но наши измерения говорят о том, что на плохих шинах за 50 м тормозного пути скорость падает всего до 37 км/ч. Энергия столкновения на такой скорости соответствует силе падения с шестиметровой высоты. Легко представить, что произойдет, если на пути машины с плохими шинами окажется перебегающий через дорогу пешеход.

При эксплуатации изнашивается не только протектор – озон и солнечный свет разрушают состав резины шин. Эффект окружающей среды проявляется сильнее при долгом простое автомобиля, чем при активной езде. Любителям ездить со скоростью более 100 км/ч не советуем испытывать на прочность покрышки, которым уже больше шести лет. Воздействие природных факторов вызывает высыхание шин, отвердевание резинового состава и появление микропор и трещин. В результате ухудшаются боковой увод и тормозной путь таких шин. Дату изготовления шины можно определить по DOT-номеру, выбитому на борту шины. Первые две цифры показывают неделю выпуска, две следующие – год выпуска. В нашем примере шины выпущены на 50-й неделе 2004 г. Вообще лучше опасаться шин старше 10 лет.

Для сокращения тормозного пути разработаны две важные технологии: специальные добавки и ламели (прорези) протектора. Новые силиконовые добавки сохраняют эластичность шин при низких температурах и сцепные свойства. Наилучшие сцепные свойства достигаются при присутствии в конструкции протектора ламелей. Мы разработали «трехмерные ламели» для наших зимних шин UltraGrip Performance II. Внутри ламели рассечены не вертикально, а зигзагообразно. Таким образом, ламель не только выполняет свои функции на морозе, но и сохраняет жесткость протектора при высоких температурах. Дизайн протектора очень важен, а также остаточная глубина профиля, которая должна составлять минимум 4 мм.

В ходе тестов, проведенных журналом AUTO BILD с шинами без обозначения торговых марок, в отношении многих изделий с Дальнего Востока были выявлены значительные недостатки сцепления при торможении в мокрую погоду. Потому мы советуем покупать фирменные

шины: в случае опасности они способны предотвратить столкновение. При покупке дешевых шин лучше ознакомиться с результатами сравнительных испытаний, а уже потом задумываться о приобретении.

Несомненно, на снегу зимние шины значительно лучше. Рисунок их протектора грубее, присутствуют ламели. Они лучше сцепляются со снежным покровом, обеспечивают хорошие показатели тяги и торможения. На асфальте при невысоких положительных температурах специальные зимние шины также надежнее. Но в снежной каше или в талой воде они, как правило, хуже летних: протектор неважно отводит воду [4].

Заключение. На сухом асфальте при теплой погоде от зимних шин лучше отказаться: мягкий протектор становится еще мягче. Авто в таких условиях легче поддается скольжению и плохо контролируется рулем. При теплой погоде летние шины с твердым протектором гораздо лучше – единственно правильное решение. Современные всесезонные шины изменились к лучшему: их вполне можно считать настоящим универсальным шинным решением. В сравнительном тесте шин для малолитражек они на снегу не отставали от лучших зимних «специалистов».

ЛИТЕРАТУРА

1. Девять ответов на тему «тормозной путь» [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: <http://autosalon.by/index.php?id=194>. – Дата доступа: 18.11.2019.
2. Тарасик, В. Н. Теория движения автомобиля: учебник для вузов / В. Н. Тарасик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006.
3. Касьянов, В. А. Физика. 10 класс / В. А. Касьянов. – М.: Дрофа, 2003. – 412 с.
4. Тормозной путь автомобиля / [Электронный ресурс] – 2019. – Режим доступа: <https://presentacii.ru/presentation/tormoznoj-put-avtomobilya/>. – Дата доступа: 19.11.2019.

УДК 631.541:631.395.29

ВЫДЕЛЕНИЕ КОРМОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ЛЬНОВОДСТВА

А. С. СИМЧЕНКОВ, ассистент

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

Введение. Переход к рыночной экономике в сельском хозяйстве предполагает обеспечение рациональной переработки получаемой продукции. Для роста производства продукции питания в стране необходимо создание прочной кормовой базы для животноводства. Одним из направлений решения данной проблемы является широкое исполь-

зование нетрадиционных видов кормов, прежде всего отходов переработки продукции растениеводства, в частности льняного вороха.

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

Получены следующие теоретические результаты:

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

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

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

Заключение. Анализ существующих технологий уборки льна в республике показал целесообразность дополнительной переработки

отходов льняного вороха с целью получения кормовых материалов. Изучение достоинств и недостатков технологий переработки льняного вороха позволяет сделать вывод о том, что наибольшей эффективности можно достичь применением двухфазной технологии. Переработка вороха должна осуществляться на стационарных машинах. При этом молотильно-сепарирующее устройство должно работать с пониженным числом оборотов барабана (450...550 мин) и увеличенными молотильными зазорами (не менее 15–7 мм).

ЛИТЕРАТУРА

1. Выбор и обоснование технологии переработки льновороха / В. А. Шаршунов, [и др.] // *Ecologiczne aspekty mechanizacji produkcji roslinnej* / 9 INTERNATIONAL SIMPOZIUM. – Warszawa, 2002. – С. 361–368.
2. Анализ взаимодействия слоя льновороха и рыхлителя-разравнивателя в карусельной сушилке / В. А. Шаршунов [и др.] // *Ecologiczne aspekty mechanizacji produkcji roslinnej* / 9 INTERNATIONAL SIMPOZIUM. – Warszawa, 2001. – С. 254–257.
3. Бортник, С. А. Выделение кормовых материалов из отходов льноводства на стационарных молотилках: дис. ... канд. техн. наук / С. А. Бортник. – Горки, 1992.

УДК 619.613

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ

Д. Ф. КОЛЬГА, канд. техн. наук, доцент
Т. В. МОЛОШ, канд. техн. наук, доцент
УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение Животноводство является важнейшей отраслью в сельском хозяйстве Беларуси. В республике имеются фермы и крупные комплексы по производству свинины, выращиванию и откорму молодняка крупного рогатого скота с высоким уровнем концентрации. Интенсификация животноводства положительно сказалась на увеличении объемов продукции, но вместе с тем оказывает отрицательное воздействие на экологическую обстановку в зонах их размещения и загрязняет окружающую среду.

Основными источниками заражения почвы и водоемов от животноводческих комплексов являются навоз, моча, техническая вода и дезинфицирующие средства, используемые на ветеринарно-санитарные мероприятия [1]. Животноводческие комплексы являются также ос-

новными источниками загрязнения атмосферного воздуха в сельской местности.

Вопросы повышения экологической безопасности в животноводстве являются актуальными и требуют разработки комплекса мероприятий для снижения негативного влияния производственных процессов на окружающую среду.

Основная часть. Решение проблемы состоит в изучении состояния экологической безопасности в животноводстве. На основе анализа функционирования ферм и комплексов необходимо выделить следующие причины ухудшения экологической обстановки: отсутствие методологии по выбору параметров функционирования объекта (комплекс, ферма), обеспечивающих стабильность экологической обстановки; недостатки проектно-изыскательских, строительных, технологических и технических разработок, в результате чего не обеспечивается минимальное воздействие на почвенно-климатический фон окружающей среды и человека; отсутствие эффективных мер контроля за окружающей средой, рациональных приемов по ее улучшению и восстановлению; техническое несовершенство современного оборудования [2].

Особенно опасен жидкий навоз, получаемый при бесподстилочном содержании животных. Патогенная микрофлора в жидком навозе остается жизнеспособной очень длительное время, что обеспечивается за счет высокого содержания в нем аммиака и хлоридов, препятствующих размножению микроорганизмов. В связи с этим биотермические процессы в жидком навозе не развиваются и биотермического его обеззараживания не происходит. Внесение такого навоза на поля сопровождается значительным загрязнением почвы,

Технология переработки и последующей утилизации навоза в значительной мере определяется способом его уборки из животноводческих помещений. При наиболее распространенном на крупных комплексах гидросмыве навоза происходит разбавление его водой и превращение в малоконцентрированные навозные стоки, объем которых может в 5–10 раз превышать количество исходного навоза. При этом существенно увеличиваются также сроки выживания в нем возбудителей инфекционных болезней и яиц гельминтов, которые со временем накапливаются в таких количествах, что становится необходимым обязательное обеззараживание всего навоза.

Для предупреждения инфекционных заболеваний среди животных следует проводить дезинфекцию навоза. При этом дезинфицирующие средства должны применяться не профилактически, а целенаправленно, ввиду того, что они имеют свои особенности и, попадая в почву, способны убивать полезные почвенные микроорганизмы. Кроме того,

при выборе дезинфицирующих средств следует учитывать сроки их распада. Широкое распространение должны найти также биологические способы обеззараживания почвы. Разработка таких способов позволяет оздоровить пастбища и прифермские участки от микробактерий туберкулеза, если на них высевать яровую пшеницу, донник, викоовсяную смесь.

Жидкий навоз – эффективное средство повышения ветроустойчивости почвы. В ней увеличивается аэродинамическая, аэромеханическая и гидромеханическая прочность поверхностного слоя. Длительное внесение в почву чрезмерно высоких доз навоза может вызвать ее загрязнение, к которому относятся частичное засоление, увеличение содержания азота и фосфора в верхнем слое. При внесении высоких доз азота, значительно превышающих потребности растений, возможно накопление нитратов в грунтовых водах и в урожае выше допустимого уровня. Для эффективного использования животноводческих стоков без загрязнения почвы, урожая, грунтовых вод и окружающей среды следует строго придерживаться допустимых норм азота.

Оптимальные дозы внесения навоза зависят от способа обработки почвы, ее ассимилирующей способности, потребности растений в питательных веществах, способов предварительной обработки навоза перед внесением. Для контроля за состоянием экологической обстановки на комплексах и вокруг них необходимо организовать постоянное наблюдение за использованием бесподстилочного навоза, проводить агрохимические анализы органических удобрений, почвы, грунтовых вод и растительной продукции [3].

Загрязнению грунтовых и поверхностных вод и приведению их в непригодность для поения животных может способствовать силосный сок при попадании в воду в больших количествах.

Одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха в сельской местности являются животноводческие комплексы, так как вытяжная вентиляционная система выбрасывает в атмосферный воздух прилегающей территории большое количество углекислого газа, аммиака, сероводорода, пыли, микробных тел. Микроорганизмы распространяются по ветру до 7 км, специфические запахи – 15 км и более.

Наряду с проблемами утилизации жидкого навоза, сточных вод, силосного сока и отработанного (загрязненного) воздуха перед животноводами стоят и проблемы утилизации трупов животных, других биологических отходов, а также нейтрализации моющих и дезинфицирующих веществ.

Заключение. Снизить загрязняющее влияние животноводческих комплексов на прилегающую к ним территорию возможно за счет грамотного проектирования технологии производства и застройки ферм; следует усилить гигиенический контроль за качеством проектирования, обязательно проводить экологическую экспертизу ферм и комплексов при их реконструкции – переходить на широкое использования механических способов удаления навоза; не допускать ввод в эксплуатацию животноводческих комплексов, не оснащенных в достаточном количестве емкостями, оборудованием и машинами для накопления, хранения, переработки и его использования в качестве удобрения. Кроме того, строительство и ввод в эксплуатацию очистных сооружений, навозохранилищ должны предшествовать вводу в эксплуатацию ферм и комплексов. Обеззараживание навоза следует производить естественным, экологически безопасным способом; следует проводить общие ветеринарно-санитарные мероприятия, способствующие снижению количества микрофлоры в помещениях и предупреждению разноса их по прилегающей территории; совершенствовать систему обеспечения микроклимата помещений, не допускать внутренней и внешней рециркуляции отработанного воздуха. В проектах обязательно следует предусматривать защиту водоемов от загрязнения сточными водами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колычев, Н. М. Экологическое состояние крупных животноводческих комплексов и пути его улучшения / Н. М. Колычев, С. Я. Бутаков // Сиб. вестник с.-х. науки. – № 4. – 1991. – С. 97–101.
2. Кольга, Д. Ф. Использование стоков животноводческих комплексов и влияние их на почву и урожайность / Д. Ф. Кольга, В. А. Тикавый // Агропанорама 5. – Минск, 2002. – С. 31–33.
3. Вороницкий, И. А. Новые технические и технологические решения по улучшению экологической обстановки в зонах животноводческих комплексов / И. А. Вороницкий, Д. Ф. Кольга, С. М. Карташевич // Пути очистки животноводческих стоков на фермах и комплексах и пути их решения. – Минск, 1990. – С. 47–49.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Т. В. МОЛОШ, канд. техн. наук, доцент

С. А. КОРЧИК, ст. преподаватель

С. Д. МЕРЕДОВ, магистрант

УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»,

Минск, Республика Беларусь

Введение. Уровень производственного травматизма в растениеводстве является одним из самых высоких в сельском хозяйстве и связан с особенностями условий труда, обусловленных характером производственных процессов в отрасли: интенсивностью труда во все периоды года; сезонностью и многообразием выполняемых работ; требующих широкой гаммы сельскохозяйственной техники; выполнением многих видов работ вне помещений и в различных погодных условиях и др. Применение средств механизации значительно сократило долю ручного труда, вместе с тем это предъявляет повышенные требования к мероприятиям по обеспечению безопасных и здоровых условий труда операторов мобильной техники. Вопросы обеспечения охраны труда при эксплуатации средств механизации в растениеводстве являются актуальными и требуют разработки комплекса мероприятий по повышению производственной безопасности.

Основная часть. Анализ травматизма в растениеводстве при выполнении работ на различных сельскохозяйственных машинах показывает, что наибольшее количество пострадавших составляют трактористы-машинисты [1].

Особенность условий их труда – воздействие различных опасных и вредных производственных факторов, основными из которых являются машины и механизмы: неогражденные подвижные части машин и оборудования; повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенный уровень шума и вибрации; повышенная или пониженная влажность и подвижность воздуха; недостаточное естественное и искусственное освещение рабочих мест и рабочих зон; физические и нервно-психические перегрузки.

Наиболее распространенные опасные действия работников растениеводства, приводящие к травмированию, следующие: использование машин, оборудования, инструмента не по прямому назначению и в

неисправном состоянии; несоблюдение требований инструкций по охране труда, технических описаний и инструкций по эксплуатации; несовершенство подходов к местам технического и технологического обслуживания; работа без средств индивидуальной защиты или в специальной одежде, не соответствующей требованиям инструкций по охране труда; выполнение работ при неблагоприятных атмосферных условиях (гроза, ураган, град) и в условиях производственной среды с повышенным содержанием в воздухе рабочей зоны токсичных газов без средств индивидуальной защиты; выполнение работ в состоянии алкогольного опьянения, болезненном состоянии; отдых работающих в неустановленных местах; работа или нахождение под поднятым грузом, агрегируемой машиной, платформой, рабочим органом; проведение работ по устранению неисправностей гидросистем механизмов подъема грузовых платформ, гидрофицированных рабочих органов, оборудования без установки под ними прочных опорных страховочных конструкций; использование (применение) на полях с уклоном более 9° (16 %) сельскохозяйственных машин и машинно-тракторных агрегатов общего назначения; неподключение тормозной системы прицепных машин к тормозной системе тракторов; очистка рабочих органов не приспособленным для этих целей инструментом; устранение технологических и технических отказов при работающем двигателе; использование случайных предметов в качестве опор и подставок во время работы или ремонта машин и оборудования.

Одной из самых распространенных причин травматизма при эксплуатации сельскохозяйственной техники является опрокидывание (примерно 22 % несчастных случаев со смертельным исходом). Травмы возможны при смятии кабины вследствие ее недостаточной жесткости, а также попадании людей под опрокинутые машины.

Для обеспечения производственной безопасности следует учитывать требования, согласно которым сельскохозяйственная техника не допускается к эксплуатации: отсутствие ограждений опасных мест; неудовлетворительные показатели обзорности; скользкие поверхности площадок, лестниц; отсутствие или низкая надежность в работе средств предупреждения аварий; недостаточная освещенность рабочего места и рабочей зоны; нарушения в устройстве рабочих мест, которые могут привести к ошибочным действиям.

Среди мер, направленных на повышение технического уровня и эффективности использования сельскохозяйственной техники, особое место занимает повышение безопасности и эргономичности машин. Это возможно только на основе комплексной оценки уровня их качества при разработке, изготовлении и эксплуатации. Такая оценка должна объективно характеризовать уровень безопасности и эргономичности машин, определять степень оптимизации функционирования системы человек – машина, когда средства труда и условия труда работающего соответствуют его функциональным возможностям. Уро-

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

В результате анализа состояния охраны труда разрабатываются критерии, характеризующие безопасность сельскохозяйственных машин: гигиенический, электробезопасность, взрывобезопасность, пожаробезопасность; ограждение опасных зон, применение предохранительных и защитных средств, предупредительная окраска и знаки безопасности. Критерии безопасности должны применяться для сохранения здоровья и жизни оператора путем ограждения его от вредных и опасных факторов, возникающих во время работы на мобильной сельскохозяйственной технике. Расположение рабочего места на тракторах и сельскохозяйственных машинах должно обеспечивать максимальный обзор пути движения и рабочих органов, за которыми ведется постоянное наблюдение. Кроме того, рабочее место должно быть максимально удалено от источников генерации тепла, шума, вибрации и вредных веществ. Выполнение этих требований при создании машин гарантирует оператору удобную рабочую позу и более низкий уровень вредных и опасных факторов на рабочем месте.

Заключение. Решение проблемы повышения производственной безопасности при выполнении механизированных работ в растениеводстве требует разработки ряда мер организационного и технического характера [2]. Прежде всего они должны быть направлены на совершенствование технологических процессов и конструкций машин, а также технических средств обеспечения безопасности и улучшения санитарно-гигиенических условий труда операторов. Безопасность труда при выполнении механизированных работ в растениеводстве может достигаться выполнением требований, установленных в нормативных правовых и технических нормативных правовых актах по охране труда, направленных на предупреждение травматизма и заболеваемости работающих в отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федорчук, А. И. Снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости в АПК: монография / А. И. Федорчук, В. Г. Андруш. – Минск: БГАТУ, 2012. – 244 с.
2. Об утверждении Правил по охране труда при производстве и послеуборочной обработке продукции растениеводства: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, 15 апреля 2008 г., № 36 // КонсультантПлюс: Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «ЮрСпектр». – Минск, 2019.

ТРАПЕЦИЕВИДНЫЕ РЕЖУЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ РОТОРНОЙ КОСИЛКИ ДЛЯ СКАШИВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЛЯХ

Е. И. МАЖУГИН, канд. техн. наук, профессор

С. Г. РУБЕЦ, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Современное сельскохозяйственное производство предусматривает проведение различных 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.

Серьезную проблему для гидромелиоративных систем создает древесно-кустарниковая растительность. Растущий вдоль каналов кустарник делает невозможным доступ людей и техники для проведения работ по удалению наносов и ремонту гидротехнических сооружений и облицовки каналов. Неконтролируемо разрастаясь, древесно-кустарниковая растительность разрушает облицовку каналов, а произрастая на откосах каналов в земляном русле, снижает их пропускную способность.

Скашивание травяной и древесно-кустарниковой растительности и ее удаление являются одними из основных операций по уходу за гидромелиоративными системами.

Операция скашивания растительности на каналах выполняется в настоящее время разнообразными машинами как зарубежных, так и отечественных производителей. Широкое распространение получили роторные косилки с шарнирно закрепленными ножами. Однако это зачастую косилки сельскохозяйственного назначения, конструкции которых в должной мере не учитывают особенностей работы на мелиоративных объектах.

Анализ существующих технологий и технических средств, применяющихся при скашивании травяной и древесно-кустарниковой растительности на лугопастбищных угодьях, придорожных территориях и мелиоративных каналах, показывает, что эффективность и производительность этих работ существенно отстают от современных требований производства. В некоторых случаях до сих пор используют малопродуктивный ручной труд. В настоящее время необходимы более совершенные технологии и новые ресурсосберегающие и высокоэф-

фективные машины, способные повысить производительность и качество выполняемых работ.

Основная часть. Элементом режущего аппарата, непосредственно осуществляющим его главную функцию – скашивание растений, является нож. Наиболее распространены ножи прямоугольной формы, представляющие собой вытянутую стальную пластину с отверстием для болта на одном из ее концов и имеющие параллельно расположенные заостренные боковые режущие кромки, шарнирно крепящиеся к ротору.

Недостатком ножа такой конструкции является то, что при скашивании грубой растительности, например, мелкого кустарника и бурьяна, нож из-за недостаточной его кинетической энергии не в состоянии их срезать, а при скашивании трав, наоборот, из-за слишком сильного воздействия на них, что происходит при резании без скольжения режущей кромки по стеблю, происходит повреждение корневой системы трав. Этот недостаток сужает технологические возможности ножа в отношении возможности его использования для скашивания разнообразной по своим размерам и прочностным свойствам растительности, произрастающей на мелиорированных землях.

Для устранения этого недостатка нами предложена конструкция режущего элемента (рис. 1) [2], выполненного в форме равнобедренной трапеции, имеющей отверстие 1 у меньшего основания 2 трапеции и отверстие 3 у большего основания 4 трапеции и боковые заостренные режущие кромки 5.

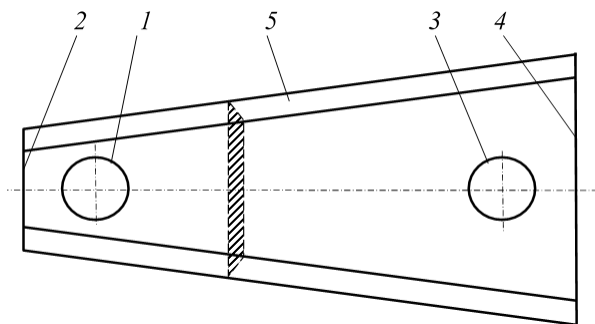


Рис. 1. Конструкция трапециевидного режущего элемента:
1 – отверстие возле меньшего основания; 2 – меньшее основание;
3 – отверстие возле большего основания; 4 – большее основание;
5 – режущие кромки

Предлагаемая конструкция работает следующим образом.

При необходимости скашивания грубой растительности, например, мелкого кустарника и бурьяна, нож присоединяется к ротору посред-

ством болта, вставляемого в отверстие 1 у меньшего основания 2 трапеции. Шарнирно прикрепленный к ротору и вращающийся вместе с ним нож, встречая растительность, срезает ее режущей кромкой 5 более широкой и более тяжелой широкой части ножа.

При повышенном сопротивлении срезанию растительности нож отклоняется от радиального положения назад по ходу вращения. При этом работающая режущая кромка начинает выполнять резание со скольжением, снижая за счет этого силу воздействия на растительность и уменьшая повреждение ее корневой системы.

Заключение. Применение ножа предложенной конструкции позволяет расширить его технологические возможности за счет обеспечения возможности срезания растительности с большим диапазоном размеров и прочностных свойств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы (Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 11 марта 2016 г. № 196).

2. Режущий аппарат: пат. 13909 Респ. Беларусь, МПК A01D 34/73 / Е. И. Мажугин, С. Г. Рубец, М. В. Левкин; заявитель Белорус. гос. с-х. академия. № u 20081130; заявл. 02.09.08; опубл. 30.12.10 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 6. – С. 47.

УДК 621.87.93

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ БУЛЬДОЗЕРНО-РЫХЛИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

С. Г. РУБЕЦ, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Машины для земляных работ являются одними из основных видов машин, с помощью которых осуществляется комплексная механизация в строительстве, на открытых разработках полезных ископаемых, при разработке строительных материалов, в черной и цветной металлургии, угольной промышленности, мелиорации сельского хозяйства и других отраслях.

Бульдозерно-рыхлительные агрегаты как навесное оборудование на тракторах, тягачах и других базовых машинах получили весьма широкое распространение, что объясняется простотой их конструкции, высокой производительностью, возможностью использования в самых разнообразных грунтовых и климатических условиях и относительно низкой стоимостью выполнения работ [1].

Ежегодно в Беларуси увеличиваются объемы строительных работ – сооружаются новые линии железных и автомобильных дорог, возводятся новые заводы и фабрики, растут темпы жилищного строительства, развивается добыча полезных ископаемых, строительных материалов, строятся новые нефте- и газопроводы [2]. Интенсивное развитие дорожного строительства требует проведения большого объема земляных работ, на выполнение которых используются соответствующие машины, в том числе бульдозерно-рыхлительные агрегаты, так как они являются одной из основных машин при выполнении данного вида работ.

Основная часть. В настоящее время, несмотря на разнообразие бульдозерно-рыхлительных агрегатов по назначению и виду выполняемых работ, проблемы, связанные с энергосбережением в процессе копания, остаются актуальными. Наряду с непрерывным ростом парка этих машин постоянно осуществляются качественные изменения их рабочего оборудования, направленные на увеличение производительности и снижение энергоемкости процесса копания грунта, посредством создания и внедрения новых рациональных и технических решений. Для большинства современных гусеничных бульдозеров экономически выгодная дальность перемещения грунта в настоящее время не превышает 60–80 м.

Повышение мощности базовых тракторов позволяет значительно расширить область применения бульдозерно-рыхлительных агрегатов, обеспечить их большую эффективность при разработке высокопрочных, мерзлых и скальных грунтов, чем при буровзрывных работах. Удельная энергоемкость процесса рыхления в зависимости от физико-механических характеристик составляет на мерзлых грунтах не более $0,2...0,66 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ по сравнению с $1...2 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ при других методах разработки [1].

Совершенствование конструкции бульдозерного рабочего органа является одним из основных направлений повышения его производительности.

Правильный выбор основного рабочего органа – отвала – является главным условием достижения максимально возможной производительности. Прежде всего следует оценить возможности копания грунта отвалом, тягово-сцепные и скоростные характеристики техники. Возможности копания грунта определяются соотношением величины максимального тягового усилия агрегата к длине ножа отвала. Чем больше это значение, тем более прочные грунты может разрабатывать бульдозер.

Гусеничные бульдозерно-рыхлительные агрегаты оснащаются основными отвалами, выпускаемыми почти всеми производителями.

Отвал бульдозера представляет собой сварную конструкцию коробчатого типа, обеспечивающую ему жесткость, с приваренным в передней части лобовым листом криволинейного профиля.

Для повышения износостойкости лобового листа фирма «Caterpillar» приваривает к нему пластины из специальных легированных сталей, обладающих высокой устойчивостью к абразивному износу и ударным нагрузкам. В нижней части к лобовому листу болтами крепятся съемные ножи. При изнашивании острой кромки ножа его разворачивают и режут вторым, острым, концом. Для повышения устойчивости ножей к абразивному изнашиванию и ударным нагрузкам зарубежные фирмы изготавливают их из легированных сталей с повышенным содержанием бора и никеля.

Различают неповоротный, поворотный и универсальный отвалы. Неповоротные включают в себя прямой, сферический и полусферический отвалы. Торцы этих отвалов закрыты двумя боковыми щеками для снижения потерь грунта при транспортировании. Лобовой лист завершается сверху козырьком, приваренным под углом к лобовому листу. Козырек препятствует пересыпанию грунта через верхнюю кромку отвала и улучшает формирование призмы волочения грунта. Для защиты от повреждений гидроцилиндров и радиатора двигателя от пересыпающегося материала некоторые фирмы используют решетки, устанавливаемые сверху на отвалах, и щитки.

Сферический отвал (U) особенно эффективен для перемещения значительных объемов легких грунтов на большие расстояния. Он состоит из трех секций: центральной и двух боковых. Последние расположены под углом в плане до 25° . Изогнутая в плане форма отвала обеспечивает смещение грунта к середине отвала, обеспечивая при транспортировании минимальные потери материала.

Полусферический отвал (SU) сочетает способности прямого отвала хорошо врезаться в грунт и сферического отвала перемещать большие объемы материала за счет коротких боковых секций, установленных под углом до 25° к центральной секции.

Отвалы U, SU и S имеют механизм перекоса (гидроцилиндр и винтовую стяжку), позволяющий им хорошо внедряться в прочные грунты. При наличии двух гидроцилиндров перекоса машинист из кабины имеет возможность изменять углы перекоса и резания отвала на ходу машины, приспособливаясь к меняющимся грунтовым условиям.

Поворотный отвал (A) применяется при поперечной транспортировке грунта для засыпки траншей, укладки насыпи и при расчистке территории от снега, мусора, растительности. Отвал может поворачиваться в плане вокруг шарнира на раме в обе стороны. По форме это прямой отвал без боковых щек, удлиненный по ширине и укороченный по высоте [2].

Для интенсификации процесса рыхления на зубья рыхлителей устанавливают уширители, которые позволяют за один проход разрушать большие объемы материала и выталкивать каменные глыбы на поверхность. Уширители обеспечивают более устойчивое движение базового трактора и работу рыхлителя, практически сплошное разрушение материала между соседними бороздами, снижение общего количества проходов. Навесной рыхлитель крепится сзади к базовому трактору, управляется из кабины и имеет гидравлический привод.

Дальнейшее развитие навесных рыхлителей направлено на создание машин повышенной единичной мощности, улучшение параметров оборудования, повышение эффективности работы, износостойкости, надежности и срока службы наконечников зубьев, гидрофиксацию перестановок зубьев рабочего органа; создание рабочих органов, активно воздействующих на разрыхляемый грунт с помощью удара и вибрации.

Заключение. В статье рассмотрены и проанализированы основные направления повышения эффективности бульдозерно-рыхлительных агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Максименко, А. Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 400 с.
2. Шестопалов, К. К. Машины для земляных работ: учеб. пособие / К. К. Шестопалов. – М.: МАДИ, 2011. – 145 с.

УДК 342.47:62

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВНИМАТЕЛЬНОСТИ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПЕРАТОРА ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор
В. Н. ДАШКОВ, д-р техн. наук, профессор
И. Н. МИСУН, инженер
УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Оператор транспортного средства сельскохозяйственного назначения (ТССН) должен обладать определенными психофизиологическими показателями (личностными качествами, эмоциональной устойчивостью, скоростью реакции, вниманием и др.), знаниями и

навыками, несоблюдение которых может способствовать снижению внимательности и работоспособности оператора и, как следствие, созданию травмоопасных ситуаций.

Психофизиологические показатели могут быть определены исходя из анализа деятельности операторов ТССН. Так, в период уборочных работ оператор 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 оператора, вызванные его утомлением, которые могут сопровождаться получением травм при управлении транспортным средством. При определенных условиях утомление, величину которого невозможно измерить только объемом выполненной работы, является причиной возникновения хронического заболевания или даже гибели работника.

Основная часть. Особенно опасно при эксплуатации ТССН неожиданное ухудшение состояния здоровья оператора, приводящее к потере сознания или выражающееся в сильных болевых ощущениях. В особенно тяжелых случаях такой оператор даже не в силах остановить ТССН. Преобразование поступающего на физиологическом уровне сигнала (x) в адекватное ощущение оператором ТССН (L) происходит согласно закону Вебера-Фехнера [1]:

$$L = \lg \frac{x}{x_0}, \quad (1)$$

где x_0 – порог восприятия сигнала анализатором оператора ТССН.

Ощущения же оператора на психофизиологическом уровне зависят от частоты сигнала, а объем (i) и скорость (V) информации, обрабатываемой оператором, находятся в зависимости от времени его реакции (T_p) [1]:

$$T_p = T_0 + \frac{i}{V}, \quad (2)$$

где T_0 – постоянная времени анализатора оператора ТССН;

V – скорость информации, с которой может справиться анализатор оператора ТССН.

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

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

Для решения поставленной задачи нами были обобщены результаты ранее проведенных исследований [2, 3], в результате чего предложена конструкция универсального устройства для повышения работоспособности и внимательности за рулем оператора ТССН. Рассматриваемое устройство предполагает для коррекции зрения периодическое использование диафрагм со сквозными отверстиями в качестве очковых тренажеров, а также сменных прозрачных и затемненных линз соответствующих диоптрий для их пользователя (оператора 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 использовать предлагаемого устройства операторами разного возраста и комплекции. Регулярное применение диафрагм со сквозными отверстиями по 30...40 минут в день способствует снятию излишнего напряжения глазных мышц, постоянной их зажатости. После тренировки глаз с помощью диафрагм со сквозными отверстиями оператор устанавливает сменные линзы (прозрачные или затемненные) соответствующих диоптрий. К положительным моментам предлагаемого технического решения можно отнести и то, что оно позволяет через сквозные отверстия трубки, покрытые снаружи слоем наполнителя из пористого материала, подавать с возможностью дозирования к носу оператора ТССН пары раствора душицы или эфирных масел хвои, способствующие повышению работоспособности оператора, снятию состояния его утомления и усталости [4].

Заключение. В результате проведенных исследований предложено техническое решение, позволяющее путем снятия состояния утомления и усталости, повысить работоспособность и внимательность оператора ТССН, уменьшить риск его засыпания за рулем транспортного средства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мисун, И. Н. Мероприятия по обеспечению безопасности дорожного движения при управлении транспортными средствами сельскохозяйственного назначения / И. Н. Мисун, А. Г. Кузнецов, А. П. Миронь, В. Л. Мисун // Переработка и управление

качеством сельскохозяйственной продукции: сб. статей IV Междунар. науч.-практ. конф. Минск, 21–22 марта 2019 г. / редкол.: В. Я. Груданов [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 310–312.

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

3. Дятлов, М. Н. Профессиональная надежность водителя автомобильного транспорта / М. Н. Дятлов, К. О. Долгов, А. Н. Тодоров // Молодой ученый. – 2013. – № 10. – С. 134–138.

4. http://www.aramaic.ru/Aromaterapiya_-_aramati_vmesto..._tabletki/.

УДК 621.87.93

ОБЗОР СМЕННЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ОДНОКОВШОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

С. Г. РУБЕЦ, канд. техн. наук, доцент

Р. А. ЛЯЦКИЙ, студент

И. С. МАТВЕЕВ, студент

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

Введение. Главной землеройной машиной в мире является одноковшовый экскаватор. В настоящее время во всем мире почти прекращено производство экскаваторов-драглайнов. Очень мало выпускают экскаваторов с ковшом – прямая лопата. При этом существенно увеличилось производство экскаваторов с ковшом – обратная лопата, а также количество их типоразмеров [1]. Как проявление универсальности многие фирмы начали производство экскаваторов-погрузчиков, экскаваторов на колесных тракторах, являющихся относительно универсальными машинами и совмещающих в себе две машины: экскаватор с ковшом – обратная лопата, пневмоколесный фронтальный ковшевой погрузчик и другое навесное оборудование.

Ведущие мировые производители экскаваторов уделяют большое внимание расширению типоразмерного ряда и номенклатуры этих машин, т. е. основной тенденции развития строительной техники в условиях рыночной экономики.

Основная часть. Экскаваторный завод «Ковровец» продолжает совершенствовать выпускаемую продукцию. Вслед за новым рабочим оборудованием для металлургической промышленности завод предложил несколько конструктивных решений для лесозаготовителей. Новое оборудование призвано максимально отвечать всем требованиям предприятий лесного комплекса.

Экскаватор с погрузочным оборудованием и подъемной кабиной ЭО-4225А-06 теперь может комплектоваться импортным грейфером для погрузки бревен ZRH 13-20 фирмы MSB площадью сечения 0,65 м². Кроме того, машина может быть оборудована новой разработкой предприятия – удлиненной рукоятью, которая позволяет увеличить рабочую зону на 1,5 м. На подобные экскаваторы устанавливается и грейфер для погрузки бревен ZRH 13-19 площадью сечения 0,4 м².

Компания «Indeco» расширила линейку оборудования для демонtajных работ, выпустив три новые модели – мультипроцессор Multi 1250, поворотный захват-дробилку IRP 500 и гидроножницы.

Мультипроцессор Indeco Multi 1250 разработан с учетом специфики рынка подобного оборудования. В качестве базовых машин для него могут использоваться экскаваторы массой 36...60 т. Раскрытие челюстей инструмента достигает 640 мм.

Поворотная дробилка Indeco IRP 500 имеет массу 900 кг и совместима с машинами-носителями массой от 10 до 20 т. Ширина раскрытия челюстей устройства – 560 мм. Данная дробилка является самой небольшой в линейке подобной продукции компании «Indeco». Наиболее эффективно ее применение на экскаваторах массой 12...18 т.

Гидроножницы Indeco – это навесное гидрооборудование для сноса и разрушения зданий из бетона, железобетона, армированных балок и иных сооружений. Ножницы состоят из двух мощных армированных челюстей, на которых располагаются зубья и твердосплавные вставки для разрезания металлических конструкций. Расстояние между щеками ножниц регулируется непосредственно машинистом с помощью гидравлики экскаватора. Ножницы легко монтируются на экскаватор.

Особенностью гидноножниц Indeco является регенерационный клапан гидравлической системы. Это технологическое решение позволяет челюстям гидноножниц схлопываться намного быстрее, примерно за 2 секунды, уменьшая работу гидравлики и увеличивая производительность как вращающихся, так и закрепленных гидноножниц, а также исключают ударное действие и вибрацию на разрушаемый железобетон.

Компания «Atlas Corpco» расширила линейку грейферных захватов MultiGrapple шестью новыми моделями: MG 100, MG 200, MG 300, MG 400, MG 2100, MG 5000. Модели грейферных захватов MultiGrapple MG 100, MG 200, MG 300 и MG 400 предназначены для установки на мини-экскаваторы весом менее 8 т. MG 2100 закрывает собой пробел между моделями MG 1800 и MG 2700 и может использоваться на технике массой 25...35 т. MG 5000 – самая габаритная модель в линейке. Благодаря их особо прочной конструкции захва-

ты Atlas Copco могут использоваться на таких работах, как снос сооружений из монолитных материалов (кирпич, дерево и т. д.).

Приблизительно 40 % узких каналов и траншей невозможно вырыть при помощи траншейных экскаваторов и буровых машин, и, чтобы уложить в грунт узкую трубу или кабель, приходится рыть траншею шириной 300...400 мм вместо 100...150 мм. Единственным решением в таких случаях является применение ковшовой техники, но порой все упирается в отсутствие нужного ковша, которым можно было бы вырыть такую узкую траншею. Основная трудность при рытье узких траншей шириной 100...200 мм ковшом обычной конструкции заключается в том, что боковые стенки ковша расположены очень близко друг к другу и ковш часто забивается налипшим грунтом.

Компания «Klas» в настоящее время создала два орудия, специально предназначенных для рытья узких траншей, – это «городской ковш» Klas city и «полевой ковш» Klas marguerite (рис. 1). Первый предназначен, например, для прокладки труб, второй обеспечивает лучшую производительность в полевых условиях.



Рис. 1. Конструкция ковша для рытья узких траншей

Разработка Klas marguerite состоит из трех небольших ковшей (которые называются ковшами для песка или глины), расположенных один за другим, как ковши роторного экскаватора. Такая конструкция позволяет увеличить объем грунта, вынимаемого ковшами, при очень

малой ширине траншеи, недоступной для ковшей обычной конструкции из-за налипания грунта.

Никто, кроме «Klas industrie», не выпускает ковши с устройством принудительной разгрузки грунта шириной менее 250 мм, но эти ковши редко бывают совместимы с устройством быстрого присоединения навесных орудий.

Заключение. В статье рассмотрено несколько видов современных сменных рабочих органов для одноковшовых гидравлических экскаваторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шестопапов, К. К. Машины для земляных работ: учеб. пособие / К. К. Шестопапов. – М.: МАДИ, 2011. – 145 с.

2. Первый экскаваторный портал // Новости и обзоры [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: http://exkavator.ru/articles/inf_articles/~id=668/.html/. – Дата доступа: 11.11.2019.

УДК 345.49:63

НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ И ЗРЕНИЯ ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДОВ

В. В. АЗАРЕНКО¹, д-р техн. наук, доцент

Ал-й Л. МИСУН², магистр техн. наук

В. А. ИВАНУШКИНА², студентка,

¹Президиум НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

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

Введение. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Международной организации труда (МОТ), пестициды являются причиной почти 15 % всех производственных травм в сельском хозяйстве. Установлено, что от прямого отравления пестицидами в мире ежегодно погибает от 10 000 до 20 000 человек [1]. По данным ООН, ежегодно в результате отравления пестицидами в мире заболевает около 3 млн. человек, а численность погибших достигает 20–40 % от общей структуры летальности при отравлении токсичными химическими веществами. Они поражают различные компоненты природных экосистем, распространяются на большие пространства, удаленные от мест их применения, представляют опасность и для самого человека.

А методы и приемы опрыскивания и опыливания растений пестицидами служат, по существу, генераторами загрязнения воздуха вредными аэрозолями.

Основная часть. Установлено, что отравления чаще наблюдаются у людей, непосредственно работающих с пестицидами [1]. В организм человека ядохимикаты могут проникать всеми возможными путями: через кожу, слизистые оболочки, дыхательные пути, органы зрения и через желудочно-кишечный тракт. Работники, занятые в сельском хозяйстве, давно привлекают внимание специалистов в связи с относительно высоким риском заболеваний, вызванных контактом с пестицидами. Появился даже термин «синдром крестьянина» (peasant syndrome), обозначающий весь комплекс симптомов физических или ментальных расстройств, развивающийся у работников сельскохозяйственного профиля в связи с их трудовой деятельностью, связанной с использованием, в том числе, пестицидов. Причины этого синдрома весьма разнообразны и включают физическую усталость, психическое напряжение, влияние факторов окружающей среды, в частности низких или высоких температур, травмы, а также последствия работы с токсичными веществами [2]. Следует также отметить, что при выполнении сельскохозяйственных работ большинство пестицидов поступают в организм соприкасающихся с ними работников через органы дыхания, зрения, неповрежденную кожу, желудочно-кишечный тракт и т. д.

Для проведения работ по опрыскиванию и опыливанию растений сначала проводятся такие подготовительные операции, как вскрытие тары, отвешивание, приготовление рабочих растворов, заправка аппаратуры [3]. Приготовление рабочих растворов пестицидов производится на специально оборудованных площадках или стационарных заправочных пунктах, оснащенных средствами механизации (насосами, мешалками, герметичными емкостями, шлангами, помпами). Способы применения препаратов, кратность обработок, ассортимент сельскохозяйственных культур должны строго соответствовать регламентам препаратов, разрешенных для их использования в сельском хозяйстве. Перед началом опрыскивания необходимо проверить исправность всей аппаратуры и отрегулировать работу разбрызгивающих устройств на норму расхода рабочего раствора путем заполнения опрыскивателя водой и проведения пробных обработок. Заполнение резервуаров опрыскивателей жидкими пестицидами производится с помощью насосов, эжекторов шлангов и других приспособлений. Поступление в атмосферный воздух, почву и воду вредных веществ не должно превышать соответствующие предельные гигиенические нормативы. Кроме того, надо следить за тем, чтобы факел распыла веществ, используемых при химической обработке, не направлялся потоком воздуха на работающих. Для этого учитывают благоприятное направление движения воздуха и прекращают работы при его измене-

нии, так как мелкие капли легко выносятся ветром из зоны обработки и испаряются, что приводит к насыщению воздуха препаратами и возможным их проникновением в организм человека.

Чаще всего химические вещества, применяемые в сельском хозяйстве при опрыскивании, опыливания, а также протравливании семян, попадают в организм через дыхательные пути. Для защиты от вредных для здоровья аэрозолей используются респираторы, например, ШБ-1 «Лепесток», «Кама», У-2К, РП-КМ, Ф-62Ш и др. Бесклапанные респираторы модели ШБ-1 «Лепесток» выпускаются трех марок: «Лепесток-200», «Лепесток-40», «Лепесток-5». Числа 200, 40 и 5 обозначают, что эти респираторы применяются для защиты от проникновения аэрозолей при концентрациях, превышающих ПДК соответственно не более чем в двести, сорок и пять раз. Для повышения эффективности использования средств индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД) от содержащихся в воздухе вредных веществ в виде аэрозолей при опрыскивании растений нами предлагается конструкция противоаэрозольного респиратора [4] (рис. 1), содержащего полумаску из сорбционно-фильтрующего материала с обтюратором, странгулятором и оголовьем, которое присоединено с помощью эластичного шнура к полумаске с двух противоположных ее сторон посредством термоскрепления. Эластичный шнур выполнен в виде кольца, пропущенного через крепежные петли. К обтюратору в верхней его части присоединено эластичное сеточное полотно с возможностью охвата поверхности головы и ушей работника, что практически устраняет попадание вредных веществ в виде аэрозолей на эти части тела.

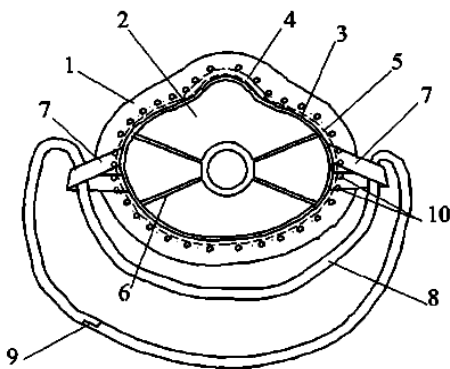


Рис. 1. Противоаэрозольный респиратор для защиты органов дыхания:
1 – полумаска; 2 – сорбционно-фильтрующий материал; 3 – обтюратор;
4 – носовой зажим; 5 – резиновый шнур странгулятора; 6 – фигурная распорка;
7 – крепежная петля; 8 – эластичный шнур; 9 – соединение шнура;
10 – точечное термическое соединение

Для защиты от попадания вредных веществ в виде аэрозолей и паров в глаза работника, поражения зрительного нерва, сопровождающегося снижением остроты зрения, нарушением свето- и цветоощущения, сужением периферических границ поля зрения, а в тяжелых случаях и возможной полной потерей зрения, нами рассматривается конструкция респиратора, включающая фильтрующе-поглощающую систему из пакета эластичных фильтрующего и сорбирующего материалов. Фильтрующе-поглощающая система выполнена в виде фильтрующей маски, корпус которой соединен с очками, резиновым обтюратором и резиновым подмасочником. При этом на корпусе маски в лобной и подбородочной частях расположены по две симметричные складки, ширина каждой из которых составляет в лобной части 10...12 мм, а в подбородочной – 21...23 мм от корпуса маски. В местах крепления складок очки выполнены с пружинными зажимами с возможностью установки на их наружной поверхности пары линз различных диоптрий в соответствии с индивидуальными особенностями зрения работника.

Заключение. Сделан анализ влияния пестицидов на организм работников, занятых в сельскохозяйственном производстве. Рассмотрены конструкции респираторов для защиты органов дыхания от содержащихся в воздухе вредных веществ. Предложены технические решения для повышения защиты органов дыхания и зрения оператора мобильной сельскохозяйственной техники от воздействия вредных веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брызгунова, С. С. Оценка токсического влияния пестицидов на организм человека / С. С. Брызгунова, М. В. Еримина // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 8. – С. 95–96.
2. Kumagai, T. Disease attacking farming women // Yomiuri Dai-ly Newspaper. – November 17, Tokyo.
3. Омарова, З. М. Влияние пестицидов на здоровье людей / З. М. Омарова // Российский вестник перинатологии и педиатрии. – 2010. – № 1. – С. 59–64.
4. Респиратор для защиты органов дыхания оператора мобильной сельскохозяйственной техники: патент 12071 Республики Беларусь // А. Л. Мисун [и др.]; заявл. 15.10.2018; опубл. 27.06.2018.

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА ОПЕРАТОРОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В. Н. ДАШКОВ, д-р техн. наук, профессор

И. Н. МИСУН, инженер

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

О. Г. АГЕЙЧИК, магистр мед. наук

УО «Белорусский государственный медицинский университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Решение задач по созданию безопасных условий труда операторов транспортных средств сельскохозяйственного назначения (ТССН) предусматривает проведение ряда мероприятий по снижению производственно обусловленных заболеваний, производственного травматизма, повышению работоспособности оператора, предупреждению несчастных случаев [1].

Основная часть. Для разработки профилактических и инженерно-технических мероприятий необходимо иметь четкие представления о характере трудового процесса. Так, ТССН работают в самых разнообразных природно-климатических условиях и практически в любое время года. В сельскохозяйственном производстве нашей страны объемом грузоперевозок на каждый день составляет более 50 т. До 80 % объема всех перевозок приходится на долю тракторного транспорта. Для повышения безопасности труда оператора ТССН большое внимание следует уделять состоянию его здоровья, так как снижение работоспособности оператора зачастую приводит к ошибкам при управлении ТССН и, как следствие, возникновению дорожно-транспортного происшествия (ДТП). Важнейшее значение при этом отводится контролю за уровнем утомляемости оператора ТССН.

Для улучшения условий труда при управлении транспортным средством, предупреждения засыпания оператора может использоваться техническое устройство (рис. 1), которое крепится на ухе и содержит последовательно соединенными источник питания, выключатель, генератор звукового сигнала и датчик угла наклона с регулятором исходного положения [2].

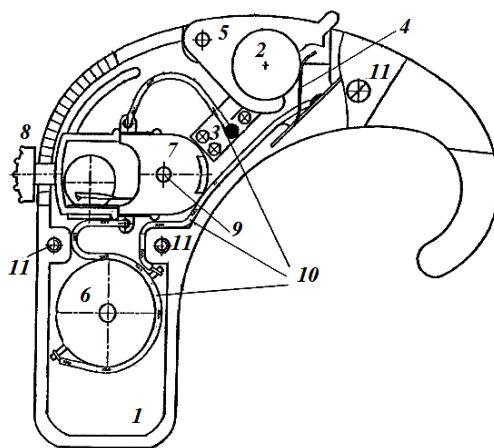


Рис. 1. Устройство для предупреждения от засыпания оператора ТССН:

- 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

Датчик угла наклона выполнен в виде корпуса с размещенными в нем углублениями и металлического шара, помещенного в шарообразное углубление на нижней грани, и вторую контактную пластину, корпуса датчика, и содержит первую контактную пластину, прикрепленную к нижней грани корпуса датчика и выполненную U-образной формы из упругого металла и верхним концом прикрепленную к верхней грани корпуса датчика. Нижний конец этой контактной пластины выполнен в виде двухзубцов вилки, охватывающей металлический шар и расположенной параллельно первой контактной пластине с зазором. При управлении транспортным средством, когда водитель 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 его голова склоняется вперед или в сторону. В таких случаях в датчике угла наклона металлический шар выкатывается из сферического углубления и попадает на нижний конец второй контактной пластины, прижимая ее к первой аналогичной пластине, и тем самым замыкается электрическая цепь устройства и включается генератор звукового сигнала для пробуждения водителя.

Для повышения безопасности труда оператора ТССН может использоваться и техническое устройство механизма рулевого управления (рис. 2), содержащее рулевое колесо со спицами, рулевой вал, свя-

занный с рулевым механизмом, щиток комбинации приборов, неподвижно закрепленный к кожуху рулевого вала и расположенный внутри периметра рулевого колеса.

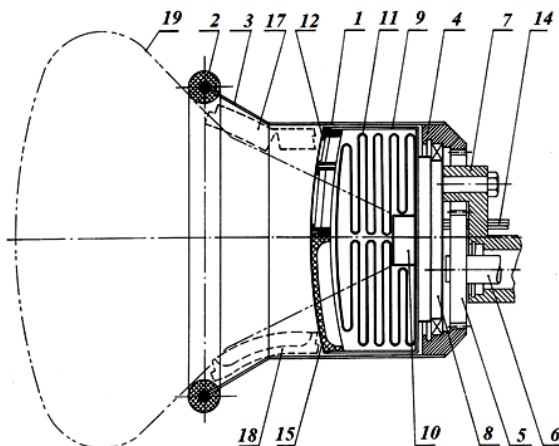


Рис. 2. Техническое устройство механизма рулевого управления ТССН:
 1 – корпус; 2 – рулевое колесо; 3 – спица; 4 – венец планетарного механизма;
 5 – шестерня; 6 – рулевой вал; 7 – кожух рулевого вала; 8 – разъемная колодка;
 9 – корпус подушки безопасности; 10 – взрывное устройство; 11 – подушка безопасности в сложенном состоянии; 12 – приборный щиток; 13 – информационные ячейки; 14 – электрическая коммутация; 15 – крышка корпуса подушки безопасности; 16, 17 – контур разрыва; 18, 19 – контур

Предлагаемое устройство отличается от известного [2] тем, что выполнено в виде подушки безопасности, установленной в сложенном состоянии внутри рулевого колеса на оси рулевого вала, причем корпус подушки безопасности в верхней его части закрыт корпусом щитка комбинации приборов и органов управления, а в нижней – крышкой корпуса подушки безопасности.

Заключение. Использование предлагаемых технических устройств для предупреждения от засыпания оператора транспортных средств сельскохозяйственного назначения и безопасности рулевого управления направлено на повышение безопасности труда при эксплуатации ТССН.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мисун, Л. В. Организационно-технические мероприятия для повышения безопасности и улучшения условий труда операторов мобильной сельскохозяйственной техники / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2012. – 192 с.
2. Рулевое управление транспортного средства: патент 2144877 РФ / В. Д. Новикова, В. А. Плешанов, А. С. Жарков; заявл. 15.12.1998; опубл. 27.01.2000.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ СПУСКЕ ИЛИ ПОДЪЕМЕ ПО ЛЕСТНИЦЕ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Ал-р Л. МИСУН, магистр техн. наук
В. В. АЗАРЕНКО, д-р техн. наук, доцент
Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор
УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Проведенный анализ производственного травматизма в АПК показал [1], что довольно часто оператор мобильной сельскохозяйственной техники (МСХТ) подвержен травмированию при спуске с лестницы МСХТ или подъеме в кабину. Одной из основных причин такого положения является поведенческий фактор, который связан, в том числе, с нервным напряжением при выполнении работ, а в некоторых случаях и со спешкой. В результате возможно падение работника, например, при выходе из кабины МСХТ. Падая с лестницы МСХТ, оператор получает травмы, зависящие от многих причин: высоты падения, силы инерции тела человека, проскальзывания ноги на ступени лестницы, попадания на край ступени, от формы обуви, нарушения координации, сонливости, переутомления оператора МСХТ и др.

Основная часть. Согласно результатам ранее проведенных исследований, отмечается [2], что при выходе из кабины МСХТ операторы обычно смотрят только на первые три ступеньки лестницы и не обращают внимания на остальные ступеньки, что становится причиной получения производственной травмы. В сложившейся обстановке оператору МСХТ необходимо внимательно смотреть, куда он спускается, особенно у основания лестницы. Как показывает практика, многие несчастные случаи происходят в тот момент, когда оператор считает, что уже спустился, — и делает шаг в пустоту. Известно, что, если мы смотрим на каждую последующую ступеньку лестницы, наш мозг обрабатывает полученную информацию и дает сигнал ногам о том, как правильно действовать. Но зачастую мы ступаем по инерции, не ожидая, что следующая ступенька может оказаться не на том месте. Также необходимо помнить и о том, что операторам МСХТ следует ходить по лестнице в специальной устойчивой обуви, ведь именно обувь с хорошей подошвой повышает его устойчивость при спуске вниз по

лестнице. Ко всему вышеизложенному добавим и то, что операторам МСХТ запрещается ходить в одежде, которая тянется по лестнице. Исходя из реальной ситуации, с уверенностью можно констатировать, что лестница должна быть безопасной при ежедневном ее использовании. Для повышения безопасности труда оператора МСХТ при перемещении по ступенькам лестницы (спуске и подъятии) нами предлагается съемная универсальная нескользящая подошва обуви [3] (рис. 1), выполненная из износостойкого материала, содержащая элементы из материала высокой твердости – распределенные по объему подошвы гранулы абразивного материала.

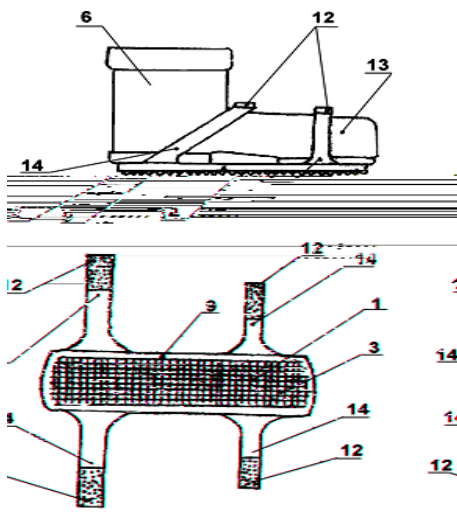


Рис. 1. Съемная универсальная нескользящая подошва обуви:

- 1 – абразивная сетка; 2 – гранулы абразива; 3 – абразивная лента;
- 4 – лента с водостойкой основой; 5 – адгезивный слой; 6 – обувь; 7 – галоша;
- 8 – ячейка; 9 – пластина эластомера; 10 – петля; 11 – полиэтиленовая основа;
- 12 – липучка; 13 – обувной носок; 14 – эластичный ремень

Съемная нескользящая универсальная подошва выполняется в виде безразмерной высокоэластичной галоши, легко надеваемой на обувь разных размеров, либо в виде пластины, которая крепится к обуви прочными эластичными петлями, надеваемыми на носок и задник обуви, или эластичными ремнями с замками-«липучками». Абразивный слой рабочей поверхности подошвы выполнен из водостойкого гибкого материала: абразивной сетки (например, из стекловолокна или полиамидных нитей) или из абразивной ленты (например, на основе полипропилена или полиэфирной ткани) со связующими водостойкими

материалами на основе формальдегидной, эпоксидной смол, обеспечивающими прочную связь «грубых» гранул абразива и надежное крепление их на поверхности сетки и ленты, исключаящими выкрашивание гранул при движении как по скользкой, влажной, так и по загрязненным ступенькам лестницы. В результате этого обеспечивается возможность многократного использования съемной подошвы с абразивной сеткой или лентой в наружном рабочем слое без снижения ее фрикционной способности и безопасности на скользких ступеньках МСХТ.

Также для повышения безопасности перемещения оператора МСХТ по ступенькам вертикальной лестницы МСХТ предлагается запатентованная нами [2] следующая ее конструкция (рис. 2), содержащая две боковины, соединенные между собой ступеньками, выполненными в виде горизонтальных площадок.

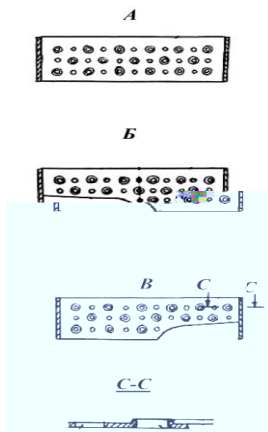


Рис. 2. Ступеньки стационарной лестницы для МСХТ
A – нижняя ступенька; *B* и *B'* – верхние ступеньки

Нижняя ступенька (*A*) имеет площадку прямоугольной формы, а верхние ступеньки лестницы выполнены со скосами со стороны подъема на техническое средство. На одной из верхних ступенек, например (*B*), имеется скос с левой стороны, на следующей ступеньке (*B'*) – скос с правой стороны. Последующие ступеньки, имеющие скосы, расположены на лестнице, вертикально установленной в габаритах технического средства поочередно, что позволяет избежать травмирования ног оператора МСХТ о верхние ступени лестницы, так как при подъеме по вертикальной лестнице выполненные по параболе скошенные края ступеней не препятствуют быстрому и удобному подъему и спуску и позволяют располагать ноги при подъеме в

наиболее удобном месте с учетом размера обуви. Имеющиеся в ступеньках отверстия предназначены для удаления с их верхней поверхности грязевых отложений, а отбортовка отверстий увеличивает сцепные свойства подошв обуви со ступеньками лестницы.

ЛИТЕРАТУРА

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

2. Лестница для технического средства: патент 11743 Республики Беларусь / Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, В. А. Агейчик [и др.]; заявлено 14.01.2018 г., опубл. 18.06.2018.

3. Съёмная нескользящая подошва обуви: патент 109377 РФ / В. Е. Евсеевич, А. В. Соломонович; заявл. 19.04.2011; опубл. 20.10.2011.

УДК 337.41:59

УЛУЧШЕНИЕ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТРУДА В КАБИНЕ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В. Л. МИСУН, инженер

Ал-р Л. МИСУН, магистр техн. наук

А. В. МАТУСЕВИЧ, Т. В. ХОДОСОК, студенты

УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»,

Минск, Республика Беларусь

Введение. В современном сельскохозяйственном производстве, оснащенном сложными техническими системами, к оператору транспортного средства сельскохозяйственного назначения (ТССН) предъявляются особые требования с учетом его психофизиологических возможностей и условий труда. Так, труд оператора связан с возможным воздействием на работника вредных и опасных производственных факторов. Нередко работа протекает при неблагоприятных температурных условиях, повышенной влажности и требует больших физических усилий. Недостатки в организации труда операторов ТССН приводят к повышенной интенсивности и продолжительности работы, неудобной рабочей позе за рулем, перенапряжению отдельных мышечных групп, органов и систем организма.

Знание гигиенических особенностей условий труда в кабине ТССН, а также неблагоприятных факторов, которые могут возникнуть при работе, позволяет принять необходимые меры по сохранению здоровья и работоспособности операторов ТССН. Физиологическая же норма

реакции тела человека позволяет организму адаптироваться к охлаждающей или нагревающей температуре воздуха, микроклимату в кабине ТССН. В случае же возникающего перегрева или переохлаждения тела, даже если это и не опасно для жизни оператора, снижается его трудоспособность [1].

Основная часть. Постоянное пребывание за рулем оператора транспортного средства сельскохозяйственного назначения может быть причиной целого ряда заболеваний. Недостаток движения сказывается на кровоснабжении в органах малого таза и приводит к нарушению работы нервной системы. Начальное поражение позвоночника и органов малого таза может привести к остеохондрозу. Симптомы такого профессионального заболевания у операторов ТССН очень разнообразны и неприятны: тупые либо колющие боли в районе хребта; ощущение сдавленности и неподвижности («каменная спина»); сильные боли в районе органов малого таза. Для снижения проявления этих заболеваний нами предлагается специальная накидка-чехол на сидение ТССН [2], которая имеет ортопедические мягкие вставки с выделенной поясничной частью и органами малого таза. При деформации вставки принимают форму тела оператора [2], а после снятия нагрузки восстанавливают свою исходную конфигурацию, что способствует улучшению кровоснабжения в поясничной части спины и в органах малого таза.

Физиологическая норма реакции тела человека позволяет организму адаптироваться к охлаждающей или нагревающей температуре воздуха, микроклимату. Для создания же комфортных микроклиматических условий производственной среды должны учитываться особенности теплообмена человека, выполняющего физическую нагрузку. При длительных работах в теплый период оператору становится не очень комфортно, тело потеет. Поэтому не менее важным в процессе работы оператора ТССН является возможность свободного испарения выделяющегося на поверхности тела пота. Задержка в испарении пота сопровождается смачиванием им спинки сидения и способствует переохлаждению организма оператора после рабочей смены. При этом температура кожи в любой точке тела является результатом действия ряда факторов, которые определяют передачу тепла от внутренних частей организма и легкость его отдачи в окружающую среду. Следует также отметить, что в условиях теплового комфорта с поверхности кожи в течение одного часа испаряется 40...50 г влаги [3]. Выделение же пота в количестве, превышающем 150 г/ч, сопряжено с тепловым дискомфортом [3]. Испарение влаги с поверхности тела – один из главных способов теплоотдачи [3]:

$$ПВ = ПВ_{\text{н}} - ПВ_{\text{к.п}} + ПВ_{\text{л}},$$

где $PВ_{и} = 1,48Q_{и}$ – потери влаги организмом из-за теплоотдачи вследствие ее испарения, г/ч;

$PВ_{к.п}$ – потери влаги организмом из-за теплоотдачи неощутимой кожной перспирацией в результате диффузии водяных паров, г/ч;

$PВ_{л}$ – потери влаги организмом вследствие теплоотдачи испарением влаги в легких, г/ч.

Для создания комфортных санитарно-гигиенических условий труда операторов в кабине ТССН может использоваться устройство [4] (рис. 1), содержащее сменные гигроскопические впитывающие элементы, неподвижно закрепленные на спинке сидения двумя эластичными кольцами, связанными друг с другом стяжкой, которая, в свою очередь, неподвижно прикреплена одним концом к оттяжке, закрепленной своим свободным концом и снабженной зацепом за спинку сидения. Эффективная и безопасная защита оператора от выделяемого пота в процессе работы при соприкосновении его спины со спинкой сидения достигается периодической и нетрудоемкой сменой впитывающих элементов, препятствующих перегреву организма оператора ТССН.

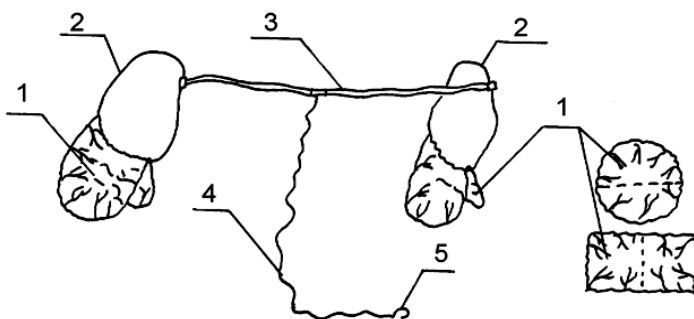


Рис. 1. Техническое устройство для защиты организма оператора ТССН от перегрева: 1 – впитывающий элемент; 2 – эластичные кольца; 3 – стяжка; 4 – оттяжка; 5 – зацеп

ЛИТЕРАТУРА

1. Физиологические и медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: практикум: в двух частях / Л. В. Мисун [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2009. – Ч. 1: Физиология человека. – 128 с.
2. Чехол для кресла транспортного средства: патент 11800 Республики Беларусь // Л. В. Мисун, А. Л. Мисун, В. А. Агейчик [и др.]; заявл. 26.05.2018; опубл. 27.10.2018.
3. Обеспечение безопасности производственной среды в кабине мобильной сельскохозяйственной техники // А. Л. Мисун [и др.] // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. – № 11. – С. 24–27.
4. Устройство для защиты от пота: патент 2143937 РФ // В. М. Сорока; заявл. 05.09.1994; опубл. 10.01.2000.

ФАЗЫ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАСТИНЧАТО-РОТОРНОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА НВУ-2,8

В. Н. ДАШКОВ, д-р техн. наук, профессор

С. А. АНТОШУК, канд. техн. наук, доцент

В. В. ЗАХАРОВ, ст. преподаватель

Республиканское научно-производственное унитарное предприятие

«Институт энергетики НАН Беларуси»,

Минск, Республика Беларусь

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»,

Минск, Республика Беларусь

УО «Белорусский государственный аграрный технический

университет»,

Минск, Республика Беларусь

Введение. Вакуум-насосная станция является одной из главных составляющих любой доильной установки, основанной на принципе выведения молока из вымени коров под действием переменного разрежения. Используемые отечественные вакуумные станции укомплектованы, как правило, водокольцевыми вакуумными насосами СН-60 производства Гомельского мотороремонтного завода или роторно-лопастными насосами типа УВУ-60/45, РВН-40. И те, и другие насосы имеют недостатки в сравнении с зарубежными аналогами – насосами фирм De-Laval (Швеция), GEA Westfalia (Германия), Gascoigne Melotte (Голландия). Общий недостаток отечественных насосов – малая воздухопроизводительность на единицу потребляемой мощности. Так, удельные затраты энергии на 1 м^3 производительности в среднем составляют: у насосов фирм De-Laval – $0,041 \text{ кВт ч/м}^3$, Gascoigne Melotte – $0,042 \text{ кВт ч/м}$, Fullwood – $0,047 \text{ кВт ч/м}$, а у отечественных водокольцевых и пластинчато-роторных насосов этот показатель составляет $0,066 \text{ кВт ч/м}$, что в 1,4–1,6 раза выше, чем у зарубежных [1]. Годовое потребление энергии одним отечественным насосом производительностью $60 \text{ м}^3/\text{ч}$ на 3,3 тыс. кВт ч больше, чем насосами зарубежного производства. В целом по республике по этой причине перерасход электроэнергии (на 1,3 млн. дойных коров) составляет 50 млн. кВт ч, чему должно быть уделено пристальное внимание.

Основная часть. Причиной высокого расхода энергии вакуумными насосами доильных установок является необходимость запаса производительности вакуумного насоса для возмещения случайных подсосов воздуха в вакуумированную систему доильной установки. В со-

ответствии с нормативной документацией этот запас производительности должен составлять не менее 20 % от производительности насоса. Исключение необходимости или снижение величины запаса производительности насоса является одним из путей экономии энергоресурсов при доении животных [2].

На производительность насоса, в отличие от основных геометрических параметров (размер рабочих элементов), влияют геометрические параметры косвенного действия (форма и расположение отдельных элементов). К первым следует отнести диаметры и длину статора и ротора, величину эксцентриситета и частоту вращения ротора насоса, количество лопаток. А ко вторым относят расположение кромок впускных и выпускных окон в корпусе насоса, а также само расположение ротора исходя из фаз газораспределения (рис. 1).

Угол σ в зоне защемленного объема колеблется в больших пределах. При $z < 10$ угол вредного пространства рекомендуют принимать равным $(1,0-2,5) \beta$, то есть фактически от 40 до 90°. Этот угол равен сумме двух углов – δ_2 и δ_3 . При угле δ_2 совершается процесс расширения воздуха, перенесенного из полости нагнетания, а δ_3 – угол сжатия воздуха в защемленном объеме в момент нагнетания. Углы δ_2 и δ_3 выбираются из конструктивных соображений, а имеющиеся рекомендации по данному вопросу относятся к насосам с большим числом пластин $z = 20-30$ и не могут быть использованы для вакуумных насосов доильных установок с малым числом пластин $z = 4$.

Угол δ_2 влияет на температурный режим насоса. Малое значение этого угла (менее 30°) снижает производительность насоса примерно на 8 %. При увеличении угла (более 90°) уменьшается температура нагрева корпуса насоса, но повышается потребляемая мощность. Рекомендуется принимать угол обратного расширения $\delta_2 = \beta / 2$. Величина угла δ_3 принимается равной 5–25° при любом числе пластин (рис. 1).

Этот угол в зоне защемления мало влияет на производительность насоса, так как в момент разобращения полости насоса с нагнетательным окном воздух вытекает через зазоры, давление защемленного объема резко падает.

В вакуумных насосах с малой частотой вращения нижнюю кромку всасывающего окна целесообразно располагать так, чтобы угол $\sigma_1 = \beta / 2$. Такое конструктивное решение способствует разобращению ячейки со всасывающим патрубком в момент достижения ячейкой своего максимального объема. В вакуумных насосах с большой частотой вращения ($n \geq 2000$ об/мин) угол $\sigma_1 = \beta / 2$ должен быть несколько

меньше (с запаздыванием). Изменение угла σ_1 в пределах $37\text{--}41^\circ$ [3] мало влияет на быстроту действия насоса.

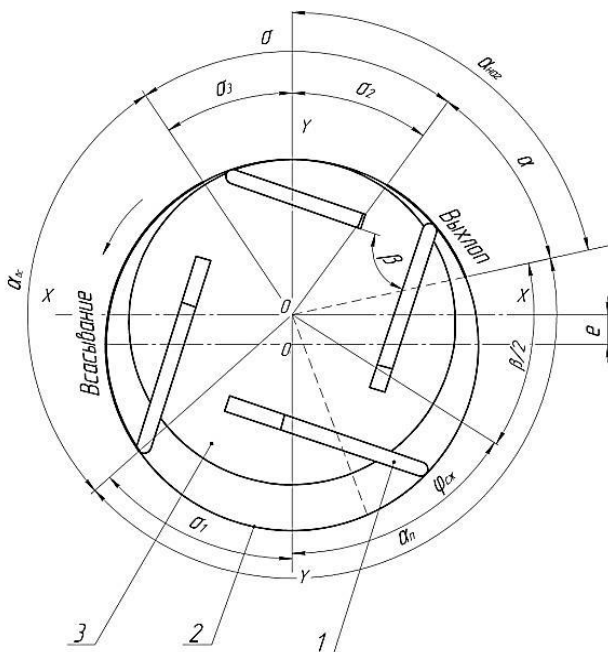


Рис. 1. Схема фаз воздухораспределения в насосе
1 – лопатка, 2 – корпус насоса, 3 – ротор

Поэтому угол σ_1 целесообразно выбирать на $3\text{--}5^\circ$ меньше, чем $\beta / 2$, так как при этом происходит более полное наполнение ячеек воздухом и имеет место запаздывание процесса всасывания.

Полный угол сжатия α_n характеризует угол поворота ротора относительно корпуса насоса от точки конца всасывания до начала нагнетания (рис. 1). Оптимальное значение угла α_n зависит от конструктивных особенностей насоса, монтажных зазоров и системы смазки.

Меняется полный угол сжатия α_n в интервале $137\text{--}65^\circ$ и, соответственно, угол сжатия ($\varphi_{сж} = 47\text{--}75^\circ$). Положение верхней кромки нагнетательного окна определяют по приближенной зависимости:

$$\alpha_n = \sigma_1 + \varphi_{сж} + \pi/z = 45^\circ + 60^\circ + 45^\circ = 150^\circ.$$

Для рассматриваемого нами в работе пластинчато-роторного вакуумного насоса геометрические параметры фаз газораспределения представлены в таблице.

Фактические геометрические параметры и фазы воздухораспределения вакуумного насоса НВУ-2,8

Наименование параметра	Значение параметра фактического
Диаметр корпуса, мм	200
Диаметр ротора, мм	185,5
Эксцентриситет, мм	14,5
Коэффициент подачи λ	0,955
Угол обратного расширения σ_2	27,5°
Угол всасывания $\alpha_{вс}$	97,5°
Полный угол сжатия α_n	150°
Угол между нижней кромкой впускного окна и биссектрисой σ_2	45°
Угол сжатия $\phi_{сж}$	60°
Угол нагнетания $\alpha_{наг}$	56,8°
Угол выпуска α	50°
Угол сжатия защемленного объема σ_3	32,5°
Угол вредного пространства σ	60°
Угол между двумя соседними пластинами β	90°

Закключение. В статье обоснован выбор углов воздухораспределения, влияющий на производительность вакуумного насоса. Угол вредного пространства σ , влияющий на температурный режим насоса, увеличен благодаря уменьшению угла выхлопа α .

ЛИТЕРАТУРА

1. Антошук, С. А. Конструктивные особенности и эксплуатационные показатели вакуумной станции СВЭ / С. А. Антошук, Э. П. Сорокин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 т. – Минск: НПЦ НАН по механизации с.-х., 2014. – Т. 3. – С. 77–83.
2. Дашков, В. Н. Технология и оборудование для доения коров / В. Н. Дашков, В. О. Китиков, Э. П. Сорокин. – Минск: Учебно-методический центр Минсельхозпрода, 2007. – 175 с.
3. Мжельский, Н. И. Вакуумные насосы для доильных установок / Н. И. Мжельский. – М.: Машиностроение, 1974. – 151 с.
4. Руководство по эксплуатации. Насос пластинчато-роторный вакуумный НВУ-2,8. ОАО «Технолит». – Полоцк, 2010. – 31 с.
5. Пат. 9646 РБ, МПК F 04C 18/00. Пластинчато-роторный вакуумный насос / В. Н. Дашков, В. В. Захаров, (ВУ). – Заявитель Белорусский государственный аграрно-технический университет – № u20130360; заявл. 23.04.2013; опубл. 22.07.2013 // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуальной собственности. – 2013. – № 2. – С. 35.
6. Дашков, В. Н. Обоснование выбора расположения ротора в корпусе пластинчатого вакуумного насоса / В. Н. Дашков, С. А. Антошук, В. В. Захаров // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 6. – С. 30–35.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ РАСТЕНИЕВОДСТВА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

П. А. САВИНЫХ, д-р техн. наук, профессор, гл. науч. сотрудник,
зав. лабораторией ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока,
Киров, Российская Федерация

В. РОМАНЮК, д-р техн. наук, профессор Технологического
Природоведческого института Фаленты, отдел в Варшаве,
Республика Польша

Ф. А. КИПРИЯНОВ, канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА»,
Молочное, Вологда, Российская Федерация

Введение. Растениеводство является одной из системообразующих отраслей сельскохозяйственного производства, выступая как самостоятельной отраслью, обеспечивающей производство продуктов питания, так и отраслью, формирующей кормовую базу для животноводства. Обеспеченность растениеводства основными видами техники, такими, как тракторы, кормоуборочные и зерноуборочные комбайны, – один из факторов, определяющих эффективность производства продукции.

Основная часть. Площадь пашни – один из важнейших показателей, отражающих интенсивность работы и определяющих специализацию предприятий агропромышленного комплекса. Так, в Российской Федерации площадь сельскохозяйственных угодий за исследуемый период имеет положительную динамику и увеличилась на 1717,8 тыс. га при суммарном увеличении площади пашни за этот же период на 1245,8 тыс. га [1].

Основные площади пашни сосредоточены практически в двух регионах: в Приволжском и Сибирском федеральном округах. В частности, площадь сельскохозяйственных угодий в данных округах составляет 50 % от общей площади сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации, а площадь пашни – 49 %. С учетом еще двух округов доля сельскохозяйственных угодий и пашни будет превышать 80 %, т. е. практически все сельскохозяйственные угодья Российской Федерации сосредоточены в четырех регионах [2].

Основная нагрузка при возделывании и уборке сельскохозяйственных культур ложится на машинно-тракторный парк сельскохозяйственных предприятий, от укомплектованности и состояния которого

зависит не только выполнение работ в агротехнические сроки, но и в конечном итоге себестоимость производимой продукции.

Рассматривая техническую обеспеченность сельскохозяйственных предприятий Российской Федерации, следует уделить внимание динамике изменения и укомплектованности такими видами техники, как тракторы и комбайны зерноуборочные и кормоуборочные [3, 4].

Исследования показывают, что тракторы производства СНГ представляют наибольшее количество на рынке – до 57 %, тракторы из стран дальнего зарубежья занимают до 12 % рынка, а количество российских моделей довольно ограничено – 3 % в 2012 г. и 3,4 % в 2014 г. В 2011 г. колесные тракторы не из стран СНГ были наиболее популярны среди производителей John Deere (США), Foton (Китай), Challenger (США), Kioti (Южная Корея), New Holland (США), Valtra (Финляндия) [5]. Важнейшей проблемой для российского сельского хозяйства является воссоздание парка сельскохозяйственной техники до 2020 г., для чего необходимо внедрять инновации в промышленности и разрабатывать более эффективные машины, отвечающие требованиям гармонизированных международных стандартов и процедур испытаний [6–8].

За отчетный период сокращение парка тракторов составило более 13 %, при этом общее количество тракторов сократилось на 38998 единиц, а количество тракторов без учета тракторов на которых установлены землеройные и мелиоративные машины сократилось на 36347 шт.

Наибольшим количеством тракторов, занятых в сельскохозяйственном производстве, обладает Приволжский федеральный округ, на долю которого приходится 27,3 % парка тракторов Российской Федерации – более 61000 единиц. В Центральном и Южном федеральных округах эксплуатируется 22,6 и 17,4 % соответственно. Наименьшим количеством тракторов обладает Дальневосточный федеральный округ – 4868 единиц, что составляет 2,2 % от общего парка [1].

Показательной является динамика роста мощностных характеристик тракторов, эксплуатируемых в сельском хозяйстве, отражающая общую тенденцию мирового тракторостроения. Средняя мощность тракторов в период с 1980 г. выросла на 73 %, и современные тракторы практически вдвое мощнее тракторов, эксплуатируемых более тридцати лет назад.

Уборка практически всех культур, возделываемых сельскохозяйственными предприятиями, осуществляется с помощью специализированных комбайнов – зерно-, свекло- и кормоуборочных, количество и надежность которых определяют своевременность выполнения операций уборки.

В составе парка комбайнов, занятых при уборке культур кормового и продуктового назначения, основная доля – 79 % – приходится на

зерноуборочные комбайны, количество кормоуборочных и свеклоуборочных комбайны составляет 17,7 и 2,9 % соответственно от общего количества комбайнов, задействованных при обеспечении продовольственно-кормовыми ресурсами. В среднем за отчетный период сокращение парка комбайнов в Российской Федерации произошло на 13,7 %, наибольшее сокращение – 17,8 % – произошло в парке кормоуборочных комбайнов, зерноуборочные и свеклоуборочные комбайны сократились примерно одинаково на 12,7; 12,5 % соответственно.

Тенденция увеличения мощности, сформировавшаяся для тракторного парка, характерна и для парка комбайнов [9]. Так, мощность кормоуборочных комбайнов в период с 1980 г. выросла в 2,12 раза и на данный момент составляет в среднем 360 л/с, мощность зерноуборочных комбайнов увеличилась в 2,4 раза и составляет около 300 л/с (рис. 1).

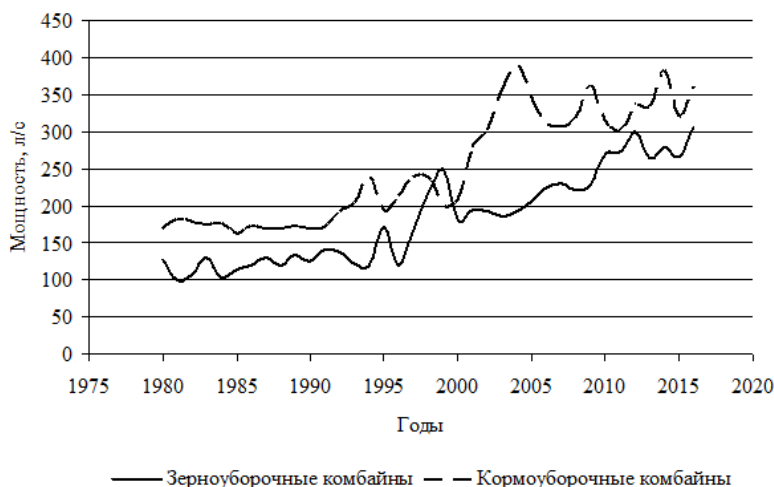


Рис. 1. Динамика изменения мощностных характеристик зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов

Лидером по общему количеству комбайнов, так же, как и по количеству тракторов, является Приволжский федеральный округ, доля которого составляет 28 % от общего парка комбайнов [1]. Центральный и Сибирский федеральные округа по количеству комбайнов занимают второе и третье места с 21 и 17 % соответственно. Наименьшее количество комбайнов эксплуатируется в Дальневосточном федеральном округе – порядка 2 %, что в фактическом выражении составляет 1818 единиц. Очень низкое значение количества комбайнов в Северо-

Западном федеральном округе, обладающем развитым молочным животноводством. Так, по общему количеству комбайнов Северо-Западный федеральный округ находится на предпоследнем месте, имея в своем парке 1928 единиц комбайнов, а по количеству зерноуборочных с количеством 936 единиц – на последнем.

В большинстве стран сельское хозяйство является субсидируемой отраслью экономики, и зачастую от степени государственной поддержки зависит не только рентабельность всей отрасли, но и выживаемость отдельных сельскохозяйственных предприятий [10]. Одна из форм поддержки сельскохозяйственных предприятий – предоставление услуг лизинга на приобретение и поставку дорогостоящей техники.

Объем поставок тракторов по лизингу в сельскохозяйственные предприятия Российской Федерации за отчетный период составил 5116 единиц, что в среднем составляет 1279 тракторов в год. Однако следует отметить, что в 2015 г. произошло резкое снижение поставок тракторов по данному виду услуг, по сравнению с 2014 г. поставки тракторов сократились на 55 %, что в фактическом выражении составляет 1000 шт. Поставки комбайнов по лизингу отличаются несколько меньшими объемами и за прошедший период составили 3742 штук, в среднем 935 единиц в год. Однако поставки комбайнов по лизингу в сельскохозяйственные предприятия отличаются устойчивой тенденцией к росту и за отчетный период выросли в 2,2 раза.

Заключение. Стоит отметить, что даже, несмотря на государственную поддержку по поставкам лизинговой техники, Россия по таким показателям, как наличие тракторов на 1000 га пашни и комбайнов на 1000 га посевов, уступает ряду стран, имея 3 трактора на 1000 га пашни и 2 комбайна на 1000 га посевов в среднем по стране. Однако, если учитывать увеличившуюся мощность эксплуатируемой техники, а соответственно и производительность, в технологическом плане разрыв будет не столь велик, что подтверждают ведущие позиции России по экспорту зерна. Наиболее укомплектованными регионами по наличию тракторов являются Северо-Кавказский, Северо-Западный и Южный федеральный округа, имеющие по 19, 6 и 4 трактора на 1000 га пашни соответственно. На уровне мировых стандартов зерноуборочными комбайнами укомплектован Дальневосточный федеральный округ с максимальным показателем в России – 12 комбайнов на 1000 га посевов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агропромышленный комплекс России в 2016 году. – М.: ФГБНУ «Росинформгротех», 2017. – 720 с.

2. Медведева, Н. А. Системный подход к прогнозированию сельского хозяйства: механизмы и инструменты / Н. А. Медведева // Молочнохозяйственный вестник. – 2016. – № 3(23). – С. 100–110.

3. Киприянов, Ф. А. Региональные проблемы обеспечения сельскохозяйственных предприятий техникой / Ф. А. Киприянов // В рамках Международной агропромышленной выставки-ярмарки «АГРОРУСЬ-2016». – СПб.: ЗАО «ЭкспоФорум», 2016. – С. 135–136.

4. Izmailov, A. Evaluation of the Technical Level of Modern Agricultural Tractors Represented in the Russian Market (2018) SAE Technical Papers / A. Izmailov, V. Shevtsov, A. Lavrov, Z. Godzhaev, V. Zubina, A. Andreeva // 2018-April, DOI: 10.4271/2018-01-0657.

5. Shevtsov, V. G. The Development of the Russian Agricultural Tractor Market from 2008 to 2014 (2016) SAE Technical Papers / V. G. Shevtsov, A. A. Lavrov, Z. A. Godzhaev, V. M. Kryazhkov, G. S. Gurulev // 2016-October, DOI: 10.4271/2016-01-8128.

6. Subaeva, A. K. Current condition of Russian agricultural engineering market (2014) / A. K. Subaeva, N. V. Malinina // Life Science Journal, 11 (9 SPEC. ISSUE), статья № 76, pp. 360–362.

7. Marchenko, O. S. Global problems in agricultural mechanization system of Russian Federation (2013) AMA / O. S. Marchenko // Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America, 44 (4), pp. 45–49.

8. Shevtsov, V. Formation of quantitative and age structure of tractor park in the conditions of limitation of resources of agricultural production (2015) / V. Shevtsov, A. Lavrov, A. Izmailov, Y. Lobachevskii // SAE Technical Papers, DOI: 10.4271/2015-26-0147

9. Медведева, Н. А. Структурные изменения в аграрном секторе экономики / Н. А. Медведева, Т. Н. Агапова // Вестник Поволжского государственного университета сервиса. Серия: Экономика, – 2010. – № 5(13). – С. 73–77.

10. Yureneva, T. G. State support of dairy farming in Vologda region of Russia / T. G. Yureneva, O. I. Barinova – Approved by the Rector of the Slovak University of Agriculture in Nitra as the book of abstracts from the international scientific conference on April 26, 2016. – С. 229–235.

УДК 631.331.024

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО СОШНИКА ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ПОСЕВА НА ШИРИНУ ВЫСЕВАЕМОЙ ЛЕНТЫ И УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

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

В. И. ИЛЬИН, канд. техн. наук, доцент

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

Урожай в значительной степени зависит от качества посева. Для оптимального развития растений почву необходимо хорошо удобить и разрыхлить. Семена необходимо равномерно распределить по площади поля и заделать на заданную глубину. Равномерное распределение семян по полю обеспечивает им оптимальную площадь питания.

Площадь питания растений оказывает значительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. Установлено, что наилучшей ее формой должен быть круг или многоугольник, близкий

к кругу. Обеспечить такую площадь питания до сих пор не удавалось, поэтому в качестве оптимальной принимают квадрат.

В сельскохозяйственном производстве при посеве зерновых культур используется в основном рядовой способ посева с междурядьями 0,075, 0,15 и 0,12 м. При этом площадь питания представляет собой сильно вытянутый прямоугольник. Соотношение его сторон существенно влияет на продуктивность растений. В. С. Веревкин [1] получил средний урожай пшеницы при квадратной площади питания $0,245 \text{ кг/м}^2$, а при соотношении ее сторон 1:2, 1:10 и 1:25 соответственно – $0,236$, $0,221$ и $0,198 \text{ кг/м}^2$.

Н. А. Ламан и др. [2] показывают, что сгущение растений в рядах вызывает практически аналогичные реакции, что и увеличение глубины их заделки. Идет растяжение междоузлий базальной зоны, а соответственно снижается общее и продуктивное кущение, формируется ослабленное растение с низкой продуктивностью и вертикальной устойчивостью. Проведенные исследования подчеркивает актуальность работ по усовершенствованию сошников сеялок с целью более равномерного размещения семян в горизонтальной плоскости.

Рассмотренные выше особенности реализации биологического потенциала хлебного злака выдвигают посев в качестве важнейшего элемента технологии, когда ставится задача получения высоких и стабильных урожаев зерновых, которая успешно может быть решена при условии создания на поле сообщества растений со строго определенными параметрами и показывают необходимость работы над совершенствованием технологии посева как приема, предопределяющего условия, в которых проходят первые этапы роста и развития растений, и вместе с тем поддающегося регулированию.

Все известные способы посева можно разделить на две группы: способ посева с выровненной поверхностью и с волнистой. К способу посева с выровненной поверхностью относятся рядовой, узкорядный, ленточный, перекрестный и разбросной. Во вторую группу входят бороздковый и гребневой.

Из всех способов посева наиболее оптимальным и прогрессивным является разбросной, так как он дает возможность равномерно распределить семена по площади питания и получить более высокий урожай.

Незначительное распространение этого способа объясняется отсутствием работоспособных высевальных устройств, их сложностью конструкции, металлоемкостью и большой неравномерностью заделки высеваемых семян по глубине.

Уменьшение глубины заделки семян может привести к вымерзанию всходов озимых и изреженности всходов яровых. При глубокой заделке всходят ослабленные растения, а часть ростков гибнет, так как не может пробиться к свету. Между семенами и почвой не должно

быть воздушной прослойки, затрудняющей поступление влаги к семенам, а позднее питательных веществ к корням растений.

В соответствии с требованиями агротехники посева зерновых культур семена должны высеваться на плотное ложе $1,20 \dots 1,25 \text{ г/см}^3$, вдавливаясь в дно бороздки и закрываться рыхлым слоем.

Для повышения качества посева зерновых с распределением и прикатыванием семян по ленте на кафедре механизации растениеводства и практического обучения изготовлен и исследован сошник для ленточного посева с одновременным прикатыванием семян в ленте (рис. 1).

Принцип работы следующий: рабочие диски 1 раскрывают бороздку, дно которой выравнивает пластина 8, после этого семена высеваются на дно бороздки, прикатываются катком 10 и присыпаются рыхлой почвой.

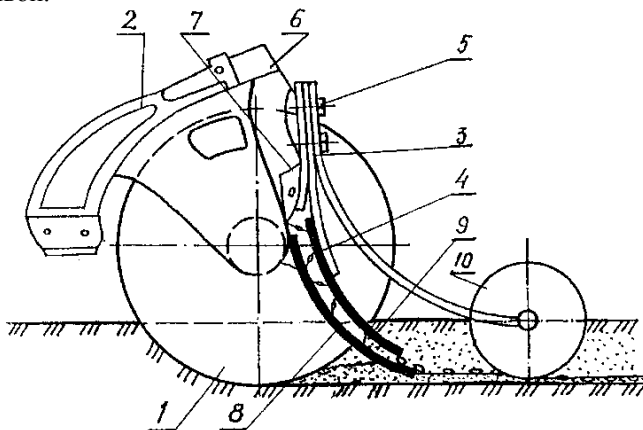


Рис. 1. Схема сошника для распределения и прикатывания семян по ленте: 1 – диски рабочие; 2 – корпус; 3 – поводок; 4 – распределитель; 5 – болт крепления; 6 – горловина; 7 – отражатель; 8 – пластина распределительная; 9 – пластина отражательная; 10 – каток прикатывающий

В результате испытания сошников были проведены исследования о влиянии скорости движения сошника V_c , глубины хода дисков h , их диаметра D и расстояния в точке схождения a на ширину высеваемой ленты $B_{л}$.

По результатам лабораторно-полевых исследований получены регрессионные зависимости ширины высеваемой ленты от заданных параметров, описываемые уравнением второго порядка.

$$B_{л} = 0,00576 - 0,00643V_c + 0,2781D + 0,00145V_c^2 + 1,863h^2 - 27,86a^2 - 0,786hd - 1,5ha + 2,78Da.$$

По результатам выполненных расчетов построены двухмерные сечения, характеризующие ширину высеваемой ленты в зависимости от

диаметра дисков сошника, глубины хода его дисков, скорости движения и урожайности ячменя в зависимости от ширины высеваемой ленты (рис. 2, 3, 4).

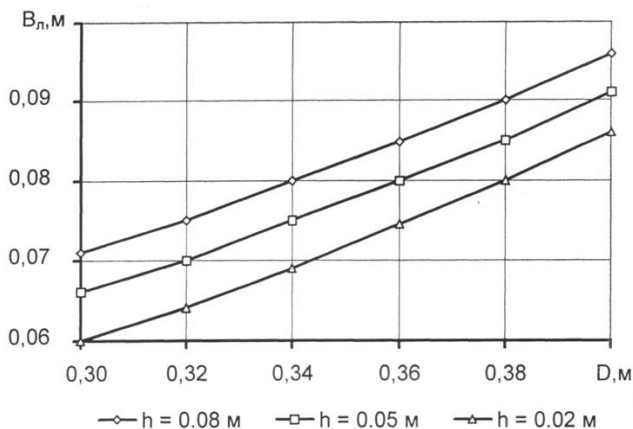


Рис. 2. Влияние диаметра дисков D сошника на ширину высеваемой ленты $B_{л}$ ($V_c = 2,5 \text{ м/с}$)

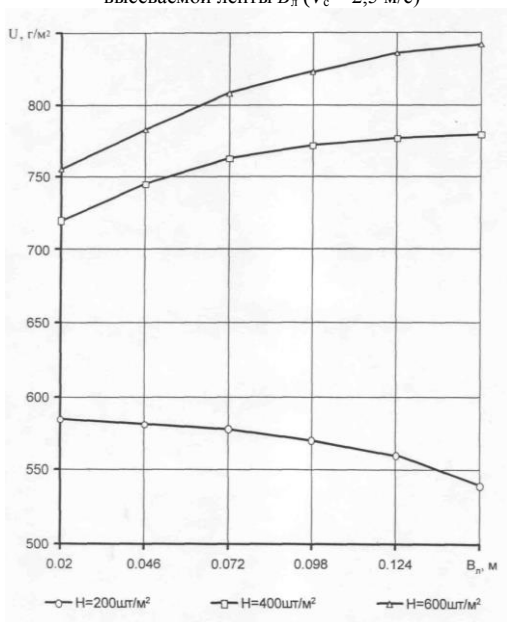


Рис. 3. Влияние ширины высеваемой ленты $B_{л}$ на урожайность озимой ржи U при фиксированной норме высева H

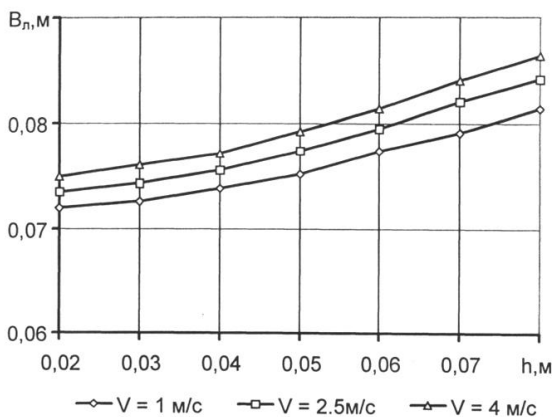


Рис. 4. Зависимость ширины высеваемой ленты $B_{л}$ от глубины хода сошников h ($D = 0,35$ м)

Анализ полученных данных позволяет сделать заключение, что с увеличением диаметра дисков с 0,30 м до 0,40 м ширина ленты возрастает на 0,025 м. Увеличение диаметра дисков с 0,35 м до 0,40 м повышает ширину ленты на 0,011 м (рис. 2), что существенно не влияет на урожайность озимой ржи (рис. 3), но при этом увеличивает металлоемкость сошника на 9 %. Изменение расстояния в точке схождения дисков сошника от 0,001 до 0,02 м, увеличивает ширину ленты на 0,008...0,011 м, что также не оказывает существенного влияния на повышение урожайности озимой ржи (рис. 3), но при этом ухудшается проходимость почвы между сошниками. Зависимость ширины высеваемой ленты от глубины хода дисков (рис. 4) показывает, что с увеличением глубины их хода с 0,02 м до 0,08 м ширина ленты увеличивается на 0,01...0,012 м. Скорость движения сошника оказывает меньшее влияние на ширину ленты, увеличиваясь с 1 м/с до 4 м/с, повышает ширину ленты на 0,004...0,006 м (рис. 4), что также не оказывает влияния на урожайность озимой ржи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веревкин, В. С. Влияние нормы высева и способа посева на урожай яровой пшеницы в Омской области / В. С. Веревкин // Труды Всесоюзн. НИИ с.-х. машиностроения. – 1973. – Вып. 75. – С. 6–12.
2. Ламан, Н. А. Биологический потенциал ячменя / Н. А. Ламан, Н. Н. Стасенко, С. А. Каллер. – Минск: Наука и техника, 1984. – 215 с.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА МНОГОРОТОРНОЙ КОСИЛКИ

Е. И. МАЖУГИН, канд. техн. наук, доцент

А. Л. БОРИСОВ, ст. преподаватель

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

На осушенных сельскохозяйственных землях в Республике Беларусь в настоящее время производится более трети от всей продукции растениеводства. От эффективности использования данного вида земель во многом зависит экономическая ситуация в стране.

Неотъемлемой частью осушенных земель являются различные мелиоративные системы. Скашивание и удаление растительности – одна из основных операций по уходу за мелиорированными землями [1].

Для скашивания растительности в настоящее время широко применяются разнообразные косилки. Наибольшее распространение для выполнения этих работ получили многооторные косилки с нижним приводом роторов от зубчатой цилиндрической передачи. Основной деталью, влияющей на надежность режущего аппарата многооторной косилки, является шестерня цилиндрической передачи привода роторов.

Для смазывания шестерен режущего аппарата обычно используется смесь трансмиссионного масла и пластичной смазки (солидола). Основной причиной преждевременного изнашивания шестерен является наличие механических примесей в масле режущего аппарата, в составе которых находятся и продукты изнашивания деталей привода роторов.

Накопление в масле частиц механических примесей ведет к абразивному изнашиванию деталей привода. Чтобы предотвратить накопление в масле частиц механических примесей, необходимо производить непрерывную очистку масла [2].

В связи с этим возникает необходимость поиска и внедрения наиболее экономичных и эффективных способов повышения эффективности функционирования режущего аппарата многооторной косилки.

На основании анализа способов очистки нефтяных масел, возможности конструктивного исполнения, анализа свойств частиц механических примесей было принято решение, что для очистки масла наиболее целесообразно применение центробежного способа очистки.

С целью снижения скорости изнашивания зубьев шестерен и повышения эффективности функционирования режущего аппарата нами предлагается следующая запатентованная конструкция (рис. 1) [3]. Цилиндрическая вставка 1 закреплена в полости шестерни 3, которая приводит во вращение крайний ротор, если считать от начала привода режущего аппарата косилки.

При вращении шестерни часть масла с частицами механических примесей попадает внутрь цилиндрической вставки. В цилиндрической вставке маслу сообщается вращательное движение, и под действием центробежных сил частицы механических примесей отбрасываются к стенке цилиндрической вставки и оседают на ней. Для облегчения поступления масла внутрь цилиндрической вставки, между ступицей шестерни и торцом вставки выполнена кольцевая щель для выхода масла 2, через которую масло выходит из цилиндрической вставки, освобождая место для поступления нового масла.

Также для увеличения производительности процесса очистки смазки от частиц механических примесей в диске шестерни 3 выполнены четыре отверстия для входа масла 4, расположенные между собой под углом 90° [1, 3, 4].

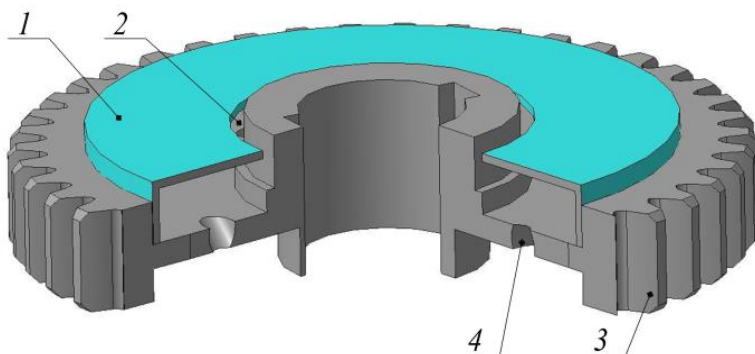


Рис. 1. Предлагаемая конструкция шестерни, в полости которой закреплена цилиндрическая вставка

Проведенные производственные испытания показали, что шестерня, в полости которой закреплена цилиндрическая вставка, обеспечивает высокое качество очистки масла. При этом концентрация механических примесей в масле многороторных косилок снизилась на 43,7...48,8 % [5].

На основании теоретических и экспериментальных исследований, производственных испытаний разработаны следующие рекомендации по техническому обслуживанию режущего аппарата многоаторной косилки, на привод крайнего ротора у которой установлена шестерня, в полости которой закреплена цилиндрическая вставка.

1. Удаление загрязнений из шестерни, в полости которой закреплена цилиндрическая вставка, при эксплуатации мелиоративной многоаторной косилки не производится, а сама шестерня заменяется совместно с комплектом шестерен.

2. Через 450...500 смен (3600...4000 ч) работы косилки необходимо произвести замену комплекта шестерен привода роторов режущего аппарата.

3. При замене комплекта шестерен в режущем аппарате необходимо удалить старую смазку, а картер режущего аппарата очистить с помощью растворителя, после чего в картер заложить новую смазку согласно руководству по эксплуатации косилки.

Выполнение разработанных рекомендаций позволит эксплуатировать режущий аппарат многоаторной косилки с наименьшими экономическими затратами в течение всего периода его использования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механико-технологические основы совершенствования косилок для мелиорированных земель и лугопастбищных угодий: монография / Е. И. Мажугин [и др.]. – Горки: БГСХА, 2017. – 247 с.

2. Борисов, А. Л. Очистка масла в режущем аппарате мелиоративной многоаторной косилки / А. Л. Борисов // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 23–24 октября 2014 г. / УО БГАТУ; редкол.: И. Н. Шило [и др.]. – Минск, 2014. – Ч. 1. – С. 126–128.

3. Режущий аппарат роторной косилки: пат. 6876 Респ. Беларусь, МПК A01D 34/00 / Е. И. Мажугин, А. Л. Борисов, С. Г. Рубец; заявитель Белорус. гос. с.-х. академия. № u 20100403; заявл. 23.04.2010; опубл. 30.12.2010 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2010. – № 6 – С. 145.

4. Режущий аппарат роторной косилки: пат. 8949 Респ. Беларусь, МПК A01D 34/00 / Е. И. Мажугин, А. Л. Борисов, С. Г. Рубец; заявитель Белорус. гос. с.-х. академия. № u 20120270; заявл. 02.11.2012; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлект. уласнасці. – 2013. – № 1 – С. 145.

5. Мажугин, Е. И. Производственные испытания модернизированных многоаторных косилок / Е. И. Мажугин, А. Л. Борисов // Вестник БГСХА. – 2016. – № 2. – С. 104–106.

ОБЗОР И АНАЛИЗ МАШИН, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Н. И. ДУДКО, канд. техн. наук, профессор

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

Д. В. ГРЕКОВ, ст. преподаватель

С. А. СИДОРОВ, ассистент

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

Введение. Успешное выполнение Государственной программы возрождения и развития села неразрывно связано с проблемой повышения плодородия почв, эффективного использования земельных ресурсов, новейших достижений науки и практики [1].

Основой повышения почвенного плодородия, непрерывного увеличения урожайности всех сельскохозяйственных культур в настоящее время стали всесторонняя химизация и механизация сельскохозяйственного производства. Научкой и практикой доказано, что в Республике Беларусь, где естественное плодородие почв находится на высоком уровне, а влажность достаточная, внесение удобрений обеспечивает до 75 % прироста урожая. При этом около 60 % питательных веществ вносится в почву с минеральными удобрениями (туками). Промышленность нашей республики выпускает как простые минеральные удобрения, содержащие один элемент питания, так и комплексные (сложные, сложно-смешанные и смешанные), содержащие два-три элемента питания, а также твердые и жидкие.

Однако широкое использование химических удобрений вызывает усиление процессов минерализации органического вещества почвы. Это приводит к необходимости производства и рационального использования органических удобрений. К органическим удобрениям относятся навоз, торф, птичий помет, торфонавозные компосты, сапропель, солома, осадки сточных вод, твердые бытовые и производственные отходы, содержащие органические вещества. На долю органических удобрений в общем балансе вносимых в почву питательных веществ приходится около 40 %. Систематическое внесение навоза и компостов обеспечивает более эффективное использование минеральных удобрений и других средств химизации, что в совокупности улучшает физико-механические свойства почвы и способствует повышению урожайности возделываемых культур [2, 3, 4].

Основная часть. В технологической цепи применения удобрений последним звеном является их внесение и заделка в почву. При этом основные показатели, характеризующие качество выполнения технологического процесса, – доза внесения, неравномерность распределения, нестабильность дозы, рабочая ширина захвата машины. Основной операцией, качество выполнения которой значительно сказывается на эффективности удобрений, является распределение их по поверхности почвы [5, 6].

Согласно данным РУП «Институт почвоведения и агрохимии», эффективность твердых и жидких минеральных удобрений находится в прямой зависимости от показателя неравномерности их внесения, то есть снижение неравномерности внесения удобрений на 1 % приводит к увеличению прибавки урожая за их счет также на 1 %, и наоборот.

Показатель неравномерности распределения удобрений сверх допустимого уровня должен рассматриваться не только как причина недобора урожая сельскохозяйственных культур, но и как причина потерь самих удобрений.

Основной парк машин в республике составляют машины с центробежными дисковыми распределяющими рабочими органами. Это навесные – РУС-0,7А; Л-116; АБУ-0,7; РУ-1600; РДУ-1,5 и прицепные – РУ-3000; МТТ-4У; МВУ-5, РУ-7000 (рис. 1).



РШУ-12



МТТ-4У



РУ-7000

Рис. 1. Машины для внесения минеральных удобрений

Все перечисленные машины, за исключением МТТ-4У и МВУ-5, РУ-7000, оборудованы дисками по типу зарубежных – с регулируемыми лопатками как по углу установки, так и по их длине. При этом возможное количество положений лопаток на диске превышает 900. Очевидно, что в данном случае при отсутствии специальных стенов для оперативной настройки машин выполнить их правильную регулировку весьма затруднительно. Поэтому каждый раз при изменении вида вносимого удобрения и доз необходимо сверять положение лопаток с рекомендуемым руководством по эксплуатации положением.

От этого зависит рабочая ширина захвата, а, следовательно, и расстояние между смежными проходами агрегата. Кроме того, качество работы центробежных машин зависит от качества вносимых минеральных удобрений (спектр размеров и формы гранул, сыпучести), состояния рельефа поля, выровненности почвы, скорости ветра, квалификации механизатора и его добросовестности (строгое соблюдение заданной скорости движения), рабочей скорости и т. д.

Очевидно, чтобы внести минеральные удобрения с допустимой неравномерностью (допустимый коэффициент вариации для азотных удобрений $\pm 10\%$, для калийных и фосфорных $\pm 20\%$) центробежными рассеивателями, необходимо строго следовать требованиям регламента выполнения работ.

Есть и другие причины, свидетельствующие о сложности получения в наших условиях высокого качества внесения удобрений центробежными рассеивателями.

На рис. 2, а показано правильное расположение машины относительно поверхности поля и трактора. На рис. 2, б – машина отклонена назад на угол α . При этом ширина разбрасывания существенно меньше расчетной. Следовательно, плотность высева удобрений на единицу площади будет выше расчетной, появятся огрехи между смежными проходами. На рис. 2, в ось машины отклонена от вертикали вперед на угол α . При этом также изменяется дальность полета частиц и, соответственно, изменяется доза удобрений на единицу площади поля.

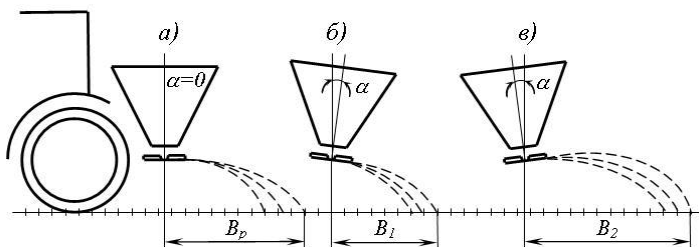


Рис. 2. Влияние отклонения от вертикали оси рассеивателя в продольной и поперечной плоскости на неравномерность внесения удобрений

Из рис. 3 видно, что при уменьшении высоты навешивания машины в сравнении с расчетной дальность полета частиц значительно уменьшается, и наоборот. Соответственно изменяется и доза удобрений на единицу площади. Причиной тому – любая неисправность гидросистемы трактора. Под действием веса рассеиватель всегда стремится опуститься вниз, даже при положении золотника гидрораспределителя «заперто». Механизатор вынужден поднимать машину на максимально возможную высоту, а это одновременно приводит к ее положениям, показанным на рис. 2, б и в.

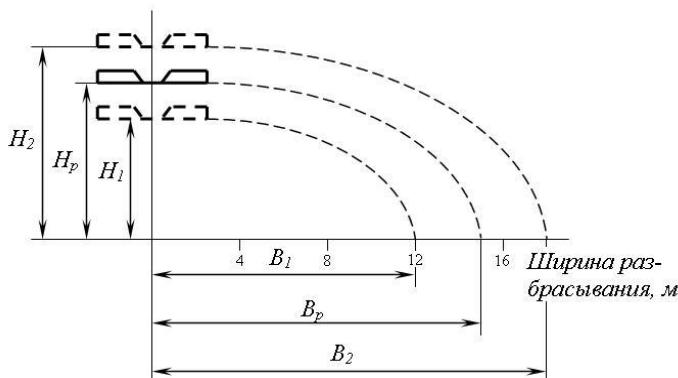


Рис. 3. Влияние высоты расположения рассеивателя относительно поверхности почвы на неравномерность внесения удобрений

Рассмотренные положения навесного центробежного рассеивателя являются систематическими не только по причине неправильной его навески на гидросистему трактора, но и из-за неровности удобряемых полей. Если же учесть еще и снос брошенных частиц ветром, то становится совершенно очевидной проблематичность получения распределения удобрений этими машинами в допускаемых пределах.

Этого недостатка лишены прицепные центробежные разбрасыватели, у которых высота расположения дисков над поверхностью поля практически постоянна.

Что касается использования центробежных разбрасывателей на подкормке сельхозкультур, то, если подходить строго, они не должны применяться в период более поздней вегетации. Это объясняется тем, что брошенные диском частицы локализуются при встрече со стеблестоем (рис. 4).

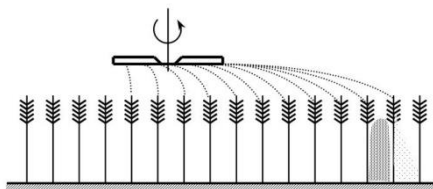


Рис. 4. Локализация удобрений при взаимодействии со стеблестоем

На качество внесения удобрений центробежными машинами в значительной степени влияет скорость ветра. Чем сильнее ветер, тем выше неравномерность распределения. В нашей стране 70 % времени в году скорость ветра превышает 3 м/с.

Практически всех этих недостатков лишены навесные штанговые подкормщики РШУ-12, РШУ-18 (новейший вариант) (рис. 5) и прицепные штанговые машины МТТ-4Ш и РМУ-11000Ш конструкции РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», а также СУ-12 (изготовитель «Лидагропроммаш»). Машины РШУ-18 и РМУ-11000Ш (новейшие варианты) предназначены для высокоточного внесения минеральных удобрений.



Рис. 5. Подкормщик РШУ-18

Специальные опыты РУП «Институт почвоведения и агрохимии», практика передовых хозяйств показали, что использование подкормщиков РШУ-12 и РШУ-18 в сравнении с центробежным разбрасывателем за счет более равномерного распределения удобрений обеспечивает прибавку урожая зерновых до 4,2 ц/га.

Для внесения основных и подкормочных доз жидких минеральных удобрений (КАС) нами также разработана высокоэффективная штанговая машина АПЖ-12 (изготовитель ОАО «Бобруйскагропромаш»). Особенностью ее работы является высокое качество распределения даже

загрязненных посторонними включениями удобрений, что немаловажно для наших условий их хранения.

Повышение плодородия почв в Республике Беларусь отнесено к числу важнейших государственных задач. Одним из определяющих показателей плодородия почв является содержание в ней гумуса. По результатам обследования оно в среднем составляет 2,25 %. Основной источник для образования гумуса – органические удобрения, одним из их видов является навоз. Современное сельское хозяйство немислимо без широкого применения навоза (твердого, полужидкого и жидкого).

Высокая эффективность навоза доказана многовековой историей применения, а исследования свидетельствуют о разносторонности положительного влияния навоза на почву и сельскохозяйственные культуры. Он в условиях Республики Беларусь с ее высокоразвитым животноводством является огромным ресурсом, источником пополнения гумуса в почве, запасы которого определяют показатель ее плодородия. Из элементов питания, содержащихся в кормах, в составе навоза в почву возвращается 70–90 % азота, до 70–80 % фосфора, 80–95 % калия и 40–50 % органического вещества. В навозе, кроме основных элементов питания растений (NPK), содержатся различные микроэлементы. Так, 1 т навоза при хорошей агротехнике на подзолистых почвах обеспечивают прибавку урожая 0,8–1,0 ц/га.

В зависимости от способа содержания животных и системы удаления навоза из помещений получают твердый, полужидкий, жидкий навоз.

Для внесения твердого навоза в Беларуси выпускают машины ПРТ-7А, ПРТ-11, МТУ-15, МТУ-18, МТУ-20, МТУ-24 грузоподъемностью 7, 11, 15, 18, 20 и 24 т соответственно. Эти машины вполне совершенны и обеспечивают необходимое качество распределения твердых удобрений по полю.

Машины МТУ-15, МТУ-18 и МТУ-20 абсолютно идентичны.

Конструктивные отличия МТУ-15 только у кузова – борта машины сварные из стальных гнутых профилей и составляют единую конструкцию с рамой машины.

Изменение грузоподъемности машины МТУ-15 по сравнению с машиной МТУ-20 в сторону уменьшения на 5 т заметно не повлияло на ее техническую характеристику и эксплуатационные показатели.

Машина МТУ-11 также абсолютно идентична машинам МТУ-15 и МТУ-20 в устройстве, регулировках, правилах эксплуатации. Отличие состоит в ее грузоподъемности (отсутствуют надставленные борта), что

приводит также к несущественным изменениям технической характеристики машины МТУ-11 по сравнению с МТУ-15.

Полужидкий навоз получают на фермах и комплексах, использующих механические системы удаления навоза (транспортеры типа ТСН, дельта-скреперы). Он представляет собой смесь кала и мочи животных влажностью 86–92 %. В состав смеси может попадать небольшое количество остатков корма и подстилки, например, до 1 кг на 1 корову в сутки. В нашей стране ежегодно накапливается до 10 млн. т такой органики.

Навозохранилищ для хранения полужидкого навоза в хозяйствах недостаточно, или они вовсе отсутствуют. Поэтому такой навоз попросту отвозят от ферм прицепами общего назначения типа ПТС-4 и выливают на поля, где он растекается, высыхает, а аммиачный азот из него улетучивается, нанося вред окружающей природной среде.

Внести его обычными машинами для внесения твердого навоза не представляется возможным. Нельзя также использовать для его внесения машины для жидкой органики.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана самозагружающаяся машина для транспортировки и поверхностного внесения полужидкого навоза МПН-16.

Основными составными частями машины МПН-16 являются кузов, подающе-смешивающее устройство, загрузочная штанга и распределяющее устройство.

Кузов сварной, в нижней части полуцилиндрический с вертикальными бортами. Внутри кузова расположены перегородки для гашения гидравлических ударов, возникающих при транспортировке навоза. Сверху кузова закрывается крышкой, открытие и закрытие которой осуществляется с помощью гидроцилиндра из кабины трактора.

Подающе-смешивающее устройство предназначено для предотвращения расслоения навоза перед его внесением. Размещается в нижней части кузова и представляет собой прерывистый ленточный шнек, побуждающий массу навоза к перемещению к задней стенке кузова, снаружи которой расположен переходной патрубок с дозирующей заслонкой. Привод подающе-смешивающего устройства осуществляется от ВОМ трактора посредством карданного вала, цилиндрического редуктора и цепной передачи.

Загрузочное устройство используется для забора навоза из хранилищ. Работает машина следующим образом (рис. 6).



Рис. 6. Машина МПН-16 в работе

Тракторист подъезжает к навозохранилищу, опускает загрузочную штангу до полного окунания загрузочного насоса в навоз и осуществляет самозагрузку кузова. После загрузки переезжает на поле к месту внесения. В процессе переезда к полю и во время внесения с помощью расположенного в кузове подающе-смешивающего устройства навоз доводят до однородного состояния. По прибытии к полю по настроечным таблицам определяют величину открытия дозирующей заслонки и скорость движения агрегата. Включают привод разбрасывающего устройства и с началом движения открывают дозирующую заслонку на необходимую величину. Частицы полужидкого навоза, поступающие на вращающиеся лопасти ротора, выбрасываются ими через выбросное окно в направлении, поперечном продольному движению агрегата. Благодаря конусообразной лопасти поток навоза, сходящий с нее, становится более компактным, что уменьшает степень его дробления и распыления, снижая тем самым потери аммиачного азота. После внесения необходимо произвести заделку навоза в почву.

Управление рабочими органами машины осуществляется из кабины трактора с помощью гидрораспределителя трактора и пульта управления.

Машину МПН-16 можно использовать не только при внесении навоза на поля, но и для послойной его укладки на бурты при приготовлении торфо-соломо-навозных компостов. Изменением ширины выгрузного окна распределителя и частоты его вращения можно достичь необходимой ширины внесения навоза в компостный бурт.

Машины для транспортировки и внесения жидкого навоза, влажность которого составляет 92–97 %, также выпускаются в Беларуси ОАО «Управляющая компания холдинга “Бобруйск-

агромаш»». Это машины МЖТ-6, МЖТ-11, МЖУ-16, МЖУ-20 грузоподъемностью соответственно 6, 11, 16 и 20 т.

Эти машины работают по принципу разбрызгивания, что приводит к потере до 90 % аммиачного азота. Поэтому в мировой практике такой принцип работы машин не используется.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана перспективная, экологически состоятельная машина МПВУ-16, оборудованная сменными адаптерами для поверхностного и внутрипочвенного внесения жидкого навоза (рис. 7).

Использование адаптера штангового со шлангами-понижителями (рис. 7, а) позволяет распределять жидкие удобрения по поверхности поля с неравномерностью, не превышающей 15 %, при этом потери аммиачного азота не превышают 30 %.

При использовании машины, оснащенной дисковым адаптером (рис. 9, б), неравномерность также не превышает 15 %, а потери аммиачного азота при этом снижаются до 10 %.



Рис. 7. Машина для внесения жидкого навоза МПВУ-16: а – с адаптером штанговым для поверхностного внесения жидкого навоза; б – с адаптером дисковым для подпочвенного внесения жидкого навоза

Наиболее эффективным с эколого-экономической точки зрения способом сохранения аммиачного азота, поступающего в почву при внесении жидких органических удобрений, является разработка машин со сменными адаптерами, что позволяет существенно сократить потери азота и снизить неравномерность распределения жидких органических удобрений до 15 %.

Использование машин для внутрипочвенного внесения удобрений в почву в сравнении с поверхностным снижает потери элементов питания растений в 7–10 раз.

Технология внутрипочвенного внесения жидкого навоза позволяет существенно снизить загрязнение окружающей среды. В результате устранения потерь аммония в атмосферу и поверхностного стока позволяет использовать жидкий навоз на полях со сложным рельефом.

Внесение органических удобрений в почву увеличивает содержание гумуса, вследствие чего улучшаются ее физико-химические свойства.

Прирост органического углерода в почве на 0,1 % снижает ее плотность на 0,01 %, вследствие чего снижается удельное сопротивление рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин.

Заключение. Важнейшим условием своевременного и качественного внесения минеральных и органических удобрений является наличие и состав машинно-тракторного парка, подготовка его к работе, уровень подготовки механизаторов, организация труда, трудовая дисциплина. Это обеспечивает своевременность и качество выполненных работ и в конечном счете получение высокого урожая.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы: с изм. и доп. от 3 апреля 2017 г. // Национальный правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. – 2017. – 5/43542.
2. Степук, Л. Я. Технологии и машины для внесения минеральных удобрений: монография / Л. Я. Степук, Н. И. Дудко, В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2010. – 260 с.
3. Дудко, Н. И. Ресурсосберегающие технологии и машины для внесения минеральных удобрений и посева зерновых культур / Н. И. Дудко, В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2011. – 296 с.
4. Степук, Л. Я. Машины для применения средств химизации в земледелии: учеб. пособие / Л. Я. Степук, В. Н. Дашков, В. Р. Петровец. – Минск: Дикта, 2006. – 441 с.
5. Степук, Л. Я. Машины для современных и перспективных технологий / Л. Я. Степук. – Горки, 2007. – 178 с.
6. Петровец, В. Р. Подготовка к работе комбинированных агрегатов и работа на них / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц. – Горки, 2002. – 12 с.

УДК 631 363:636.085

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО НАГРЕВА ПРИ ПРИГОТОВЛЕНИИ ЭКСТРУДИРОВАННЫХ ЗЕРНОВЫХ КОРМОВ

В. И. ПЕРЕДНЯ¹, д-р техн. наук профессор
А. А. РОМАНОВИЧ², канд. техн. наук, доцент
Е. В. ГАРГУН², студент

¹РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
²УО БГАТУ,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Для обработки зерна с целью «раскрытия» крахмала на практике используют различные технологии. Термический способ

(например, инфракрасное излучение, обработка горячим воздухом) заключается в использовании таких факторов влияния, как температура и длительность воздействия. При гидротермическом способе (например, тостирование) дополнительно используется влага. Комбинация гидротермических процессов (факторы влияния: температура, влага, длительность воздействия) с механической обработкой (факторы воздействия: давление и срезающее усилие) представляет собой технологию экструдации.

Основная часть. Экструдирование – это особый способ обработки сырья, при котором зерно поддается механическому воздействию (измельчению) в винтовой части экструдера. Этот процесс происходит под воздействием высокой температуры (около 150 °С) и давления. Далее измельченная разогретая масса под высоким давлением попадает под влияние низкого давления. В результате резкого перепада происходит так называемый «взрыв» – готовый продукт увеличивается в объеме, приобретает пористую структуру.

В процессе экструдирования с сырьем происходит несколько видов воздействия.

Тепловое – влияние высоких температур (до 200 °С) улучшает питательные и вкусовые качества. Это положительно влияет на пищеварительный тракт животных, минимизирует уровень токсичных и других опасных веществ, кроме того, высокое давление и температура полностью уничтожают болезнетворные микроорганизмы в зерне. Это позволяет перерабатывать даже залежавшееся и частично порченное сырье.

Измельчение и смешивание – зерно поддается интенсивному измельчению до полной однородности, все ингредиенты тщательно смешиваются, образуя единую питательную массу на выходе.

Денатурация – в результате разрыва на клеточном уровне происходит изменение структуры белка. Вследствие этого питательные вещества становятся максимально доступными. К примеру, крахмал распадается на несколько компонентов, в результате чего ценные протеины в разы быстрее и легче усваиваются организмом животных.

Комплексное использование нескольких видов воздействия позволяет получить на выходе высокопитательный, легкоусвояемый продукт. В нем сохраняются незаменимые аминокислоты и витамины благодаря кратковременному воздействию применяемых процессов.

Для того чтобы понять, как происходит «раскрытие крахмала» в зерне, необходимо взглянуть на его морфологию и химическую структуру. Зерновые содержат в зависимости от вида от 40 до 60 % крахмала. Чисто химически можно разделить крахмал на амилозу и амилопектин.

Амилоза (от 20 до 30 % общего крахмала в зерновых культурах) состоит из связанных молекул глюкозы, которые в этих соединениях образуют длинные извилистые цепи спиралевидной формы.

Амилопектин (от 70 до 80 % крахмала) – это разветвленный полисахарид, в котором связаны от 2 000 до 200 000 молекул глюкозы.

Соотношение амилозы к амилопектину, длина цепей и степень разветвления цепей глюкозы значительно влияют на технические свойства различных видов зерновых и переваримость крахмала.

В эндосперме зерновки крахмал находится в форме отдельных гранул, чья величина составляет от 2 до 200 $\mu\text{м}$. Эти зерна крахмала очень хорошо различимы под электронным микроскопом. Они являются довольно стабильными благодаря внутренним водородным связям.

Разветвленные молекулярные цепи амилопектина могут создавать в этих гранулах вместе с неразветвленными молекулами амилозы полукристаллические и кристаллические области. Эти жесткие органические структуры не расщепляются в воде и в природной, неизмельченной форме имеют значительное сопротивление расщеплению посредством энзимов [1].

Благодаря интенсивной механически-гидротермической обработке зерновых эти структуры изменяются до молекулярного уровня, крахмал «раскрывается». Главный эффект – это значительно увеличение поверхностной площади гранулы крахмала и обширное расщепление амилопектина и амилозы. Изменение структуры тоже очень хорошо видно под микроскопом. Типичные зерна крахмала после обработки разрушаются и по большей части сплавляются в плоские, напоминающие растопленный пластик ареалы.

Для кормления некоторых видов животных очень важно, чтобы наряду с размером и формой крахмальных зерен можно было бы варьировать их внутренним строением (кристаллические, аморфные, желеподобные области) и видом зерновых.

Каждая из растительных культур, применяемых в питании животных, имеет свою ценность и особенность. При экструдировании эти показатели увеличиваются в разы. Что дает применение того или иного вида, рассмотрим ниже.

Экструдированный ячмень. Содержит 114 г сырого протеина, 4,2 г лизина, энергетический обмен составляет 13,6 МДж. Отличается исключительными показателями вкусовых качеств. При кормлении поросят наблюдается повышение переваривания и усвоения питательных веществ до 12 %. Вводится до 50 % в состав стартерного комбикорма.

Экструдированная пшеница. Ценный энергетический ингредиент с пониженным уровнем клетчатки (до 1,5 %). Имеет в составе высокие уровни лизина и протеина. Это способствует улучшению работы пи-

щеварительного тракта. Часто комбинируется с ингредиентами с высоким уровнем клетчатки (отруби, шпрот подсолнуха и др.). В зерновую смесь рекомендовано вводить не более 45 %.

Экструдированная кукуруза. Содержит около 40 г протеина, 2,7 г лизина. Богата на наличие незаменимых аминокислот (особенно метионина). Отличается низким уровнем клетчатки и высоким показателем обменной энергии. Преимущественно используется в стартерных комбикормах с уровнем введения до 40 %. Это дает высокие показатели энергии роста. При кормлении молодняка позволяет быстрее перейти к сухой пище.

Экструдированный горох. Ценный высокопротеиновый продукт (15,5 г лизина), содержит большое количество аминокислот и углеводов в легко доступной форме. Хороший источник белка для молодняка на откорме. Помогает экономить на рационах благодаря полной замене корма животного происхождения. Отличается высокими вкусовыми характеристиками и ароматом. Рекомендуются вводить до 30 % в общую кормовую смесь. С помощью повышенного ввода в рацион можно увеличить мясную продуктивность.

Экструдированная соя. Один из самых ценных компонентов в составе комбикормов с высоким уровнем белков. Содержит 29 г лизина и около 350 г сырого протеина. В данном продукте идеально сбалансированы незаменимые жиры и аминокислоты. Общая рекомендованная доза ввода составляет 10–30 %. Эффективна при откорме поросят, положительно влияет на репродуктивные способности свиноматок. В сочетании с подсолнечным жмыхом способствует увеличению удоев у коров благодаря поступлению в организм защищенных жира и протеина. Они расщепляются в тонком кишечнике, отдавая питательные компоненты непосредственно на выработку молока. Отмечается улучшение производственных показателей (до 20 %). Помогает снизить расходы на 20–30 % на корме животного происхождения.

Соевый жмых. После экструдирования этот продукт представляет собой большую питательную ценность. Характеризуется высоким содержанием белка и аминокислот (26 г лизина). Подходит для кормления большинства домашних животных (свиньи, КРС, птица). Используется как на начальных стадиях, так и на заключительных в качестве откорма. Идеальный корм при выращивании мясных пород животных. Способствует быстрому набору мышечной и мясной ткани, активному наращиванию массы. Наблюдается увеличение энергии роста. Помогает экономить на кормах, поскольку эффективен при замене пищи животного происхождения. Уровень введения в корм составляет 10–20 % [2].

Таким образом, применение кормов, полученных в результате экструдирования, имеет ряд преимуществ:

Высокая усвояемость – около 95 % корма легко усваивается животными в сравнении с просто дробленным зерном (до 40 %). После экструдирования усвояемость бобовых культур (соя, горох, вика и др.) увеличивается до 10 раз.

Минимальные затраты ресурсов – обрабатывать зерно можно без предварительного сортирования и просушивания. В сырье должны отсутствовать земля, солома, камни и т. д. Экструдированию подвергаются даже лежавшее несколько лет в зернохранилище отсыревшее зерно. Обработка отходов зернового производства (гречневая шелуха и др.) позволяет получить питательный корм для свиней, овец и коз.

Хорошее поедание животными за счет приятного хлебного вкуса и аромата.

При производстве экструдированных продуктов представляет интерес способ, при котором перед подачей в экструдер обрабатываемый продукт подогревается до заданной регулируемой температуры от ограждающей его металлоконструкции и транспортирующе-смешивающего рабочего органа, нагреваемых индукционным способом в электромагнитном поле индуктора при непрерывном движении и перемешивании (рис. 1).

Установка на валу по винтовой линии полувитков шнека, в промежутке которых закреплены завихрители, позволяет производить транспортирование и перемешивание слоев движущегося продукта и тем самым ускорять время нагрева и увеличивать производительность.

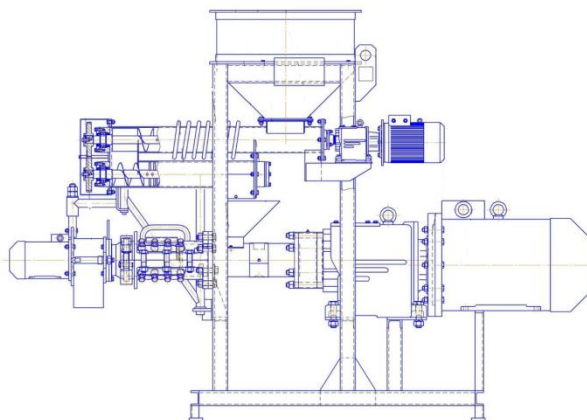


Рис. 1. Схема экструдера

Установка цилиндрических индукторов вокруг каждого транспортирующе-смешивающего рабочего органа позволяет производить бо-

лее эффективно нагрев не только кожухов, но и транспортирующе-смешивающих рабочих органов индукционным нагревом, сокращающим время нагрева, поскольку нагрев происходит за счет непосредственно выделения тепла внутри металла кожуха и рабочего органа, что позволяет получить КПД преобразования электрической энергии до 98 % (практически вся потребляемая из сети энергия идет на создание тепла), снизить эксплуатационные затраты в 1,5–2 раза и упростить обслуживание за счет автоматизации технологического процесса.

Заключение. Подогрев продукта в потоке при транспортировании его с одновременным перемешиванием позволяет ускорить процесс нагрева продукта и тем самым увеличить производительность и уменьшить энергоемкость получения продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный Интернет-портал «Soft-agro» [Электронный ресурс] / «Soft-agro». – Киев, 2018. – Режим доступа: <https://soft-agro.com>. – Дата доступа: 02.06.2018.
2. Официальный Интернет-портал «ШМ-Агро» [Электронный ресурс] / «ШМ-Агро». – Дзержинск, 2018. – Режим доступа: <https://шчодры.бел>. – Дата доступа: 02.06.2018.

УДК 631.331.02.2/3

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ДВУХДИСКОВЫХ СОШНИКОВ И ИХ ЦИФРОВАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

Н. И. ДУДКО, канд. техн. наук, профессор

Д. В. ГРЕКОВ, ст. преподаватель

В. В. ВАБИЩЕВИЧ, студент

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

Введение. В последние годы в Республике Беларусь и Российской Федерации на полях зерновых культур применяют зерноуборочные комбайны с измельчением соломы. Эта солома затем лушильниками и оборотными плугами закрывается почвой. После этого на поверхности почвы практически не остается растительных и пожнивных остатков. Кроме этого, поверхность поля остается выровненной к посеву озимых культур посевными машинами. Однако большая часть растительных остатков находится в верхних слоях почвы. Поэтому на посевных машинах применяются анкерные и полозовидные сошники, так как они собирают перед собой пожнивные остатки и по мере их накопления создают вал почвы, перемещаемой растительными остатками. Водите-

лю машинно-тракторного агрегата приходится выглублять сошниковую группу и оставлять на поле огрехи.

На территории Республики Беларусь используются пневматические универсальные сеялки типа СПУ-3Д; СПУ-4Д; СПУ-6Д, С-6, С-6Т и их модификации с килевидными и дисковыми сошниками. Они предназначены для посева практически всех зерновых, зернобобовых, травяных культур и льна.

На территории Российской Федерации и Украины выпускаются различные механические зерновые сеялки: СЗ-5,4; СЗТ-5,4; СРН-3,6; СЛТ-5,4; СЗ-5,4А; СЗ-5,4А-01...07; СЗ-5,4-01...07, на которых устанавливаются однострочные однодисковые и одно- и двухстрочные двухдисковые сошники. Кроме того, в Республике Беларусь, Украине и Российской Федерации применяют почвообрабатывающие посевные агрегаты и посевные машины типа АПП-6 и другие комбинированные машины.

Основная часть. Двухдисковый однострочный сошник, в соответствии с рис. 1, предназначен для посева зерновых культур на черноземах, суглинистых и других почвах, близких к ним по своим физико-механическим свойствам. Конструкция сошника позволяет уложить семена с туками на заданную глубину посева. Глубина заделки семян составляет 30...80 мм [1].

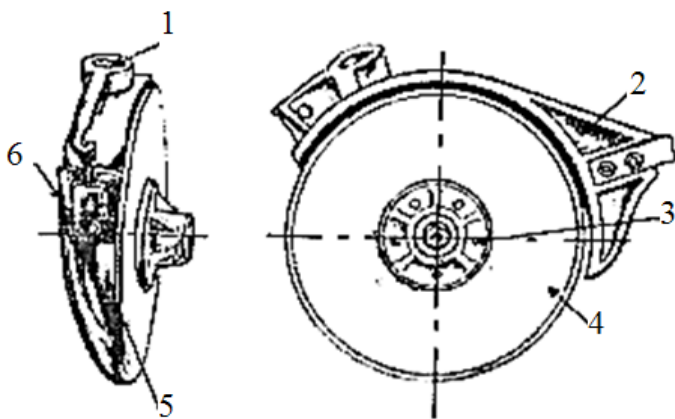


Рис. 1. Двухдисковый сошник с углом атаки дисков 9°:

- 1 – воронка; 2 – корпус; 3 – ступица диска; 4 – диск;
5 – семянаправитель; 6 – чистик

Недостатком этих двухдисковых сошников является высокая неравномерность заделки семян по глубине. На это могут влиять следующие причины: захват семян вращающимися дисками с выбросом их

за пределы сошника в верхние слои почвы; захват семян почвой, отбрасываемой сошниками; осыпание бороздки, в результате чего семена, отраженные от дна борозды, попадают в более верхние слои почвы; сошник не обеспечивает достаточного уплотнения дна борозды и имеет высокую металлоемкость; диски сошников имеют угол атаки 9° , что вызывает с увеличением скорости движения отброс почвы, повышенное тяговое сопротивление, а также высокую гребнистость поверхности почвы.

Двухдисковый сошник, в соответствии с рис. 2, предназначен для узкорядного посева зерновых (ширина междурядий 75 мм). Глубина заделки семян – 30...80 мм. Этот сошник более равномерно распределяет семена по площади поля [2].

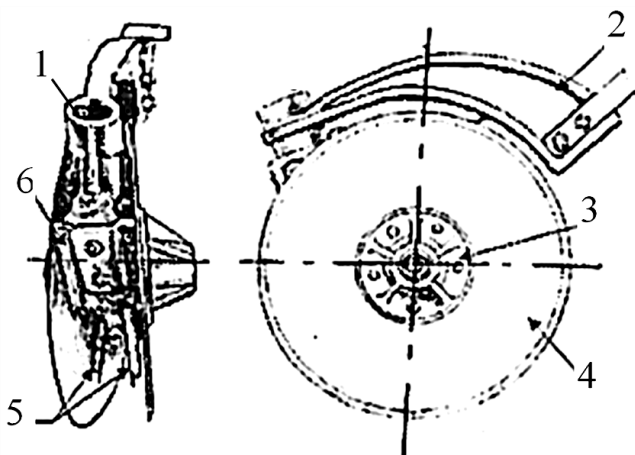


Рис. 2. Узкорядный двухдисковый сошник с углом атаки дисков 18° :
1 – воронка; 2 – корпус; 3 – ступица диска; 4 – диск; 5 – делитель; 6 – чистик

Выпускаются также широкополосные сошники, производящие заделку семян полосой 75 мм. Этими сошниками комплектуются сеялки СЗ-5,4; А-04; СЗ-5,4.

Недостатком узкорядных и широкополосных дисковых сошников является наличие угла атаки 18° , что приводит к повышенному отбросу почвы и увеличению тягового сопротивления. Кроме того, наличие корпуса, выполненного из чугуна, значительно увеличивает массу сошника.

Известен двухдисковый двухстрочный сошник (рис. 3).

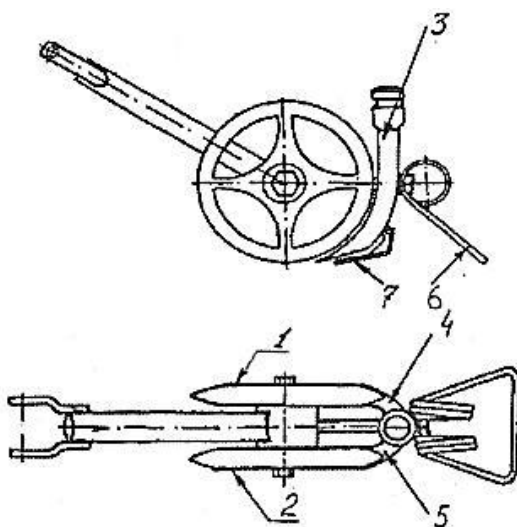


Рис. 3. Двухдисковый двухстрочный сошник:
1, 2 – диски; 3 – делитель; 4, 5 – семянаправители;
6 – загортач; 7 – клапан

Сошник состоит из установленных параллельно направлению движения двух дисков 1, 2, бороздообразующая часть которых имеет параболический профиль, делителя 3, заблокированных трубчатых семянаправителей 4, 5, передняя часть которых имеет кривизну по окружности дисков 1 и 2, загортача 6, клапана 7.

Сошник работает следующим образом. При движении сеялки диски 1, 2 в результате поступательно-вращательного движения выпрессовывают своей бороздообразующей частью две посевные бороздки с уплотненным дном. Одновременно семена по семяпроводу (не показан) подаются в делитель 3, где они разделяются на два потока и направляются в заблокированные трубчатые сошники 4, 5 и далее в бороздки. Забивание сошников предотвращается клапаном 7, который в этих случаях закрывает выходные отверстия сошников [6].

Недостатком этого сошника является то, что он не полностью удовлетворяет требованиям агротехники, особенно в условиях безотвальной обработки почвы, так как бороздка, формируемая за счет выдавливания почвы дисками, на которые при работе действует постоянное усилие вдавливания их в почву, на полях, засоренных камнями и пожнивными растительными остатками, плохо заглубляется, что ухудшает равномерность укладки семян по глубине.

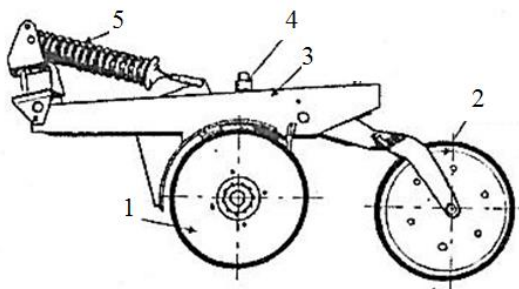


Рис. 4. Дисковый сошник серии 00 сеялок Great Plains:
1 – диск; 2 – прикатывающий каток; 3 – ступица диска;
4 – семянаправитель; 5 – пружина

Дисковыми сошниками серии 00 сеялок Great Plains, в соответствии с рис. 4, комплектуются механические и пневматические сеялки для посева по обработанной почве. Давление сошников на грунт регулируется от 410 до 820 Н.

Прикатывающий каток 75×330 мм с центральным ребром предназначен для сбора влаги в рядке, облегчения прорастания семян и рекомендуется для различных условий посева.

Дисковый сошник серии 10 Great Plains, в соответствии с рис. 5, предназначен для механических и пневматических стерневых сеялок. Давление на грунт: дискового ножа – 2050 Н, дискового сошника – от 450 до 640 Н.

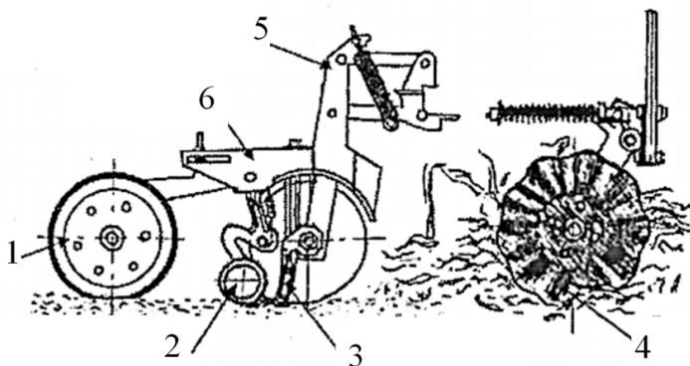


Рис. 5. Дисковый сошник серии 10-й серии сеялок Great Plains:
1 – прикатывающий каток; 2 – прикатывающий ролик; 3 – семянаправитель;
4 – дисковый нож; 5 – параллелограммный механизм; 6 – корпус

Таковыми дисковыми ножами комплектуются только стерневые модели сеялок. Ширина волны составляет 16 мм, диаметр 432 или 457 мм, 20 волн.

Волны дискового ножа, в соответствии с рис. 5, врезаются в почву перпендикулярно, разрыхляют обрабатываемый слой и измельчают остатки растений. Этот сошник имеет сложную конструкцию, повышенные металлоемкость и тяговое сопротивление.

Известна также серия сеялок Salford MP – универсальные механические стерневые дисковые сеялки. Их можно укомплектовать дополнительным оборудованием, которое позволяет отдельно вносить удобрения и высевать мелкосеменные или технические культуры.

Средняя производительность 11-метровой сеялки Salford MP – 200...230 га/сут. Сошники размещаются на раме в два ряда с шагом 17,5 см. Расстановка рабочих органов и междурядье могут быть изменены при заказе на заводе или самим пользователем путем перестановки или исключения сошников из работы. Конструкция сеялки обеспечивает точную дозировку, распределение и заделку семян. Сеялка копирует неровности поля каждым дисковым сошником (ход сошника 260 мм) и сеялочными секциями, которые могут отклоняться относительно друг друга вверх и вниз.

К сеялкам Salford MP выпускаются две модели сошников, которые отличаются друг от друга конструкцией и назначением (рис. 6).

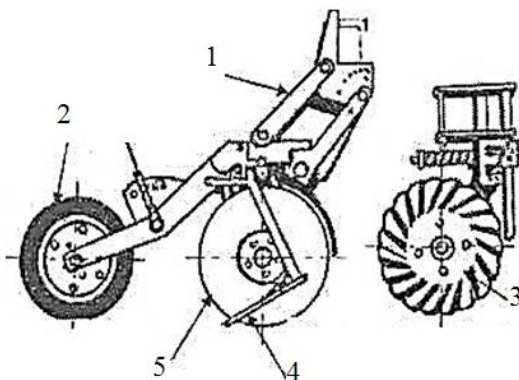


Рис. 6. Дисковый сошник сеялки Salford MP:

- 1 – параллелограммный механизм; 2 – прикатывающий каток;
3 – дисковый нож; 4 – пластина, ограничивающая глубину хода сошника;
5 – диск

Дисковые сошники сеялки Salford MP в комбинации с дисковым ножом предназначены для посева по стерне с одновременным внесением стартовой дозы удобрений и их заделкой на одной глубине с се-

менами. Глубина заделки регулируется положением обрезиненного прикатывающего катка.

Сеялка может производить прямой посев без предварительной подготовки с одновременной вертикальной обработкой почвы. Расположенные перед сошником дисковые сошники прорезают пожнивные остатки и щель, культивируют почву, разрушают уплотнения в зоне развития корневой системы, предотвращают попадание неизмельченной соломы в щель на семенное ложе, устраняют боковые уплотнения борозды.

В результате корневая система развивается вертикально вниз и ей доступна влага и питательные вещества нижних слоев почвы.

Сеялки TERASEM компании Poettinger имеют короткую конструкцию, отличаются высокой маневренностью и оснащаются почвоуплотнителем на колесном ходу. Универсальные машины могут использоваться как для сева по мульче, так и для традиционного сева.

Сеялки TERASEM моделей C6 (C8) производят обработку почвы, уплотнение почвы и посев на ширине захвата соответственно 6 и 8 м. Наряду с точной укладкой посевного материала с помощью параллелограммной подвески двухдисковых сошников с последующими глубинными направляющими роликами, машина хорошо адаптируется к особенностям почвы, отличается централизованной настройкой давления сошников в диапазоне 500...1300 Н на сошник.

На раме сеялки устанавливают двухдисковые сошники (рис. 7).

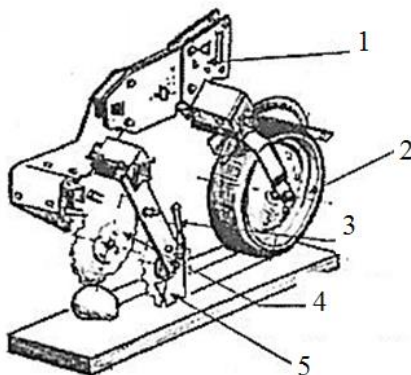


Рис. 7. Двухдисковый сошник с прикатывающим катком сеялки компании Poettinger: 1 – корпус сошника; 2 – прикатывающий каток; 3 – семянаправитель; 4 – зубчатый диск; 5 – бороздкообразователь

Для укладки семян на одинаковой глубине все сошники управляются нажимным роликом.

Регулирование глубины осуществляется централизованно. Настройка давления на сошники в диапазоне от 500 до 1300 Н осуществляется гидравлически. Размещение высеваящих узлов и механизмов на резиновых элементах обеспечивает оптимальную подвижность и не требует технического обслуживания.

Выгнутые наружу зубчатые дисковые сошниковые элементы оснащены идущими за ними прикатывающими катками с прорезиненной поверхностью. Каждый элемент имеет параллелограммную подвеску для копирования поверхности почвы. Расположенный под углом дисковый сошник отодвигает растительные остатки в сторону и не вдавливает их в землю. Это обеспечивает хорошее качество посева [7].

Бороздные колеса FARMFLEX (500 мм – диаметр, 21 мм шириной) с зубчатыми дисками (рис. 8) обеспечивают работу на постоянной глубине при неоднородных почвах даже на повышенной рабочей скорости. Между зубчатыми дисками установлен дерносор.

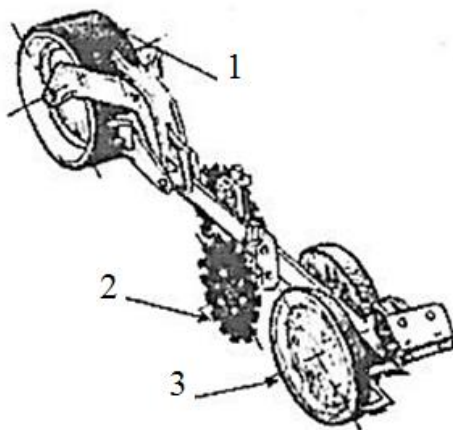


Рис. 8. Дисковые сошники в сочетании с бороздными колесами FARMFLEX и прикатывающим колесом сеялок EASYDRILL:
1 – каток; 2 – зубчатый диск; 3 – прикатывающий каток

Использование этих сошников обеспечивает равномерное формирование посевной бороздки и создает предпосылки для спокойного хода сошника и, соответственно, для точной глубины заделки.

Поэтому возможна более высокая скорость движения сеялки независимо от типа, состояния почвы и скорости движения.

Фирма LEMKEN на зерновых сеялках также устанавливает дисковые сошники, в соответствии с рис. 9.

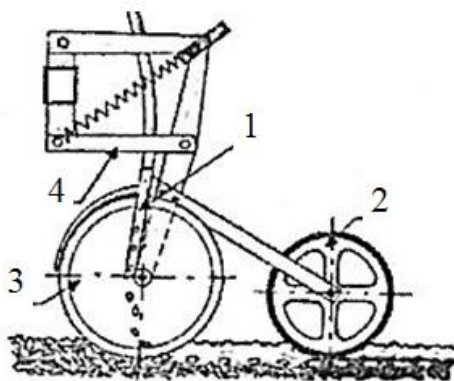


Рис. 9. Двухдисковый сошник фирмы Lemken с направляющим роликом глубины с резиновой шиной:

- 1 – семянаправитель; 2 – прикатывающий каток; 3 – диск;
4 – параллелограммный механизм

Двухдисковый сошник с направляющим роликом глубины, имеющим резиновую шину, даже при меняющейся почве и высоких скоростях движения точно укладывает посевной материал на одинаковой глубине. Вдавливание семян прижимным роликом обеспечивает условия для оптимального подвода воды, равномерного формирования корневой системы и ведет к быстрому развитию растений.

На основании проведенного анализа современных двухдисковых сошников нами предлагается их цифровая классификация. Существующие классификационные схемы сошников посевных агрегатов, как правило, представляют собой иерархическую блок-схему. Недостатком этих классификаций является то, что представленная в них информация о сошниках не позволяет однозначно описать все возможные конструктивные их особенности, алгоритмизировать кодировку и дешифровку отличительных признаков и предусмотреть возможность их расширения. Предлагаемая цифровая классификация комбинированных дисковых сошников, по нашему мнению, способствует более глубокому решению задач анализа существующих конструкций и синтеза новых сошников, дает возможность применения цифрового кодирования для описания всего многообразия их признаков, а также для изучения, прогнозирования, поиска и оперативной обработки информации о них с применением современных компьютерных средств и технологий.

Выводы. 1. Выполненный обзор и анализ одно- и двухстрочных сошников зерновых сеялок отечественных и зарубежных фирм показал, что лучшее решение по качеству посева зерновых еще не найдено.

2. Среднее давление на сошники зерновых сеялок, выпускаемых за рубежом, колеблется в пределах 200...1300 Н.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петровец, В. Р. Сельскохозяйственные машины: практикум / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц. – Минск: Ураджай, 2002. – 292 с.: ил.
2. Клочков, А. В. Сельскохозяйственные машины: учебник / А. В. Клочков, Н. В. Чайчиц, В. П. Буяшов. – Минск: Ураджай, 1997. – 494 с.
3. Патент ВУ № 4329 С1, МПК А 01С 7/20. Сошник двухстрочный комбинированный, опубл. 30.04.2008.
4. Патент ВУ № 432 II, МПК А 01С 7/20. Двухдисковый двухстрочный сошник, опубл. 30.12.2001.
5. Terrasem C6–C8_ru. qxd. Электрон. дан. Режим доступа: 1Шр:<http://www.Poettinger.at>. Загл. с экрана.
6. SULKY EASYDRILL Russe.pdf. Электрон. дан. Режим доступа: <http://www.Sulky-burel.com>. Загл. с экрана.
7. ES_RoTeC_10_06_RUS.lndd. Электрон. дан. Режим доступа: <http://www.amazon.ru>. Загл. с экрана.
8. Solitary RUS. Электрон. дан. Режим доступа: <http://www.Lemken.com>. Загл. с экрана.

УДК 621.43:662.756

ЗАМЕНА МАСЛА В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ПО ЕГО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

В. Г. КОСТЕНИЧ, канд. техн. наук, доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет»,
Минск, Республика Беларусь;

В. А. БЕЛОУСОВ, канд. техн. наук, доцент
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

В мировой практике наибольшее распространение получила замена моторного масла (ММ) в зависимости от пробега автомобиля или наработки двигателя, регламентируемых технической документацией. В настоящее время периодичность замены масла для двигателей тракторов составляет 500 м.-ч, а для автомобилей 10000 км пробега.

Для семейства тракторов Belarus (Belarus-950/952, -1221, -1522(B)/-1523(B)) периодичность замены масла составляет 250...500 м.-ч, за исключением тракторов Belarus-310/320 с двигателем LDW 1503 CHD, для которых срок службы масла до замены равен 125 м.-ч.

Замена масла в картере двигателя, производимая через определенное число моточасов работы двигателя или километров пробега авто-

мобиля, не всегда оправдана, так как при этом не учитываются условия выполняемой в этот период работы, марки и характеристики используемых масел и т. д.

Существует точка зрения [1, 2], что сроки службы масла являются малообоснованными и в большинстве случаев значительно занижены. Известно, что работоспособность ММ в дизелях, в частности, лимитируется содержанием нерастворимых примесей [3], концентрация которых не должна превышать 0,05 %. Однако в результате обработки анализов проб масла М-10Г₂ к дизелей ЯМЗ-238Ф автомобилей МАЗ-6422 установлено, что в некоторых двигателях этот показатель достигает предельного значения при пробеге 12...15 тыс. км, тогда как инструкцией предусмотрена замена масла после пробега 4...5 тыс. км.

Далеко не последнюю роль среди факторов, влияющих на изменение показателей качества масла, играет человеческий фактор. Так, при проведении исследований на однотипных автомобилях в одинаковых условиях эксплуатации разброс пробега до достижения ММ критериев предельного состояния составлял от 5 до 45 тыс. км пробега [4].

Вышеприведенные факты позволяют сделать вывод, что значительная часть масла, сливаемого из двигателей при замене, еще вполне работоспособна и замена его ведет к неоправданному повышению эксплуатационных затрат.

Одним из путей повышения эффективности использования и снижения расхода ММ является метод замены масла по его фактическому состоянию, основанный на регулярном контроле качества работающих масел. Для оценки состояния ММ разработаны различные методы экспресс-анализа [5, 6] и приборы, как, например, прибор МУМ-5 (малогабаритный универсальный монохроматор), созданный в ВНИПТИМЭСХ, индикатор качества масла ИКМ-1, разработанный в МАДИ, и др. Имеются сведения о создании приборов для автоматического контроля степени загрязненности масла в процессе работы двигателя в России, США и Германии. Известны методы расчетного определения ресурса масла, например, способ, основанный на энтропийной теории старения [7].

Известен также компараторный индикатор загрязнения масла в автотракторных двигателях [8], в котором используется электронная схема (рис. 1), содержащая подстроечный конденсатор и параллельно соединенный с ним высокоомный переменный резистор, настроенные на эталонные параметры масла.

Компараторный индикатор работает следующим образом. От генератора синусоидальных колебаний 5 на два изолированных электрода 1 и подстроечный конденсатор 3 с высокоомным переменным резистором 4 через резисторы 11 и 12 подведено напряжение.

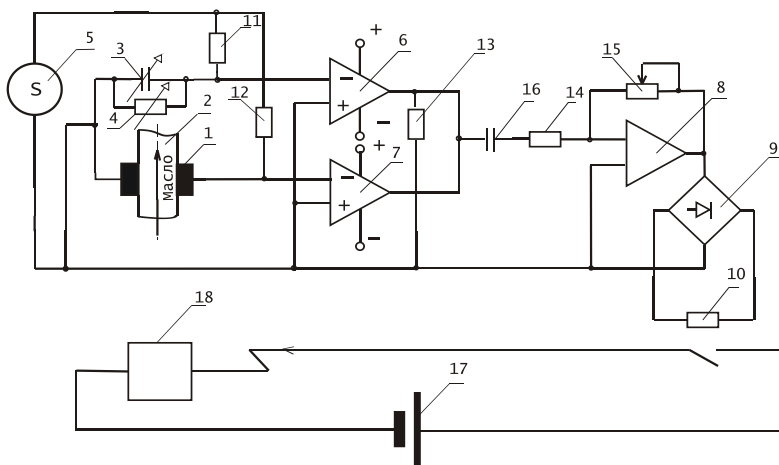


Рис. 1. Электрическая схема компараторного индикатора загрязнения масла:
 1 – электроды; 2 – маслопровод; 3 – подстроечный конденсатор; 4 – высокоомный переменный резистор; 5 – генератор синусоидальных колебаний; компаратор, состоящий из трех операционных усилителей 6–8; 9 – мостовой выпрямитель;
 10 – промежуточное электромагнитное реле; 11–15 – резисторы; 16 – конденсатор;
 17 – блок питания; 18 – сигнализатор

Проходя через резистор 11 на подстроечный конденсатор 3 с высокоомным переменным резистором 4, ток создает падение напряжения на резисторе 11. Ток, проходящий по цепочке резистор 12 – два изолированных электрода 1, создает падение напряжения на резисторе 12. Так как электрические параметры подстроечного конденсатора 3 с высокоомным переменным резистором 4 подстроены под соответствующие параметры двух изолированных электродов 1, то и падение напряжения на резисторах 11 и 12 будет одинаковым.

Напряжение с резистора 11 подводится на инвертирующий вход операционного усилителя 6, а напряжение с резистора 12 подводится на неинвертирующий вход операционного усилителя 7. Эти напряжения усиливаются операционными усилителями 6 и 7.

При равенстве падений напряжения на резисторах 11 и 12 напряжение на выходе операционных усилителей одинаково по амплитуде и противоположно по фазе, следовательно, они взаимно компенсируются, и на выходе операционных усилителей 6 и 7, подключенных к резистору 13, напряжение равно нулю.

При попадании в зону двух изолированных электродов 1 масла, загрязненного продуктами износа, возникает напряжение, которое через конденсатор 16 и резистор 14 подается на вход операционного усилителя 8. Усиленное напряжение поступает на мостовой выпрямитель 9.

Постоянный ток, полученный в мостовом выпрямителе 9, поступает на промежуточное электромагнитное реле 10, которое включает блок питания 17 и запитывает сигнализатор 18, предупреждающий о недопустимом загрязнении масла.

Замена масла в двигателях по его фактическому состоянию будет способствовать как повышению надежности автотракторной техники и снижению затрат на техническое обслуживание, так и значительной экономии моторных масел за счет увеличения срока их службы до замены.

ЛИТЕРАТУРА

1. Венцель, С. В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания / С. В. Венцель. – М.: Химия, 1989. – 240 с.
2. Лышко, Г. П. Топливо и смазочные материалы / Г. П. Лышко. – М.: Агропромиздат, 1995. – 336 с.
3. Как экономить масло при эксплуатации двигателей ЯМЗ / Б. С. Антропов [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – № 12. – С. 34–35.
4. Корнеев, С. В. О работоспособности моторных масел / С. В. Корнеев // Двигателестроение. – 2004. – № 4. – С. 36–38.
5. Экспресс-метод определения износа узлов трения машин / Н. П. Бутов [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2000. – № 10. – С. 24–26.
6. Гурьянов, Ю. А. Метод и средства экспресс-диагностики агрегатов машин по параметрам работавшего смазочного масла / Ю. А. Гурьянов // Техника в сельском хозяйстве. – 2000. – № 3. – С. 30–33.
7. Салмин, В. В. Способ определения ресурса моторных масел для автотракторных ДВС / В. В. Салмин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – № 4. – С. 43–44.
8. Пат. 1731 Республика Беларусь. МПК⁷ F 01 M 11/23. Компараторный индикатор загрязнения масла в автотракторных двигателях / А. Н. Карташевич, С. М. Куликов; заявитель и патентообладатель ООО «Днепротехника». – и 20040123; заявл. 19.03.04; опубл. 30.12.04 / Бюл. № 6. – С. 34.

УДК 621.869.351(072)

РАЗРАБОТКА КОВША С АКТИВНОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ К ПОГРУЗЧИКУ АМКОДОР 332С

А. Л. КАЗАКОВ, канд. техн. наук, доцент

Д. А. ШУЛЬГАТ, студент

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

Введение. В настоящее время в мелиоративном строительстве важная роль отдается погрузчикам, так как они могут выполнять множество различных видов работ. Основными рабочими органами фронтальных погрузчиков являются ковши различной вместимости, ис-

пользуемые для разработки и погрузки сыпучих и мелкокусковых материалов. За последние десятки лет было предложено достаточно большое количество изменений в конструкции рабочих органов погрузчиков, которые позволили добиться более эффективной их работы.

При выполнении землеройных работ погрузчики широко используются для проведения вспомогательных и отделочных работ на земляных сооружениях. Ковши со сплошной режущей кромкой более целесообразны для таких видов работ, так как качество поверхности после них выше. Однако такая конструкция ковша более энергозатратна при разработке грунта. Необходим поиск решений по снижению энергозатрат при работе погрузчика.

Основная часть. Целью работы является поиск приемлемых конструктивных решений по снижению энергоемкости и повышению надежности работы погрузочного ковша со сплошной режущей кромкой при разработке плотных грунтов или слежавшихся материалов, а также обоснование применения данных конструктивных решений для мелиоративного и сельского строительства.

Для отбора применимых конструктивных решений рабочего органа погрузочной машины с низкой энергоемкостью рабочего процесса нами применялся патентный поиск, анализ проспектов производителей современной строительной техники, материалы выставок строительной техники. Нами отбирались конструкции ковшей, имеющих активную режущую кромку, наиболее простые по конструктивному исполнению, имеющие механический или гидравлический привод.

Проведенный анализ технической информации о научных исследованиях, технических предложениях, новых конструктивных патентных решений в области создания и проектирования погрузчиков показал, что в настоящее время не так много конструкций ковшей погрузчиков, удовлетворяющих мелиоративному строительству [1–4]. На основании патентного поиска нами выбрано несколько приемлемых конструктивных решений ковшей погрузчиков с активной режущей кромкой. Найденные решения взаимосвязаны и дополняют друг друга [5, 6, 7].

В качестве прототипа нами принята конструкция ковша погрузочной машины, позволяющая снизить энергозатраты и повысить надежность его работы. Ковш имеет режущую кромку с гидравлической системой управления (рис. 1) [7].

Ковш 1 содержит режущую кромку 4, подвешенную с помощью шарнирных подвесок 5 к его боковым стенкам. Подвижная режущая кромка 4 соединена со штоком гидроцилиндра 6 управления режущей кромкой 4, корпус которого соединен с корпусом гидроцилиндра датчика 7, имеющего шток, соединенный шарнирно с задней стенкой ковша 1.

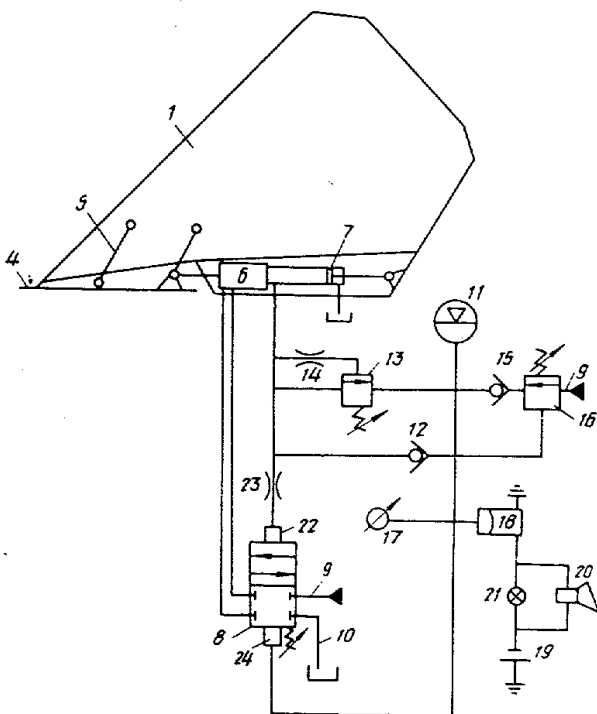


Рис. 1. Ковш погрузочной машины:

- 1 – ковш; 5 – подвески шарнирные; 6 – гидроцилиндр управления, 7 – гидроцилиндр-датчик; 8 – гидрораспределитель; 9 – гидролиния напорная; 10 – гидролиния сливная; 11 – гидроаккумулятор; 12, 15 – клапаны обратные; 13, 16 – клапаны предохранительные; 14, 23 – дроссели; 17 – манометр; 18 – реле давления; 19 – батарея аккумуляторная; 20 – звуковой сигнал; 21 – лампа сигнальная; 22, 24 – механизмы управления

Гидроцилиндр 6 управления имеет встроенный распределительный золотник и сообщен с гидроприводом машины. Гидроцилиндр-датчик 7 связан с гидроаккумулятором 11 и имеет oppositно расположенные гидромеханизмы 22, 24 управления двухпозиционным гидрораспределителем 8, полости которого, в свою очередь, связаны с гидроприводом и гидроцилиндром 6 управления. Двухпозиционный распределитель 8 в первой позиции его золотника сообщает напорную 9 и сливную 10 гидролинии гидропривода с полостями гидроцилиндра 6 управления и разобщает их в другой позиции. Поршневая полость гидроцилиндра-датчика 7 сообщена с одним гидромеханизмом управле-

ния двухпозиционного распределителя 8 и с гидроприводом и с другим механизмом управления двухпозиционного распределителя 8.

При внедрении режущей кромки 4 ковша в материал золотник гидрораспределителя 8 опускается и гидроцилиндр 6 управления сообщает кромке 4 колебательные движения. Кромка разрушает материал. При встрече с твердым препятствием давление в гидроцилиндре-датчике 7 увеличивается и открывается предохранительный клапан 13. Корпус гидроцилиндра-датчика 7 перемещается в сторону, противоположную движению резания, заодно с ним перемещаются гидроцилиндр 6 управления и режущая кромка 4. Золотник двухпозиционного распределителя 8 поднимается и отключает гидроцилиндр 6 управления.

Выбранную конструкцию ковша с активной режущей кромкой по а. с. № 1395771 [7] мы рекомендуем применить на погрузчике Амкодор 332С, так как эта серия погрузчиков находит наибольшее распространение в мелиоративном строительстве.

К основным параметрам ковша погрузчика относятся ширина режущей кромки, грузоподъемность, вместимость, максимальная высота разгрузки, вылет ковша.

Так как размеры активной режущей кромки ковша напрямую связаны с этими параметрами и не должны влиять на их уменьшение, то определяем размеры режущей кромки $B_{p.k}$ по следующей зависимости:

$$B_{p.k} = B_k + 2\delta + 2b_{c.p.k}, \quad (1)$$

где B_k – ширина ковша, $B_k = 2500$ мм [8];

δ – зазор между наружной стенкой ковша и боковой стенкой режущей кромки;

$b_{c.p.k}$ – толщина боковой стенки режущей кромки.

Толщина боковой стенки режущей кромки $b_{c.p.k}$ принимается равной толщине стенки ковша $b_{c.p.k} = 8$ мм. Величина зазора δ определится из соотношения:

$$\delta = (0,7 \dots 0,9) b_{c.p.k} = (0,7 \dots 0,9) 8 = 5,6 \dots 7,2 \text{ мм.} \quad (2)$$

Примем δ равным 7 мм, тогда по формуле (1) имеем:

$$B_{p.k} = 2500 + 2 \cdot 8 + 2 \cdot 7 = 2540 \text{ мм.}$$

Так как режущая кромка должна вписываться в геометрические размеры ковша, то считаем, что вылет ковша погрузчика Амкодор 332С, а также максимальная высота разгрузки ковша остаются прежними: соответственно 1030 мм и 2700 мм. Грузоподъемность ковша погрузчика также не изменится и составит 3400 кг [8]. Вместимость

мость ковша незначительно уменьшится в связи с установкой гидропривода режущей кромки.

Заключение. Рассмотренная конструкция ковша с активной режущей кромкой позволит повысить эффективность разработки грунтов и обеспечит возможность качественного выполнения планировочных работ. Наличие гидросистемы управления режущей кромкой ковша позволит настраивать рабочий орган для работы с разными категориями грунтов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Съёмный ковш погрузочной машины: а. с. 550337 СССР, МПК В 66F 9/12 / М. С. Дыльков, Г. И. Лобанов, В. Н. Буробин, А. М. Королев; заявитель ВНИИ и проектный ин-т по организации и экономике материально-технического снабжения с.-х. технологии хранения и использования удобрений и ядохимикатов – № 2176683/11; заявл. 20.09.1975; опубл. 15.03.1977 // Открытия. Изобрет. – 1977. – № 10.
2. Съёмный ковш погрузочной машины: а. с. 516611 СССР, МПК В 66С 3/02 / М. С. Дыльков, Г. И. Лобанов, В. Н. Буробин, А. М. Королев; заявитель ВНИИ и проектный ин-т по организации и экономике материально-технического снабжения с.-х. технологии хранения и использования удобрений и ядохимикатов – № 2046770/11; заявл. 08.07.1974; опубл. 05.06.1976 // Открытия. Изобрет. – 1976. – № 21.
3. Съёмный ковш погрузочной машины: а. с. 412117 СССР, МПК В 66F 9/06 / М. С. Дыльков, А. М. Королев, В. Н. Буробин; заявитель ВНИИ и проектный ин-т по организации и экономике материально-технического снабжения с.-х. технологии хранения и использования удобрений и ядохимикатов – № 1763442/27-11; заявл. 27.03.1972; опубл. 25.01.1974 // Открытия. Изобрет. – 1974. – № 3.
4. Погрузочная машина: а. с. 1395771 А1 СССР, МПК Е 02F 3/34, 3/40, 9/22 / В. Д. Глебов [и др.]; заявитель Ленинградский политехнический ин-т им. Калинина – № 4071299/29-03; заявл. 02.06.1986; опубл. 15.05.1988 // Открытия. Изобрет. – 1988. – № 18.
5. Съёмный ковш погрузочной машины: а. с. 412117 СССР, МПК В 66F 9/06 / М. С. Дыльков, А. М. Королев, В. Н. Буробин; заявитель ВНИИ и проектный ин-т по организации и экономике материально-технического снабжения с.-х. технологии хранения и использования удобрений и ядохимикатов – № 1763442/27-11; заявл. 27.03.1972; опубл. 25.01.1974 // Открытия. Изобрет. – 1974. – № 3.
6. Съёмный ковш погрузочной машины: а. с. 1068379 А СССР, МПК В 66F 9/06 Е 02F 3/40 / В. Н. Буробин; заявитель В. Н. Буробин – № 3503962/29-03; заявл. 25.10.1982; опубл. 23.01.1983 // Открытия. Изобрет. – 1983. – № 3.
7. Погрузочная машина: а. с. 1395771 А1 СССР, МПК Е 02F 3/34, 3/40, 9/22 / В. Д. Глебов [и др.]; заявитель Ленинградский политехнический ин-т им. Калинина – № 4071299/29-03; заявл. 02.06.1986; опубл. 15.05.1988 // Открытия. Изобрет. – 1988. – № 18.
8. Амкодор 332С4 [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: http://amkodor.by/catalog/dorozhno_stroitelnyy/pogruzchiki_universalnye/amkodor_332s4/. – Дата доступа: 10.02.2019.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВС ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВАХ

А. Н. КОРОТКОВ, гл. инженер СПК «Колхоз Андога»,
Вологодская область, Российская Федерация

Ю. А. ПЛОТНИКОВА, канд. физ.-мат. наук, доцент
А. В. ПАЛИЦЫН, канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА имени Н. В. Верещагина»,
Вологда – Молочное, Российская Федерация

Введение. Отходы являются неотъемлемой частью технологического процесса производства основного сельскохозяйственного продукта. Проблема утилизации сельскохозяйственных отходов в настоящее время стоит достаточно остро в свете повышения энергетической эффективности производства и ужесточения требований экологического законодательства. Для ее решения специалисты разрабатывают и исследуют несколько стратегических направлений. Ключевыми из них являются снижение количества производимых отходов на единицу основного сельскохозяйственного продукта за счет внедрения современных технологий и системы машин, а также рециклинг отходов [1, 2, 3, 6, 7, 8].

Снижение количества производственных отходов имеет свой предел, к которому современные производители, использующие традиционные технологии производства, уже приблизились вплотную. Вследствие этого практический интерес представляют энергетические технологии по переработке отходов, в процессе которых производится как энергия, так и новые коммерческие продукты.

Целью проведенного исследования является сравнительный анализ экологических и мощностных характеристик двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием электростанции при работе на различных видах моторного топлива, в том числе полученных из сельскохозяйственных отходов [3, 4]. Термическая переработка сельскохозяйственных отходов в газообразное топливо для ДВС осуществлялась экспериментально в газогенераторе с элементами параметрического управления процессом газификации [9].

Основная часть. Сельскохозяйственные отходы можно не просто утилизировать, а осуществлять их энергетическую переработку с использованием газогенераторных технологий, что позволяет не только экологично избавляться от отходов, но и получать новые коммерческие продукты с высокой добавленной стоимостью, такие, как тепловая энергия, газообразное топливо для теплогенераторов и ДВС, электрическая энергия, концентрированное минеральное удобрение (зола) [1, 2, 3, 4].

В экспериментах по многотопливному циклу работы использовался двухцилиндровый ДВС 2Ч 7,2/6,0 электростанции АБ-4-О/230-М1. Эксплуатация осуществлялась на бензине АИ-92, сжиженном природном газе (летняя пропан-бутановая смесь 50/50) и генераторном газе, полученном в экспериментальном газогенераторе из различного исходного сырья.

Поисковые эксперименты показали, что современные ДВС электростанций удовлетворительно работают как на традиционных, так и на альтернативных видах топлива, без модернизации систем питания и зажигания. Но при этом наблюдается существенное падение мощности ДВС, которое на некоторых видах альтернативного топлива достигает 60 % [3, 4, 5]. Для улучшения эксплуатационных характеристик ДВС при эксплуатации на альтернативных видах топлива в экспериментах применялся многотопливный карбюратор 188F-СУГ, дооборудованный смесителем для генераторного газа и осуществлялась коррекция угла опережения зажигания (УОЗ).

Состав выхлопных газов контролировался газоанализатором «ИНФРАКАР М 1 Т.01». Для получения значений токсичности выхлопных газов ДВС производилась выборка показателей на 10 минутном временном интервале, при установившемся нагрузочном режиме, с дискретностью в 30 с. Среднее значение выборки определялось через функцию медианы. Электрическая мощность, отдаваемая в нагрузку, контролировалась электроизмерительными клещами-ваттметром АРРА-133. Частота вращения коленчатого вала ДВС определялась по оптическому тахометру ДО-03-02. Основные эксплуатационные характеристики ДВС 2Ч 7,2/6,0 приведены в таблице.

Основные эксплуатационные характеристики ДВС 2Ч 7,2/6,0 электростанции АБ-4-О/230-М1 при работе на различных видах топлива

Вид топлива	Электрическая мощность нагрузки, кВт	УОЗ – угол опережения зажигания ДВС, градус	Компоненты отработавших газов ДВС				
			CO, %	C _m H _n , ppm	CO ₂ , %	O ₂ , %	Lamb
Бензин АИ-92	4	33	0,8	56	13,24	1,3	1,042
Пропан – бутан (летняя) смесь	4	35	0,04	49	11,08	2,9	1,154
Генераторный газ из березового угля	2,9	38	0,12	42	17,44	1,5	1,062
Генераторный газ из березовых кубиков	3,2	38	0,08	14	16,9	2,85	1,12
Генераторный газ из березового угля и навоза КРС	3	38	0,96	14	16,72	2,7	1,088
Генераторный газ из навоза КРС	2,7	38	0,08	35	14,42	5,05	1,246

Общий вид электростанции, работающей совместно с газогенераторной установкой, приведен на рис. 1.



Рис. 1. Загрузка в газогенератор навоза КРС

Заключение. Анализ эксплуатационных характеристик ДВС 24 7,2/6,0 электростанции АБ-4-О/230-М1 позволяет сделать вывод, что применение газообразного топлива позволяет снизить токсичность выхлопных газов ДВС. Перевод ДВС с бензина на пропан снижает содержание в выхлопных газах СО в 20 раз, а СН_{ppm} в 1,143 раза. При работе ДВС на генераторном газе, по сравнению с бензином, содержание в выхлопных газах СО снижается в 6,6...10 раз, а СН_{ppm} в 1,33...4 раза, но при этом увеличивается содержание СО₂ в 1,27...1,32 раза.

Следует отметить, что работа ДВС электростанции на генераторном газе позволяет снимать с электрогенератора 72,5...80 % его номинальной электрической мощности. Использование генераторного газа в двухцилиндровом ДВС электростанции в качестве альтернативного моторного топлива приводит к снижению рабочей частоты вращения ротора электрогенератора на 6,3 % по сравнению с бензином, что, в свою очередь, оказывает негативное влияние на качественные показатели вырабатываемой электрической энергии по выходному напряжению и частоте.

Практическое использование производимой электроэнергии может быть рекомендовано для потребителей, некритичных к ее качественным характеристикам, таким, как осветительная нагрузка, нагревательные элементы, источники вторичного электропитания и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алешина, А. С. Газификация твердого топлива: учеб. пособие / А. С. Алешина, В. В. Сергеев. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. – 202 с.
2. Балтиков, Д. Ф. Разработка энергетического комплекса для молочнотоварной фермы: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Д. Ф. Балтиков. – Уфа, 2018. – 153 с.
3. Коротков, А. Н. Совершенствование конструкции и оптимизация конструктивно-технологических параметров газогенераторной установки: научно-квалификационная работа на соискание степени «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Направление подготовки 35.06.04: «Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве» / А. Н. Коротков. – Вологда – Молочное, 2018. – 132 с.
4. Коротков, А. Многотопливная электростанция как элемент резервного энергообеспечения крестьянских и фермерских хозяйств / А. Коротков, А. Палицын, П. Савиных, В. Романюк, К. Борек // *Agricultural Engineering*. – 2019. – Vol. 23. – No. 1. – P. 49–57.
5. Имомкулов, Х. А. Результаты поисковых исследований по оптимизации эксплуатационных характеристик ДВС электростанции при работе на альтернативных моторных топливах / Х. А. Имомкулов, А. Н. Коротков, А. В. Палицын, А. С. Зубакин // Молодые исследователи – развитию молочнохозяйственной отрасли. Ч. 1: Сборник научных трудов по результатам работы II Всероссийской с междунар. участием науч. практ. конф. – Вологда – Молочное: ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА. – 2018. – С 142–147.
6. Лагунов, С. Газогенератор своими руками [Электронный ресурс] / С. Лагунов. – Режим доступа: <http://benz.lagunof.com/book/book.pdf>.
7. Gasifier Experimenters Kit (the GEK, США) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.gekgasifier.com.
8. Santanu De. Coal and Biomass Gasification. Recent Advances and Future Challenges / Santanu De; Avnash Kumar Agarwal; V. S. Moholkar; Bhaskar Thallada // Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018. 521 p. ISBN 978-981-10-7334-2; ISBN 978-981-10-7335-9 (eBook) <https://doi.org/10.1007/978-981-10-7335-9>.
9. Пат. 2555486 Российская Федерация, C10J3/20 (2006.01). Газогенератор / Острцов В. Н., Зубакин А. С., Палицын А. В., Коротков А. Н.; заявитель и патентообладатель Палицын Андрей Владимирович. – № 2013132317; заявл. 11.07.2013; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 19.

УДК 331.4:35.075.6

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ ОБЩЕСТВЕННЫХ ИНСПЕКТОРОВ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

А. С. АЛЕКСЕЕНКО, канд. техн. наук, доцент

М. В. ЦАЙЦ, магистр техн. наук

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

Введение. В Республике Беларусь постоянно проводится работа по реализации системы мер, направленных на предотвращение производственных опасностей и рисков, создание здоровых и безопасных условий труда. В системе профилактических мероприятий, направленных на обеспечение безопасных условий труда, важную роль играют инспекторы по охране труда [1].

Основная часть. Количество несчастных случаев на производстве в Республике Беларусь в 2018 г. увеличилось. В таблице приведены данные по травматизму в 2018 г. по сравнению с 2017 г. [2].

Численность работающих, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве Республики Беларусь

Всего		Из них со смертельным исходом	
2017 г.	2018 г.	2017 г.	2018 г.
1689	2020	115	144

По сравнению с 2017 г. рост травматизма на производстве составил 19 %, т. е. мы «вернулись» к показателям травматизма 2015–2016 гг. [3].

Результаты расследования несчастных случаев на производстве показывают, что растет количество работников, которые получили на производстве травмы со смертельным и тяжелым исходом по причине необеспечения нанимателем безопасных условий труда.

Мониторинг, проводимый профсоюзами, показывает, что наниматели часто пренебрегают действующими правилами и нормами в области охраны труда. В 2018 г. профсоюзами в результате проведенных проверок и мониторингов нанимателям выписаны рекомендации и представления на устранение более 64 тысяч нарушений законодательства о труде. Было остановлено 2200 единиц неисправных механизмов и производственного оборудования, которые могли стать причиной травмирования работников. Среди причин травматизма на производстве присутствует и человеческий фактор – нарушение самими потерпевшими требований по охране труда. Как показывает практика, много несчастных случаев можно было бы избежать, если бы работники ответственно относились к выполнению норм, правил и инструкций по охране труда.

В этой ситуации профсоюзы стремятся усилить работу по минимизации случаев производственного травматизма. И здесь очень важна работа общественных инспекторов по охране труда [4]. По состоянию на 01.03.2019 г. их численность в системе Федерации профсоюзов Беларуси составляет более 82 тыс. человек. Они ежедневно находятся на рабочих местах, видят, как организован производственный процесс, как работники относятся к выполнению своих должностных обязанностей [5, 6].

Основными задачами общественных инспекторов являются осуществление постоянного общественного контроля в организации за соблюдением законодательства об охране труда, выявление и предупреждение нарушений; содействие в создании в организации здоровых и безопасных условий труда; контроль за выполнением работниками

должностных обязанностей по охране труда и требований нормативных актов по охране труда; контроль за выполнением сторонами мероприятий коллективного договора по охране труда; представление интересов работников при рассмотрении трудовых споров; консультирование работников по вопросам охраны труда, рассмотрение жалоб и заявлений, оказание реальной помощи по защите прав граждан на безопасные и здоровые условия труда; профилактика травматизма и профзаболеваний, контроль за правильным расследованием несчастных случаев на производстве.

Сегодня профсоюзам предоставлены достаточно широкие полномочия по осуществлению общественного контроля за соблюдением норм и правил по охране труда. Они закреплены в Уставе Федерации профсоюзов Беларуси и в Законе «Об охране труда». В обновленной редакции Директивы № 1 задача по усилению общественной безопасности и дисциплины также возлагается на профсоюзы. Кроме этого, у Федерации профсоюзов заключено Соглашение с Генеральной прокуратурой о взаимодействии в сфере защиты конституционных прав и гарантий трудящихся, в рамках работы которого тоже большое внимание уделяется вопросам охраны труда [5].

Значительные ресурсы для помощи работникам, пострадавшим на производстве, содержатся в Генеральном соглашении, которое заключено между профсоюзами, нанимателями и правительством страны.

Заключение. Для улучшения качества работы общественных инспекторов с 2019 г. в структуре каждого районного объединения профсоюзов появится внештатный профсоюзный инспектор по охране труда.

Данный специалист будет возглавлять общественную комиссию по охране труда районного объединения профсоюзов и будет курировать работу всех общественных инспекторов района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная программа о социальной защите и содействии занятости населения на 2016–2020 годы, утвержденная постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.01.2016 г. № 73.
2. Алексеевко, А. С. Условия труда и безопасность работы операторов мобильных сельскохозяйственных машин в АПК Республики Беларусь / А. С. Алексеевко, М. В. Цайц // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 280–285.
3. Доклад о соблюдении законодательства о труде в Республике Беларусь в 2018 году. Министерство труда и социальной защиты РБ. – Минск, 2019. – 47 с.
4. Положение об общественном инспекторе по охране труда, утвержденное Постановлением Президиума Совета Федерации профсоюзов Беларуси 25.08.2010 № 180.
5. Касюдек, А. Травматизм: свести к нулю / А. Касюдек // Беларускі час. – № 42 (1688). – С. 3.
6. Босак, В. Н. Охрана труда в агрономии: учеб. пособие / В. Н. Босак, А. С. Алексеевко, М. П. Акулич; под общ. ред. В. Н. Босака. – Минск: Выш. шк., 2019. – 317 с.

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ

А. Н. КУДРЯВЦЕВ, канд. техн. наук, доцент

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

А. С. АЛЕКСЕЕНКО, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Основной причиной травматизма при производстве земляных работ является обрушение грунтовых масс в процессе их разработки и при последующих работах в котлованах и траншеях. Обрушение грунта происходит из-за превышения глубины разработки без креплений, неустойчивости откосов, большой их крутизны, недостаточной прочности крепления грунта, неправильной разборки креплений [1].

Основная часть. Обеспечить устойчивость грунта и предотвратить обрушение можно двумя способами: устройством откосов и установкой креплений. При ведении земляных работ грунт разрыхляется, нарушается его структура, теряется связность между частицами, что создает потенциальную опасность обрушения в процессе его разработки, если не принять соответствующих мер. Опасность обрушения грунта возрастает с увеличением глубины разработки.

Все особенности производства земляных работ должны быть увязаны между собой в проекте, который согласуется с соответствующими организациями. При наличии действующих подземных коммуникаций (электрических кабелей, газопроводов), расположенных вблизи места предстоящих земляных работ, необходимо получить разрешение на проведение работ от организации, отвечающей за эксплуатацию этих коммуникаций. К разрешению прикладывается план (схема) с указанием расположения и глубины заложения коммуникаций.

Случаи производственного травматизма возможны при эксплуатации строительных машин и механизмов, используемых на земляных работах. Они могут произойти по следующим причинам: потеря машинами устойчивости; самопроизвольное перемещение машин и их подвижных частей; неисправное состояние машин, их деталей, тележных приспособлений; недостаточная квалификация рабочих, управляющих машиной.

Перед разработкой траншей и котлованов необходимо заранее определить крутизну откосов, обеспечивающую безопасность производства работ, с учетом глубины траншеи или котлована и выбрать

способ формирования откосов. Рытье котлованов и траншей с откосами без креплений в нескальных грунтах выше уровня грунтовых вод или в грунтах, осушенных с помощью искусственного водопонижения, допускается при глубине выемки и крутизне откосов согласно таблице.

Допустимые крутизна откосов и глубина выемки

Виды грунтов	Крутизна откоса (отношение его высоты к заложению) при глубине выемки, м, не более		
	1,5	3	5
Насыпные неуплотненные	1:0,67	1:1	1:1,25
Песчаные и гравийные	1:0,50	1:1	1:1
Супесь	1:0,25	1:0,67	1:0,85
Суглинок	1:0,0	1:0,50	1:0,75
Глина	1:0,0	1:0,25	1:0,50
Лессы и лессовидные	1:0,0	1:0,50	1:0,50

С целью исключения размыва грунта, образования оползней, обрушения стенок выемок в местах производства земляных работ до их начала необходимо обеспечить отвод поверхностных и подземных вод.

Место производства работ должно быть очищено от валунов, деревьев, строительного мусора.

Производство земляных работ в охранной зоне расположения подземных коммуникаций в случаях, установленных законодательством, допускается только после получения письменного разрешения организации, ответственной за эксплуатацию этих коммуникаций, и согласования с ней мероприятий по обеспечению сохранности коммуникаций и безопасности работ. До начала производства земляных работ необходимо уточнить расположение коммуникаций на местности и обозначить соответствующими знаками или надписями. При производстве земляных работ на территории организации необходимо получить разрешение организации на производство земляных работ.

Производство земляных работ в зонах действующих коммуникаций следует осуществлять под непосредственным руководством линейного руководителя работ, при наличии наряда-допуска, определяющего безопасные условия работ, и в случаях, установленных законодательством, под наблюдением работающих организаций, эксплуатирующих эти коммуникации.

Разработка грунта в непосредственной близости от действующих подземных коммуникаций допускается только при помощи лопат, без применения ударных инструментов.

Выемки, разрабатываемые на улицах, проездах, во дворах населенных пунктов, а также в местах, где происходит движение людей или транспорта, должны быть ограждены защитным ограждением.

На ограждении необходимо установить предупредительные надписи и знаки, а в ночное время – сигнальное освещение.

Места прохода через выемки должны быть оборудованы переходными мостиками. Не допускается производство работ одним работающим в выемках глубиной 1,5 м и более. Не разрешается разрабатывать грунт в выемках «подкопом».

Производство работ, связанных с нахождением работающих в выемках с вертикальными стенками без креплений в нескальных и незамерзших грунтах выше уровня грунтовых вод и при отсутствии вблизи подземных сооружений, допускается при их глубине не более:

в насыпных несележавшихся и песчаных грунтах – 1,0 м;

в супесях – 1,25 м;

в суглинках и глинах – 1,5 м.

Крепления необходимо устанавливать в направлении сверху вниз по мере разработки выемки на глубину не более 0,5 м. Разборку креплений следует производить снизу вверх по мере засыпки грунта.

При разработке, транспортировании, выгрузке, планировке и уплотнении грунта двумя и более самоходными или прицепными машинами (скреперы, грейдеры, катки, бульдозеры и др.), идущими одна за другой, расстояние между ними должно быть не менее 10 м.

При засыпке выемок, а также при разгрузке на насыпях автомобили-самосвалы следует устанавливать не ближе 1 м от бровки естественного откоса. Места разгрузки автотранспорта должны определяться регулировщиком.

Не допускается производство раскопок землеройными машинами на расстоянии менее 1 м и применение клина-бабы и аналогичных ударных механизмов на расстоянии менее 5 м от кабелей.

При выполнении земляных работ над кабелями применение отбойных молотков для рыхления грунта и землеройных машин для его выемки, а также ломов и кирок допускается только на глубину, при которой до кабелей остается слой грунта не менее 0,3 м. Дальнейшая выемка грунта должна производиться лопатами.

При появлении вредных газов работы должны быть немедленно прекращены, а работающие удалены из опасных мест до выявления источника загазованности и его устранения.

При работе экскаватора не разрешается производить другие работы со стороны забоя и находиться работающим в радиусе действия экскаватора плюс 5 м [2].

При необходимости использования машин в сложных условиях (срезка грунта на уклоне, расчистка завалов) следует применять машины, оборудованные средствами защиты, предупреждающими воздействием на работающих опасных производственных факторов [3].

Закключение. Соблюдение вышеизложенных правил позволит снизить неблагоприятное воздействие опасных производственных факторов на работающих и минимизировать случаи травматизма при производстве земляных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каковы основные причины травматизма при выполнении земляных работ? [Электронный ресурс]. – Stroy-Machines. – Режим доступа : <http://stroy-machines.ru/content/view/1051/140/>. – Дата доступа: 06.11.2019.
2. Правила по охране труда при выполнении строительных работ, утвержденные постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь и Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь 31.05.2019, № 24/33.
3. Обеспечение охраны труда при проведении мелиоративных мероприятий / В. Н. Босак, А. С. Алексеев, А. Е. Кондраль, А. Н. Кудрявцев // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. работ. – Горки: БГСХА, 2018. – С. 99–101.

УДК 637.133.3

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПАСТЕРИЗАЦИИ МОЛОКА С ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВАТЕЛЕМ

С. В. СОЛОВЬЕВ, канд. техн. наук, доцент
Р. В. ТИМОШЕНКОВ, магистрант
ФГБОУ ВО «Великолукская ГСХА»,
Великие Луки, Российская Федерация

Введение. Тепловая обработка молока проводится с целью бактериального обеззараживания при максимально возможном сохранении свойств в специальных пастеризационных установках.

Пастеризацию осуществляют при температурах от 63 °С с выдержкой времени до 95 °С без выдержки. Температурно-временные комбинации режима тепловой обработки выбираются в зависимости от обрабатываемого продукта и технологического оборудования. В любом случае пастеризация должна обеспечивать бактерицидный эффект (не менее 99,98 %) при максимальном сохранении витаминов, белков, пищевой и биологической ценности продукта [1].

При тепловой обработке молока используют аппараты прямого и косвенного нагрева с применением промежуточных теплоносителей. В настоящее время наиболее распространенными промежуточными теплоносителями в технологических установках пастеризации молока являются пар и горячая вода.

Паровые пастеризаторы производительностью 500–1000 кг/ч молока энергетически неэффективны, так как их использование сопряжено с дополнительными затратами по установке и обслуживанию паровых котлов-парообразователей, вспомогательного оборудования, сложной системой автоматизации поддержания технологических параметров, пожаро- и взрывоопасностью [2].

Пастеризаторы косвенного нагрева затрачивают часть энергии на транспортировку промежуточного теплоносителя и компенсацию тепловых потерь через поверхности трубопроводов. Это приводит к снижению коэффициента полезного действия и ограничивает возможности плавной регулировки нагрева и изменения режимов работы.

При применении в качестве источника теплоты в пастеризаторах косвенного нагрева индукционного нагревателя промежуточный теплоноситель не требуется, что открывает возможности для повышения тепловой эффективности таких установок. При индукционном нагреве тепловая энергия выделяется в самих нагреваемых металлических телах, что способствует получению высокого термического коэффициента полезного действия.

По сравнению с ТЭНовыми или гидродинамическими нагревательными устройствами индукционные имеют следующие преимущества:

- пожаробезопасность – достигается за счет того, что греющаяся часть имеет температуру на 10–15 °С выше температуры нагреваемой жидкости;
- низкая разность температур также снижает интенсивность образования накипи или отложения молочного камня;
- индукционные нагреватели не имеют подвижных частей и, как следствие, более надежны и просты по сравнению с гидродинамическими нагревателями;
- рабочий ресурс индукционного нагревателя ограничивается сроком службы изоляции обмотки и составляет 50 тыс. часов, ресурс класса элементарных нагревателей составляет 9 тыс. часов [3].

Использовать существующие конструкции индукционных нагревателей воды в целях пастеризации молока в потоке не представляется возможным в связи с неравномерным нагревом молока по сечению нагревателя. При ламинарном течении слои молока, прилегающие к греющейся части устройства, будут иметь значительно более высокую температуру, чем предполагает технологический процесс пастеризации, и одновременно с этим могут иметься слои с температурой, недостаточной для гарантированного уничтожения бактерий. Для устранения этих недостатков необходимо разработать индукционный нагреватель молока и учесть в конструкции требования, предъявляемые к процессу пастеризации.

Основная часть. Предметом теоретического расчета установки для пастеризации молока с индукционным нагревателем является разработка конструкции нагревателя, которая обеспечивает равномерный нагрев молока при его движении в потоке.

Задачей теоретического расчета является выявление математической зависимости конструкционных параметров индукционного сердечника от требуемой для обеспечения процесса пастеризации тепловой мощности при исключении неравномерности нагрева молока в потоке.

Рассмотрим бесконечно длинную цилиндрическую трубу, которая имеет внутренний радиус r_1 , наружный радиус r_2 , постоянный коэффициент теплопроводности λ и неравномерно распределенные по объему цилиндрической трубы источники тепла производительностью q_v . Теплообмен с окружающей средой осуществляется как с наружной, так и с внутренней поверхности. Поверхность теплообмена торцов трубы ввиду ее малой площади в расчете не учитывается.

Как было указано выше, источником теплоты выступают вихревые токи, протекающие по замкнутому контуру в объеме металлической трубы нагревателя. Распределение плотности тока по сечению трубы неравномерно и уменьшается в направлении от внешней поверхности к внутренней. На радиусе r_0 в слое с максимальной температурой $t_{\max}$ находится изотермическая поверхность, разделяющая тепловые потоки на два направления – к внутренней поверхности трубы q_1 и к наружной q_2 . Введем понятие среднего тепловыделения в единице объема для наружного q_{v1} и внутреннего слоя q_{v2} . Для упрощения модели примем, что $q_{v1} = \text{const}$ в интервале $r_1 \dots r_0$, а $q_{v2} = \text{const}$ в интервале $r_0 \dots r_2$.

Тогда средняя тепловая производительность будет определяться по выражениям:

– для внутреннего слоя:

$$q_{v1} = \frac{\int_{r_1}^{r_0} q_v dr}{r_0 - r_1}, \quad (1)$$

где q_{v1} – средняя по внутреннему слою тепловая производительность, Вт/м³;

q_v – тепловая производительность на радиусе r , Вт/м³;

r_0 – изотермический радиус, м;

r_1 – радиус внутренней поверхности трубы, м;

– для наружного слоя:

$$q_{v2} = \frac{\int_{r_0}^{r_2} q_v dr}{r_2 - r_0}, \quad (2)$$

где q_{v2} – средняя по наружному слою тепловая производительность, Вт/м³;

r_2 – радиус наружной поверхности трубы, м.

Для определения неизвестной величины r_0 решим уравнение, описывающее процесс теплопроводности в нагревателе [4]:

$$\frac{d^2 t}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dt}{dr} + \frac{q_v}{\lambda} = 0, \quad (3)$$

где t – температура в точке с радиусом r , °С;

λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт / (м·К).

$$r_0^2 = \frac{kq_{v2}r_2^2 + q_{v1}r_1^2}{q_{v1} + kq_{v2}} \quad (4)$$

$$k = q_2 / q_1, \quad (5)$$

Величина k определяется экспериментально для цилиндрических труб разной толщины и диаметров. Для того чтобы определить величину k , мы измеряли разность температур молока на входах и выходах из кольцевых зазоров.

Для снижения трудозатрат на изготовление нагревателя трубу, которая является источником теплоты, целесообразно принимать из стандартного ряда типоразмеров стального проката. Тогда расчет параметров нагревателя сводится к определению внутреннего радиуса корпуса, вытеснителя и длины нагревателя.

Для схемы, приведенной на рис. 1, тепловые мощности $P_{\text{ПТ1}}$ и $P_{\text{ПТ2}}$, получаемые потоками жидкости в кольцевых зазорах, находятся из выражений:

$$\begin{cases} P_{\text{ПТ1}} = q_{T1}F_T^B = W_1c \cdot (t_2 - t_1) = V\pi \cdot c \cdot (t_2 - t_1)(r_1^2 - r_B^2) \\ P_{\text{ПТ2}} = q_{T1}F_T^H + q_KF_K = W_3c \cdot (t_2 - t_1) = V\pi \cdot c \cdot (t_2 - t_1)(r_K^2 - r_2^2) \end{cases}, \quad (6)$$

где $P_{\text{ПТ1}}$ – тепловая мощность в зазоре, ограниченном радиусами r_B и r_1 , Вт;

$P_{\text{ПТ2}}$ – тепловая мощность в зазоре, ограниченном радиусами r_2 и r_K , Вт;

q_{T1} – тепловой поток с поверхности трубы, Вт/м²;

F_T^B, F_T^H – площади поверхности трубы нагревателя, м²;

V – скорость движения молока через кольцевые зазоры, м/с;

c – теплоемкость молока, Дж/(кг·К);

q_K – тепловой поток, создаваемый обмоткой индуктора, Вт/м².

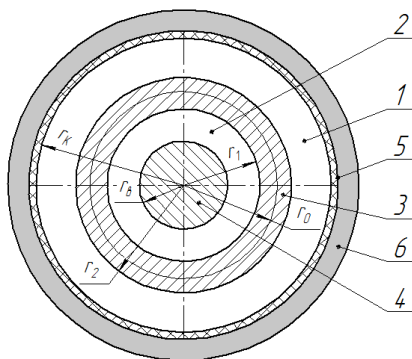


Рис. 1. Поперечное сечение индукционного нагревателя молока:
1 – Наружный зазор; 2 – внутренний зазор; 3 – труба; 4 – вытеснитель;
5 – корпус; 6 – обмотка индуктора

Тепловой поток, создаваемый при протекании электрического тока через обмотку индуктора, определяется по выражению:

$$q_k = \frac{P_{об}}{F_k} = \frac{I_1^2 R}{2 \cdot \pi \cdot r_k \cdot l_k}, \quad (7)$$

где $P_{об}$ – мощность, выделяющаяся в индукторе при работе, Вт;

F_k – часть площади корпуса, участвующая в теплообмене с молоком, m^2 ;

I_1 – сила тока обмотки индуктора, А;

R – сопротивление переменному току обмотки индуктора, Ом;

l_k – длина корпуса, м.

Из системы уравнений (6) найдем r_k и r_B :

$$r_B = \sqrt{r_1^2 - \frac{2q_{T1}r_1l}{V \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}}, \quad (8)$$

$$r_k = \frac{q_k l + \sqrt{q_k^2 l^2 + V^2 c^2 (t_2 - t_1)^2 r_2^2 + 2V \cdot c \cdot (t_2 - t_1) q_{T1} l \cdot r_2}}{V \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}. \quad (9)$$

Длина трубы:

$$l = \frac{P_T}{\pi(q_1 r_2 + q_2 r_1)}, \quad (10)$$

где P_T – тепловая мощность, которая выделяется в трубе нагревателя, Вт.

Согласно приведенным выше теоретическим расчетом и для их подтверждения в лаборатории Великолукской ГСХА была разработана экспериментальная установка пастеризации молока индукционным нагревом [6].

Изготовление экспериментальной установки было произведено на базе ПМР-02-ВТ с модернизацией нагревателя. Штатный гидродинамический нагреватель был заменен на экспериментальный индукционный [5].

Установленные технические характеристики установки для пастеризации молока с индукционным нагревателем: полная мощность однофазного нагревателя – 5,4 кВА; тепловая мощность нагревателя – 5,0 кВт; коэффициент мощности – 0,86; расчетная удельная мощность 11,0–11,2 Вт/л; расчетная производительность (для температуры пастеризации 78–80 °С) 430...450 л/ч [6]. При этом конструктивные размеры нагревателя составили: $r_2 = 21$ мм; $r_1 = 17$ мм; $r_0 = 19,3$ мм; $r_k = 25$ мм; $r_b = 10$ мм; длина нагревателя $l = 1,1$ м.

Заключение. Представленный алгоритм расчета применим при определении параметров и режима работы индукционного нагревателя молока при производительности и мощности, определяемой требованиями выполняемого технологического процесса.

Выявлено, что тепловая энергия, обеспечиваемая индукционным нагревателем, зависит от диаметров и толщины стенок корпуса, сердечника и вытеснителя, получено соответствующее выражение.

Установлено, что на интенсификацию процесса тепловой обработки молока в большей степени оказывает влияние внутренний радиус корпуса и вытеснителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крусъ, Н. А. Технология производства молока и молочных продуктов / Н. А. Крусъ. – М.: Колос, 2004. – 386 с.
2. Ведищев, С. М. Технологии и механизация первичной обработки молока / С. М. Ведищев, А. В. Милованов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 152 с.
3. Немков, В. С. Теория и расчет устройств индукционного нагрева / В. С. Немков, В. Б. Демидович. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 280 с.
4. Исаченко, В. П. Теплопередача / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – М.: Энергия, 1969. – 440 с.
5. Патент на полезную модель RU 137709 U1. Индукционный нагреватель жидкости с выдерживателем / Г. В. Макарова, С. В. Соловьев, В. А. Шилин, заявлено 10.07.2013, опубликовано 27.02.2014. Бюл. № 6.
6. Макарова, Г. В. Теоретическое обоснование тепловой мощности в индукционном нагревателе / Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования: материалы Междунар науч. практ. конф. / Г. В. Макарова, С. В. Соловьев // Санкт-Петербургский аграрный университет. – СПб., 2012. – С. 314–317.

ОБЗОР И АНАЛИЗ ОДНОДИСКОВЫХ СОШНИКОВ

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

Н. И. ДУДКО, канд. техн. наук, профессор

Д. В. ГРЕКОВ, инженер

С. А. СИДОРОВ, инженер

В. В. ВАБИЩЕВИЧ, студент

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

Введение. Преимущества однодисковых сошников в простоте конструкции, малой металлоемкости, хорошей заглубляемости на любых типах почв. Они стабильно работают на почвах, засоренных растительными и пожнивными остатками. При работе в составе комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов по свежеработанной почве имеют минимальное тяговое сопротивление. Вырезной диск сошника хорошо перерезает пожвные остатки в почве, значительно лучше, чем обычный диск.

Основная часть. В Республике Беларусь разработаны однодисковые сошники нового поколения, защищенные патентами на изобретения.

Так, в ОАО «Брестский электромеханический завод» создан оригинальный сошник (патент ВУ 3512 И 2007.04.30) с вырезным диском, который раскрывает бороздку для высева зерновых, трав, зернобобовых и др. Вырезной диск легко заглубляется в почву и открывает бороздку на нужную глубину. Кроме того, на 5–10 % уменьшается тяговое сопротивление независимо от типа почвы. Предохраняющая от засыпания почвой бороздки пластина гарантирует равномерную заделку семян. Вырезной диск сошника обеспечивает рядовой высев семян в уплотненном ложе, которое осуществляет нижняя часть предохраняющей пластины (рис. 1) [3].

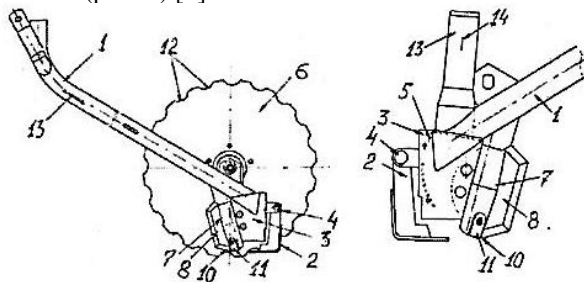


Рис. 1. Однодисковый сошник с вырезным диском:

1 – семяпровод; 2 – клапан; 3 – корпус; 4 – шарнирное соединение;
5 – отражатель; 6 – диск; 7 – нож; 8 – передняя кромка ножа трапециевидальной формы;
9 – продольная угловая выемка ножа; 10 – рабочая кромка ножа; 11 – защитная пластина на рабочей кромке ножа; 12 – выемки радиальной формы; 13 – труба-воздуховод

В РУП «Научно-практический центр национальной академии наук» запатентован однодисковый сошник (патент ВУ 74 11) (рис. 2), который формирует стабильную по глубине с плотным дном бороздку и обеспечивает компактную укладку на ее дно посевного материала в почву с различными физико-механическими и технологическими свойствами.

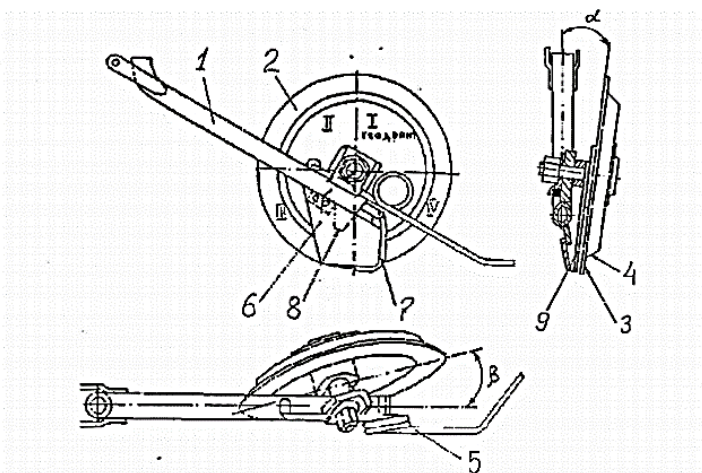


Рис. 2. Однодисковый сошник тарельчатой формы:

- 1 – корпусная труба; 2 – тарельчатый диск; 3 – плоская поверхность диска;
4 – опорная поверхность диска; 5 – загортач; 6 – киль; 7 – клапан;
8 – выходное отверстие семянаправителя; 9 – направляющая пластина

Проведенные производственные испытания этих сошников на Белорусской МИС в сравнении с килевидными сошниками показали более высокое качество заделки семян в почву и, как результат, более высокую полевую всхожесть. На минеральных почвах полевая всхожесть у тарельчатых однодисковых сошников составляла 86 %, а килевидных – 85,3 %, на торфяных почвах – 85,2 % и 84,7 %, что находится в пределах ошибки опыта [4].

В УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» запатентовано сошниково-заделывающее устройство (патент ВУ 890 И), позволяющее качественно высевать в бороздку семена, а потом закрывать семена почвой. Однако результатов лабораторных и полевых испытаний сошников на Белорусской МИС не представлено.

Известен комбинированный двухстрочный сошник (рис. 3).

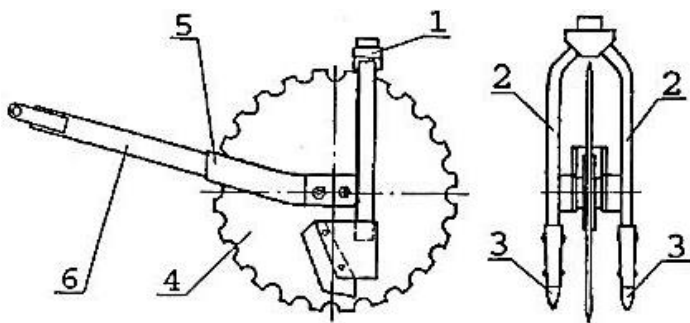


Рис. 3. Комбинированный двухстрочный сошник:
1 – воронка; 2 – распределительные каналы; 3 – наральник; 4 – диск;
5 – кронштейн; 6 – поводок

Сошник работает следующим образом. При движении сошника вырезной диск, расположенный между посредством прикрепленной к ней тяги 6 и кронштейна 5, перемещает сошник. Наральники 3 пассивного действия, установленные параллельно направлению движения, формируют уплотненную бороздку.

Это позволяет при встрече с крупными комками и растительными остатками разрушать их за счет разрезания без сдвига в сторону [5].

Сошники RoTeC (рис. 4) в серийном исполнении имеют ограничивающие глубину хода каточки и чистящие диски, которые позволяют производить установку глубины заделки семян без применения инструментов. Давление сошника на почву достигает 350 Н. Они не забиваются даже при большом количестве соломы и остатков растений [8].

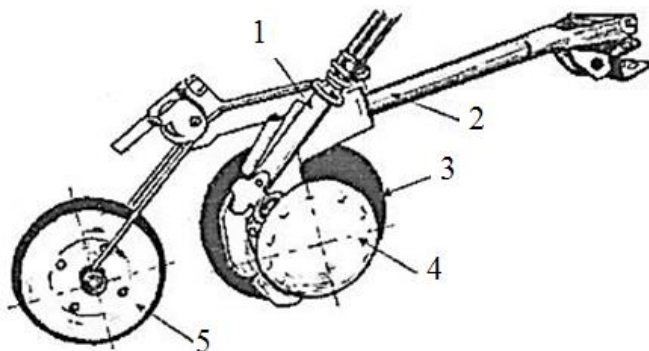


Рис. 4. Дисковый сошник RoTeC в сочетании с прикатывающим каточком:
1 – семянаправитель; 2 – поводок; 3 – основной диск сошника;
4 – сферический диск-чистик; 5 – каток прикатывающий

Эластичный пластиковый сферический диск предотвращает налипание почвы на высевашую диск, придает форму посевной бороздки и обеспечивает равномерность заделки семян. Сошник RoTeC с опорно-прикатывающим катком имеет более равномерный ход, чем сошник с параллелограмной подвеской и жестко закрепленным опорно-прикатывающим катком [9].

Однодисковые сошники этой фирмы RoTeC имеют высококачественный сферический диск диаметром 325 мм, который может воспринимать давление до 200 Н на сошник. Благодаря сферической форме диск обладает эффектом самоочистки, что позволяет на легких почвах не устанавливать дополнительный чистик [10].

Выводы. 1. Выполненный обзор и анализ однодисковых сошников посевных машин отечественных и зарубежных фирм показал, что лучшее решение по качеству посева зерновых еще не изобретено.

2. Давление на однодисковые сошники посевных машин, выпускаемых за рубежом, колеблется в пределах 200...1300 Н.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петровец, В. Р. Сельскохозяйственные машины: практикум / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц. – Минск: Ураджай, 2002. – 292 с.
2. Патент ВУ № 3512 II, МПК А 01С 7/20. Однодисковый сошник, опубл. 30.04.2007.
3. Патент ВУ № 74 11, МПК А 01С 7/20. Однодисковый сошник, опубл. 30.12.1999.
4. Патент ВУ № 4329 C1, МПК А 01С 7/20. Сошник двухстрочный комбинированный, опубл. 30.04.2008.
5. Terrasem C6–C8_ru. qxd. Электрон. дан. – Режим доступа: 1Шр:<http://www.Poettinger.at>. Загл. с экрана.
6. SULKY EASYDRILL Russe.pdf. Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.Sulky-burel.com>. Загл. с экрана.
7. ES_RoTeC_10_06_RUS.lnnd. Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.amazon.ru>. Загл. с экрана.
8. Solitary RUS. Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.Lemken.com>. Загл. с экрана.
9. Комбинированный однодисковый сошник с симметрично расположенными двухсторонним 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.
10. 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. 94–97.
11. 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. 98–100.
12. Петровец, В. Р. 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. 156–159.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОГО БЕСПОДСТИЛОЧНОГО НАВОЗА ПРИ ЕГО НАКОПЛЕНИИ И ХРАНЕНИИ

И. И. СКОРБ, ст. преподаватель
УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Введение. Гидравлические системы удаления навоза в последние годы получают все большее распространение как наиболее простые и надежные в эксплуатации.

Применение гидравлических систем уборки навоза периодического действия позволяет сократить затраты труда и материальные затраты на 10...30 % по сравнению с механическими средствами уборки. Удельная металлоемкость гидравлических систем уборки и транспортировки навоза в 4...6 раз меньше.

С началом применения гидравлических способов уборки навоза связаны исследования реологических и физико-механических свойств жидкого бесподстилочного навоза.

Исследования гранулометрического состава показали, что в свином навозе при концентратном типе кормления частиц размером 0,5 мм и меньше содержится более 50 %, в навозе КРС частиц размером до 0,5 мм – около 50 %, частиц размером от 3 до 10 мм – около 30 % [1].

С. Д. Дурдыбаевым установлено, что в навозе КРС содержится более 55 % частиц размером до 0,25 мм, в свином навозе – около 58 % частиц размером 0,25...1,0 мм [2].

Во время хранения жидкого навоза происходят сложные биофизико-химические процессы, вызывающие изменения состава его по глубине. Интенсивность этих процессов зависит от вида навоза, его состояния, условий хранения, погодных условий и т. д.

Жидкий навоз при хранении подвержен расслаиванию (разделению), которое обусловлено разной плотностью жидкой и твердой фракций. Так, исследованиями В. И. Якубаускаса установлено, что жидкий бесподстилочный навоз во время длительного хранения расслаивается на верхний слой влажностью 73...78 %, высотой до 0,7 м, средний слой влажностью 92...96,5 % – до 1 м и нижний слой – осадок влажностью 87...88,9 % до 0,5 м [3].

Навоз крупного рогатого скота имеет меньший удельный вес, содержит больше (примерно в пять раз) коллоидов, чем свиной, поэтому расслаивается медленнее.

Верхний слой представляет собой рыхлую массу из подстилки, остатков корма и волокнистой части твердых выделений животных. Нижний слой включает остатки корма, песок, ил, образуемый тяжелыми частицами твердых выделений животных. Замечено, что свиной навоз склонен образовывать очень плотный осадочный слой. Между верхним и нижним слоями находится более однородный средний слой, почти не содержащий твердых и волокнистых включений.

У свиного навоза осадок имеет плотность 1120...1180 кг/м³, а у навоза крупного рогатого скота – 1050...1090 кг/м³. По данным [1], влажность осадка навоза крупного рогатого скота 83–86 %, свиного навоза – 78–84 %, влажность среднего слоя – 94–98 %.

По агротехническим требованиям разность влажности жидкого навоза при вывозке по высоте резервуара не должна превышать 2–3 %. Установлено, что после 2...3 часов разница влажности между слоями превышает норму агротехнических требований. Следовательно, в период хранения и использования жидкий навоз необходимо гомогенизировать через определенные промежутки времени.

Осаждение твердых частиц в свином навозе начинается при влажности выше 88 %. Наибольшая скорость осаждения происходит в течение 2...3 часов и заканчивается через 3...6 суток.

Наиболее интенсивно свиной навоз расслаивается при влажности 90 % и выше, а навоз крупного рогатого скота – при влажности более 91 % [1].

Основная часть. Рассмотрим процесс осаждения твердой частицы навоза после перемешивания в канале гидравлической системы периодического действия под воздействием силы тяжести, которая является движущей силой процесса осаждения. Принимаем, что частицы имеют сферическую форму диаметра d , плотность ρ_T , объем V_T и массу m . Скорость частицы $\vec{v}$ по направлению совпадает с силой тяжести $\vec{G}$. При движении частицы на нее действует выталкивающая сила Архимеда $\vec{F}_A$ и сила сопротивления среды (сила Стокса) $\vec{F}_C$.

Напишем в декартовой системе координат уравнения движения твердой частицы в жидкости под воздействием силы тяжести [4]:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum \vec{F}_i = \vec{G} + \vec{F}_C + \vec{F}_A. \quad (1)$$

Спроецировав на ось y (рис. 1), получим:

$$m \frac{dv_y}{dt} = G - F_C - F_A. \quad (2)$$

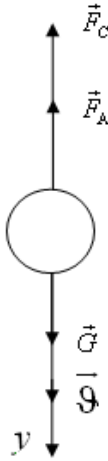


Рис. 1. Схема сил, действующих на частицу

Рассмотрим силы, входящие в уравнение движения (2).

Сила тяжести:

$$G = mg = \frac{\pi d^3}{6} \rho_T g, \quad (3)$$

где d – диаметр частицы, м;

ρ_T – плотность частицы, кг/м³;

m – масса частицы, кг.

Сила Архимеда:

$$F_A = \rho_{\text{ж}} V_T g = \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{ж}} g, \quad (4)$$

где V_T – объем частицы, м³.

Сила гидродинамического сопротивления среды, отнесенная к поперечному сечению, сила Стокса:

$$F_c = \varphi \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\rho_{\text{ж}}}{2}, \quad (5)$$

где φ – коэффициент гидравлического сопротивления среды.

При условии постоянства скорости осаждения уравнение (2) примет вид:

$$G - F_c - F_A = 0.$$

Подставляя выражения для действующих сил, получим:

$$\varphi \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{\vartheta^2}{2} \rho_{\text{ж}} = \frac{\pi d^3}{6} \rho_T g - \frac{\pi d^3}{6} \rho_{\text{ж}} g. \quad (6)$$

Отсюда получаем скорость осаждения:

$$\vartheta = \sqrt{\frac{4d(\rho_T - \rho_{\text{ж}})g}{3\varphi\rho_{\text{ж}}}}. \quad (7)$$

Коэффициент сопротивления φ зависит от числа Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\vartheta d \rho_{\text{ж}}}{\mu}.$$

Выполненные расчеты показывают, что режим является переходным ($22 < \text{Re} < 500$). В данном случае коэффициент сопротивления будет:

$$\varphi = \frac{18,5}{\text{Re}^{0,5}}.$$

Время осаждения:

$$t = b / \vartheta, \quad (8)$$

где b – высота слоя жидкого навоза.

Рассчитаем скорость и время осаждения твердых частиц различного диаметра. Плотность твердой частицы принимаем равной 1120 кг/м^3 , а динамическую вязкость жидкости – $0,0001 \text{ Н·с/м}^2$. Результаты вычислений приведены в таблице.

Скорость и время осаждения частиц различного диаметра

d , мм	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
ϑ , м/с	0,01	0,02	0,03	0,041	0,051	0,061	0,071	0,081	0,091	0,102
Re	5,6	22,4	50,4	91,8	142,8	208,4	282,2	362,9	458,6	572,2
t , с	100	50	33,3	24,6	19,7	16,34	14,0	12,32	10,9	9,8

Заключение. В статье определена скорость осаждения частиц различного диаметра в жидком навозе и время осаждения, знание которых позволяет оптимизировать функционирование гидравлических

систем уборки навоза при решении технических задач, связанных с удалением жидкого навоза из гидравлических каналов таких систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назаров, С. И. Механизация и внесение органических удобрений / С. И. Назаров, В. А. Шаршунов. – Минск: Ураджай, 1993. – 296 с.
2. Дурдыбаев, С. Д. Утилизация отходов животноводства и птицеводства: обзор / С. Д. Дурдыбаев, В. С. Данилкина, В. П. Рязанцев. – М.: Агропромиздат, 1989. – 56 с.
3. Якубаускас, В. И. Технологические основы механизированного внесения удобрений / В. И. Якубаускас. – М.: Колос, 1973. – 231 с.
4. Соу, С. Гидродинамика многофазных систем / С. Соу. – М.: Мир, 1971. – 536 с.

УДК 631.331

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ИХ КАЧЕСТВО

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук, профессор
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Введение. Урожай полевых культур зависит от множества факторов, которые можно разделить на три группы: объективные, субъективные и косвенные. Объективные факторы неподвластны человеку на данном этапе развития науки и техники, либо использование их нецелесообразно с экономической и экологической точек зрения. К ним можно отнести сложившийся годовой температурный режим, почвенные условия (тип почвы, химический и механический состав, содержание питательных веществ и др.), солнечная радиация, атмосферные осадки и другие (заморозки, град, наводнение, ураганы и т. д.). Субъективные факторы зависят от деятельности человека, и к ним можно отнести качество, вид и время основной и предпосевной обработки почвы; время, качество и способ посева; сорт, качество, выравненность и защищенность от вредителей и болезней семян; время, количество и качество внесения удобрений; количество, качество и время полива или осушения; своевременность и способы борьбы с сорными растениями, вредителями и болезнями; новые методы выращивания и агротехнические приемы и другие. Косвенные факторы могут иметь объективную и субъективную природу. Это, например, наличие лесополос, водоемов, вырубка лесов, разработка карьеров, что косвенно влияет на урожай в ту или другую сторону. Все факторы имеют переменную величину и могут влиять на урожай как положительно, так и отрицательно. Проведение полива зерновых культур согласно агротехническим требованиям приводит к повышению урожая и качества продукции.

Если полив проводится с нарушениями агротехники, урожай может повыситься, но качество продукции ухудшиться. При грубейших нарушениях агротехники (избыточный полив и не вовремя) урожай может уменьшиться, а качество зерна ухудшиться. Это относится и к другим факторам. Причем каждый фактор не может быть заменен другим. Они лишь дополняют друг друга. Так, проведение сева в неоптимальные сроки приводит к существенному снижению урожая и другие мероприятия (внесение удобрений, борьба с вредителями, сорняками, болезнями и т. д.) уже не в состоянии наверстать упущенные потери. Поэтому урожай и качество продукции являются функцией всех факторов в совокупности и при наиболее удачно сложившихся природно-климатических условиях и разумной деятельности человека, вооруженного знаниями и техникой, обуславливается наибольший урожай с высоким качеством продукции. Причем с развитием науки и техники, с накоплением материальных возможностей субъективные факторы играют все большую, а порой определяющую роль в получении высоких и устойчивых урожаев.

Основная часть. Особенно это относится к использованию интенсивных технологий, при которых проводятся научно обоснованные комплексные агротехнические мероприятия. Но, несмотря на это, потенциальный урожай (теоретически возможный урожай) существенно отличается от действительно возможного урожая в производстве. Так по М. К. Каюмову [1, 2], для зоны юго-востока европейской части бывшего СССР возможно получить биологический урожай в пределах 25...35 т/га. При соотношении зерна к соломе озимой пшеницы 1:1,5 [3] выход зерна составит 10...21 т/га. Х. Г. Тооминг пришел к выводу, что действительно возможный урожай составляет 60...80 % биологического.

Производственный урожай ниже, чем действительно возможный, из-за множества причин. Однако там, где эти недостатки сведены к минимуму, производственные результаты приближаются к действительно возможным урожаям.

Практика полностью подтверждает теоретические предпосылки в данном вопросе. Имеется много примеров у нас и за рубежом, когда отдельные бригады, хозяйства, фермеры и даже целые районы получают по 0,8...1,2 т/га зерна колосовых культур. Особенно это удастся при программном выращивании урожая. Однако получать ежегодно высокие урожаи с высоким качеством продукции еще не удается. И главная причина этого – несоблюдение оптимальных параметров факторов, влияющих на урожай и качество продукции.

Одним из важнейших факторов получения высокого урожая являются посев, его способы, качество и сроки. Чем лучше с агротехниче-

ской точки зрения уложены семена в почву с соблюдением оптимальных сроков, тем благоприятнее создаются условия для развития растений и тем выше урожай и качество продукции. Агрономической наукой выработаны определенные требования к посеву, наиболее точное выполнение которых создает хорошие условия для прорастания и развития растений. Среди этих требований следует отметить площадь питания, приходящуюся на одно растение (норма высева семян); форму площади питания, приходящуюся на каждое растение (равномерность распределения семян по площади поля); среднюю глубину заделки семян в почву; равномерность распределения семян по глубине в почву; степень уплотненности ложа под каждым семенем; комковатость и рыхлость почвы над семенами; сроки высева. С агрономической точки зрения [4], под площадью питания понимается определенная часть поля с соответствующей ей толщей почвы и объемом воздуха, которая в посеве приходится на одно растение. Под оптимальной площадью питания понимается такая площадь, которая обеспечивает получение с гектара максимального урожая основной продукции данной культуры при высоком ее качестве и наименьших затратах труда и материальных средств. Следовательно, правильный выбор оптимальной площади питания для растений соответствующей культуры оказывает непосредственное влияние не только на величину и качество продукции, но и на возможности механизации посева и возделывания соответствующей культуры, а также трудовые затраты на единицу продукции, то есть имеет экономический характер.

Этому вопросу посвящено значительное количество исследований многих ученых, таких, как И. И. Синягин, И. В. Якушкин, Н. А. Некрасов, В. И. Эдельштейн, В. В. Винер, М. Э. Вольни и многих других. Так, лабораторно-полевые исследования А. С. Найденова [5, 6] для Краснодарского края показали, что наилучшая норма высева озимой пшеницы для различных способов посева находится в пределах 2...4 млн. зерен, а наилучшее качество зерна получается при норме высева 2...3 млн. зерен на га. При высеве более 4 млн. зерен на га снижает биологические качества зерна и не гарантирует ежегодного получения зерна сильной пшеницы.

Исследования В. С. Веревкина [7] для Омской области показали, что оптимальной нормой высева при посеве яровой пшеницы «Саратовская-29» в засушливые годы – 2...3 млн. зерен на га, а во влажные – 4 млн. Нормы высева семян для каждой культуры и почвенно-климатической зоны, как показывают вышеприведенные и другие исследования, имеют вполне определенные величины для каждой зоны.

Анализируя многочисленные литературные данные, приходим к выводу, что оптимальная норма высева для отдельно взятых культур и в соответствующих условиях является важнейшим условием получения высоких и устойчивых урожаев, а также рационального использо-

вания посевного материала, который имеет высокую стоимость.

При равномерном распределении семян по площади поля наиболее рационально используются влага и питательные вещества, находящиеся в почве; наилучшим образом используется фотосинтетически активная радиация; более активно используется растениями воздушная среда; создается наилучшее взаимодействие одних растений на другие путем выделения веществ, подавляющих рост соседних растений. Данные академиков Д. Н. Прянишникова, И. И. Синягина, И. В. Якушкина, В. И. Эдельштейна и других ученых показывают, что на урожайность и качество продукции существенное влияние оказывает не только величина, но и конфигурация площади питания каждого растения. Большинство авторов [6, 8] на основе своих опытов приходят к выводу, что равномерное распределение семян по площади поля при оптимальной норме высева неуклонно приводит к прибавке урожая, причем чем качественнее семена, тем выгоднее равномерно распределять семена по площади поля. Об этом говорят и зарубежные авторы.

Так, например, Н. П. Меньшиков [8] сажал пшеницу в лунки, сделанные штампом на расстоянии 6×6 см друг от друга в шахматном порядке. Рядом высевал семена пшеницы, как сеялка, рядовым способом. На участке, где высевал пшеницу шахматным способом, получил урожай 132 ц/га, а где высевал рядовым – 27 ц/га. Аналогичные данные были получены агрономом И. В. Артюковым [9] в условиях Челябинской области.

Многие исследователи, признавая важность равномерности распределения семян по площади поля [5, 6], уточняют наиболее приемлемые формы для соответствующей культуры, зоны, почвы и то, в какой степени неравномерность распределения семян по площади поля оказывает влияние на урожай.

Анализ большинства исследований показывает, что для получения высоких урожаев с хорошим качеством важнейшим является условие, чтобы в общем сообществе растений каждое из них имело определенной величины и формы площадь питания. А поэтому усилия инженеров по созданию технических средств посева с высокой равномерностью высева семян заслуживают серьезного внимания.

Мнения ученых разделились в вопросе о форме площади питания. Проф. А. Н. Семенов, Ф. В. Грищенко, Д. Н. Смиловенко и др. считают, что каждое растение должно иметь площадь питания квадратной формы, а большинство же ученых: академики В. П. Горячкин, Н. И. Ильинский, А. И. Сидоренко и др. считают, что площадь питания должна быть округлой, т. е. приближаться к кругу.

шахматное размещение семян по площади поля «идеальное». При этом экономится семенной материал; образуются неблагоприятные условия для сорных растений, уменьшается водная и ветровая эрозия. Однако если для широкорядных культур уже имеются сеялки точного распределения семян по площади поля, то для посева зерновых колосовых и других культур с малыми площадями питания (гречихи, гороха, проса и др.) посевных машин в широкой практике у нас нет или они находятся в стадии эксперимента.

Заключение. Проведенный анализ говорит о том, что нужно создавать технические средства посева, которые бы на больших площадях могли распределять более точно семена по площади поля и глубине заделки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нарциссов, В. П. Научные основы систем земледелия / В. П. Нарциссов. – М.: Колос, 1982. – 328 с.
2. Каюмов, М. К. Программирование урожаев / М. К. Каюмов. – М.: Московский рабочий, 1986. – 182 с.
3. Грищенко, В. В. Основы программирования урожаев сельскохозяйственных культур / В. В. Грищенко, В. Е. Долгодворов. – М.: Агропромиздат, 1986. – 55 с.
4. Синягин, И. И. Площади питания растений / И. И. Синягин. – М., 1970. – 232 с.
5. Найденов, А. С. Влияние способов посева и норм высева семян озимой пшеницы в условиях центральной зоны Краснодарского края на урожай / А. С. Найденов // Труды ВИСХОМ/М. – 1973. – Вып. 75. – С. 13–18.
6. Найденов, А. С. Влияние способов посева и нормы высева на урожай и качество зерна озимой пшеницы в центральной зоне Краснодарского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А. С. Найденов. – Харьков, 1977. – 26 с.
7. Веревкин, В. С. Влияние нормы высева и способа посева на урожай яровой пшеницы в Омской области / В. С. Веревкин // Труды ВИСХОМ. – 1973. – Вып. 75. – С. 6–12.
8. Артюков, Н. В. Нужна такая сеялка / Н. В. Артюков // Техника молодежи. – 1961. – № 1. – С. 8.
9. Артюков, Н. В. Нужна сажалка / Н. В. Артюков // Земледелие. – 1957. – № 9. – С. 38–40.
10. Сабликов, М. В. Сельскохозяйственные машины / М. В. Сабликов. – М.: Колос, 1968. – Ч. 1. – 343 с.
11. Майсурия, Н. А. Прогрессивные способы посева зерновых культур / Н. А. Майсурия // Прогрессивные способы посева зерновых культур: сборник. – М., 1959. – С. 3–9.
12. Новаков, С. А. Принципы рационального размещения семян по поверхности поля / С. А. Новаков // Сб. науч. трудов МИИСП. – Т. 13. – Вып. I. – Ч. 2. – М., 1975. – С. 26–29.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ, РЕГУЛИРУЮЩИЕ СОДЕРЖАНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ОТРАБОТАВШИХ ГАЗАХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРАКТОРОВ

В. А. БЕЛОУСОВ, канд. техн. наук, доцент
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
Горки, Республика Беларусь

Д. В. БЕЛОУСОВ, студент, ФИТР
УО «Белорусский национальный технический университет»,
Минск, Республика Беларусь

Дизельные двигатели внутреннего сгорания (ДВС) используются в качестве источника энергии как на транспортно-тяговых средствах, так и на стационарных установках. Образование вредных веществ в дизельных ДВС – это естественный результат процесса сгорания топлива и смазочного масла. Поэтому широкое применение дизельных ДВС влечет за собой и повышенное внимание к ним как участникам процесса загрязнения окружающей среды вследствие выброса вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) в атмосферу.

ОГ дизелей представляют собой сложную многокомпонентную смесь газов, паров, капель жидкостей и дисперсных твердых частиц. Всего ОГ ДВС содержат около 280 компонентов, среди которых можно выделить содержащиеся в воздушном заряде азот N_2 и кислород O_2 , продукты полного сгорания топлива (диоксид углерода CO_2 и водяной пар H_2O), вещества, образующиеся в результате термического синтеза из воздуха при высоких температурах (оксиды азота NO_x), продукты неполного сгорания топлива (монооксид углерода CO , углеводороды CH_x , дисперсные твердые частицы, основным компонентом которых является сажа, а также оксиды серы, альдегиды, продукты конденсации и полимеризации.

Содержание тех или иных веществ в ОГ ДВС зависит как от вида используемого топлива, так и от типа организации и совершенства рабочего процесса дизельного двигателя. Поэтому обычно указывают достаточно широкие пределы содержания в ОГ различных компонентов.

Уровень токсичности ОГ дизельных ДВС оценивается на основании результатов их испытаний по строго оговоренным в международных и национальных стандартах методикам. При этом стандарты учитывают область применения объектов, на которые устанавливают двигатели, тип транспортного средства, уровень мощности двигателя, ис-

пользуемое топливо, состояние окружающей среды, методы и средства измерения различных параметров и многое другое.

Сегодня часто можно слышать и читать о европейских нормах токсичности ОГ двигателей транспортных средств Euro (Euro-2/3/4/5/6). Однако на внедорожные машины они не распространяются. Для самоходной, в том числе и сельскохозяйственной, техники существуют собственные нормы – Stage. Общеизвестно, что европейские нормы токсичности являются одним из главных двигателей прогресса в двигателестроении. Нормами Stage регламентируется максимальное содержание в ОГ четырех токсичных составляющих – окиси углерода (CO), углеводородов (CH), окислов азота (NO_x) и твердых частиц или сажи (PM).

Первые законодательные нормы Евросоюза, ограничивающие токсичность ОГ внедорожных самоходных машин, были опубликованы 27 февраля 1998 г. (Директива 97/68/EC) [1, 2]. Нормы для дизелей внедорожных машин вводились в два этапа: Stage I вступили в силу в 1999 г., Stage II – в зависимости от полезной мощности двигателей с 2001 г. по 2004 г. Под действие этих стандартов попадают промышленные буровые установки, компрессоры, строительные колесные погрузчики, бульдозеры, внедорожные грузовые транспортные средства, мобильные экскаваторы, которые могут передвигаться по дорогам общего пользования, вилочные погрузчики, машины для уборки и ремонта дорог, снегоуборочная техника, наземное вспомогательное оборудование для аэропортов, оборудование вертикального доступа, подъемники, а также самоходные подъемные краны. Сельскохозяйственные и лесозаготовительные тракторы также подпадают под действие этих стандартов, однако сроки вступления в силу для них иные (Директива 2000/25/EC от 22 мая 2000 г.).

Стандарты EC Stage V (табл. 1) являются новыми актуальными действующими экологическими стандартами по ограничению вредных выбросов двигателей внедорожной техники [1, 3]. Если стандарты Stage IV распространялись на двигатели мощностью от 56 до 560 кВт, то в сферу действия Stage V попадут все силовые агрегаты независимо от мощности: менее 19 кВт и свыше 560 кВт.

Последние исследования ученых показали, что на здоровье человека очень опасное влияние оказывают частички сажи, содержащиеся в ОГ, причем наиболее опасны для здоровья человека мельчайшие частицы размером меньше микрона. Эти частицы могут проникать глубоко в легкие и накапливаться там, поэтому в нормах Stage V введены новые ограничения по содержанию в ОГ двигателей твердых частиц (сажи) не только по массе – PM, но и по количеству – PN, а также окислов азота NO_x. Норма PN введена для того, чтобы высокоэффективные технологии фильтрования твердых частиц (сажи), например

фильтры с активной (управляемой) регенерацией, гарантированно использовались на всех двигателях, подпадающих под действие данных норм.

Т а б л и ц а 1. Нормы Stage V

Тип двигателя	Диапазон мощности, кВт	Год	CO	CH	NO _x	PM (масса частиц)	PN (количество частиц)
			г/кВт·ч				1/кВт·ч
Дизель	P < 8	2019	8,00	7,50 ^{a,c}	0,40 ^b	—	—
Дизель	8 ≤ P < 19	2019	6,60	7,50 ^{a,c}	0,40	—	—
Дизель	19 ≤ P < 37	2019	5,00	4,70 ^{a,c}	0,015	1x10 ¹²	1x10 ¹²
Дизель	37 ≤ P ≤ 56	2019	5,00	4,70 ^{a,c}	0,015	1x10 ¹²	1x10 ¹²
Все	56 ≤ P ≤ 130	2020	5,00	0,19 ^c	0,4	0,015	1x10 ¹²
Все	130 ≤ P ≤ 560	2019	3,50	0,19 ^c	0,4	0,015	1x10 ¹²
Все	P > 560	2019	3,50	0,19 ^d	3,5	0,045	—
^a CH + NO _x ^b 0,6 для двигателей с ручным пуском, воздушным охлаждением и непосредственным впрыском ^c Коэффициент A = 1,1 для газовых двигателей ^d Коэффициент A = 6 для газовых двигателей							

На основе директив Евросоюза должны быть созданы национальные законы государств-членов. Переходный период с налоговыми льготами продолжительностью до двух лет предоставляется в большинстве стандартов токсичности ОГ двигателей внедорожных машин для двигателей, произведенных до официальной даты вступления в действие законодательства. Поскольку конкретную продолжительность каждого льготного периода, от 0 до 2 лет самостоятельно определяет каждое государство – член Евросоюза, точный график введения в действие законодательства может различаться в разных странах [1].

Каждый стандарт токсичности ОГ, установленный Евросоюзом, обычно имеет две актуальные даты: дата одобрения типа стандарта, после которой все новые модели, получающие одобрения типа стандарта, должны соответствовать данному стандарту; дата выхода на рынок (или первой регистрации), после которой все двигатели, выпускаемые на рынок, должны соответствовать данным стандартам.

Все даты, указанные в табл. 1, являются датами выхода на рынок. Обычно дата одобрения типа стандарта устанавливается на год раньше соответствующей даты выхода на рынок. До двух лет устанавливается длительность периода продажи, который предусматривается для двигателей, произведенных до соответствующей даты выхода на рынок. Поскольку конкретную длительность периода продажи – от нуля до двух лет – каждое государство Евросоюза определяет самостоятельно,

точные временные рамки действия законодательства в разных странах могут различаться.

Что касается экологических стандартов США, то первые законы о защите окружающей среды были разработаны и введены Советом по защите воздушных ресурсов штата Калифорния. Их целью являлось снижение вредного влияния двигателей внутреннего сгорания на окружающую среду. Первоначально были ограничены выбросы дорожных транспортных средств, и лишь позже установили нормы для двигателей, используемых для других целей [4].

Федеральные стандарты Tier 1 для дизельных двигателей новых внедорожных машин были приняты в 1994 г. Под их действие подпадали силовые агрегаты мощностью свыше 37 кВт (50 л. с.). В 1996 г. было подписано Соглашение о принципах (Statement of Principles – SOP) между Управлением по защите окружающей среды США (EPA), Советом по природным ресурсам Калифорнии (ARB) и компаниями-производителями двигателей, в числе которых Caterpillar, Cummins, John Deere, Detroit Diesel, Deutz, Isuzu, Komatsu, Kubota, Mitsubishi, Navistar, New Holland, Wis-Con и Yanmar [4, 5]. Нормы должны были вступить в действие поэтапно, в период с 1996 г. по 2000 г.

27 августа 1998 г. EPA утвердило окончательную редакцию норм, отражающую положения SOP. Этот документ относился и к дизельным двигателям внедорожных машин. В том же году были введены стандарты Tier 1 для двигателей мощностью ниже 37 кВт (50 л. с.) и более жесткие Tier 2 и Tier 3 для всех двигателей. Tier 2 и Tier 3 решено было вводить в действие поэтапно, с 2000 г. по 2008 г.

Современные действующие нормы Tier 4 также были введены поэтапно, с 2008 г. по 2015 г. Нормы Tier 4 для двигателей мощностью менее 560 кВт и свыше 560 кВт представлены в табл. 2 [5]. Нормы предусматривают значительное сокращение NO_x (для двигателей мощностью свыше 56 кВт) и сажи (свыше 19 кВт), а также более строгие ограничения содержания СН. Нормы содержания СО остаются без изменений такими же, как в Tier 2...3.

В настоящее время Tier 4 соответствует стандартам Stage IV. Tier 4 и Stage IV схожи не только номенклатурой, но и нормами. Это сделано для того, чтобы в условиях современной глобализации не было необходимости для каждого рынка создавать отдельные двигатели. Новый стандарт Tier 5 пока еще не принят [4, 6].

Специалисты считают, что для выполнения норм Stage V и Tier 5 не потребуются кардинальных изменений в существующих на сегодняшний день технологиях [1, 6, 7]. Скорее всего выполнить нормы Stage V можно будет путем эволюции уже существующих технологий, которые применяются в двигателях, соответствующих требованиям норм Stage IV, а не революционными изменениями в составе и конструкции

ях систем и механизмов двигателя. Чтобы выполнить требования норм Stage IV, многие производители двигателей используют дизельный окислительный каталитический нейтрализатор DOC и систему селективной каталитической нейтрализации SCR. Однако при переходе к нормам Stage V к этому оборудованию, вероятно, придется добавить сажевый фильтр DPF [6, 7].

Т а б л и ц а 2. Нормы Tier 4

Двигатели до 560 кВт						
Мощность двигателя, кВт (л. с.)	Год	CO	NMHC	NMHC + NO _x	NO _x	PM
		г/кВт·ч				
Менее 8 (менее 11)	2008	8,0 (6,0)	–	7,5 (5,6)	–	0,4 (0,3)
8...19 (11...25)	2008	6,6 (4,9)	–	7,5 (5,6)	–	0,4 (0,3)
19...37 (25...50)	2008	5,5 (4,1)	–	7,5 (5,6)	–	0,3 (0,22)
	2013	5,5 (4,1)	–	4,7 (3,5)	–	0,03 (0,022)
37...56 (50...75)	2008	5,0 (3,7)	–	4,7 (3,5)	–	0,3 (0,22)
	2013	5,0 (3,7)	–	4,7 (3,5)	–	0,03 (0,022)
56...130 (75...175)	2012–2014	5,0 (3,7)	0,19 (0,14)	–	0,4 (0,3)	0,02 (0,015)
30...560 (175...750)	2011–2014	3,5 (2,6)	0,19 (0,14)	–	0,4 (0,3)	0,02 (0,015)

Двигатели более 560 кВт					
Год	Категория	CO	NMHC	NO _x	PM
2011	Генераторные установки мощностью более 900 кВт	3,5 (2,6)	0,40 (0,30)	0,67 (0,50)	0,10 (0,075)
	Все двигатели, кроме генераторных установок мощностью более 900 кВт	3,5 (2,6)	0,40 (0,30)	3,5 (2,6)	0,10 (0,075)
2015	Генераторные установки	3,5 (2,6)	0,19 (0,14)	0,67 (0,50)	0,03 (0,022)
	Все двигатели, кроме генераторных установок	3,5 (2,6)	0,19 (0,14)	3,5 (2,6)	0,04 (0,03)

В заключение следует отметить, что для того чтобы добиться соответствия двигателей все ужесточающимся нормам, практически всем моторостроителям придется в конечном счете снабдить свою продукцию сложной электронной аппаратурой управления и компьютерными программами [1, 7]. Разработки таких систем требуют больших усилий и средств. Производители двигателей всеми средствами воздействуют на законодательные органы Евросоюза, США и Японии, добиваясь гармонизации норм токсичности ОГ во всем мире [2]. Унификация законодательств устранит препятствия к совершенствованию двигателей и сертификации (одобрению) типа двигателей на различных рынках.

Для гармонизации с нормами Stage V в экологические стандарты США придется внести некоторые принципиальные изменения: как уже

говорилось, в Stage V ограничивается количество твердых частиц (PN) в выбросах, и для выполнения этих требований необходимо обязательно использовать сажевый фильтр DPF, в то время как нормы Tier 4 могут быть выполнены без использования сажевого фильтра [4, 5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Emission Standards [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dieselnet.com/standards/>. – Дата доступа: 27.11.2019.
2. Bharat stage emission standards. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Bharat_stage_emission_standards. – Дата доступа: 27.11.2019.
3. EU: Nonroad Engines [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php#s5>. – Дата доступа: 27.11.2019.
4. Emission Standards Reference Guide. United States Environmental Protection Agency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.epa.gov/emission-standards-reference-guide/all-epa-emission-standards>. – Дата доступа: 27.11.2019.
5. United States: Nonroad Diesel Engines [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dieselnet.com/standards/us/nonroad.php>. – Дата доступа: 27.11.2019.
6. Новый стандарт Stage5/Tier5 в скором времени продолжит борьбу с токсичными выхлопами дизельных двигателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://allspectech.com/novosti/novyyj-standart-stage5-tier5.html>. – Дата доступа: 27.11.2019.
7. Agriculture Engines [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cummins.com/engines/agriculture>. – Дата доступа: 27.11.2019.

УДК 631.333.44

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВАЖНЕЙШИХ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ШТАНГОВЫХ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ЖИДКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

И. Л. ПОДШИВАЛЕНКО, канд. техн. наук, доцент

Н. И. ДУДКО, канд. техн. наук, профессор

С. А. СИДОРОВ, инженер

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

Введение. Плодородие почв отнесено к числу государственных приоритетов. Одним из определяющих показателей плодородия почв является содержание гумуса. По результатам последнего тура следования оно составляет всего лишь 2,25% [1, 2, 3], причем наблюдается тенденция к его снижению. Объясняется такое положение недостаточными объемами и несовершенством технологий применения органических удобрений, являющихся основным источником для образования гумуса. С увеличением содержания гумуса в почве улучшаются физико-химические свойства. На этом фоне значительно возрастает эффективность вносимых минеральных удобрений [4, 5, 6].

Из элементов питания, содержащихся в кормах, в составе навоза в почву возвращается 70–90 % азота, 70–80 % фосфора, 80–90 % калия, 80–95 % кальция и 40–50 % органического вещества. Кроме того, с увеличением содержания гумуса снижается коэффициент внешнего трения почвы по различным поверхностям. Прирост органического углерода на 0,1 % снижает плотность почвы на 0,01 г/см³. Следовательно, снижается удельное сопротивление рабочих органов почвообрабатывающих и посевных машин и уменьшается расход топлива на выполнение соответствующих операций.

Следует отметить, что в экскрементах животных, кроме основных элементов питания растений (NPK), содержатся различные микроэлементы, которыми почвы Беларуси обеспечены слабо. Так, в получаемых объемах экскрементов содержится 690 т марганца, 115 т меди, 50 т бора, 7 т кобальта, 76 т цинка, около 10 т молибдена и ряд других микроэлементов.

В нынешних условиях, когда стоимость минеральных удобрений и химических средств защиты растений значительно возросли, органические удобрения становятся в буквальном смысле стратегическим ресурсом. Повсеместное хозяйское их использование является огромным резервом сокращения объемов применения химзащиты и позволит получать устойчивые урожаи всех сельскохозяйственных культур и экологически чистую продукцию.

Оценивая уровень машин для внесения органических удобрений, следует отметить, что машины для внесения твердых органических удобрений вполне совершенны, обеспечивают необходимое качество распределения удобрений по полю. Машины типа МЖТ для внесения жидкого навоза работают по принципу разбрызгивания, что приводит к потере до 90 % аммиака [7, 8, 9], поэтому в мировой практике такой принцип работы уже не используется, так как они не отвечают требованиям экологии и качества распределения. Поэтому в настоящее время для внесения жидких органических удобрений применяются штанговые распределяющие системы.

Технологический процесс внесения жидких органических удобрений различными машинами со штанговыми системами распределения принципиально одинаков. Из цистерны 1 (рис. 1) насосом 2 ЖОУ подаются в распределяющие системы (распределяющую трубу (а), распределяющий шнек (б), распределительную головку (в, г, д)), которые распределяют удобрения по шлангам-понижителям 6.

Шланги 6 расставлены вдоль штанги на одинаковом расстоянии, нижними концами касаются земли. Жидкие удобрения выливаются через шланги 6 на поверхность почвы в виде полос, не разбрызгиваясь на растения, что резко уменьшает улетучивание азота и загрязнение окружающей среды по сравнению с разбрызгиванием, исключает уничтожение насекомых и животных, питающихся ими, позволяет прово-

дить подкормку даже высокорослых растений (зернобобовых, зерновых культур, кукурузы).

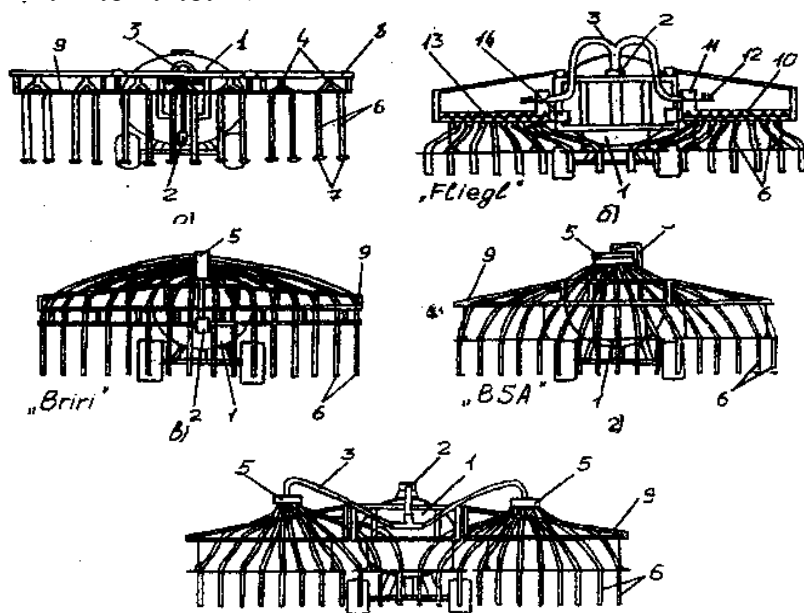


Рис. 1. Схемы штанговых машин:

- а* – машины с распределяющей трубкой; *б* – машины с распределяющим шнеком;
в, г, д машины с распределительными головками; 1 – цистерна; 2 – насос;
 3 – подводящий патрубок; 4 – штуцер; 5 – распределительная (делительная) головка;
 6 – шланг-понижитель; 7 – наконечник; 8 – распределяющая труба; 9 – штанга;
 10 – распределительный механизм; 11 – впускная камера;
 12 – дозирующий механизм с заслонкой; 13 – шнек; 14 – привод шнека

Качество и равномерность внесения удобрений зависит от конструкции распределительной головки штанговой машины.

Постановка задачи и ее решение. Обзор и анализ распределительных головок показывает, что все известные их конструкции не обеспечивают качественного распределения ЖОУ по полю. Однако с учетом их компактности они представляют определенный интерес для исследований с целью их дальнейшего совершенствования. Нами предлагается конструкция и методика инженерного расчета основных параметров роторной распределительной головки, которая обеспечивает работу с жидким навозом, содержащим инородные включения.

Она представляет собой закрытый цилиндрический кожух, по периметру на поверхности которого размещены 24 отверстия. С наружной стороны к отверстиям приварены штуцера для присоединения выливных шлангов.

Распределительная головка предназначена для равномерного деления основного потока жидкости на 24 одинаковых потока. Она состоит из цилиндрического корпуса 1 (рис. 2), плотно закрывающейся крышки 2, в центре которой вварен конец нагнетательного трубопровода 3, выливных штуцеров 6, распределительного ротора, состоящего из стакана 4, изогнутых патрубков 8 и измельчающего ножа 9.

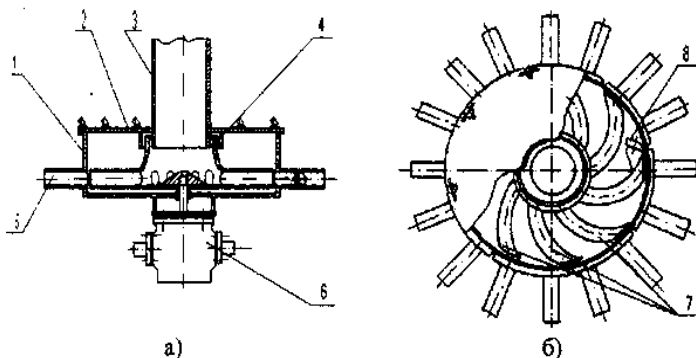


Рис. 2. Распределительная головка:
а – вид сбоку; *б* – вид сверху 1 – цилиндрический корпус; 2 – крышка;
 3 – нагнетательный трубопровод; 4 – стакан ротора; 5 – выливные штуцера;
 6 – гидромотор; 7 – патрубок ротора; 8 – нож

Величина наружного диаметра цилиндрического корпуса головки определяется количеством выливных шлангов, расположенных в один ряд по периметру цилиндрической поверхности корпуса головки, и расстоянием между штуцерами выливных шлангов в месте присоединения к корпусу [10, 11]:

$$D_{\text{НГ}} = \frac{k(d_{\text{НШ}} + l)}{\pi}, \quad (1)$$

где $D_{\text{НГ}}$ – наружный диаметр корпуса головки, м;

$d_{\text{НШ}}$ – внутреннему диаметру выливного штуцера, принимается равным внутреннему диаметру выливного шланга, м;

k – количество выливных штуцеров, шт.;

l – расстояние между наружными поверхностями штуцеров в месте соединения с корпусом, м.

Внутренний диаметр корпуса определим по формуле:

$$D_{\text{ВГ}} = D_{\text{НГ}} - 2\delta_2, \quad (2)$$

где δ_2 – толщина стенки цилиндрического корпуса головки, м.

Входной диаметр ротора можно определить по формуле:

$$D_{\text{ВР}} = D_{\text{НАГ}} + 2\delta_1 + 2t_1, \quad (3)$$

где $D_{\text{НАГ}}$ – внутренний диаметр нагнетательного трубопровода, м;
 δ_1 – толщина стенки нагнетательного трубопровода, м;
 t_1 – зазор между внутренней поверхностью входной части ротора и наружной поверхностью нагнетательного трубопровода, м.
 Количество выливных патрубков ротора z определим из условия:

$$\Sigma S_{\text{ПАТР}} \geq S_{\text{НАГ}}, \quad (4)$$

где $\Sigma S_{\text{ПАТР}}$ – сумма площадей поперечных сечений патрубков,

$$\Sigma S_{\text{ПАТР}} = z S_{\text{ПАТР}}, \quad (5)$$

где z – количество выливных патрубков, шт.;

$S_{\text{НАГ}}$ – площадь поперечного сечения нагнетательного трубопровода, м^2 .

Внутренний диаметр патрубков ротора принимаем равным внутреннему диаметру выливных штуцеров $d_{\text{п}} = d_{\text{рш}}$.

Тогда, подставив в условие (4) значения площадей и выразив количество патрубков z , получим:

$$z = \frac{D_{\text{НАГ}}^2}{d_{\text{п}}^2}. \quad (6)$$

Полученную цифру округляем до целого числа в большую сторону. Уточняем значение скорости движения жидкости в патрубках ротора:

$$W = \frac{4 \cdot Q}{z \cdot \pi \cdot d_{\text{п}}^2}. \quad (7)$$

Так как площадь сечения патрубка ротора постоянна по всей его длине, то скорость на входе в патрубок W_1 равна скорости на выходе из него W_2 и будет вычисляться по формуле (7).

Патрубки распределительного ротора приварены к стакану ротора под углом β_1 и имеют плавно изогнутую форму (рис. 3).

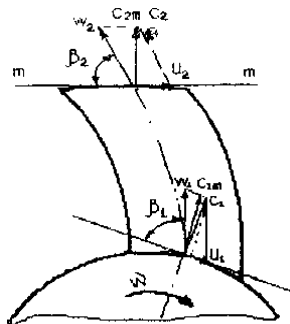


Рис. 3. Схема движения жидкости в роторе и параллелограммы скоростей на выходе патрубка ротора

На выходе патрубки обрезаны под углом β_2 , из-за чего имеют эллипсовидное выходное сечение.

Угол выхода определим β_2 по формуле:

$$\operatorname{tg} \beta_2 = \frac{d_n}{2a}, \quad (8)$$

где d_n – внутренний диаметр патрубка, м;

a – большая полуось эллипса, м.

Большую полуось эллипса a найдем из условия, чтобы в момент времени суммарная площадь проходного сечения, образованного выходными сечениями патрубков ротора 7 (рис. 2) и входными сечениями выливных штуцеров 5, была равна или больше сумм площади поперечных сечений патрубков, или, иначе, суммарная площадь проходного сечения, образованного выходным сечением патрубка ротора и входными сечениями выливных штуцеров, должна быть равна или больше площади поперечного сечения выливного штуцера (рис. 4). Запишем последнее условие в виде выражения:

$$2(S_1 + S_2 + S_3 + S_4) \geq \frac{\pi d_n^2}{4}, \quad (9)$$

где $S_1 + S_2 + S_3 + S_4$ – площади, образующие суммарное проходное сечение, расположенное над осью x , м².

Площади суммарного проходного сечения вычислим с помощью интегралов, для чего задаемся координатными осями x и y с центром в точке O (рис. 4), относительно которого симметрично расположим центры окружностей входных сечений выливных штуцеров на расстоянии $S = z + e/2$, где $r = \frac{d_n}{2}$ – радиус круглого сечения выливных штуцеров, а также малая полуось эллипса, мм; e – расстояние между выливными штуцерами, $e = l + 2, \delta_3$ мм; δ_3 – толщина стенки штуцера, мм.

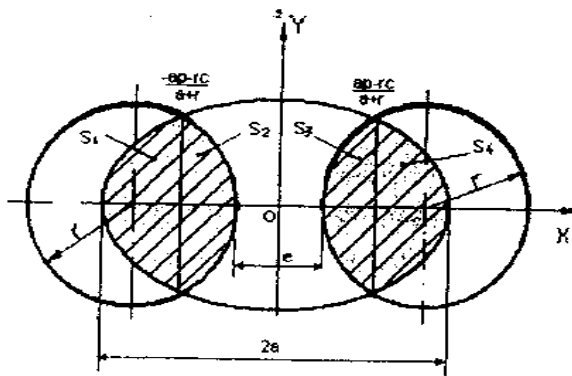


Рис. 4. Схема для расчета большой полуоси эллипса выходного сечения патрубка

Запишем уравнения окружностей и эллипса.

Уравнение левой окружности

$$y_1 = \sqrt{r^2 - (x + s)^2}; \quad (10)$$

уравнение правой окружности

$$y_1 = \sqrt{r^2 - (x - s)^2}; \quad (11)$$

уравнение эллипса

$$y_3 = \frac{r}{a} \sqrt{a^2 - (x + c)^2}, \quad (12)$$

где a – большая полуось эллипса, мм;

c – смещение центра эллипса относительно начала координат, мм.

Решая совместно уравнения (10) и (12), а также уравнения (11) и (12), определим точки пересечения правой и левой окружностей с эллипсом, которые являются пределами интегрирования при определении площадей $S_1 + S_2 + S_3 + S_4$.

Определяем площади проходного сечения, находящегося над осью x , по следующим формулам:

$$\begin{aligned} S_1 &= \int_{-a-c}^{-\frac{as-rc}{a+r}} \frac{r}{a} \sqrt{a^2 - (x + c)^2} dx; \\ S_2 &= \int_{-\frac{as-rc}{a+r}}^{-s+r} \sqrt{r^2 - (x + s)^2} dx; \\ S_3 &= \int_{\frac{as-rc}{a+r}}^{\frac{a-c}{a}} \frac{r}{a} \sqrt{a^2 - (x + c)^2} dx. \end{aligned} \quad (13)$$

Тогда выражение (9) запишем в виде уравнения [4]:

$$\begin{aligned} & \left[\int_{-a-c}^{-\frac{as-rc}{a+r}} \frac{r}{a} \sqrt{a^2 - (x + c)^2} dx + \int_{-\frac{as-rc}{a+r}}^{-s+r} \sqrt{r^2 - (x + s)^2} dx + \right. \\ & \quad \left. + \int_{\frac{as-rc}{a+r}}^{\frac{a-c}{a}} \frac{r}{a} \sqrt{a^2 - (x + c)^2} dx + \right. \\ & \quad \left. + \int_{s-r}^{\frac{as-rs}{a+r}} \sqrt{r^2 - (x - s)^2} dx \right] \cdot 2 - \pi r^2 = 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Уравнение (14) можно решить с помощью численных методов (деление отрезка пополам) или используя программное обеспечение «Mathcad». Полученное значение большой полуоси a подставляем в формулу (8) и определяем угол выхода β_2 .

Величины напора, создаваемого центробежным насосом, достаточно точны для преодоления сопротивлений в арматуре насосной уста-

новки и в распределительной головке. Поэтому нет необходимости, чтобы ротор работал как насос и создавал дополнительный напор. Вследствие этого необходимо подобрать частоту вращения ротора так, чтобы скорость C_{2m} совпала по значению и направлению с абсолютной скоростью C_2 , равной геометрической сумме относительной скорости движения жидкости W_2 и окружной скорости ротора на выходе U_2 (рис. 3):

$$C_{2m} = C_2 = W_2 + U_2. \quad (15)$$

Спроектировав вектор скорости C_{2m} выражения (15) на касательную $m-m$, получим:

$$U_2 - W_2 \cos \beta_2 = 0. \quad (16)$$

В свою очередь, окружная скорость на выходе из ротора определяется по формуле:

$$U_2 = \frac{\pi n D^2}{60}, \quad (17)$$

где n – частота вращения ротора, мин^{-1} ;

D_2 – выходной диаметр ротора, $D_2 = D_{\text{ВГ}} - 2\Delta$, м;

Δ – зазор между патрубками ротора и внутренней стенкой корпуса головки, м.

Формулу (17) подставим в выражение (16) и выразим частоту вращения ротора n , получим:

$$n = \frac{60 W_2 \cos \beta_2}{\pi D_2}. \quad (18)$$

Для обеспечения безударного входа жидкости в патрубки для избежания увеличения гидравлических потерь необходимо патрубки приваривать к стакану под углом θ , который можно определить по формуле:

$$\text{tg} \beta_1 = \frac{C_{1m}}{U_1}, \quad (19)$$

где C_{1m} – скорость движения жидкости на входных кромках патрубков, м/с;

U_2 – окружная скорость на входе в патрубки, м/с.

Скорость движения жидкости на входе в патрубки C_{1m} можно определить через относительную скорость движения жидкости W_1 :

$$C_{1m} = W_1 \sin \beta_1, \quad (20)$$

где W_1 – скорость движения жидкости в патрубке, м/с.

Скорость движения жидкости на входе в патрубки ротора с учетом угла входа β_1 определим по формуле:

$$W_1 = \frac{4Q \sin \beta_1}{z \pi d_{\Pi}^2}. \quad (21)$$

Диаметр входа в патрубки ротора D_1 можно записать в виде:

$$D_1 = \frac{z \cdot \left(\frac{d_{\Pi} + 2\delta_3}{\sin \beta_1} \right)}{\pi}. \quad (22)$$

Осуществив соответствующие преобразования, получим выражение для определения угла входа в патрубки ротора:

$$\left\{ \frac{d_{\Pi} + 2\delta_1}{\sin \beta_1 \sin 2\beta_1} + \frac{l}{\sin 2\beta_1} \right\} = \frac{120 \cdot Q}{\pi \cdot n \cdot z^2 d_{\Pi}^2}. \quad (23)$$

Значение входного угла β_1 находим приближенными методами. Например, методом деления отрезка на десять частей. Для этого табулируем функцию на отрезке от 0 до $\frac{\pi}{2}$. На этом отрезке уравнение (23) имеет два решения. С конструктивной точки зрения, необходимо принимать большее значение угла входа β_1 , так как это облегчает изготовление ротора и экономит материал.

Для построения очертания лопасти и определения длины лопасти составим дифференциальное уравнение для малых приращений угла в радианах и радиуса Δr (рис. 5).

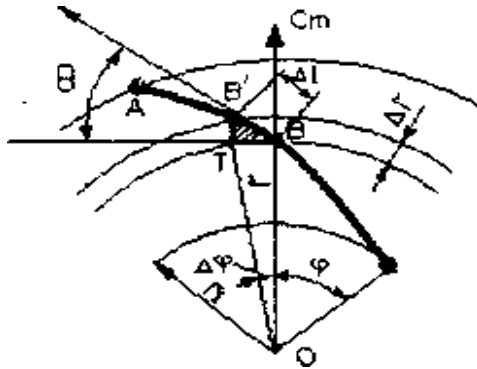


Рис. 5. Схема для определения длины лопасти

Гипотенузу B/B треугольника TB/B можно записать $B/B = \frac{\Delta r}{\sin \theta}$. Тогда длину патрубка можно определить по формуле:

$$l_{\Pi} = \sum_{i=1}^{i=k} \frac{B_i + B_{i+1}}{2} \Delta r_i, \quad (24)$$

где Δr_i – приращение радиуса ротора, м;

k – количество разбиений расстояния между радиусом входа;
 $r_1 = D_1/2$ и радиусом выхода $r_2 = D_2/2$;
 B_i – функция в i -й точке;
 Θ_i – угол наклона патрубка к касательной окружности в i -й точке;

$$B_i = \frac{1}{\sin \Theta_i}. \quad (25)$$

Решая уравнение (24) табличным способом и задаваясь рядом g значений в интервале от r_1 до r_2 , определяем значение окружной скорости U_i , $\Theta_i = W/U_i$, угол Θ_i , $\sin \Theta_i$ и функцию B_i .

Выводы. 1. Проведенные теоретические исследования по расчету основных параметров распределительной головки штанговых машин для внесения жидких органических удобрений позволили разработать такую конструкцию головки, которая может работать с жидким навозом, содержащим инородные включения.

2. Предложенная распределительная головка для штанговых распределительных машин является элементом, определяющим качество и надежность технологического процесса внесения жидких органических удобрений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степук, Л. Я. Обоснование подающего устройства к штанговой мапгане для внесения жидких органических удобрений / Л. Я. Степук, В. Р. Петровец, И. Л. Подшиваленко // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2004. – № 2. – С. 73–76.
2. Степук, Л. Я. Выбор типа и обоснование параметров распределяющего устройства к штанговым машинам для внесения жидких органических удобрений (ЖОУ) / Л. Я. Степук, В. Р. Петровец, И. Л. Подшиваленко // Агропанорама. – 2004. – № 6. – С. 8–11.
3. Степук, Л. Я. Средства механизации внесения жидких органических удобрений / Л. Я. Степук, В. Р. Петровец, И. Л. Подшиваленко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2004. – № 7. – С. 9–10.
4. Степук, Л. Я. Машина для внесения жидких органических удобрений МЖТ-6 Ш / Л. Я. Степук, В. В. Барабанов, И. Л. Подшиваленко // Агропанорама. – 2006. – № 4. – С. 25–28.
5. Подшиваленко, И. Л. Обзор и анализ штанговых распределяющих систем для внесения жидких органических удобрений / И. Л. Подшиваленко // Наука – образованию, производству, экономике: тез. докл. 56-й Междунар. науч.-практ. конф. профессоров, преподавателей, науч. работников и аспирантов БНТУ, Минск, 4–7 февр. 2003 г. / Белорус, нац. техн. университет; под ред. Б. М. Хрусталева. – Минск: УП «Технопринт», 2003. – Т. 2. – С. 88.
6. Механизация внесения жидких органических удобрений – реальность и перспектива / Л. Я. Степук, С. И. Лях, В. Р. Петровец, И. Л. Подшиваленко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»; редкол.: В. Н. Дашков [и др.]. – Минск, 2003. – Вып. 37, т. 1. Механизация земледелия. – С. 54–59.
7. Степук, Л. Я. Обоснование ширины захвата штанговых машин для внесения удобрений / Л. Я. Степук, С. А. Антошук, И. Л. Подшиваленко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»; редкол.: В. Н. Дашков [и др.]. – Минск, 2003. – Вып. 37, т. 1. Механизация земледелия. – С. 40–49.

8. Степук, Л. Я. Обоснование параметров распределяющей системы машины для внесения жидких органических удобрений / Л. Я. Степук, И. Л. Подшиваленко // Научно-технический прогресс в животноводстве: перспективная система машин – основа реализации стратегии машинно-технологического обеспечения животноводства на период до 2010 г.: сб. науч. трудов / ГНУ ВНИИМЖ; редкол.: Н. М. Морозов [и др.]. – Подольск, 2004. – Т. 13. – С. 188–198.

9. Степук, Л. Я. Обзор и анализ средств механизации внесения жидких органических удобрений / Л. Я. Степук, И. Л. Подшиваленко // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию образования факультета механизации с.-х. Белорус, госуд. с.-х. академии, Горки, 5–7 декабря 2002 г. / Белорус. гос. с.-х. академия; редкол.: В. А. Шаршунов [и др.]. – Горки, 2005. – С. 207–211.

10. Подшиваленко, И. Л. Выбор типа и обоснование параметров насоса к штанговой машине для внесения жидких органических удобрений / И. Л. Подшиваленко // Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса сельскохозяйственной техники: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 6–8 апреля 2004 г. / Белорусский государственный аграрный технический университет; редкол.: И. Н. Шило [и др.]. – Минск, 2006. – С. 122–130.

11. Степук, Л. Я. Методика расчета параметров распределяющей системы штанговой машины для внесения жидких органических удобрений / Л. Я. Степук, И. Л. Подшиваленко // Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса сельскохозяйственной техники: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 6–8 апреля 2004 г. / Белорусский государственный аграрный технический университет; редкол.: И. Н. Шило [и др.]. – Минск, 2006. – С. 112–122.

УДК 631.34(476)

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ФРЕЗЕРНЫХ ДИСКОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ УЗКОПРОФИЛЬНЫХ ГРЯД

А. И. ФИЛИППОВ¹, канд. техн. наук, доцент

Э. В. ЗАЯЦ¹, канд. техн. наук, доцент

В. П. ЧЕБОТАРЕВ², д-р техн. наук, профессор

К. Л. ПУЗЕВИЧ³, канд. техн. наук, доцент

¹УО «Гродненский государственный аграрный университет»,

Гродно, Республика Беларусь

²УО «Белорусский государственный аграрный
технический университет»,

Минск, Республика Беларусь

³УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

Горки, Республика Беларусь

Введение. Экономический порог вредоносности сорняков, при котором происходит достоверное снижение урожайности картофеля – 3–15 сорняков/м². Известно, что 100–200 сорняков на 1 м² снижают урожайность картофеля на 6,5 %. Поэтому необходимо проводить своевременный и качественный уход за посадками картофеля с целью

поддержания почвы в рыхлом и чистом от сорняков состоянии, стремясь сократить по возможности число проходов агрегата по полю.

Для разработки новых технологий, усовершенствования существующих в плане снижения, а впоследствии и исключения пестицидной нагрузки является определяющим наличие специализированной техники. В этой связи был сделан анализ и определение разработки рабочих органов, пригодных для экологизации существующих технологий.

Основная часть. Одним из таких рабочих органов являются специальные фрезерные диски для обработки боковых поверхностей узкопрофильных гряд. Секция фрезерных дисков включает сферические диски 1, повернутые в сторону обрабатываемой поверхности гряд 16 выпуклой стороной сферической поверхности 2, на которой закреплен дисково-лепестковый рыхлитель 3, по периметру сферического диска 1 установлены почвозацепы 4, которые в рабочей зоне располагаются вертикально, причем каждый сферический диск 1 с дисково-лепестковым рыхлителем 3 установлен на передвижном брус 5 и фиксируется держателем 7, установленным на грядиле 8, соединенным с шарнирной проставкой 9, которая посредством вертикальных болтов-шарниров 10, 11 обеспечивает горизонтальное копирование гребня и, в свою очередь, соединена с шарнирным брусом 12, с горизонтальными шарнирами 13, связанными с кронштейном 14 рамы 15, обеспечивающими вертикальное копирование, причем шарнирный брус 12 связан с пружиной 16, нижняя часть которой соединена с брусом 17, закрепленным на кронштейне 18 рамы 15 [1, 2, 3].

На рис. 1 представлен общий вид первоначально предложенных фрезерных дисков в секции для обработки боковых поверхностей гряд.

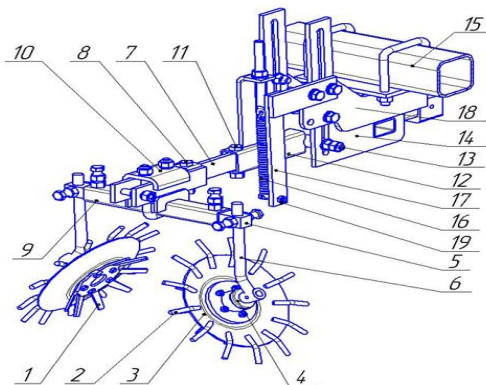


Рис. 1. Секция фрезерных дисков для обработки боковых поверхностей гряд

В результате проведенных исследований и испытаний фрезерных дисков для обработки поверхности узкопрофильных гряд в составе

агрегата универсального АУ-М2 в полевых условиях было установлено, что при достаточно качественной их работе и копировании узкопрофильных гряд при удалении сорной растительности на почвах с повышенной влажностью частично происходит налипание почвы на дисково-лепестковый рыхлитель, что хотя и незначительно, но отрицательно влияет в конечном итоге на качество обработки. В дальнейшем фрезерные диски также были модернизированы и заменены на более рациональную конструкцию, что положительно повлияло на качество рыхления и удаления сорной растительности на боковых поверхностях узкопрофильных гряд и полностью исключило залипание фрезерных дисков [4, 5, 6].

Усовершенствованный фрезерный диск для обработки боковых поверхностей узкопрофильных гряд выполнен лучеобразным и содержит фрезерный диск 1 лучеобразной формы, который имеет плоскую поверхность 2, выполнен из металла толщиной не менее 6 мм и с помощью подшипникового узла 3 закреплен к вертикальной стойке 4, а стойка 4 закреплена к раздвижным грядилям 5 с возможностью перемещения и фиксации как вверх-вниз, так и в стороны (рис. 2).

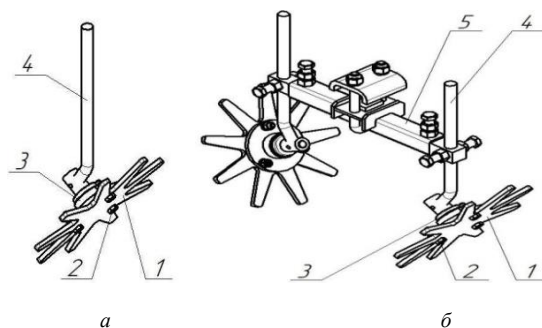


Рис. 2. а – фрезерный лучеобразный диск; б – секция фрезерных лучеобразных дисков для обработки боковых поверхностей гряд

При движении фрезерных лучеобразных дисков в почве они вращаются от соприкосновения с почвой, при этом они устанавливаются под наклоном к боковой поверхности гряд на глубину до 2 см. При обработке почвы фрезерными лучеобразными дисками обрабатывается почвенный слой боковых поверхностей гряд толщиной до 2 см, при этом уничтожаются всходы и проростки сорных растений на боковых поверхностях гряд в копирующем их режиме [7, 8, 9].

При выполнении технологического процесса фрезерные лучеобразные диски 1 прилегают к поверхностям гряд и обеспечивают их копирование и поверхностную обработку почвы, полностью уничтожают

всходы сорняков на боковых поверхностях гряд и не забиваются почвой при повышенной влажности и на тяжелых почвах. Глубина и качество обработки устанавливаются перемещением и фиксацией фрезерных лучеобразных дисков как вверх-вниз, так и в стороны на стойках 4 и раздвижных грядилях 5 [10, 11, 12].

Заключение. Использование фрезерных лучеобразных дисков для обработки боковых поверхностей узкопрофильных гряд позволяет выполнять поверхностное рыхление гряд, не вынося почву из нижних слоев на поверхность, что, в свою очередь, снижает энергоемкость процессов рыхления, гребневания и окучивания с одновременным уничтожением проростков и всходов сорных растений механическим способом без забивания рабочих органов почвой и без применения гербицидов, что очень важно при экологическом земледелии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заяц, Э. В. Сельскохозяйственные машины: учебник / Э. В. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 432 с.
2. Заяц, Э. В. Анализ технологических операций и изыскание рабочих органов культиватора для ухода за картофелем при экологическом земледелии / Э. В. Заяц, А. А. Аутко, А. И. Филиппов, В. Н. Салей, П. В. Заяц // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы сб. науч. статей. – Гродно: ГГАУ, 2017. – С. 83–89.
3. Заяц, Э. В. Разработка рабочих органов машин для возделывания картофеля и овощей при экологическом земледелии / Э. В. Заяц, А. А. Аутко, А. И. Филиппов, В. Н. Салей, П. В. Заяц, // Современные технологии с.-х. производства: материалы XX Междунар. науч.-техн. конф. – Гродно: ГГАУ, 2017. – С. 182–184.
4. Лепешкин, Н. Д. Обзор зарубежных комбинированных агрегатов / Н. Д. Лепешкин, А. И. Филиппов, А. С. Добышев, К. Л. Пузевич // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы XX Междунар. науч.-техн. конф. – Минск, 2016. – С. 141–147.
5. Аутко, А. А. Агрегат для обработки профилированной поверхности почвы / А. А. Аутко, Э. В. Заяц, А. И. Филиппов, С. В. Стуканов, А. В. Зень // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф. – Гродно: ГГАУ, 2018. – С. 182–185.
6. Аутко, А. А. Фрезерные диски для обработки боковых поверхностей гряд / А. А. Аутко, Э. В. Заяц, А. И. Филиппов, В. П. Чеботарев // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. статей Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 120–122.
7. Аутко, А. А. Пружинный рыхлитель для довсходового уничтожения сорной растительности / А. А. Аутко, Э. В. Заяц, А. И. Филиппов, В. П. Чеботарев // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. статей Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БГАТУ, 2018. – С. 122–125.
8. Филиппов, А. И. Агрегат комбинированный для обработки профилированной поверхности почвы / А. И. Филиппов, А. А. Аутко, Э. В. Заяц, С. В. Стуканов // Современные технологии сельскохозяйственного производства: материалы XXII Междунар. науч.-техн. конф. – Гродно: ГГАУ, 2019. – С. 255–257.
9. Филиппов, А. И. Усовершенствование профилеформователя узкопрофильных гряд. А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко, В. П. Чеботарев // Техническое и кадровое

обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. статей Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 54–56.

10. Филиппов, А. И. Разработка узла распыла для объемного внесения рабочих растворов / А. И. Филиппов, Э. В. Заяц, А. А. Аутко, В. П. Чеботарев // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. статей Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 56–59.

11. Чеботарев, В. П. Обоснование конструктивных параметров устройств для формирования профиля гребня / В. П. Чеботарев, В. Н. Еднач, А. И. Филиппов, А. А. Зенов // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. статей Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: БГАТУ, 2019. – С. 71–73.

УДК 631.53.027.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛИНИИ ДЛЯ ДРАЖИРОВАНИЯ СЕМЯН

Д. А. МИХЕЕВ, канд. техн. наук, доцент

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

Введение. Дражирование семян – это способ предпосевной обработки путем создания искусственной оболочки шаровидной формы на поверхности семян. Оболочка состоит из защитных и питательных элементов, это позволяет повысить посевной потенциал семян. Оболочка может иметь как однородные слои, так и слои с различными по составу компонентами. Состав оболочки семени подбирается исходя из заданных условий возделывания конкретных сельскохозяйственных культур [1].

Дражированные семена после обработки имеют большую массу и размер в сравнении с необработанными. Увеличенный размер семян и их шаровидная форма позволяют использовать технологию точного высева. Это очень важно для культур, имеющих семена неправильной формы, таких, например, как свекла. Однако надо учитывать важную особенность дражированных семян: они более требовательны к влаге, поэтому для достижения максимального эффекта от дражирования необходимо очень точно определить сроки сева таких семян.

В настоящее время технология создания искусственной оболочки приобретает все большую популярность. Ведущие западные производители сельскохозяйственной продукции все чаще применяют эту технологию для семян таких культур, как рапс, свекла, морковь, томат и др.

Для дражирования семян используется специализированное оборудование, выпускаемое известными западными фирмами: Petkus, Cimbriga и др. К сожалению, на постсоветском пространстве серийно не

выпускаются дражираторы. Во многом это связано с отсутствием достаточных исследований в области дражирования семян [2].

Разработка отечественного оборудования для дражирования является перспективным направлением для нашей страны ввиду того, что дражированные семена имеют большой потенциал, а стоимость импортных семян с оболочкой весьма значительна. Кроме этого разработка отечественной технологии дражирования с созданием необходимого оборудования решает проблему импортозамещения.

Основная часть. Существующие дражираторы семян подразделяются по принципу действия – на периодические и непрерывные; по способу смешивания – на гравитационные, со смешиванием в падающем потоке, механические со смешиванием в кипящем слое, гравитационно-механические, пневматические и циркуляционные; по типу рабочих органов – на барабанные, лопастные, роторные, битерные, шнековые, вибрационные, планетарные; по расположению оси вращения основного рабочего органа – на горизонтальные, вертикальные и наклонные; по частоте вращения рабочих органов – на тихоходные и быстроходные. Каждое исполнение имеет свои достоинства и недостатки, однако общий принцип у большинства дражираторов одинаков. Они используют технологию постепенного наслаивания оболочки [3].

Независимо от способов обработки все дражираторы должны удовлетворять следующим требованиям: высокая производительность аппарата; хорошее качество производимых драже; механизация загрузки в дражиратор рабочих компонентов; соответствие требованиям техники безопасности и санитарно-гигиеническим требованиям; высокая эксплуатационная надежность и простота в обслуживании; долговечность работы; высокая степень однородности покрытия семян.

Для того чтобы получились готовые к посеву дражированные семена, они должны пройти полный цикл обработки, который можно представить следующим образом (рис. 1) [2].

Для прохождения всех этапов обработки, представленных на рис. 1, необходимо использовать производственную линию, состоящую из комплекса специального оборудования, основным элементом в которой является дражиратор семян.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что получение семенного драже – достаточно сложный технологический процесс, требующий использования на каждом этапе производства, кроме калибровки, отдельного оборудования.

Одним из путей совершенствования представленной технологической линии является объединение нескольких этапов производства в одной машине. Например, этого можно достичь, если использовать сушику семян в камере смешивания дражиратора. Тогда необходимость использования дополнительных духовых шкафов отпадает.



Рис. 1. Этапы производства дражированных семян

Для того чтобы высушить семена в камере смешивания, необходимо направить теплый воздух на семена. Семена в камере смешивания, дражиратора находятся в постоянном движении, это позволит осуществить интенсивную сушку. Температура воздуха, направляемого на семена, не должна превышать значений в $40...50^{\circ}\text{C}$, чтобы не перегреть семена и не снизить их посевной потенциал.

Другим путем совершенствования производственной линии является использование внутри камеры смешивания дражиратора рабочих органов (лопастей, ребер, отражателей и т. д.), позволяющих добиться создания равномерной оболочки на поверхности семян, тогда этап калибровки после дражирования можно будет убрать [4, 5].

Однако этого не всегда можно достигнуть ввиду индивидуальных особенностей семян и также применяемых компонентов оболочки. Тогда выходом из этой ситуации может являться объединение таких этапов производства, как калибровка и сушка. В этом случае производительность производственной линии увеличится по сравнению с тем, если бы сушка происходила в камере смешивания дражиратора.

Чтобы осуществить сушку и калибровку в одной машине, можно использовать закрытый калибровочный барабан с подводом теплого воздуха.

Для получения теплого воздуха наиболее простым решением является использование воздушной турбины, трубопровода и нагревательного элемента (тена, спирали) на конце трубопровода.

Заключение. Создание искусственных оболочек на поверхности семян является современным высокоэффективным способом предпосевной обработки. Чтобы получить дражированные семена, необходимо использовать проверенную технологию и целый комплекс специализированного оборудования. Для повышения эффективности производственной линии для дражирования семян весьма актуальным является использование интенсивной сушки семян как в камере смешивания, так и в калибровочном барабане. Это позволит упростить существующую технологию, а также снизит затраты на дополнительное сушильное оборудование и выделение дополнительных производственных площадей, что в совокупности повысит рентабельность производства.

Кроме этого, совершенствование рабочих органов камеры смешивания дражиратора позволит достичь высокой равномерности обработки достаточной для упразднения конечной калибровки дражированных семян.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев, Д. А. Дражирование как перспективный метод предпосевной обработки семян / Д. А. Михеев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 10–11 октября 2012 г.): в 3 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск, 2012. – Т. 2. – С. 261–264.
2. Михеев, Д. А. Дражирование семян сахарной свеклы центробежным дражиратором с лопастным отражателем / Д. А. Михеев. – Горки, 2017. – 180 с.
3. Михеев, Д. А. Способы дражирования семян / Д. А. Михеев // Молодежь и инновации – 2013: материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых (г. Горки, 29–30 мая, 2013 г.): в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А. П. Курдеко [и др.]. – Горки, 2013. – Ч. 2. – С. 19–21.
4. Червяков, А. В. Результаты экспериментальных исследований процесса дражирования семян сахарной свеклы в центробежном дражираторе с использованием лопастного отражателя / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 4. – С. 146–150.
5. Червяков, А. В. Обоснование границ варьирования параметров лопастного отражателя камеры смешивания центробежного дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестник Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016. – № 3. – С. 128–131.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКОВЫХ СОШНИКОВ ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ

А. А. СЫСОЕВ, ст. преподаватель, магистр техн. наук
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.

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 хозяйство не только прогрессивных разработок, но и совокупности мероприятий, базирующихся на комплексном использовании новейших достижений науки, техники и передового опыта на всех стадиях производства продукции.

Основная часть. Сошник – рабочий орган, предназначенный для образования бороздки, укладки семян, 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 семена или клубни и заделать их почвой [1].

По принципу действия сошники можно разделить на две группы: поступательного движения (наральниковые) и вращательного движения (дисковые).

По технологическому принципу сошники разделяют на три группы: с острым, прямым и тупым углами вхождения в почву. Технология образования бороздки этими сошниками различна. Сошник с острым углом вхождения образует бороздку, перемещая почву снизу вверх, вследствие чего дно борозды получается рыхлым. Сошник с тупым углом вхождения, наоборот, образуя бороздку, вдавливают почву сверху вниз, поэтому дно бороздки оказывается уплотненным. Сошник с

прямым углом вхождения образует бороздку, раздвигая почву в стороны. Острый угол вхождения в почву имеют анкерные и лаповые сошники, прямой – трубчатый сошник и тупой угол вхождения – килевидный, полозовидный и все дисковые [2].

Дисковые сошники 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.

Дисковые сошники делятся на однодисковые и двухдисковые. Двухдисковые сошники бывают узкорядные, с ребордами и скоростные. У обычного сошника каждый из дисков образует в почве самостоятельную бороздку. Если же взять большой угол раствора (23°), то расстояние между бороздками увеличивается. Такие сошники позволяют получить узкорядный посев. Однако узкорядные сошники тяжелые, сложные по конструкции и не позволяют работать на повышенных скоростях.

Дисковые сошники с ограничительными ребордами в виде опорных колец применяются в овощных сеялках, где требуется точное поддержание заданной глубины заделки семян. Реборды сошника укрепляют на дисках, и их можно переставлять для получения требуемой глубины заделки семян (1,5; 2,0; 3,0; 4,0 и 5,0 см) [1].

На рис. 1 показаны сошники, которые применяются в картофелесажалках.

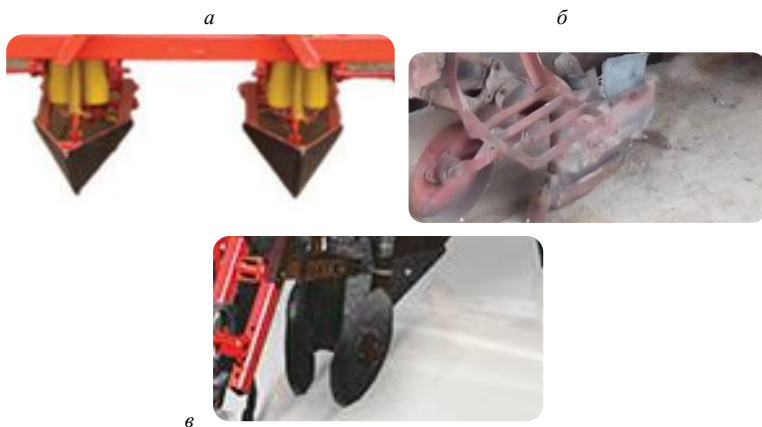


Рис. 1. Типы сошников, применяемые в картофелесажалках:
а – полозовидный сошник картофелесажалки Л-202; б – клиновидный сошник картофелесажалки КСМ-6;
в – двухдисковый сошник картофелесажалки GrimmeGL34

Сошники служат для образования в почве бороздок, укладки в них семян, поступивших из высевающего аппарата, и заделки их почвой. Роль сошников могут иногда выполнять колеса или катки с ребрами или кольцевыми выступами. 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.

Сошник должен удовлетворять следующим требованиям:

- 1) открывать бороздки одинаково заданной глубины;
- 2) не выносить нижние слои почвы на поверхность во избежание потери влаги;
- 3) уплотнять дно бороздок для восстановления капиллярности почвы;
- 4) не нарушать равномерность потока семян.

Однодисковый сошник состоит из корпуса, оси, закрепленного без угла атаки к направлению движения плоского диска. У него установлены с обеих сторон реборды в форме усеченного конуса.

Процесс посадки семян с помощью посадочной машины заключается в следующем (рис. 2). Плоский диск, установленный без угла атаки к направлению движения, при движении в почве образует щель, а установленные на нем с обеих сторон реборды создают по обе стороны от щели уплотненные под углом к горизонту ложа. Потоки клубней укладываются в образованные бороздки и заделываются бороздозакрывающими дисками.

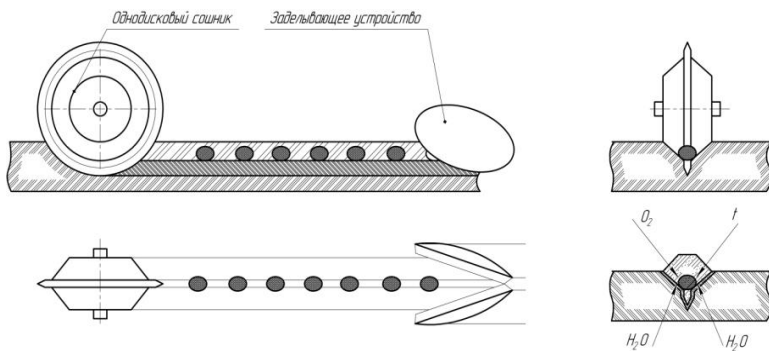


Рис. 2. Принцип работы заделки клубней

Дисковые сошники хорошо работают на разных почвах. Благодаря вращению дисков они почти не забиваются и не залипают, соответ-

ственно требуют меньших затрат на обслуживание в процессе работы. Одно из преимуществ дисковых сошников – отвечают агротехническим требованиям при создании уплотненного дна посевной бороздки и соответственно не обеспечивают высеянному семени 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 [3; 4].

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. Одно из преимуществ дисковых сошников – отвечают агротехническим требованиям при создании уплотненного дна посевной бороздки и соответственно не обеспечивают высеянному семени необходимый режим влажности на заданной глубине.

Одним из существенных недостатков дисковых сошников является необходимость качественной подготовки почвы для посадки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заяц, Э. В. Сельскохозяйственные машины: учебник / Э. В. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2016. – 432 с.
2. Ключков, А. В. Устройство сельскохозяйственных машин / А. В. Кочков, П. М. Новицкий. – Минск: РИПО, 2016. – 431 с.
3. Колос, С. В. Определение косинуса угла между абсолютной скоростью движения и нормалью к элементу сошника, контактирующему с почвой / С. В. Колос, В. Р. Петровец // Вестник Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Брянская государственная сельскохозяйственная академия». – 2014. – № 4. – С. 17–20.
4. Петровец, В. Р. 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.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЛЬНА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор

В. В. АМЕЛИЧЕВ, аспирант

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

Введение. Согласно официальным данным, в Республике Беларусь ежегодно увеличивают площадь посева льна. В 2017 г. площади под посев льна составляли 47,4 тыс. га, а в 2018 г. – 50,1 тыс. га, что на 2,7 тыс. га больше, чем в предыдущем году [1]. В 2019 г. планировалось под посев льна занять 51,4 тыс. га [2].

Это связано с тем, что в нашей стране лен имеет широкое применение для получения волокна и семян. Льняное волокно идет на изготовление разнообразных тканей, обтирочного и упаковочного материала. Из семян льна получают льняное масло, которое используется как в пищевой, так и в других отраслях промышленности.

Основная часть. Лен является одной из исторически возделываемых культур в Республике Беларусь. В настоящее время представление о престижности возделывания этой культуры меняется не только в Беларуси, но и в европейских странах. По объемам производства льноволокна Беларусь занимает третье место, уступая Франции и Бельгии. Белорусский лен хорошо известен как в странах СНГ, так и в странах дальнего зарубежья [3].

На данный момент Беларусь держится в топе мировых экспортеров, однако из-за морального устаревания сельскохозяйственной техники и медленного развития семеноводства вынуждена экспортировать свои льняные ткани относительно дешево. При этом Беларусь имеет площади посевов льна, сопоставимые с Россией. В нашей стране имеется 13 предприятий по переработке льна, которые поставляют льноволокно Оршанскому льнокомбинату. Для производства швейных изделий и тканей изо льна льнокомбинату не хватает такого объема льноволокна. Поэтому Беларусь вынуждена приобретать льноволокно в других странах.

Одной из главных задач любого производства является получение большей прибыли при наименьших затратах. По этой причине с начала XXI в. в Беларуси проводятся переоборудование и модернизация льнозаводов и комбинатов для повышения качества переработки волокна [4]. В Брестской области были переоборудованы Пружанский и Ляховичский льнозаводы, в Витебской – Дубровенский, Ореховский и Поставский, а в Гомельской области – Кормянский. В Гродненской обла-

сти модернизированы Дворецкий и Кореличский льнозаводы, в Минской области – Слуцкий, а в Могилевской – Шкловский льнозаводы. Это привело к увеличению производительности технологических линий в 1,6 раза [5]. Также на белорусских предприятиях по производству льна добились увеличения урожайности до 40 ц/га по сравнению с Россией и Украиной. Однако в странах Европы собирают до 70 ц/га [4].

Можно отметить, что в Беларуси, несмотря на данные проблемы, производство льна выросло сильно, так как сельскохозяйственные предприятия используют интенсивную технологию возделывания. Но нельзя забывать, что перед возделыванием любой культуры, в том числе и льна, необходимо грамотно подобрать почву. Если проводить посев на непригодной почве, то никакие сорта, техника, удобрения и средства защиты не помогут.

Однако нельзя работать только над повышением урожайности сельскохозяйственных культур. По этой причине белорусские селекционеры работают над новыми сортами льна, чтобы стабильно получать относительно высокие урожаи. Около 70 % от всех посевных площадей льна занимают отечественные сорта. При этом в 2015 г. Президентом Республики Беларусь А. Г. Лукашенко было поручено провести сравнительные испытания импортных сортов с отечественными. Как показали испытания, белорусские сорта сильно уступают зарубежным. Однако в Государственный реестр Российской Федерации включены шесть белорусских сортов льна: Василек, Пралеска, Грант, Веста, Ласка и Левит 1 [6].

Заключение. Преодоление проблем в льняной отрасли требует структурной и организационно-технической перестройки, которая включает в себя реформирование льняной промышленности, проведение единой стратегии развития отрасли, переоснащение на стадиях производства, маркетинга и сбыта продукции, направленное на рациональное использование любых видов сырьевых ресурсов и повышение эффективности всей технологической цепи. Для этого необходимы согласованные действия по производству и переработке льна-долгунца на всех этапах производственного процесса, обеспечивающие производство качественным льноволокном, а отрасль – высокой рентабельностью [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Посевные площади основных сельскохозяйственных культур [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 1998–2020. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaistvo/selskoe-khozyaystvo/godovye-dannye/posevnye-ploshchadi-osnovnykh-selskokhozyaystvennykh-kultur/index.php>. – Дата доступа: 24.01.2020.

2. Посевная льна-долгунца 2019 в Белоруссии [Электронный ресурс] // РосЛенКонопля, 2020. – Режим доступа: <https://www.rosflaxhemp.ru/fakti-i-cifri/spravochnie-materiali.html/id/2895/>. – Дата доступа: 24.01.2020.

3. Пекарская, И. Л. Современное состояние льноводства в Республике Беларусь. Территориальные особенности развития отрасли / И. Л. Пекарская, Н. Ф. Воронкова // Социально-экономическая география в XXI веке: региональное развитие : материалы Межвузовского республиканского семинара, 17–18 ноября 2016 г. – Минск: БГУ, 2016.

4. Лен – всему голова [Электронный ресурс] // СОНАР-2050, 2017. – Режим доступа: <https://www.sonar2050.org/publications/len-vsemu-golova/>. – Дата доступа: 08.06.2020.

5. Перспективы развития льноводческой отрасли Беларуси [Электронный ресурс] // ПРОДУКТ.БУ, 2007–2020. – Режим доступа: <https://produkt.by/story/perspektivy-razvitiya-lnovodcheskoy-otrasli-belarusi>. – Дата доступа: 15.06.2020.

6. Лен в Беларуси [Электронный ресурс] // Агровестник, 2020. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/tech/vyrashchivanie-lna/len-v-belarusi.html>. – Дата доступа: 02.07.2020.

СОДЕРЖАНИЕ

Петровец В. Р. Академик Назаров – 34-й ректор	3
Степук Л. Я. Продолжение традиций С. И. Назарова.....	4
Карташевич А. Н., Плотников С. А. Расширение многотопливности энергетических установок транспортных средств	6
Петровец В. Р., Амеличев В. В. Способы посева льна-долгунца, применяемые в Республике Беларусь	11
Улахович А. Е., Кецко В. Н. Результаты хозяйственных испытаний экспериментального молотильного устройства вальцового типа	14
Клименко В. И., Петровец В. Р., Дудко Н. И., Сидоров С. А. Перспективные технологии при интегрированном земледелии в Республике Беларусь	17
Плотников С. А., Бузиков Ш. В., Козлов И. С. Регулирование состава смесей дизельного топлива и рапсового масла	21
Кантор П. Я., Пляго А. В., Втюрина М. Н. Оценка физико-химических свойств обратных эмульсий предельного состава.....	25
Петровец В. Р., Амеличев В. В. Обзор сошников, применяемых в машинах для посева льна	28
Сергеев Д. Г., Смольников М. В. Потенциал Кировской области в выборе альтернативного топлива	31
Зубакин А. С., Плотников С. А., Малышкин П. Ю. Прогнозирование состава генераторного газа, произведенного из различного сырья.....	36
Шишкин Г. П., Мотовилова М. В. Теоретические предпосылки исследования работы дизельной топливной аппаратуры на активированном топливе	41
Глушков М. Н., Шипин А. И. Применение многокомпонентных биотоплив в двигателях транспортных средств	46
Симонов М. В., Симонова О. А., Савин Е. И. Оптимизация параметров клеверотрски КПЛ-100 при вытирании семян клевера сорта Кировский-159	49
Мельников А. И., Шапоров В. А. Альтернативные виды топлива для автотракторных двигателей.....	53
Байботаева А. Д., Кенжалиева Г. Д., Босак В. Н. Применение метода биоиндикации для оценки содержания тяжелых металлов	57
Босак В. Н., Алексеенко А. С., Кондраль А. Е., Кудрявцев А. Н., Акулич М. П., Цайц М. В., Малашевская О. В. Новые издания кафедры безопасности жизнедеятельности и их использование в образовательном процессе.....	60
Андруш В. Г., Ковалева О. В., Корчик С. А., Акыев К. А., Бабаев А. Х. Обеспечение безопасности при эксплуатации бункера для хранения кормов.....	62
Шапоров В. А. Влияние биогаза в смесевых составах с дизельным топливом на эффективные показатели дизеля.....	66
Сентюров Н. С. Выбор диаметра прутков транспортера с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой.....	69
Горелько В. М., Мажугин Е. И. Особенности общетехнической подготовки инженера на примере изучения дисциплины «Детали машин и основы конструирования»	72
Досалиев К. С., Босак В. Н., Алтыбаев Ж., Заурбеков Т. Т. Проблемы и перспективы производства асбестовых изделий	74
Петухович Е. Д., Кухаренок Г. М. Дымность отработавших газов дизелей и пути ее уменьшения	78
Демидовец Д. В., Шапоров В. А. Использование воды в ДВС.....	83
Шапоров В. А. Исследование экологических показателей дизеля на смесях дизельного топлива с биогазом.....	86

Даргель Р. С., Можайко А. Н. Классификация видов биотоплива по поколениям.....	90
Козлов С. И., Ноздрин-Плотницкий А. В. Автоматизированные системы управления и их структурный анализ	94
Кондраль А. Е., Босак В. Н., Акулич М. П., Цайи М. В., Малашевская О. В. Пути снижения травматизма при валке деревьев	98
Крупенин П. Ю. Теоретическое обоснование параметров клапана в коллекторе доильного аппарата.....	102
Малашевская О. В., Алексеенко А. С. Безопасность проведения погрузочно-разгрузочных работ	107
Мачехин К. А., Кибук В. М. Применение рекуперационных установок в животноводстве.....	110
Мачехин К. А., Радионов Н. А. Применение различных материалов в качестве подстилочного материала	114
Мелехов А. В., Зиневич К. С. Организация и повышение эффективности функционирования мясного подкомплекса	118
Костюкевич С. А., Дубровский Е. В. Снижение пенообразования молока путем модернизации молочного насоса	120
Петухович Е. Д., Кухаренок Г. М. Нетрадиционные модифицированные двигатели внутреннего сгорания	124
Шапорев В. А., Цуканов С. А. Новинки автотракторного производства Республики Беларусь.....	128
Астахов В. С., Петровец В. Р., Дудко Н. И., Короткевич И. В. Обзор и анализ машин для внесения твердых минеральных удобрений	132
Острейко А. А. Способы повышения интенсификации процесса метанового брожения	138
Малышкин П. Ю. Оценка особенностей изменения эксплуатационных показателей колесного трактора при использовании газового топлива	142
Пилецкий И. В., Линьков В. В., Орешкин М. В. Сравнительная эффективность использования технологии машинного доения коров черно-пестрой породы доильными аппаратами АДУ-1 и «Stimopuls MA».....	147
Коцуба В. И., Савенок Л. И. Инновационные подходы к изучению общинженерной дисциплины.....	152
Даргель Р. С., Гермаковский В. А. Применение альтернативных видов топлива для автотракторных двигателей	156
Пузевич К. Л., Коцуба В. И., Пузевич В. В., Филиппов А. И. Посев сельскохозяйственных культур под мульчирующую пленку.....	163
Сачивко Т. В., Босак В. Н. Правовое обеспечение радиационной безопасности в АПК Республики Беларусь.....	166
Клочков А. В., Шкуратов С. С., Беляш А. Ю., Лосев В. И. Альтернативные методы предпосевного обеззараживания семян	169
Клочков А. В., Богатырев Р. В., Емельяненко А. А. Использование зерноуборочных комбайнов в хозяйствах Могилевской области	173
Грабцевич С. А., Добрянец В. В., Коцуба В. И. Сравнительный анализ современных методов диагностики состояния гидравлических систем с электронным управлением	176
Добрянец В. В., Грабцевич С. А., Коцуба В. И. Современные методы диагностики дизельных топливных систем	181
Сулима Е. В. Методы диагностики состояния цилинд्रो-поршневой группы.....	185
Сентюров Н. С. Выбор диаметра прутков транспортера с волнообразной колеблющейся сетчатой лентой.....	189

Самсонов В. Л., Греков Д. В. Основные виды повреждений шин.....	191
Самсонов В. Л., Греков Д. В. Зависимость тормозного пути от типа и состояния шин.....	197
Симченков А. С. Выделение кормовых материалов из отходов льноводства.....	200
Кольга Д. Ф., Молош Т. В. Пути повышения экологической безопасности на животноводческих комплексах.....	202
Молош Т. В., Корчик С. А., Мередов С. Д. Повышение производственной безопасности при выполнении механизированных работ в растениеводстве.....	206
Мажугин Е. И., Рубец С. Г. Трапециевидные режущие элементы роторной косилки для скашивания растительности на мелиорированных землях	209
Рубец С. Г. Перспективные направления совершенствования бульдозерно-рыхлительных агрегатов	211
Мисун Л. В., Дашков В. Н., Мисун И. Н. Техническое решение для повышения внимательности и работоспособности оператора транспортного средства сельскохозяйственного назначения	214
Рубец С. Г., Ляцкий Р. А., Матвеев И. С. Обзор сменных рабочих органов однокошковых гидравлических экскаваторов	217
Азаренко В. В., Мисун Ал-й Л., Иванушкина В. А. Направления повышения защиты органов дыхания и зрения оператора мобильной сельскохозяйственной техники от воздействия пестицидов.....	220
Дашков В. Н., Мисун И. Н., Агейчик О. Г. К вопросу повышения безопасности труда операторов транспортных средств сельскохозяйственного назначения	224
Мисун Ал-р Л., Азаренко В. В., Мисун Л. В. Повышение производственной безопасности при спуске или подъеме по лестнице мобильной сельскохозяйственной техники	227
Мисун В. Л., Мисун Ал-р Л., Матусевич А. В., Ходосок Т. В. Улучшение санитарно-гигиенических условий труда в кабине транспортного средства сельскохозяйственного назначения.....	230
Дашков В. Н., Антошук С. А., Захаров В. В. Фазы воздухораспределения пластинчато-роторного вакуумного насоса НВУ-2,8.....	233
Савиных П. А., Романюк В., Киприянов Ф. А. Техническая обеспеченность растениеводства в Российской Федерации	237
Петровец В. Р., Гайдуков В. А., Ильин В. И. Влияние конструктивных параметров дискового сошника для ленточного посева на ширину высеваемой ленты и урожайность озимой ржи	241
Мажугин Е. И., Борисов А. Л. Рекомендации по техническому обслуживанию режущего аппарата многороторной косилки.....	246
Дудко Н. И., Петровец В. Р., Греков Д. В., Сидоров С. А. Обзор и анализ машин, используемых в сельском хозяйстве Республики Беларусь для внесения минеральных и органических удобрений	249
Передия В. И., Романович А. А., Гаргун Е. В. Применение предварительного нагрева при приготовлении экструдированных зерновых кормов.....	258
Петровец В. Р., Дудко Н. И., Греков Д. В., Вабишевич В. В. Анализ современных двухдисковых сошников и их цифровая классификация	263
Костенич В. Г., Белоусов В. А. Замена масла в двигателях внутреннего сгорания по его фактическому состоянию.....	272
Казаков А. Л., Шульгат Д. А. Разработка ковша с активной режущей кромкой к погрузчику Амкорд 332С	275
Коротков А. Н., Плотникова Ю. А., Палицын А. В. Оценка эффективности эксплуатации ДВС электростанции на альтернативных топливах	280

Алексееенко А. С., Цайц М. В. Совершенствование работы общественных инспекторов по охране труда.....	283
Кудрявцев А. Н., Босак В. Н., Алексееенко А. С. Безопасность труда при производстве земляных работ.....	286
Соловьев С. В., Тимошенков Р. В. Обоснование конструктивных параметров установки для пастеризации молока с индукционным нагревателем.....	289
Петровец В. Р., Дудко Н. И., Греков Д. В., Сидоров С. А., Вабищевич В. В. Обзор и анализ однодисковых сошников	295
Скорб И. И. Исследование реологических свойств жидкого бесподстилочного навоза при его накоплении и хранении.....	299
Астахов В. С. Факторы, влияющие на урожайность сельскохозяйственных культур и их качество.....	303
Белоусов В. А., Белоусов Д. В. Экологические стандарты, регулирующие содержание вредных веществ в отработавших газах двигателей тракторов.....	308
Петровец В. Р., Подшиваленко И. Л., Дудко Н. И., Сидоров С. А. Определение важнейших параметров распределительной головки штанговых машин для внесения жидких органических удобрений	313
Филиппов А. И., Заяц Э. В., Чеботарев В. П., Пузевич К. Л. Усовершенствование фрезерных дисков для обработки боковых поверхностей узкопрофильных гряд.....	323
Михеев Д. А. Совершенствование производственной линии для дражирования семян	327
Сысоев А. А. Исследование дисковых сошников для посадки картофеля	331
Петровец В. Р., Амеличев В. В. Состояние и перспективы развития возделывания льна в Республике Беларусь.....	335

Научное издание

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

Сборник научных трудов

Выпуск 5

Редакторы *Т. И. Скикевич, А. И. Малько*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Компьютерный набор *С. А. Сидорова*

Подписано в печать 31.08.2020. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 19,99. Уч.-изд. л. 18,61.
Тираж 30 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2019.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.