

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 4

Горки  
БГСХА  
2019

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:

кандидат технических наук, профессор Н. И. Дудко;  
кандидат технических наук, доцент В. И. Ильин;  
кандидат технических наук, доцент В. А. Успенский

**И66 Инновационные решения в технологиях и механизации  
сельскохозяйственного производства** : сб. науч. тр. / редкол.:  
В. Р. Петровец [и др.]. – Горки : БГСХА, 2019. – Вып. 4. – 223 с.  
ISBN 978-985-467-922-8.

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

Сборник посвящен 90-летию юбилею 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 978-985-467-922-8**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2019

К 90-летию со дня  
рождения

УДК 929 [Назаров]

## **ЖИЗНЬ, ОТДАННАЯ НАУКЕ И ВОСПИТАНИЮ НАУЧНЫХ КАДРОВ**

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



Я познакомился с Сергеем Ивановичем Назаровым 31 декабря 1974 г. в деревне Бородино Дубровенского района Витебской области, где он проводил свой очередной отпуск. Было холодно, шел мокрый снег. Автобусы в деревню не ходили, и я доехал по трассе до места, откуда, как мне сказали, кратчайший путь до Бородино примерно 6–7 километров. Часам к девяти вечера я добрался до места. У крайнего дома мне сказали, где живут Назаровы. Постучался.

На пороге меня встретил приветливый человек, отец Сергея Ивановича, пригласил войти в дом. Сергей Иванович грелся на русской печи и читал какую-то книгу. Спросил, кто я такой и какое горе привело в столь поздний час. Я назвалса и попросил подписать мое заявление о приеме в заочную аспирантуру в уходящем году, иначе это место будет потеряно.

Сергей Иванович расспросил меня про жизнь, где и кем я работаю, чем занимаюсь. Я рассказал, что работаю на кафедре сельхозмашин в лаборатории, которой руководит доцент Г. К. Демидов, занимаюсь созданием комбинированного пахотно-посевного агрегата с локальным внесением минеральных удобрений. Он сказал, что это направление перспективное, а будущему аспиранту необходимо взять неболь-

шой узел или рабочий орган в какой-нибудь сельскохозяйственной машине, всесторонне его исследовать – и должна получиться хорошая диссертационная работа. Подписал мне заявление, дал тему реферата и сказал, что я буду заниматься транспортировкой и рабочими органами (сошниками) для локального внесения минеральных удобрений. Так состоялось мое первое знакомство с Сергеем Ивановичем Назаровым, на тот момент заместителем директора ЦМИМЭСХ НЗ (Нечерноземной зоны) СССР, доктором технических наук.

Приезжая в академию, он консультировал своих первых учеников: В. А. Шаршунова, Л. И. Савенка, А. И. Острейко, В. Р. Петровца. Сергей Иванович всегда помогал, не было ни одного случая, чтобы он сказал, что ему некогда или он сильно занят, или болен, или «придите в другой раз». Любил, когда показывали экспериментальные установки и особенно машины, изготовленные в окончательном варианте и готовые к испытанию в условиях производства. Ему всегда нравились широкозахватные высокопроизводительные машины.

С 1975 по 1980 г. мне часто приходилось бывать в ЦНИИМЭСХ. Обычно я приезжал в Минск и звонил Сергею Ивановичу из телефона-автомата, заходил в гости. Особое гостеприимство всегда оказывала Мария Антоновна – жена Сергея Ивановича: обязательно спросит, как дела в семье, что нового на работе.

В рабочем кабинете в ЦНИИМЭСХ у Сергея Ивановича на столе всегда лежали диссертационные работы, с которыми он предлагал ознакомиться: «Возьми, посмотри, может быть, что-нибудь полезное для себя почерпнешь. А когда будем твою работу читать?» Был требовательным, но любил и пошутить. Как-то раз я, когда был в кабинете у Сергея Ивановича, увидел очень толстую диссертационную работу и спросил, чья это докторская диссертация. В ответ услышал, что это не докторская, а кандидатская диссертация: «Хорошая работа, но нужно уметь отделять главное от второстепенного». Любил повторять, что писать коротко и просто всегда сложно.

Научно-исследовательские работы, проводившиеся под руководством Сергея Ивановича, отличались актуальностью, и в будущем, как правило, внедрялись в сельскохозяйственное производство. Почти все ученики Сергея Ивановича защитили диссертационные работы, а оставшиеся продолжают готовить их к защите.

Будучи ректором Белорусской сельскохозяйственной академии, С. И. Назаров создал хорошие условия для роста научно-педагогических кадров. Его ученики работают во всех уголках бывше-

го СССР, а также в Польше (доктор Ярослав Цлапка, кандидаты наук Гжегож Блажинский и Ежи Стемпиньский). Ученик Ловкис З. В., доктор технических наук, профессор, возглавлял Главное управление образования и кадров Минсельхозпрода республики, а в настоящее время является генеральным директором РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию». В. А. Шаршунов, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, продолжительное время – ректор учреждения образования «Могилевский государственный университет продовольствия». А. Н. Карташевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тракторы, автомобили, машины для природообустройства». В. Р. Петровец – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Механизации растениеводства и практического обучения». А. В. Клочков – доктор технических наук, профессор кафедры «Сельскохозяйственные машины», УО БГСХА, как все вышеперечисленные. А. А. Миренков – кандидат технических наук, доцент, долгое время заведовал кафедрой. В. С. Астахов, доктор технических наук, профессор кафедры МРиПО. Ю. И. Вахромеев – доктор технических наук, профессор РФ. А. И. Бобровник – доктор технических наук, профессор, заведовал кафедрой УО БГАТУ. Цлапка Ярослав – доктор технических наук, профессор кафедры Щетинской сельскохозяйственной академии. С. М. Карташевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник. А. В. Кузьмицкий – доктор технических наук, профессор. А. Е. Улахович – кандидат технических наук, доцент, кафедры МРиПО. Д. Ф. Кольга – кандидат технических наук, доцент кафедры УО БГАТУ. Гжегож Блажинский, Ежи Стемпиньский – кандидаты технических наук, руководители фирм в Республике Польша. Тура Разаков – кандидат технических наук, доцент сельскохозяйственного института Республики Узбекистан. О. А. Бобер, В. И. Ильин, В. Г. Ковалев, А. И. Острейко, Л. И. Савенок, В. А. Гайдуков – кандидаты технических наук, ведущие доценты факультета механизации сельского хозяйства УО БГСХА. Б. А. Главацкий – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ВИУА РФ. П. Н. Синкевич – кандидат технических наук, профессор, председатель правления фирмы ООО «АКВАБЕЛ». В. И. Клименко – доктор технических наук, генеральный директор ОАО «Славянская технология». А. Г. Бондаренко, А. В. Лежнев, В. А. Чуешков – бывшие ведущие доценты УО БГАТУ. В. Т. Левкин – кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Н. В. Моржевский – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, фермер.

Остальные ученики Сергея Ивановича Назарова, которые стали кандидатами наук, трудятся на благо Республики Беларусь или уже ушли на заслуженный отдых.

Сергей Иванович Назаров – великий труженик, выходец из крестьянской семьи, достиг самых высоких вершин в науке и подготовил: 10 докторов и более 40 кандидатов технических наук. Он был избран академиком двух академий в Республике Беларусь и Российской Федерации. Награжден двумя орденами. Признан человеком года «Кембриджским университетом» США.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Петровец, В. Р. Сергей Иванович Назаров: 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: Беларус. наука, 2008. – 91 с.

УДК 631.331.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ И ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ НА ИХ УРОЖАЙНОСТЬ

О. П. ЛАБУРДОВ, канд. техн. наук, доцент;

Г. А. ВАЛЮЖЕНИЧ, канд. техн. наук, доцент

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

**Введение.** Наиболее значительную часть в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь занимают зерновые культуры. Повышение их урожайности при минимальных ресурсных затратах является весьма актуальной задачей. Особое место в формировании урожая занимают время, способ и качество внесения удобрений и посева.

Проведенные исследования доказывают необходимость применения локального внесения удобрений, которое обеспечивает размещение их концентрированными очагами во влагообеспечиваемом слое почвы ориентированно относительно корневой системы растений, создает предпосылки для более рационального использования элементов питания и повышения отдачи от удобрений.

Наиболее эффективным приемом, позволяющим оптимально разместить удобрения относительно семян, наилучшим образом использовать питательные вещества и совместить несколько операций, является припосевное внесение основной дозы минеральных удобрений [1, 2, 3].

За рубежом широко используются комбинированные сеялки, совмещающие операции посева зерновых и внесения минеральных удобрений. Эти сеялки оснащены либо комбинированными сошниками, либо двумя группами сошников для семян и удобрений. Однако в Республике Беларусь эти машины не находят применения, так как они не приспособлены для работы в местных условиях и не в полной мере соответствуют требованиям, предъявляемым технологией локального припосевного внесения удобрений.

**Цель работы.** Доказать эффективность применения комбинированной сеялки, установить основные технологические параметры посева при одновременном внесении основной дозы минеральных удобрений, при которых достигается максимальная прибавка урожайности яровых зерновых культур.

**Материал и методика исследований.** В УО БГСХА создана и прошла сравнительные испытания сеялка, оснащенная комбинированными сошниками с разновеликими дисками, позволяющая за один проход высевать семена зерновых культур и вносить основную дозу минеральных удобрений, причем эти материалы располагаются на оптимальном расстоянии друг от друга. Испытания проводились согласно известным методикам проведения полевых опытов.

**Результаты исследований и их обсуждение. Основные результаты** исследований представлены в таблице. Анализ [2, 3] показывает, что оптимальное расположение семян относительно удобрений увеличило энергию роста, в результате чего отмечались более ранние всходы и уменьшение периода от начала и до конца появления растений по сравнению с обычной технологией посева и внесения удобрений. Всходы всех исследуемых зерновых культур после посева комбинированными сеялками появлялись на 3–4 дня раньше, чем при обычной технологии внесения удобрений и посева. Периоды всходов у ячменя, овса и яровой пшеницы уменьшились на 3–4 дня. Таким образом, при посеве яровых зерновых культур комбинированной сеялкой растения имели возможность рациональнее, полнее использовать запасы почвенной влаги, питательных веществ, света по сравнению с обычной технологией при тех же сроках сева.

Кроме того, имелась возможность более раннего начала посева ввиду отсутствия необходимости предпосевного внесения и заделки удобрений.

Исследование влияния способа высева семян и удобрений на структуру и урожайность зерновых показало, что, несмотря на то что при работе экспериментальной сеялки оставалось на поверхности несколько большее количество не заделанных зерен, по сравнению с

другими сеялками густота всходов пшеницы в предлагаемом варианте оказалась на 3–4 процента выше. Большая полевая всхожесть и густота растений наблюдалась у ячменя и овса.

В результате того что комбинированная сеялка позволяет укладывать семена на оптимальном расстоянии от ленты удобрений, из-за лучших возможностей использования растениями питательных элементов масса 1000 зерен всех трех культур оказалась большей в описанном варианте по сравнению с посевом обычной сеялкой.

В таблице приведены данные сравнительных полевых испытаний при изменяющихся технологических параметрах процесса посева комбинированной сеялкой.

**Влияние технологических параметров посева ячменя на качество заделки семян и урожайность**

Вариант технологии внесения удобрений и посева	Скорость движения при посеве, км/ч	Влажность почвы, %	Установочная глубина заделки семян, см	Количество не заделанных семян после прохода сеялки, %	Урожайность ячменя, ц/га	
Базовый вариант сеялка СЗК-3,6	6	15	3	0,7	46,2	
	8	15	3	1,1	46,0	
	10	15	3	1,5	45,3	
	6	15	4	0,6	45,9	
	8	15	4	0,9	45,2	
	10	15	4	1,2	44,8	
	6	28	3	0,9	45,4	
	8	28	3	1,6	44,9	
	10	28	3	2,0	44,0	
	6	28	4	0,8	44,4	
	8	28	4	1,3	43,8	
	10	28	4	1,8	43,2	
	Предлагаемый вариант	6	15	3	0,8	52,3
		8	15	3	1,0	51,4
		10	15	3	1,9	48,3
6		15	4	0,8	51,6	
8		15	4	1,1	50,5	
10		15	4	1,8	48,7	
6		28	3	1,0	49,5	
8		28	3	1,4	50,2	
10		28	3	2,2	48,1	
6		28	4	1,0	48,7	
8		28	4	1,4	49,3	
10		28	4	2,1	48,1	
						НСР-2,9

Следует отметить, что исследование влияния нормы высева на урожайность зерновых выявило следующую закономерность: повышенная норма высева семян не оказывает существенного изменения урожайности, если вносить удобрения разбросным способом до посева; наибольшее повышение урожайности при повышенной норме высева (на 2,6 ц/га) зарегистрировано у растений ячменя, когда применялся локальный припосевной способ внесения удобрений.

В случаях применения экспериментальной сеялки с комбинированными сошниками у всех трех яровых зерновых культур отмечался стабильный рост урожайности. Так, пшеница по сравнению с вариантом посева обычным способом дала прибавку 14,5 ц/га, а когда вносилась та же доза сеялкой СЗК-3,6, предлагаемый способ увеличивал урожайность на 5,1 ц/га.

Наибольший рост урожайности был зарегистрирован при использовании комбинированной сеялки на посеве ячменя, который в сравнении с традиционным способом посева и внесения удобрений составил 7,7 ц/га.

Анализ полученных данных позволяет выделить следующие положения:

1. Количество не заделанных семян после прохода экспериментальной и базовой сеялок колебалось в зависимости от условий соответственно от 0,8 до 2,2 % и от 0,6 до 2 %, то есть разница между вариантами посева была незначительна.

2. Наибольшее влияние на процент не заделанных семян при работе комбинированной сеялки оказало изменение скорости. Причем увеличение скорости движения с 6 до 8 км/ч ухудшало исследуемый показатель на 0,2–0,4 %, а изменение скорости с 8 до 10 км/ч увеличивало количество не заделанных семян на 0,7–0,9 %.

3. Изменение влажности почвы с 15 до 28 % во всех случаях обуславливало увеличение количества не заделанных семян на 0,2–0,4 %.

4. Наименьшее колебание количества не заделанных семян вызывало изменение установочной глубины семенного диска сошника в пределах 3–4 см, оно составляло 0–0,2 %.

5. Наибольшее влияние на процент не заделанных семян при работе комбинированной сеялки оказало изменение скорости. Причем увеличение скорости движения с 6 до 8 км/ч ухудшало исследуемый показатель на 0,2–0,4 %, а изменение скорости с 8 до 10 км/ч увеличивало количество не заделанных семян на 0,7–0,9 %.

6. Изменение влажности почвы с 15 до 28 % во всех случаях обуславливало увеличение количества не заделанных семян на 0,2–0,4 %.

7. Наименьшее колебание количества не заделанных семян вызывало изменение установочной глубины семенного диска сошника в пределах 3–4 см, оно составляло 0–0,2 %.

8. При любых сочетаниях исследуемых технологических параметров участка, засеянные экспериментальной сеялкой, имели большую урожайность по отношению к участкам, засеянным базовой сеялкой. Разница урожайности колебалась в пределах 3–6 ц/га.

9. Посев комбинированной сеялкой на повышенных скоростях в результате увеличения колебаний глубины заделки семян и удобрений снижал урожайность ячменя на 1–4 ц/га. Наименьшие изменения урожайности в зависимости от скорости отмечались на участках, засеянных на глубину 4 см при влажности почвы 28 %, а максимальные – при глубине посева 3 см и влажности 15 %. Причем максимальное снижение урожайности отмечалось в случае, когда скорость посева агрегата увеличивалась с 8 до 10 км/ч.

10. Отрицательное влияние на урожайность оказывает посев комбинированной сеялкой при повышенной влажности почвы. Изменение влажности при посеве от 15 до 28 % уменьшало сбор зерна на 2–3 ц/га.

11. Максимальная прибавка урожайности ячменя от использования экспериментальной сеялки, равная 6,1 ц/га, соответствовала случаю, когда посев проводился на скорости 6 км/ч, на глубину 3 см, при влажности почвы 15 %.

**Заключение.** Применение припосевного внесения основной дозы минеральных удобрений при использовании сеялки с комбинированными сошниками дает гарантированный прирост урожая на 3–6 ц/га по сравнению с традиционным методом внесения удобрений и посева. Оптимальные технологические параметры, обеспечивающие максимальную прибавку урожая, имеют следующие значения: а) скорость движения сеялки – 8–9 км/ч; б) глубина заделки семян равна 3 см; влажность почвы при посеве равна 15 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лабурдов, О. П. Эффективность применения зернотуковой сеялки с комбинированными сошниками / О. П. Лабурдов // Аграрная экономика на рубеже тысячелетий: наука, образование, практика: материалы междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч., Горки: БСХА, 1999. – Ч. 2. – С. 5.

2. Лабурдов, О. П. Ресурсная оценка зернотуковой сеялки с комбинированными сошниками / О. П. Лабурдов // Аграрная наука на рубеже 21 века: материалы общего собрания Академии аграрных наук Республики Беларусь, Минск, 16 нояб. 2000 г. – Минск, 2001. – С. 4.

3. Петровец, В. Р. Обоснование перспективной технологии внесения основной дозы минеральных удобрений при возделывании зерновых / В. Р. Петровец, Н. И. Дудко, О. П. Лабурдов // Актуальные проблемы механизации сельскохозяйственного производства. – Горки, 2001. – 6 с.

## **К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ РАВНОМЕРНОСТИ ОБЪЕМНОГО ДОЗИРОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ**

Л. Я. СТЕПУК, д-р техн. наук, профессор;  
В. Р. ПЕТРОВЕЦ, д-р техн. наук, профессор;  
Н. И. ДУДКО, канд. техн. наук, профессор

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

**Введение.** Современное сельское хозяйство немислимо без широкого применения химических веществ. Мировая практика свидетельствует о том, что 70 % урожая создается за счет средств химизации, половина этой величины приходится на минеральные удобрения [1–3]. Внесение всех видов минеральных удобрений и химических средств защиты растений состоит из двух процессов: дозирования и распределения. Причем у большинства машин дозирование является главным процессом, определяющим качество распределения удобрений. Существует два метода дозирования сельскохозяйственных материалов: объемный и весовой. Объемный метод дозирования основан на использовании устройств объемного принципа, а весовой – на использовании весовых устройств. Единственным преимуществом весового дозирования является более высокая точность, но только при сохранении постоянной объемной массы. Влажность сельскохозяйственных материалов в процессе их хранения непостоянна, меняется в зависимости от влажности окружающей среды. Изменение влажности приводит к изменению плотности. Объемные дозаторы подвержены меньшему влиянию изменения влажности материала в сравнении с весовыми, так как изменение влажности влияет на его объем в меньшей мере, чем на вес.

Объемные дозаторы одного и того же класса (сопоставимой производительности) в 5–10 раз дешевле весовых, имеют более простое устройство, более высокую надежность в работе, меньшую трудоемкость обслуживания, более производительны по сравнению с весовыми дозаторами. Объемные дозаторы работоспособны на труднотекучих материалах и могут использоваться на мобильных машинах, испытывающих резкие динамические нагрузки, чего нельзя сказать о весовых дозаторах.

Процесс объемного дозирования следует рассматривать состоящим из трех фаз: фазы питания, или заполнения дозатора материалом; фазы формирования материала в равномерный поток и фазы выдачи материала из дозатора.

Фаза питания дозатора оказывает решающее влияние на устойчивость процесса дозирования вообще и зависит от устойчивости и равномерности процесса истечения материала из оперативных емкостей. Оперативная емкость, оснащенная побудителем истечения материала, является неотъемлемой частью дозирующей установки.

Фаза формирования материала в равномерный поток влияет на равномерность дозирования. Она находится в прямой зависимости от конструкции дозирующего рабочего органа. С целью получения высокой точности дозирования рабочий орган должен, взаимодействуя с материалом, формировать поток не только строго определенной формы и размеров, но и приводить его частицы к упаковке постоянной структуры, а значит, и плотности.

Фаза выдачи материала из дозатора практически не оказывает влияния на равномерность дозирования. В то же время она в значительной степени влияет на качество конечного продукта.

Однако исследований процессов дозирования сельскохозяйственных материалов с таким комплексным подходом в научной литературе обнаружить не удалось.

Наиболее часто в машинах для внесения минеральных удобрений применяются шиберные, кулачковые, штифтовые и ячеистые дозирующие устройства. Однако существующие дозаторы не обеспечивают точного дозирования материала, так как конструкции их далеко несовершенны. Очевидно, что без применения научных основ теории дозирования обеспечить требуемую точность не представляется возможным. Для равномерного дозирования надо формировать поток на выдачу не только строго определенной формы и размеров, но и определенной постоянной плотности. На это влияют многочисленные факторы, такие как высота столба над высевным отверстием, форма и размеры этого отверстия, способ побуждения материала и др. Процесс дозирования в мобильных машинах для внесения удобрений нельзя рассматривать в отрыве от их технологической схемы. Поэтому разработка высокоточных дозаторов к машинам для внесения всех удобрений видов удобрений имеет большое научное и практическое значение.

**Постановка задачи и ее решение.** Непременным условием взаимодействия частиц в сыпучем теле является наличие между ними то-

чек контакта. Различают рабочие контакты, в которых возникают реактивные силы, определяющие устойчивость частиц в пространстве, и контакты касания, которые не участвуют в передаче усилий в сыпучей массе. Каждая пара частиц может иметь только один рабочий контакт. Связь эта может быть представлена сжимающей нормальной силой и касательной к поверхности контакта силой трения [4, 5, 6]. В этой связи представляют интерес исследования по изучению взаимного расположения частиц как круглой, так и некруглой формы.

При взаимном расположении частиц круглой формы (гранулированные удобрения) в процессе дозирования частицы участвуют в передаче усилий в сыпучей массе.

Каждая пара частиц может иметь только один рабочий контакт. Связь эта может быть представлена сжимающей нормальной силой и касательной к поверхности контакта силой трения.

В процессе дозирования материал вначале движется в бункере, затем – в зоне дозирования, где взаимодействует с рабочими органами, и, наконец, выдается сформированным потоком из дозатора. При этом частицы могут образовывать любую из возможных структур (с шестью, пятью, четырьмя, тремя и двумя контактами у каждой частицы). В этой связи большое практическое значение с целью обоснования принципа действия рабочего органа дозатора имеет вопрос определения вероятности каждой из этих структур с точки зрения статической их устойчивости. И. И. Кандауровым [7] показано, что структура из частиц с двумя рабочими контактами практически неустойчива. Частица, имеющая два контакта может перемещаться по направлению равнодействующей двух реактивных сил или вращаться, если реактивные силы на контактах неравны по величине и направлены в противоположные стороны, и лишь в случае, когда силы на контактах равны по величине и направлены навстречу друг другу, частицы находятся в статическом равновесии.

Для равновесия частиц с тремя рабочими контактами необходимо, чтобы сумма моментов сжимающих сил относительно какой-либо точки, а также сумма проекций всех сил на оси координат равнялись нулю. Статическое равновесие частиц возможно лишь при условии, когда линия действия заданной нагрузки проходит через центр круга и находится в пределах угла, образованного линиями действия опорных реакций. Следовательно, статическая устойчивость частицы зависит от взаимного положения рабочих контактов. Из рис. 1 а видно, что при  $0 \leq \alpha_n \leq \pi/3$  частица будет устойчива лишь при таком положении

точки приложения активной силы, когда линия действия ее находится в пределах угла  $\pi/3 + \alpha_n$ , заштрихованного на рисунке.

Взяв отношение угла, определяющего положение линии действия активной нагрузки при устойчивом состоянии частицы к углу, определяющему все возможные положения линии действия активной нагрузки, найдем вероятность устойчивого состояния частицы  $P_1(\alpha_n)$ .

Для  $0 < \alpha_n < \pi/3$  эта вероятность составляет:

$$P_1(\alpha_n) = \frac{\pi/3 + \alpha_n}{\pi - \alpha_n}, \quad (1)$$

где  $\alpha_n$  – угол, определяющий положение второго контакта.

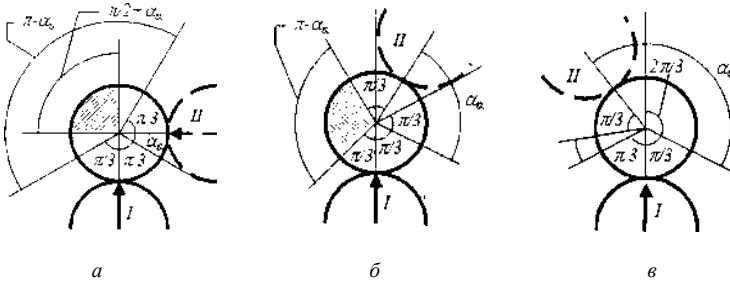


Рис. 1. Схема к расчету вероятности статической устойчивости частицы при трех рабочих контактах

Вероятность устойчивого положения при этом определяется как среднее значение, то есть

$$P_1 = \frac{3}{\pi} \int_0^{\pi/3} P_1(\alpha_n) d\alpha_n. \quad (2)$$

Подставив полученное выражение в формулу (2), получаем:

$$P_1 = \frac{3}{\pi} \int_0^{\pi/3} \frac{\pi/3 + \alpha_n}{\pi - \alpha_n} d\alpha_n = \int_0^{\pi/3} \frac{d\alpha_n}{\pi - \alpha_n} + \frac{3}{\pi} \int_0^{\pi/3} \frac{\alpha_n d\alpha_n}{\pi - \alpha_n} = 4 \ln 3/2 - 1 = 4 \cdot 0,41 = 0,64.$$

При расположении второго контакта в пределах  $\pi/3 \leq \alpha_n \leq \pi$  устойчивое положение частицы обеспечено при любом возможном приложении точки активной силы (рис. 1, б).

Для этого случая вероятность устойчивости частицы равна

$$P_2 = \frac{\pi - \alpha_n}{\pi - \alpha_n} = 1. \quad (3)$$

При положении второго контакта в пределах  $2\pi/3 \leq \alpha_n \leq \pi$  для третьего контакта нет ни у одной точки приложения активной силы, соответствующей устойчивому положению частицы (рис. 1, в). Вероятность устойчивого положения для этого случая:

$$P_3 = \frac{0}{\pi - \alpha_n} = 0. \quad (4)$$

Таким образом, при различном положении второго контакта у частицы будет различная вероятность статической устойчивости. В действительности второй контакт с одинаковой вероятностью может быть расположен в каждом из рассмотренных пределов. Следовательно, вероятность устойчивости частицы можно определить как среднее арифметическое значений вероятности устойчивости частицы при частных случаях расположения второго контакта, то есть имеем:

$$P_{уч3} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3} = \frac{0,64 + 1 + 0}{3} = 0,55.$$

Покажем вероятность статической устойчивости частиц с четырьмя рабочими контактами (рис. 2, а).

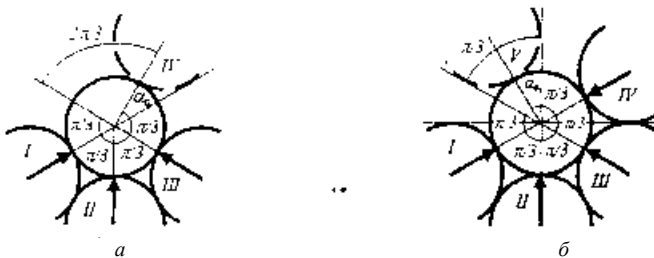


Рис. 2. Схема к расчету вероятности статической устойчивости частиц: а – при четырех рабочих контактах; б – при пяти рабочих контактах

Положение четвертого контакта определяется углом, который может изменяться от 0 до  $2\pi/3$ . В этих пределах изменения угла  $\alpha_n$  четвертый контакт с одинаковой вероятностью может быть расположен в любой точке на поверхности частицы. Следовательно, вероятность статической устойчивости частицы при наличии у нее четырех рабочих контактов равна

$$P_{уч4} = \frac{2\pi/3}{2\pi/3} = 1.$$

Для частицы с пятью рабочими контактами положение пятого контакта определяется относительно закрепленных контактов углом  $\alpha$  (рис. 2, б), который может изменяться в пределах от 0 до  $\pi/3$ . При любом положении пятого контакта частица будет находиться в состоянии статического равновесия. Тогда вероятность статической устойчивости частицы при наличии у нее пяти рабочих контактов составляет

$$P_{\text{уч } 5} = \frac{\pi/3}{\pi/3} = 1.$$

Для частицы с шестью рабочими контактами вероятность статической устойчивости также равна единице.

Если за наиболее вероятное число контактов у частицы принять среднее арифметическое из числа всех возможных структурных образований, то получим, что наибольшей вероятностью обладает структура, у которой частицы имеют по четыре рабочих контакта, то есть

$$N_K = \frac{6+5+4+3+2}{5} = 4,$$

где  $N_K$  – среднее наиболее вероятное число рабочих контактов у частицы.

Обязательным условием для получения данной структуры упаковки частиц круглой формы является высота слоя дозируемого материала, превышающая в сумме три максимальных диаметра частиц.

Для плоской задачи расположение частиц некруглой формы (кристаллические удобрения) можно представить в виде прямоугольников. Тогда задача ориентировки этих частиц в массиве сведется к определению вероятности того, какая из сторон прямоугольника займет горизонтальное положение. На положение частиц будут оказывать влияние их геометрические размеры, взаимодействие частиц друг с другом, инерционные силы при их движении, скорость движения и т. д.

Среди перечисленных факторов определяющими являются геометрические размеры частиц и положение центра тяжести каждой из них [5, 6, 7].

Рассмотрим изменение углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  (рис. 3, а), определяющих положение частицы в момент касания что  $0 \leq \alpha_1 \leq \pi/2$ . В этих же пределах лежит и угол  $\alpha_2$  при этом они дополняют друг друга до  $\pi/2$ . Следовательно, мы можем рассматривать лишь один из них, например прилегающий к большей стороне частицы  $\alpha_2$  ею горизонтальной поверхности. При повороте частицы видно,

Из положения неустойчивого равновесия находят значение угла  $\alpha_2$ . Поскольку направление действия силы тяжести в данном случае совпадает с диагональю прямоугольника, то величину угла, определяющего это характерное состояние частицы, можно определить как отношение сторон

$$\alpha_2 = \arctg \frac{\alpha_1}{b_1}, \quad (5)$$

где  $\alpha_2$  – угол, определяющий положение неустойчивого равновесия частицы.

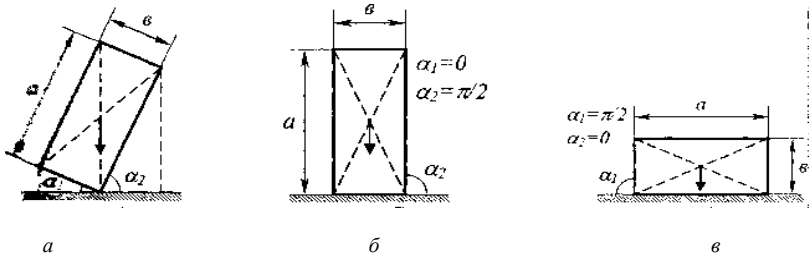


Рис. 3. Схема к определению вероятности положения частиц в массиве

При изменении этого угла от 0 до полученного значения части при дальнейшем падении будет ложиться на горизонтальную поверхность, своей большей стороной (рис. 3, в). Следовательно, вероятность того, что частица будет опираться на горизонтальную поверхность, определится выражением:

$$P_6 = \frac{2}{\pi} \arctg \frac{\alpha_1}{b_1}. \quad (6)$$

Вероятность же того, что частица будет опираться на горизонтальную плоскость меньшей стороной, равна (рис. 3, б)

$$P_m = 1 - P_6 = 1 - \frac{2}{\pi} \arctg \frac{\alpha_1}{b_1} \quad (7)$$

Из полученного выражения видно, что по мере относительного увеличения геометрических размеров частиц вероятность их укладки большей стороной возрастает. Так, при  $\alpha_1/b_1 \rightarrow \infty$  или  $b_1 \rightarrow 0$  вероятность  $P_6 \rightarrow 1$ . Из этого следует, что частицы прямоугольной формы будут стремиться занять горизонтальное положение.

Таким образом, для обеспечения постоянной упаковки сыпучего тела с частицами некруглой формы (в нашем случае – крупнокристал-

лические удобрения) необходимо приведение его в разрыхленное состояние.

Минеральные удобрения характеризуются порозностью (пористостью), которая определяется по формуле

$$n = 1 - \frac{\rho_c}{\rho_s},$$

где  $n$  – порозность удобрения;

$\rho_c$  – плотность сложения («скелет удобрения»), г/см<sup>3</sup>;

$\rho_s$  – плотность твердой фазы удобрения, г/см<sup>3</sup>.

Отношение объема пор  $V_n$  к объему твердой фазы  $V_s$  называется коэффициентом порозности удобрения, т. е.

$$\varepsilon = \frac{V_n}{V_s} = \frac{\rho_s}{\rho_c} - 1.$$

При дозировании сыпучий материал должен быть приведен к критической порозности. Это достигается приложением к структуре вертикального давления «метод компрессии»; сообщением частицам структуры вибрационных движений; приложением сдвигающей силы. В процессе сдвига несвязанного материала устанавливается некоторое постоянное значение пористости (порозности) называемое критической порозностью.

**Выводы.** 1. Обязательным условием для получения структурной упаковки частиц круглой формы является высота слоя дозируемого материала, превышающая в сумме три максимальных диаметра частиц.

2. Для обеспечения постоянной упаковки сыпучего тела с частицами некруглой формы (крупнокристаллические удобрения) необходимо приведение его в разрыхленное состояние.

3. При дозировании материалы, имеющие пористость меньше критической, при сдвиге должны быть разрыхлены, а более рыхлые – уплотнены.

4. Фаза формирования материала в равномерный поток влияет на равномерность дозирования, при этом она зависит от конструкции дозирующего рабочего органа.

5. Для получения высокой точности дозирования рабочий орган, взаимодействуя с материалом, должен создавать поток не только строго определенной формы и размеров, но и приводить его частицы к формированию определенной постоянной структуры, а значит – плотности [8].

## ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
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. Герсегонов, Н. М. Теоретические основы механики грунтов и их практического применения / Н. М. Герсегонов, Д. Е. Польшин. – М.: Стройиздат, 1948.
4. Степук, Л. Я. Механизация получения и применения многокомпонентных сельскохозяйственных материалов / Л. Я. Степук. – Минск: Ураджай, 1991. – 311 с.
5. Степук, Л. Я. Повышение качества приготовления и эффективности применения полидисперсных сельскохозяйственных материалов путем совершенствования процессов дозирования и разработки новых дозирующих устройств: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Л. Я. Степук. – Минск, 1991. – 401 с.
6. Кандауров, И. И. Механика зернистых сред и ее применение в строительстве / И. И. Кандауров. – М.: Стройиздат, 1966. – 225 с.
7. Адамчук, В. В. Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений / В. В. Адамчук. – К.: Аграрная наука, 2010. – 178 с.
8. Степук, Л. Я. Научные предпосылки к созданию высокоточных объемных дозаторов непрерывного действия / Л. Я. Степук, В. В. Микульский // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-техн. конф.: в 2 т., Минск, 21–22 окт. 2015 г. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»; редкол.: П. П. Казакевич (гл. ред.), С. Н. Поникарчук. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2015. – Т. 1. – С. 105–116.

УДК 631.33.024.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СОШНИКОВ

А. А. СЫСОЕВ, ст. преподаватель, магистр техн. наук  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** При возделывании сельскохозяйственных культур важнейшее значение имеет посев. Качество этой операции определяется техническим состоянием посевных машин, их настройкой и регулировкой, соблюдением агротехнических требований. Как известно, сошник – это важнейшая деталь сеялки, непосредственно взаимодействующая с почвой и создающая в ней «разрез», куда высеваются семена и удобрения.

**Основная часть.** От качества заделки семян в почву в значительной мере зависят их всхожесть и развитие растений. Поэтому сошники должны удовлетворять следующим основным агротехническим требо-

ваниям: открывать бороздки согласно заданной глубине; не выносить нижние слои почвы на поверхность во избежание потери влаги; уплотнять дно бороздок для восстановления капиллярности почвы; не нарушать равномерность потока семян; при посеве семян, корни которых могут быть повреждены туками, образовывать между семенами и удобрениями почвенную прослойку; создавать благоприятную среду для семян и всходов; не приводить к уплотнению и размазыванию стенок борозды; не допускать забивания растительными остатками; точно копировать поверхность почвы [1].

Существуют три основные формы борозд, которые оставляют после себя сошники сеялки, и два способа посева, для которых не требуется создание непрерывной борозды в почве:

- 1) борозды в форме V;
- 2) борозды в форме U;
- 3) борозды в форме перевернутой T;
- 4) пробивной посев (пробивание в почве отдельных отверстий и высев в них одного или нескольких семян);
- 5) разбрасывание семян по поверхности (семена разбрасываются без определенного порядка) [2].

Сошники делают бороздку, укладывают в ней семена или клубни и частично заделывают их почвой.

Сошники бывают с острым, прямым и тупым углом вхождения в почву. К первому типу относятся анкерные, ко второму – трубчатые, к третьему – полозовидные, двухдисковые и однодисковые сошники.

Анкерный сошник состоит из раструба, к которому присоединен наральный. Угол  $\alpha$  вхождения нарального в почву меньше  $90^\circ$ . Заглубление сошника регулируют навешиванием на него грузов или изменением угла  $\alpha$ .

Действуя на почву, анкерный сошник раздвигает и поднимает почвенные частицы, что приводит к их перераспределению: нижние влажные поднимаются, а иссушенные осыпаются вниз.

На засоренных почвах сошник обволакивается растительными остатками. Его тяговое сопротивление при заделке семян на глубину 5–6 см. составляет 50 Н.

Трубчатый сошник применяется при посеве по необработанной стерне. Он состоит из тех же элементов, что и анкерный, но несколько иной формы. Угол вхождения нарального в почву  $90^\circ$ .

Клиновидный сошник образует бороздку, перемещая частицы почвы в стороны и вниз, тем самым не иссушая ее. Дно бороздки получа-

ется уплотненным, что желательнее при посеве в засушливых районах. Глубина хода сошника регулируется навешиванием груза на хвостовик или натяжением пружины.

Такие сошники применяются для посева на небольшую глубину (до 4 см) семян льна, трав, свеклы и т. д. На засоренных и плохо обработанных комковых почвах они не могут работать. Тяговое сопротивление клиновидного сошника 30–40 Н, угол восхождения наральника в почву больше 90°.

Дисковые сошники бывают с двумя или одним диском.

Двухдисковый сошник снабжен корпусом, относительно которого вращаются два диска, установленные под углом 10–11° один к другому. В передней части диски сходятся, образуя клин. Раструб для подвода семян расположен между дисками.

В однодисковом сошнике раструб для подачи семян расположен сбоку в задней половине диска. Бороздка раскрывается таким сошником при вращении диска, который одновременно перерезает растительные остатки. Вращаясь, диск очищается от налипшей почвы. Все это позволяет применить дисковые сошники на полях с растительными остатками и влажной почвой. Однодисковый сошник лучше углубляется, чем двухдисковый, поэтому он больше пригоден для твердых почв. Однако он уступает двухдисковому в равномерности заделки семян.

Для получения равномерной глубины посева диски овощных сеялок снабжают ограничительными ребордами. Раздвигая реборды в радиальном направлении, можно изменить глубину хода сошника. Тяговое сопротивление двухдисковых сошников составляет 80–90 Н, при глубине посева до 6 см [3].

В настоящее время при конструировании посевных машин преимущество отдается дисковым комбинированным сошникам, которые хорошо работают на любых типах почв. Это связано с внедрением на современных зерноуборочных комбайнах в последние годы устройств для измельчения соломы и разбрасывания ее по поверхности полей. Последующая обработка почвы комбинированными агрегатами перемешивает измельченную солому с почвой и создает мульчированный слой, в том числе и на глубине заделки семян. Килевидные сошники при работе на мульчированной почве сгуживают пожнивные и растительные остатки перед собой, которые затем собираются между сошниками. Это нарушает технологический процесс заделки семян на заданную глубину. Одно- и двухдисковые сошники хорошо заглубляют-

ся на мульчированных почвах, прорезают в ней бороздки на заданную глубину, не нарушая технологического процесса укладки семян. Недостатком их является то, что диски на корпусе устанавливаются с определенным углом атаки. Делается это для образования бороздок, в которые укладываются семена и затем закрываются слоем почвы. В процессе движения такое расположение дисков приводит к перемещению почвы в стороны от сошника. С увеличением угла атаки дисков, скорости движения сошника и глубины бороздки возрастает объем выносимой из нее почвы, а также расстояние, на которое она отбрасывается. С целью уменьшения влияния забрасывания почвы на соседние рядки сошники приходится расставлять в несколько рядов, при этом существенно ограничивая скорость машинно-тракторных агрегатов. Но и это не всегда помогает избавляться от забрасывания соседних рядков семян почвой и приводит к неравномерности заделки семян на заданную глубину. Это негативно влияет на дружность всходов, равномерность их развития и созревания, а значит, негативно сказывается и на качестве посева [4].

**Заключение.** С учетом вышеизложенного, необходимо разработать комбинированный однодисковый сошник для посадки с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями, работающий при нулевом угле атаки. Предполагается, что данный сошник позволит осуществлять более равномерную посадку семян и на оптимальную глубину, а также позволит более эффективно распределить их по площади питания. Конструкция должна быть проста в изготовлении и настройке

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гордеенко, О. В. Техническое обеспечение посева и посадки сельскохозяйственных культур в растениеводстве, плодоводстве, овощеводстве: метод. указания к практическим занятиям / О. В. Гордеенко, С. С. Шкуратов, А. А. Сысоев. – Горки : БГСХА, 2018. – 56 с.
2. Классификация сошников, их преимущества и недостатки [Электронный ресурс] / Сельскохозяйственный журнал «Аграрный сектор». – Астана, 2018. – Режим доступа: <https://agrosector.kz/agricultural-technologies/kazhdomu-polyu-nuzhen-svoj-soshnik-klassifikaciya-soshnikov-ih-preimushhestva-i-nedostatki.html>. – Дата доступа: 25.11.2018.
3. Классификация сошников, их преимущества и недостатки [Электронный ресурс] / Сельскохозяйственный журнал «Аграрный сектор». – Астана, 2018. – Режим доступа: <https://agrosector.kz/agricultural-technologies/kazhdomu-polyu-nuzhen-svoj-soshnik-klassifikaciya-soshnikov-ih-preimushhestva-i-nedostatki.html>. – Дата доступа: 25.11.2018.
4. Технологические свойства семян [Электронный ресурс] / Учебные материалы. – Москва, 2018. – Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/ON0xXRuvzBI/all.html>. – Дата доступа: 25.11.2018.

5. Математическая модель комбинированного однодискового сошника для узкорядного посева с симметрично расположенными двухсторонними ребордами-бороздкообразователями и нулевым углом атаки / В. Р. Петровец [и др.] // Вестник белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2016. – № 4. – С. 100–103.

УДК 623.437.42

## ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГОСРЕДСТВ С ПОЧВОЙ

Г. А. ВАЛЮЖЕНИЧ, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Столкнувшись с проблемой, получившей название «машинная деградация почвы», уже на протяжении почти 40 лет ученые и конструктора тракторов и самоходной сельскохозяйственной техники пытаются решить задачу обеспечения экологической совместимости ходовых систем с почвой. Под «экологически совместимой с почвой» ходовой системой понимается такая, которая обеспечивает обоснованный минимум отрицательного воздействия на структуру и потенциал плодородия почвы. По данным многочисленных исследований, обобщенных в [1], такая ходовая система не должна оказывать на почву давления выше максимально допустимого, устанавливаемого по ГОСТ 26955-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву».

В статье представлен краткий обзор одной из тенденций развития машин и технологий, позволяющих в значительной степени решить проблему «машинной деградации почвы» путем совершенствования ходовых систем в направлении их экологической совместимости с почвой.

**Основная часть.** Основным способ уменьшения уплотняющего воздействия на почву – это снижение давления в контакте движителя с почвой за счет увеличения площади контакта. Увеличивающийся при этом условный тяговый КПД обеспечивает явно выраженный энергосберегающий и экономический эффект, что большинству потребителей более понятно, чем экологический эффект, проявление которого возможно лишь по прошествии нескольких лет. Учитывая сказанное, можно предположить, что экономический эффект совершенствования ходовых систем для конструктора и эксплуатационника является ре-

шающим в выборе способа уменьшения уплотняющего воздействия движителя на почву, а экологический эффект позиционируется уже как следствие, т. е. вторичен. Попробуем это логически объяснить в материалах данной статьи, качественно оценив массовость применения конструктивных решений в ходовых системах, делающих их частично либо полностью экологически совместимыми с почвой.

Увеличение площади контакта движителя энергосредства с почвой обеспечивается за счет следующих способов:

сдваивания (страивания) колес пневматических движителей;

увеличения количества осей в колесных ходовых системах;

применения арочных шин;

использования баллонов сверхнизкого давления;

снижения внутришинного давления до минимально конструктивно допустимого;

применения гусеничных движителей и комбинаций гусеничных движителей с колесными.

Применение сдвоенных колес позволяет снизить давление на почву в 1,5...1,8 раза, обеспечивая тем самым снижение уплотнения в следу трактора. В межколесном пространстве на одной оси почва сильно сдавливается, а чтобы этого не происходило требуется определенный промежуток между сдваиваемыми колесами [2], что увеличивает внешний габарит энергосредства и является минусом. При использовании серийных шин сдваивание колес практически не обеспечивает допустимого давления на почву, установленного ГОСТ 26955-86 [1]. Поэтому количество колес на одной оси увеличивают. Так, в мире хорошо известны «трайплы», т. е. мощные (до 1000 кВт) и тяжелые (до 30 т.) полноприводные тракторы с тремя колесами на одной полуоси (получили практическое применение в Канаде и США). Больше количество колес на одной оси имеет единичные применения.

Преимущества такого способа в его достаточно простой реализации при минимуме капиталовложений. Затраты времени на переоборудование минимальны. Тяговые показатели энергосредства при увеличении количества колес одной оси улучшаются, энергозатраты снижаются, экономятся топливные ресурсы. Указанные преимущества обеспечили самое широкое применение именно этого способа, хотя максимальное давление на почву, особенно в весенний период, часто на 40–60 % превышают допустимое [1].

Управляемое внутришинное давление. Уменьшить давление на почву можно и за счет увеличения пятна контакта единичного колес-

ного движителя путем снижения давления в шинах при выполнении полевых работ на технологических режимах (до 0,06 МПа). В транспортных режимах давление поднимается до рекомендуемых значений 0,18...0,25 МПа. Такой подход предполагает наличие централизованной системы управления внутришинным давлением, нужны специальные эластичные шины [2] и дополнительное время на изменение давления (до 10...15 мин). Последнее решается за счет применения специальных инновационных шин с «опорным упругим телом». Управление ходовой системой в целом усложняется, за счет роста капиталовложений возрастают эксплуатационные затраты. В этом причина того, что системы управления внутришинным давлением не получили столь широкого распространения, как предыдущий способ.

Увеличение количества осей в ходовых системах снижает нагрузку на единичное колесо, масса энергосредства более равномерно распределяется по осям. Недостаток в том, что многоосное энергосредство за счет динамического многократного нагружения одной и той же площади интенсифицирует процессы подпочвенного уплотнения и нарушает структуру почвы на микроуровне [1, 2]. Поэтому в «многоосниках» стали находить применение конструктивно сложные ходовые системы, где каждое колесо движется, создавая только один след. Высокие капиталовложения – основная причина того, что многоосный колесный ход не нашел широкого применения. Исключение составляют самоходные уборочные машины с технологическими емкостями значительной грузоподъемности.

Применение шин сверхнизкого давления (баллонов) полностью обеспечивает «экологическую совместимость» при максимальном давлении на почву 0,02...0,03 МПа. В МТП наших сельхозпредприятий имеются узкоспециализированные полевые носители «Роса», «Днепр», «Двина» с баллонной ходовой системой. При этом возможны компоновки ходовой системы 4К2 и 6К2. Баллонные ходовые системы не в состоянии обеспечить значительные тяговые возможности энергосредства, поэтому применение их ограничено в основном уходом за посевами.

Увеличение площади контакта обеспечивают арочные высокоэластичные шины. Снижение давления на почву здесь более эффективное, чем при сдвигании колес. Однако полная замена всех шин серийного трактора на арочные шины имеет ряд ограничений, связанных с габаритами этих шин (ширина шины может достигать 1,5 м) и более низким условным тяговым КПД за счет высокой тангенциальной податли-

ности [2]. Подобные шины находят свое применение в специализированных энергосредствах – трициклах, основное преимущество которых в том, что шины, обеспечивающие при правильном подборе допустимое давление на почву, движутся каждая по своему следу. В сочетании с централизованной системой регулирования внутришинного давления подобный движитель обеспечивает давление на почву 0,06...0,08 МПа. Недостаток – высокая стоимость в сравнении с тракторами.

Полевые трехколесные модули, представляющие собой комплект дооборудования трактора, менее дороги. Трактор после установки на заднюю ось арочных шин (сдвоенных колес) монтируется на раму модуля, переднее управляемое колесо которого оборудуется также широкой арочной шиной (возможно применение сдвоенных колес). Увеличение колесной базы энергосредства, без потери маневренности за счет возможности поворота управляемого колеса на 180°, обеспечивает возможность монтажа различных технологических емкостей для совмещения операций, что является преимуществом.

Гусеничный движитель снижает давление на почву до допустимого предела и увеличивает тяговые возможности энергосредства в сравнении с колесным. В самом начале своей эволюции гусеница состояла из шарнирно соединенных металлических звеньев. Недостатки такой ходовой системы (разрушение покрытия дорог при транспортных переездах, неравномерное распределение давления по пятну контакта с почвой, причем пиковое давление всегда превышает статическое в несколько раз) привели к тому, что сегодня сельскохозяйственные энергосредства, оборудованные ею, не выпускаются.

Некоторых из указанных недостатков лишена пневматическая гусеница. Однако, как и в случае металлической гусеницы, эпюра давлений вдоль опорной поверхности имеет явно выраженные значительные пики, кроме того низка ремонтпригодность, конструкция сложна, срок службы в реальных производственных условиях крайне ограничен. Поэтому на энергосредствах сельскохозяйственного назначения пневмогусеница, кроме экспериментальных образцов, не нашла применения.

Резино-троссовые литые эластичные гусеницы с автоматическим натяжением сглаживают пики давления в зонах катков ходовой тележки (максимальное контактное давление находится в пределах 0,04...0,06 МПа), обеспечивают низкое буксование, хорошие тягово-сцепные свойства. Движение по дорогам с твердым покрытием сокра-

щает срок службы такой гусеницы, поэтому часто энергосредство доставляется в поле трейлером. Есть также проблемы и с разворотами МТА, связанные со сгуживанием почвы по бокам гусеницы и необходимостью увеличения радиуса поворота. Последнее означает широкую поворотную полосу, рост непроизводительных затрат времени. Такая ходовая система широко применяется на энергонагруженных технологических операциях, хотя сами энергосредства с гусеничными движителями в среднем на 30...40 % дороже своих колесных аналогов тех же тяговых классов и менее универсальны в использовании.

Последнее привело к разработке и появлению на рынке сельскохозяйственной техники комплектов дооборудования к колесным энергосредствам в виде гусеничных тележек с литыми резино-троссовыми гусеницами. Серийная колесная ходовая система может быть переоборудована в течение 3...4 часов без какой-либо доработки. Основной недостаток, пока ограничивающий массовое применение таких систем – их стоимость, которая на сегодняшний день может превышать стоимость самого трактора. Более дешевый вариант – комбинированные колесно-гусеничные системы – находят широкое применение, в том числе и на транспортных операциях. При этом давление на почву находится в допустимых пределах, а ходовая система практически лишается кинематических недостатков гусеничного хода. Гусеничные тележки могут устанавливаться вместо пневмоколес прицепных машин, что позволяет решить проблему обеспечения допустимого давления на почву всего МТА.

Следующая тенденция, имеющая своей целью обеспечение экологической совместимости с почвой всего МТА, привела к созданию самодвижущихся почвообрабатывающих машин. Как движитель может использоваться фреза, плужный корпус, культиваторная лапа. Здесь явное экологическое преимущество – тягач (энергосредство) в поле не нужен. Функция перемещения машины передается рабочим органам самой машины. Впрочем, имеется и ходовая система (гусеничного, либо колесного типа), назначение которой – обеспечение холостого хода на поворотах и переездах, при рабочем ходе она пассивна. В сельскохозяйственной практике такие машины не нашли применения вследствие их узкой специализации, хотя и существовали экспериментальные образцы. Понятно, что узкая специализация – это значительные капиталовложения. Здесь экономические недостатки преобладали над экологическими ожиданиями.

**Заключение.** Наиболее широкое и экономически эффективное применение в ближайшем будущем найдут комбинированные колесно-гусеничные ходовые системы, имеющие возможность быстрой перекомбинации. Такие ходовые системы полностью экологически совместимы с большинством почвенных агрофонов, обеспечивают допустимое давление на почву и высокие тяговые показатели энергосредств, не требуют значительных капиталовложений при принятии решения об их применении в существующем парке тракторов и самоходной сельскохозяйственной техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Русанов, В. А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути ее решения / В. А. Русанов. – Москва: Рос. акад. с.-х. наук; Всерос. науч.-исслед. ин-т механизации сел. хоз-ва (ВИМ), 1998. – 367 с.
2. Ким, Ю. А. Влияние конструктивных параметров колесных движителей на изменение физико-механических свойств почвогрунта и тяговые качества трактора / Ю. А. Ким, П. В. Зеленый, И. В. Франкевич // Вестн. Бел.-Росс. ун-та, 2008. – № 2. – С. 21–23.

УДК 656.13

### **ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕЕздах**

В. А. УСПЕНСКИЙ, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

В соответствии со ст. 31 Закона РБ «Об автомобильных дорогах и дорожной деятельности» владельцы железнодорожных путей обязаны оборудовать железнодорожные переезды устройствами, обеспечивающими безопасность движения железнодорожного, автомобильного транспорта и иных транспортных средств (ТС). Установка технических средств организации дорожного движения должна соответствовать требованиям СТБ 1300 (ТКП 543 п. 6.2.2).

Переезды – зоны повышенной опасности, требующие от участников дорожного движения строгого соблюдения ПДД, а от работников железной дороги – требований ТКП 543–2014 (п. 4.1). Возможность безопасного проезда через переезды ТС должна определяться водителями на основе требований ПДД. В зависимости от интенсивности движения ТС и поездов переезды делят на 4 категории (п. 5.2), а также

с автоматической переездной светофорной сигнализацией (АПСС) и без нее, с дежурным по переезду и без него, с переездным, переездным электрическим, автоматическим, полуавтоматическим шлагбаумами и без них. На переездах первых трех категорий должны быть установлены дорожные (переездные) светофоры (п. 6.2.2). На переездах первых двух категорий устанавливают шлагбаумы, заградительную сигнализацию и обслуживание дежурными работниками (п. 5.6). ГАИ же делит переезды на три категории: со шлагбаумом, без шлагбаума с АПСС, без шлагбаума без АПСС. В правилах дорожного движения (ПДД) и СТБ 1300 п. 5.2.5 переезды поделены на две категории: дорожный знак 1.1 «железнодорожный переезд со шлагбаумом» и знак 1.2 «железнодорожный переезд без шлагбаума». Такое деление переездов было актуальным в начале 20 века при отсутствии электрификации и, соответственно, АПСС, и сохранилось в ПДД. В настоящее время водителя нужно проинформировать о наличии или отсутствии АПСС. При отсутствии которой обеспечить безопасность движения по переезду может только сам водитель. В связи с изложенным предложено изменить название и правила применения дорожных знаков 1.1 и 1.2.

Практически все ДТП происходят на переездах с АПСС без шлагбаума. Так, в 2017 году на них произошло 4 столкновения с железнодорожным составом, в которых 9 человек погибло и 2 ранено [1], а на территории железной дороги погибает около 100 человек ежегодно. На них имеют место очень длительные задержки транспорта, нередко нарушающие работу целых городских районов. Наконец, здесь имеют место очень большие социальные потери, вызванные абсолютным игнорированием железнодорожным ведомством «чужих» интересов [2]. Устройство и обслуживание железнодорожных переездов, особенно с дежурным, является делом весьма затратным для железнодорожного ведомства, требующим соблюдения жестких норм безопасности. Так, при выборе места для его создания необходимо обеспечить возможность машинисту железнодорожного ТС видеть середину переезда с расстояния не менее 1 км (ТКП45-3.03-19 п. 6.3.2 и ТКП45-3.03-96 п. 9.2.1). Подлежат закрытию переезды, расположенные вне городов ближе 5 км от путепроводов (ТКП543 п. 4.6). Поэтому железная дорога является опасным объектом транспортной инфраструктуры, разделяющим землепользование, нарушающим социальные связи [5]. Пересечения железнодорожного пути следует проектировать на разных уровнях дорог первой категории, а на дорогах 2 и 3 категорий

- с интенсивностью движения ТС более 1000 ед./сут.
- интенсивностью движения по ж.д. более 100 поездов /сут.
- скоростью движения поездов свыше 120 км/ч
- железной дорогой, расположенной в выемке
- не обеспечены удовлетворительные условия видимости по ТКП45-3.03-19 100×400 м (п. 6.3.2) а по ТКП543 50×400 м (п. 5.7).

Организация движения на переезде передана в ведение железнодорожников и выполняется на основе согласованных инструкций, основными требованиями которых являются:

- нормативное расстояние взаимной видимости (от 100×60 м до 1000×350 м по СТБ 1300 п. 5.3.11), которое практически никогда не выполняется, преимущественно железнодорожниками – придорожные строения, посадки и т. д.;

- *ровность дороги на подходах и настилов на пересечении рельсовых путей при достаточном коэффициенте сцепления.* Не допускается отклонение верха головки рельсов от верха настила (покрытия) более 20 мм (п. 6.2.1.3). Должно быть обеспечено уверенное движение транспорта со скоростью не менее 30 км/ч. Как показывают расчеты, при скорости движения менее 20 км/ч отпущенного времени от включения сигнала до начала опускания заградительного бруса шлагбаума будет недостаточно. Это требование в большинстве случаев не выполняется, хотя известны примеры, при которых скорость достигает 60 км/ч и более;

- *достаточная ширина проезжей части* – не менее 6 м. Это требование выполняется повсеместно;

- *устройство дорожек для пешеходного движения* – требование выполняется повсеместно;

- *наличие и исправность освещения, предупредительной информации и сигнализации* – дорожные знаки, светофоры, звуковая сигнализация, шлагбаумы и т. д. Это требование выполняется практически повсеместно;

- *автоматизация управления полушлагбаумами и сигнализацией* – это требование на переездах магистральных железных дорог выполняется, практически, повсеместно;

- *необходимое опережение закрытия переезда перед приближающимся поездом* – это требование не выполняется в подавляющем большинстве случаев [2]. Время от начала включения сигнала до начала опускания заградительного бруса шлагбаума – 13–15 с (Б.4). Этого времени достаточно чтобы ТС находящиеся перед переездом проехали

его территорию до начала опускания заградительного бруса шлагбаума, а находящиеся от него на расстоянии большем, чем расстояние видимости для остановки (по СТБ 1300 п. 5.3.11 при 80 км/ч – 100 м, 60 км/ч – 60 м, 40 км/ч – 40 м, 30 км/ч – 30 м), смогли прекратить движение в предусмотренном в п. 129 ПДД месте. В это время должен работать звуковой сигнал, а на светофоре – промежуточный (желтый) сигнал, чтобы водители, находящиеся от переезда на расстоянии ближе указанного выше, не нарушали ПДД вынужденно, используя экстренное торможение или выехав на переезд при запрещающем сигнале светофора. Это актуально в связи с внедрением систем видеонаблюдения или фотофиксации на переездах с АПСС (п. 6.2.5.6). В этот момент машинист поезда, находящегося на расстоянии видимости для остановки поезда (СТБ 1300 п. 5.3.12 при 140 км/ч – 1000 м, 120 км/ч – 900 м, 100 км/ч – 800 м, 80 км/ч – 600 м и т. д.), видит настил переезда свободным и он знает, что переезд для ТС закрыт. Поезд преодолевает это расстояние и прибывает на переезд примерно через 25 с. Место установки датчиков включения сигнализации рассчитывается, исходя из максимальной скорости движения поездов, установленной на данном участке железной дороги и минимальной скорости движения ТС длиной 24 м, но не менее 8 км/ч. Это опережение должно составлять при АПСС – не менее 30 с, при оповестительной сигнализации – не менее 40 с (п. Б.3). Перед пропуском пассажирского поезда, обращающегося со скоростью свыше 140 км/ч, для прекращения движения по переезду дежурный закрывает шлагбаум в том числе автоматический, за 5 минут до проследования поезда (п. В.8), так как обеспечить видимость переезда с расстояния более 1 км невооруженным глазом машиниста считается невозможным. Введение скоростного движения поездов приводит к резкому увеличению простоев ТС на переездах.

Устройства включения приводов шлагбаумов должно учитывать скорость приближения поезда и гарантировать приблизительно равный интервал времени между включением сигнализации и приходом поезда [3]. Дело в том, что железнодорожная автоматика не учитывает скорость движения данного конкретного поезда. В этой ситуации тихоходный поезд закрывает переезд намного раньше нормативных 40 с – чем меньше скорость поезда и, соответственно, меньше опасность, тем раньше закрывается переезд. В некоторых случаях, когда переезд расположен в зоне железнодорожной станции (ближе 1600 м), то возникают сложные ситуации – состав прошел над датчиком, остановился и стоит неопределенно долго (столько, сколько ему нужно), а переезд

тем временем закрыт 5, 10, 15 и более минут [2]. Такое отношение провоцирует водителей на нарушение Правил – для них красный сигнал на переезде далеко не всегда означает опасность. Это очень страшно, и виновные должны нести за это ответственность, но, к сожалению, отвечают только водители, нередко своими (и чужими) жизнями. А ситуация на переездах тем временем остается без изменений. И если меняется, то очень медленно [2].

Большая часть ДТП на переездах связана с тем, что водитель по тем или иным причинам своевременно не обнаружил приближающийся поезд, при этом случаются удары как поезда в ТС, так и ТС в поезд.

Чтобы водитель ТС имел возможность заблаговременно убедиться в отсутствии приближающегося железнодорожного ТС, на переездах без АПСС («неохраняемых») с места водителя, находящегося на удалении 40 м от ближайшего рельса, должна быть обеспечена видимость приближающегося с любой стороны поезда на расстоянии 400 м (ТКП 45-3.03-96 п. 9.2.1). Аналогичные требования изложены и в ТКП 45-3.03-19 п. 6.3.2, но с учетом скорости движения ТС. При невыполнении этого условия пересечения железнодорожного пути следует проектировать в разных уровнях (п. 6.1.2). По этой причине на железнодорожном переезде запрещаются разворот, движение задним ходом, остановка и стоянка ТС ближе 50 м от них в обе стороны. Территория переезда обозначается дорожными знаками 1.3.1 (1.3.2), а подходы к нему оборудованы предупреждающими дорожными знаками. Обгон запрещен на железнодорожных переездах и ближе, чем за 100 метров перед ними.

Выполнение приведенных нормативов позволит избежать столкновений, если скорость приближения автомобиля будет находиться в пределах 30...50 км/ч, а скорость движения по переезду – не менее 20 км/ч, при этом машинист поезда будет видеть переезд занятым. В случае вынужденной остановки ТС на переезде столкновение будет неизбежным, так как расстояние видимости, установленное двумя приведенными стандартами, вдвое меньше тормозного пути поезда. Такую ситуацию, когда ТС находится на переезде, а расстояние до приближающегося поезда меньше его тормозного пути, следует считать потенциально опасной.

Безопасность движения на пересечениях автомобильных дорог с железнодорожными путями во многом определяется достаточной ровностью проезжей части на переезде (дефектами настила переезда). Недостаточная ровность настила переезда – причина резких перепадов

скоростей движения и вынужденных остановок ТС, что в плотном транспортном потоке часто приводит к конфликтам и столкновениям ТС. Такой режим движения транспортного потока сопровождается дополнительными задержками ТС и вызывает заторовые ситуации [3].

На железнодорожных переездах без АПСС и к случаям, когда есть основания полагать, что сигнализация (световая, звуковая) на железнодорожном переезде не работает или неисправна, в соответствии с п. 46.3 ПДД об этом информируют выключенные красные и белолунные сигналы, запрещается выезжать на железнодорожный переезд, если к железнодорожному переезду в пределах видимости приближается железнодорожное Т (п. 128.1.5 ПДД). Информационную секцию (белолунную) допускается применять со светофором, установленным перед железнодорожным переездом на автомобильных дорогах, включенных в сеть международных дорог, а также перед переездами I и II категорий (СТБ 1300 п. 10.9.17). Светофор с белолунными сигналами должен устанавливаться в городах перед переездами не обслуживаемыми дежурными работниками и расположенными на подъездных путях. При данном виде переездной и заградительной сигнализации должна быть обеспечена автоматическая взаимная блокировка, гарантирующая выключение красных сигналов на переездном светофоре только после включения красного сигнала на заградительных светофорах, а при выключении заградительных светофоров при наличии извещения о приближении поезда к переезду только после включения красного сигнала на переездных светофорах (п. Б.8). Практика применения белолунного сигнала для обозначения исправности сигнализации показала, что в условиях недостаточной видимости (туман, метель и т. п.) эффективность его использования низка и в настоящее время практически повсеместно такие информационные секции светофоров переездной сигнализации демонтированы. Установлена целесообразность использования для обозначения переезда светового сигнала, работающего в режиме желтого мигания в период времени, когда движение через переезд разрешено [3].

В случае неисправности технических средств организации дорожного движения на железнодорожном переезде, а также при иных обстоятельствах, например, проведение ремонтных работ машинисту поезда сообщается об этом и скорость движения железнодорожного ТС снижается до 20 км/ч. Водитель обязан подчиняться указаниям и требованиям дежурного по железнодорожному переезду.

Требования, предъявляемые к обустройству железнодорожного переезда, позволяют водителю своевременно заметить приближающееся железнодорожное ТС и сигналы красного светофора не менее 100 м в солнечный день (п. 6.2.2.3). Если такая обзорность не обеспечивается перед железнодорожным переездом без дежурного и АПСС должен быть установлен дорожный знак 2.5 «Движение без остановки запрещено» (СТБ1300 п. 5.3.12). Этот же знак должен быть выставлен на переездах без дежурного на период выполнения ремонтных работ работниками, выполняющими ремонт (ТКП 543 п. 7.24).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Сведения о состоянии дорожно-транспортной аварийности в Республике Беларусь в 2017 г.: аналитич. сб. – Минск, 2018. – 91 с.
2. Врубель, Ю. А. Водителю о дорожном движении: пособие / Ю. А. Врубель, Д. В. Капский. – Минск: БНТУ, 2006. – 129 с.
3. Рожанский, Д. В. Повышение безопасности движения в зоне железнодорожных переездов / Д. В. Рожанский, С. Н. Карасевич // Вестник БНТУ. – № 2. – 2007. – С. 60–65.
4. Комментарий к Правилам дорожного движения: согласовано с Управлением ГАИ МВД Республики Беларусь / авт. коммент.: В. В. Бируля [и др.]. – Минск: Тонпик, 2009. – 560 с.
5. Петрович, А. Вокруг да около / А. Петрович // Республика. – № 6527. – 2016. – С. 9.
6. ТКП 45-3.03-19 Автомобильные дороги. Нормы проектирования.
7. ТКП 45-3.03-96 Автомобильные дороги низших категорий. Правила проектирования.
8. СТБ 1300-2014 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения.
9. ТКП 543-2014. Железнодорожные переезды. Правила проектирования, устройства и эксплуатации.

УДК 631.354.2

### **АНАЛИЗ ЭНЕРГОЕМКОСТИ ПРОЦЕССА ОБМОЛОТА ВОРОХА МЕЛКОСЕМЯННЫХ КУЛЬТУР ВАЛЬЦОВЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ**

А. Е. УЛАХОВИЧ, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, 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 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.** Рассмотрим энергетический баланс обмолачивающих вальцов (рис. 1) и примем для определенности, что верхний приводной валец 1 имеет большую окружную скорость по сравнению с нижним ведомым вальцем 2.

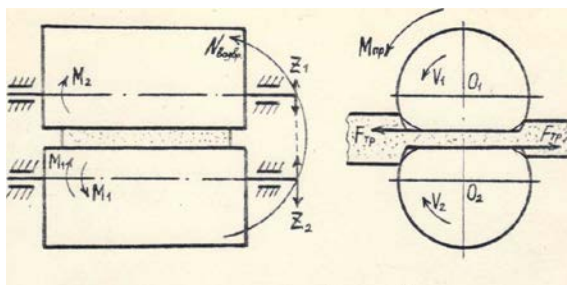


Рис. 1. Энергетический баланс вальцового рабочего органа

Процесс обмолота может протекать таким образом, что часть энергии в единицу времени от верхнего быстроходного вальца передается нижнему, более тихоходному, за счет трения его о ворох, а от него

через цепную передачу ( $Z_1-Z_2$ ) снова к быстроходному валцу. Благодаря этому мощность на быстроходном валце может превысить мощность  $N_{пр}$ , потребляемую им от привода. При протягивании упруговязного материала имеются области отставания и опережения, причем в первой из них валцы испытывают торможение, а во второй силы вязного трения направлены в сторону вращения валцов [2].

$$N_{пр} = N_{пот} - N_{возвр}, N_{пот} > N_{пр}.$$

Энергия в единицу времени передается обоим валцам, и при равной окружной скорости распределяется между ними поровну. Но с увеличением разности скоростей вращения валцов, т. е. с ростом показателя кинематического режима  $\lambda = V_2 / V_1$ , тихоходному валцу возвращается большая часть энергии в единицу времени, и при определенном значении  $\lambda$  может случиться, что мощность, потребляемая тихоходным валцом, и энергия, возвращаемая им обратно через цепную передачу, станут равны. Может оказаться даже, что энергия, возвращаемая в зоне расширения, будет больше мощности, потребляемой в зоне сжатия. В этом случае тихоходный валец сам становится источником энергии, передавая ее верхнему валцу или приводу, который будет работать в тормозном режиме. Поскольку силы трения вороха о валцы по абсолютному значению равны между собой, поэтому при равных диаметрах валцов равны и приложенные к ним моменты  $M_1$  и  $M_2$ .

Уравнение моментов относительно быстроходного валца определится

$$M_{пр} + M_1\lambda = M_2. \quad (1)$$

В данном выражении момент привода  $M_{пр}$  и момент  $M_1\lambda$ , передаваемый от тихоходного валца через цепную передачу, являются активными, а преодолеваемый момент  $M_2$  – реактивным. Но так как  $M_1 = M_2$ , то в уравнении (1)  $M_1$  можно выразить через  $M_2$  и определить  $M_{пр}$

$$M_{пр} = M_2(1 - \lambda). \quad (2)$$

Отсюда видно, что при постоянном моменте сопротивления  $M_1 = M_2 = \text{const}$  и  $\lambda = 0$  можно преодолеть большую силу трения, так как  $M_{пр} \rightarrow 0$ .

Умножив левую и правую части уравнения (2) на  $V_2 = \lambda V_1$ , получим уравнение мощностей

$$N_{пр} = N_1(1 - \lambda) = N_2(1/\lambda - 1). \quad (3)$$

Мощность, потребляемая вальцами от привода, расходуется на сообщение скорости продуктам обмолота  $N_c$  на сжатие вороха  $N_{сж}$  и на преодоление сил трения  $N_{тр}$ .

С учетом этого

$$N = N_c + N_{сж} + N_{тр}. \quad (4)$$

Мощность, расходуемая на сообщение скорости продуктам обмолота определится

$$N_c = m' g V_0, \quad (5)$$

где  $m'$  – масса порции вороха, находящегося в молотильном зазоре, кг;

$V_0$  – скорость движения вороха в молотильном зазоре, м/с.

В свою очередь

$$m' = qt, \quad (6)$$

где  $q$  – подача вороха в молотильный зазор, кг/с;

$t$  – время взаимодействия вороха с вальцами, с.

Время взаимодействия порции массы с вальцами определяется

$$t = \pi D / V_0, \quad (7)$$

где  $D$  – диаметр вальца, м.

Тогда с учетом (6) и (7) после соответствующих преобразований формула (5) примет вид

$$N_c = \pi D g q. \quad (8)$$

Мощность, необходимая для сжатия вороха между рабочими поверхностями вальцов

$$N_{сж} = P S_k \delta_x / t, \quad (9)$$

где  $P$  – давление, с которым вальцы воздействуют на обмолочиваемый ворох, Па;

$S_k$  – площадь молотильного зазора по длине вальцов, м<sup>2</sup>;

$\delta_x$  – толщина слоя вороха, находящегося в молотильном зазоре в процессе обмолота, м.

Площадь молотильного зазора по длине вальцов равна

$$S_k = l_d l_p \varepsilon, \quad (10)$$

где  $l_d$  – путь, который ворох проходит в процессе взаимодействия с вальцами, м;

$l_p$  – рабочая длина вальцов, м;

$\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий степень использования рабочей длины валцов.

С учетом этого формула (9) примет вид

$$N_{сж} = Pl_d I_p \varepsilon \delta_x / t, \quad (11)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление трения

$$N_{тр} = F_{тр} V_0, \quad (12)$$

где  $F_{тр} = fPS_k$  – сила трения в зоне взаимодействия валцов с ворохом, Н;

$f$  – коэффициент трения вороха о материал валцов.

Скорость движения вороха в процессе обмолота можно определить как разность окружных скоростей валцов

$$V_0 = 0,25\omega_2 D(1 + \lambda)\eta. \quad (13)$$

Тогда

$$N_{тр} = 0,25fPS_k\omega_2 D(1 + \lambda)\eta, \quad (14)$$

где  $\eta$  – коэффициент буксования валцов по массе.

**Заключение.** Анализ зависимостей (8), (11) и (14) показывает, что энергоёмкость процесса обмолота вороха мелкозернистых культур валцовым аппаратом с эластичными рабочими поверхностями возрастает с увеличением подачи материала (рис. 2, *а*), избыточного давления воздуха в валцах (рис. 2, *б*) и частоты вращения валцов (рис. 2, *в*).

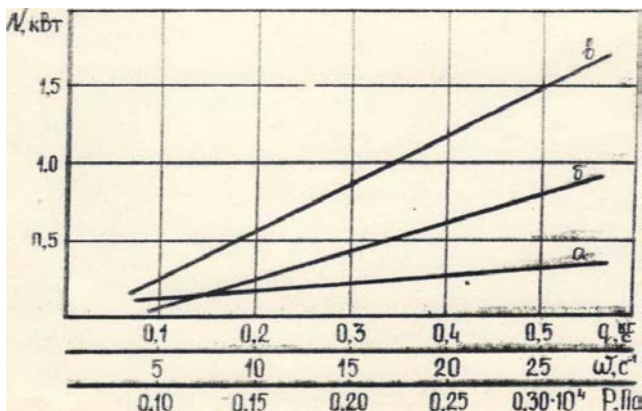


Рис. 2. Зависимость мощности, необходимой для привода валцов, от подачи вороха  $q$ , кг/с (*а*), избыточного давления воздуха в валцах  $P$ , Па (*б*), и частоты их вращения  $\omega$ , с<sup>-1</sup> (*в*)

Физическая сущность установленных закономерностей объясняется увеличением сил сжатия и трения в зоне взаимодействия рабочих поверхностей молотильного устройства с семенным ворохом, за счет которых главным образом происходит выделение семян при технологическом процессе.

#### 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. – СПб.: ФГБНУ; Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства, 2017. – № 92. – С. 94–98.

2. Особов, В. И. Машины и оборудование для уплотнения сено-соломистых материалов / В. И. Особов, Г. К. Васильев, А. В. Голяновский. – М.: Машиностроение, 1974. – 231 с.

УДК 929 [НАЗАРОВ]

К 90-летию со дня  
рождения

#### ПАМЯТИ АКАДЕМИКА С. И. НАЗАРОВА

В. С. АСТАХОВ, д-р техн. наук, профессор;  
В. Р. ПЕТРОВЕЦ, 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. Он длительное время работал заместителем директора по научной работе центрального научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства Нечерноземной зоны СССР (ЦНИИМЭСХ, г. Минск). А с 1980 по 1992 год являлся ректором БСХА, где в полную силу раскрылся его талант руководителя, педагога и крупного ученого. За время работы в академии была значительно обновлена ее материально-техническая база. И прежде всего Сергей Иванович коренным образом обновил материальную базу учебного полигона. При нем была организована «Школа-Выставка», где находилась новейшая сельскохозяйственная техника, которой еще не было на производстве. Это была единственная в Советском Союзе «Школа-Выставка», куда приезжали перенимать опыт многие руководители

сельскохозяйственных вузов СССР. Благодаря академику Назарову С. И. в БСХА фактически зародился прообраз выставок «Белагро». Ежегодно проводились Международные выставки, на которых участвовали различные фирмы из Беларуси, Российской Федерации, Германии и других государств западной Европы. Практически все областные семинары по настройкам сельскохозяйственной техники перед весенними работами проводились в «Школе-выставке» с показом в работе отдельных машин в полевых условиях. Это была учеба не только специалистов хозяйств, но и руководителей районного и областного уровня агропромышленного комплекса Беларуси.

Пристальное внимание уделялось качеству учебного процесса за счет издания учебных, учебно-методических и научных трудов ученых академии. Существенно улучшилась подготовка научных и педагогических кадров для академии через аспирантуру и докторантуру. Достаточно сказать, что лично академиком Назаровым С. И. подготовлено 10 докторов и 40 кандидатов наук, многие из которых продолжают работать в академии и других местах. Пристальное внимание академик Назаров С. И. уделял связи науки с производством и на это нацеливал своих учеников и преподавателей академии. Для внедрения научных разработок в производство информировал советские и партийные органы районного, областного и республиканского уровня о достигнутых успехах. Вот почему уже в 1981–1982 гг. по заданию Могилевского обкома партии силами заводов города Могилева было изготовлено 55 сеялок СПТ-3,6 для посева трав и травосмесей с пневматической системой и однодисковыми сошниками, запатентованными в трех странах Европы, разработанной его учениками и сотрудниками академии. А всего под его руководством и при непосредственном участии разработаны и внедрены в производство более 20 новых сельскохозяйственных машин для подготовки, транспортировки, внесения органических и минеральных удобрений, средств химизации, ряд промышленных технологий по их применению.

Академик Назаров С. И. опубликовал около 400 научных работ, им получено 150 патентов и авторских свидетельств СССР и других стран. В числе опубликованных работ – 21 книга.

Несмотря на свое положение в обществе, на свои научные заслуги, звания и степени, академик Назаров С. И. был близок и простому работнику, и руководителю любого ранга. Он всегда находил время не

только для своих учеников, но и не отказывал в добрых советах другим лицам, обратившимся к нему за помощью.

Будучи в то время еще молодыми учеными, его ученики при исследованиях докапывались до сущности явлений, происходящих в инженерных конструкциях создаваемых машин, чтобы все факторы, влияющие на рабочий процесс, были тщательно изучены. Лишь благодаря такому подходу в академии смогли разработать конструкцию горизонтального распределителя семян для пневматических сеялок не имеющего аналога за рубежом. Именно академик Назаров С. И. принял решение командировать сотрудника академии на годичную стажировку в Кировоградский проектно-конструкторский институт по посевным машинам (по их просьбе) для дальнейшего развития пневматических систем сеялок в рамках выполнения Всесоюзной программы «Посев-2000». Поэтому можно сказать, что лишь благодаря академику Назарову С. И. состоялась реализация этого важного, принципиально нового направления, получившего широкое распространение и в машинах, разработанных в Беларуси научно-практическим центром по механизации сельского хозяйства и нашедших применение в сельском хозяйстве в качестве импортозамещения.

Глубоко понимая, что наука требует огромных усилий людей, занимающихся поиском новых идей, он всегда их поддерживал, помогал советами и даже вставал при необходимости на защиту. Много, очень много добрых дел оставил этот человек на Земле. И до сих пор академик Назаров С. И. является для нас образцом настоящего ученого, талантливого педагога и просто замечательного человека. Он оставил добрую память о себе в сердцах многих людей, общавшихся с ним при жизни.

Сегодня Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, где Сергей Иванович создал условия для роста научно-педагогических кадров, имеет высокий рейтинг одного из крупнейших и старейших вузов Европы, которому в 2020 году исполнится 180 лет. Специалисты, получившие диплом в УО БГСХА, могут работать в любой стране мира. А при упорном труде можно вырасти от выпускника БГСХА до академика, как это показал Сергей Иванович Назаров и другие известные в стране академики, окончившие БГСХА.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОДИСКОВОГО СОШНИКА ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ К КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКЕ Л-201/202

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

**Введение.** Навесная четырехрядная картофелесажалка Л-202 предназначена для посадки пророщенного и непророщенного картофеля на ровном поле и на гребнях. Одним из недостатков этой картофелесажалки является применение в качестве бороздообразователя клиновидного сошника, образующего гладкое дно борозды, что приводит к раскату клубней картофеля в борозде, ухудшению равномерности раскладки клубней в борозде и, как следствие, снижению урожайности клубней.

Целью этой статьи является показать достоинства и недостатки одnodискового сошника при применении в картофелесажалке производства ОАО «Лидсельмаш».

**Основная часть.** Сошники служат для образования в почве бороздок, укладки в них семян, поступивших из высевяющего аппарата, и заделки их почвой. Роль сошников могут иногда выполнять колеса или катки с ребрами или кольцевыми выступами. В лесном 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 [1].

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 [2].

Однодисковый сошник состоит из корпуса; оси, с закрепленным без угла атаки к направлению движения плоский диск, установленный на его обеих сторонах ребрами в форме усеченного конуса (рис. 1).

После заезда в борозду сажалка приводится в рабочее положение, и загрузочный бункер опускается гидросистемой трактора. Сажалка загружается любым самосвальным транспортным средством. После заполнения загрузочный бункер поднимается в рабочее положение и начинается движение. Клубни самотеком через регулируемые окна поступают в питающий ковш. При движении ложечек вверх через слой клубней они заполняются. Лишние клубни под действием встряхивателя сбрасываются. Далее движущиеся ложечки поднимают клубни по одному, переводят их в кожухи-направители и подают в бороздки, образуемые дисковыми сошниками. Сферические диски закрывают бороздки, образуя гребень [3].

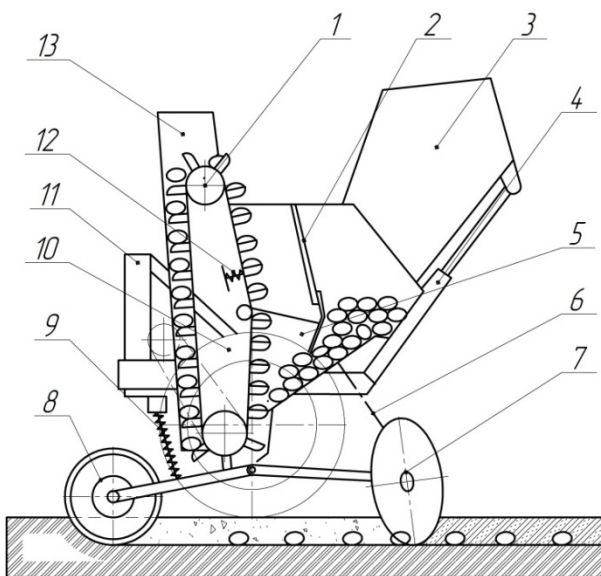


Рис. 1. Схема работы картофелесажалки Л-202 с однодисковым сошником:

- 1 – высаживающий аппарат; 2 – заслонка; 3 – бункер;  
 4 – гидроцилиндр; 5 – питающий ковш; 6 – цепь; 7 – диски; 8 – сошник;  
 9 – штанга сошника с пружиной; 10 – опорно-приводное колесо;  
 11 – рама с навеской; 12 – встряхиватель; 13 – кожух

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 – отвечает агротехническим требованиям при создании уплотненного дна посевной бороздки и соответственно не обеспечивают высеванному семени необходимый режим влажности на заданной глубине.

Этими сошниками можно проводить посев на высоких скоростях и работать в более сложных условиях. Это подтверждается расчетами режимов работы агрегатов. В качестве энергетического средства принимали трактор Беларус-82.1. Результаты показаны в таблице.

Эксплуатационно-технические показатели агрегата

Показатели	Беларус-82.1 + Л-202	
	клиновидный	однодисковый
Тип сошника		
Передача трактора: на рабочем ходу	4	4
при повороте	4	4
Рабочая скорость, км/ч	8,3	8,65
Скорость на повороте, км/ч	9,12	9,12
Часовой расход топлива, кг/ч:		
на рабочем ходу	12,38	9,98
на холостом ходу	6,64	6,64
Коэффициент использования максимальной тяговой мощности	0,82	0,56
Тяговый КПД трактора	0,47	0,39
Максимальный тяговый КПД трактора	0,53	0,53
Коэффициент загрузки двигателя трактора	0,97	0,80

Из таблицы видно, что за счет применения трения качения (так как однодисковый сошник работает по аналогии катка) увеличили рабочую скорость агрегата на 4 %. Следовательно, и увеличится производительность агрегата. Также уменьшается тяговый КПД трактора на 8 %, нагрузка двигателя на 17 % и часовой расход топлива на рабочем ходу на 20 %.

Кроме того, применение дисковых сошников позволяет проводить весеннюю посадку в ранние сроки.

Одним из существенных недостатков дисковых сошников является то, что необходимо качественно подготовить почвы для посадки.

**Заключение.** Однодисковый сошник имеет множество достоинств. Он будет удовлетворять агротехническим требованиям. Помимо этого, будет уменьшение расхода топлива и нагрузки трактора, что приведет к уменьшению себестоимости возделывания картофеля и увеличит ресурс работы трактора в сравнении с клиновидным.

Однодисковый сошник можно применить для картофелесажалки Л-201/202 в условиях хозяйств

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Машины и механизмы лесосечных, нижнескладских работ и лесного хозяйства: Учебник для техникумов / Ю. Д. Силуков [и др.]. – М.: Экология, 1992. – 464 с.
2. Шагдыров, И. Б. Практикум по дисциплине машины и технологии в растениеводстве: учеб. пособие / И. Б. Шагдыров. – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА имени В. Р. Филлипова, 2015. – 350 с.
3. Картофелесажалка навесная четырехрядная Л-202. Техническое описание и руководство по эксплуатации, каталог деталей и сборочных единиц.

УДК 631.333

### **О СОЗДАНИИ ВЫСОКОТОЧНЫХ ДОЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ К МАШИНАМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

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

**Введение.** В сельскохозяйственном производстве практически невозможно найти отрасль где бы отсутствовали процессы дозирования и дозирующие устройства. Они присутствуют в растениеводстве, в сфере применения средств химизации земледелия, в кормопроизводстве и животноводстве.

Процессы приготвления компостов, получения смешанных минеральных удобрений, внесения минеральных и органических удобрений, посева зерновых и высадки картофеля, раздачи кормов на животноводческих фермах, измельчения зерна и других сельскохозяйственных материалов, в сущности, являются процессами дозирования.

Например, в структурных схемах получения многокомпонентных смесей процессы дозирования играют важнейшую роль. Без строгого дозирования исходных компонентов не представляется возможным обеспечить заданное их соотношение в готовом продукте [1, 2, 3].

В настоящее время работа машин для внесения удобрений осуществляется по схеме, показанной на рис. 1 и рис. 2 [4, 5, 6].



Рис. 1. Пооперационная схема работы удобрительных машин



Рис. 2. Элементная схема машин для внесения удобрений

**Основная часть.** Существует два метода дозирования сельскохозяйственных материалов: объемный и весовой. Объемный метод дозирования основан на использовании устройств объемного принципа, а весовой – на использовании весовых устройств. Единственным преимуществом весового дозирования является более высокая точность, но только при сохранении постоянной объемной массы.

Влажность сельскохозяйственных материалов в процессе их хранения непостоянна, меняется в зависимости от влажности окружающей среды. Изменение влажности приводит к изменению плотности. Объемные дозаторы подвержены меньшему влиянию изменения влажности влияет на его объем в меньшей мере, чем на вес. Поэтому можно предположить, что при дозировании по питательности или по действующему веществу объемные дозаторы будут работать не хуже весовых.

Объемные дозаторы одного и того же класса (сопоставимой производительности) в 5–10 раз дешевле весовых, имеют более простое устройство, более высокую надежность в работе, меньшую трудоемкость обслуживания, более производительны по сравнению с весовыми дозаторами. Объемные дозаторы работоспособны на труднотекущих материалах и могут использоваться на мобильных машинах, испытывающих резкодинамические нагрузки, чего нельзя сказать о весовых дозаторах [7].

Если правильно подобрать все параметры объемного дозатора, выбрать рациональную конструкцию дозирующего рабочего органа, способного приводить дозируемый материал к критической порозности (плотности) и точно отрегулировать его в соответствии с тем количеством материала, которое должно поступать за определенное время, то точность такого дозатора будет вполне приемлемой для условий сельскохозяйственного производства.

Процесс объемного дозирования следует рассматривать состоящим (всегда) из трех фаз: фазы питания, или заполнения дозатора материалом; фазы формирования материала в равномерный поток и фазы выдачи материала из дозатора.

Фаза питания дозатора оказывает решающее влияние на устойчивость процесса дозирования вообще и зависит от устойчивости и равномерности процесса истечения материала из оперативных емкостей. Оперативная емкость, оснащенная побудителем истечения материала, является неотъемлемой частью дозирующей установки [8].

Фаза формирования материала в равномерный поток влияет на равномерность дозирования. Она находится в прямой зависимости от конструкции дозирующего рабочего органа. С целью получения высокой точности дозирования рабочий орган должен, взаимодействуя с материалом, формировать поток не только строго определенной формы и размеров, но и приводить его частицы к упаковке постоянной структуры, а значит, и плотности.

Фаза выдачи материала из дозатора практически не оказывает влияния на равномерность дозирования. В то же время, она в значительной степени влияет на качество конечного продукта.

Однако исследований процессов дозирования сельскохозяйственных материалов с таким комплексным подходом в научной литературе обнаружить не удалось.

В теории грунтов известны условия, при которых сыпучий материал может быть приведен к критической плотности (порозности) [9]. Это достигается: приложением к структуре вертикального давления (метод компрессии); сообщением частицам структуры вибрационных движений; приложением сдвигающей силы.

В этой связи для практического получения критической порозности материала на выходе из дозатора наиболее приемлемым является третье условие. Доказательством тому служит следующий пример образования возможных скелетов материала, состоящего из шаров одинакового размера.

На рис. 3, *a* шары уложены в наиболее неустойчивом положении. Шары соприкасаются между собой в шести точках, четыре из которых лежат в плоскости чертежа. Но они могут быть уложены и так, как показано на рис. 3, *б*, где у каждого шара будет уже 8 точек контакта, из которых шесть лежат в плоскости чертежа.

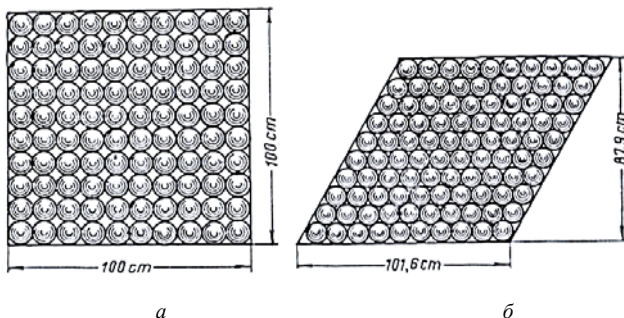


Рис. 3. Образование возможных скелетов материала состоящего из шаров одинакового размера

Это расположение будет более устойчивым, чем предыдущее; легко подсчитать, что количество пустот между шарами в структуре рис. 3, *a* составляет 48 % общего объема и коэффициент порозности  $\varepsilon = 0,91$ , тогда как в структуре рис. 3, *б* количество пустот составляет лишь 26 % общего объема и  $\varepsilon = 0,35$ . Поэтому если на первую систему шаров положить плоский груз, к которому приложена горизонтальная сила, или же всю систему встряхнуть, то система должна уложиться плотнее в соответствии с уменьшением коэффициента порозности и быстро дать большую осадку, равную  $48 - 26 = 22$  % общей высоты слоя [1, с. 125–126].

Пусть на слое скелета лежит груз  $P$ , которому мы сообщаем при помощи горизонтального усилия  $S$  непрерывное равномерное движение. В таком случае замечается следующее явление: если скелет был уложен плотно, то при непрерывном движении порозность его увеличивается (рис. 4, *a* и *б*); если же скелет был в рыхлом состоянии, то порозность его уменьшается (рис. 4, *в* и *г*); при этом, если механический состав песка в обоих случаях одинаков, то порозность песка, приобретаемая им во время непрерывного движения, одинакова и носит название «критической порозности».

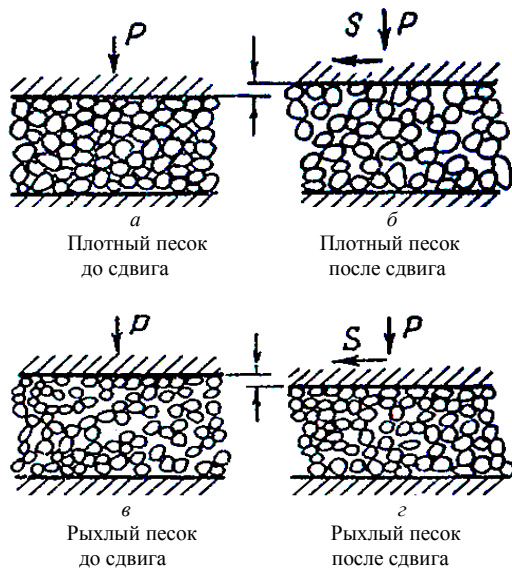


Рис. 4. Схема приведения сыпучего материала к критической порозности по Герсеванову Н. М. [9]

**Заключение.** Таким образом, для создания высокоточных дозаторов для внесения минеральных удобрений необходимо решить следующие задачи.

1. Разработать классификацию твердых минеральных удобрений, подвергающихся дозированию, в мобильных производственных процессах по критерию текучести.

2. Исследовать и обосновать условия приведения дозируемых удобрений, состоящих из частиц круглой (гранулированных) и не круглой (кристаллической) формы к критической порозности.

3. Обосновать вместимость оперативных (промежуточных) бункеров дозирующих устройств у машин для внесения удобрений.

4. Исследовать и обосновать принцип взаимодействия дозирующего рабочего органа с дозируемым материалом, обеспечивающего приведение последнего к критической порозности.

5. Обосновать рациональную схему высокоточного дозатора минеральных удобрений к рассеивателю РУ-700.

6. Исследовать влияние выпускных элементов дозирующих устройств на качество внесения удобрений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Степук, Л. Я. Механизация дозирования в кормоприготовлении / Л. Я. Степук. – Минск: Ураджай, 1986. – 7 с.
2. Степук, Л. Я. Механизация получения и применения многокомпонентных сельскохозяйственных материалов / Л. Я. Степук. – Минск: Ураджай, 1990. – 311 с.
3. Степук, Л. Я. Технологии и машины для внесения минеральных удобрений / Л. Я. Степук, Н. И. Дудко, В. Р. Петровец. – Горки: БГСХА, 2010. – 260 с.
4. Степук, Л. Я. Механизация процессов химизации и экология / Л. Я. Степук, И. С. Нагорский, В. П. Дмитрачков. – Минск: Ураджай, 1993. – 272 с.
5. Степук, Л. Я. Технологии и машины для внесения минеральных удобрений: монография / Л. Я. Степук. – Горки: БГСХА, 2010. – 26 с.
6. 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.
7. Степук, Л. Я. О повышении сменной производительности навесных машин для внесения минеральных удобрений / Л. Я. Степук, Д. А. Крот, Т. Ф. Персикова // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений в современных условиях: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 100-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки БССР, д-ра с.-х. наук, проф. Р. Т. Вильдфлуша. – Минск, 2007.
8. Степук, Л. Я. Построение машин химизации земледелия / Л. Я. Степук, А. А. Жешко; Нац. академия наук Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2012. – 443 с.
9. Герсеванов, Н. М. Теоретические основы механики грунтов и их практического применения / Н. М. Герсеванов, Д. Е. Польшин. – М.: Стройиздат, 1948.

УДК 664.726.9

## **ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРОПНЕВМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ПОДГОТОВКИ СЕМЯН ТЕХНИЧЕСКИХ КУЛЬТУР**

В. М. ПОЗДНЯКОВ, канд. техн. наук, доцент;

С. А. ЗЕЛЕНКО, магистр техн. наук

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Повышение качества семенного материала является одним из ключевых вопросов в семеноводстве. В современных условиях для обеспечения высокого урожая необходим высококачественный семенной материал, с высоким процентом всхожести. Для этого семена перед посадкой подвергают предварительной обработке.

Проведенные исследования [1, 2, 3] показали, что одним из наиболее перспективных методов предпосевной обработки семян с точки

зрения экономической эффективности является механическое сортирование семян по плотности на машинах вибропневматического принципа действия в псевдооживленном слое.

**Основная часть.** Для проведения экспериментальных исследований процесса вибропневмосортирования семян в псевдооживленном слое изготовлен экспериментальный стенд, основным элементом которого является разработанный прямооточный вибропневматический сепаратор с принципиально новыми техническими решениями, обеспечивающий эффективное разделение семян на фракции, отличающиеся между собой плотностью в пределах 10–15 %. [4]. Схема экспериментального стенда представлена на рис. 1.

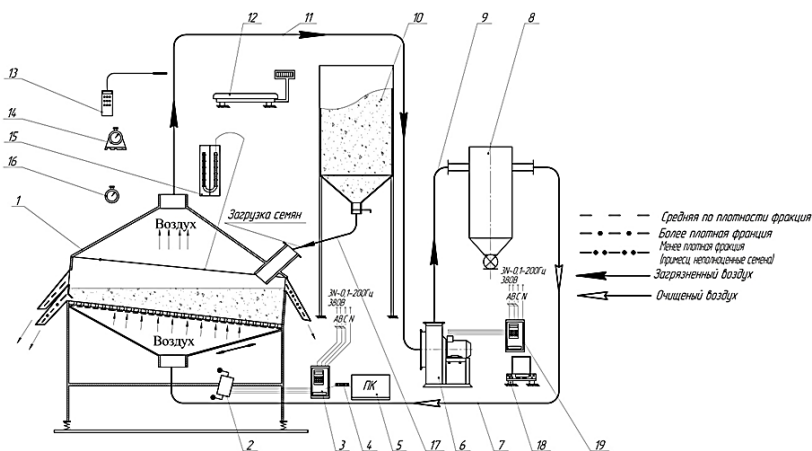


Рис. 1. Схема экспериментального стенда:

- 1 – лабораторный вибропневмосепаратор; 2 – электровибратор ИВ-99Б;
- 3 – частотный преобразователь PROSTAR PR 6100; 4 – преобразователь интерфейса АС4; 5 – персональный переносной компьютер ASUS X550С;
- 6 – вентилятор ВЦП-3; 7 – нагревающий воздуховод; 8 – осадочная камера;
- 9 – воздуховод; 10 – бункер; 11 – всасывающий воздуховод; 12 – весы;
- 13 – анемометр ТКА-ПКМ50; 14 – угломер маятниковый ЗУРИ-М;
- 15 – U образный манометр; 16 – секундомер; 17 – патрубок для подачи зерновой массы; 18 – анализатор влажности; 19 – частотный преобразователь ВЕСПЕР Е2-8300-007Н

В основе вибропневмосепарирования лежат два одновременно протекающих процесса: расслоение компонентов по различию плотностей

и коэффициентов трения и вывод расслоившихся фракций в соответствующие патрубки для годных семян и для примесей.

Выделение семян рапса с повышенной плотностью на вибропневматическом сепараторе происходит в псевдооживленном слое под воздействием вибрации и восходящих воздушных потоков без механического воздействия, что исключает травмирование семян и также положительно сказывается на характеристиках посевного материала, что в конечном итоге способствует повышению урожайности семян рапса.

Для исследований применялись семена ярового рапса сорта «Неман», прошедшие обработку на прямоточном вибропневматическом сепараторе. Предварительно с использованием современных пакетов программ обработки экспериментальных данных STATISTICA 7 и STATGRAPHICS Centurion XVI.I. для семян рапса определены рациональные параметры работы разработанного вибропневматического сепаратора, обеспечивающие максимальный коэффициент изменения массы и наибольшую производительность: амплитуда колебания деки 2,4–2,85 мм; частота колебания деки 19,5 Гц; скорость воздушного потока 1,2 м/с; угол наклона деки 3,0–3,5 град. Данные режимно-конструктивные параметры работы вибропневматического сепаратора рекомендованы для использования при подготовке семян рапса с целью выделения семян с высоким потенциалом урожайности [2].

С целью оценки эффективности применения прямоточного вибропневматического сепаратора при предпосевной подготовке семян проводились сравнительные полевые опыты, которые были заложены на опытном поле РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию».

В качестве исследуемой культуры использовались семена ярового рапса сорта «Неман» без и после обработки на прямоточном вибропневматическом сепараторе. Полевые опыты проводились при соблюдении единства всех условий для данных двух фракций.

После уборки семян рапса отделом масличных культур РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» проводилась оценка полученного урожая. В ходе исследований установлено, что посев ярового рапса сорта «Неман» семенами, прошедшими сортирование по плотности в псевдооживленном слое на прямоточном вибропневматическом сепараторе, способствовал повышению урожайности маслосемян рапса в условиях на 3,6 ц/га, или 13,4 %, по сравнению с семенами без обработки на прямоточном вибропневматическом сепараторе.

Экспериментально установлено, что использование прямоточного вибропневматического сепаратора для подготовки семян ярового рапса оказывает стимулирующее действие на элементы архитектоники растений к уборке, по сравнению с контрольным вариантом, т. е. семенами без сортирования по плотности на прямоточном вибропневматическом сепараторе:

- диаметр корневой шейки увеличился на 7,0 %;
- длина корня – на 8,3 %;
- число боковых ветвей – на 9,1 %.

Применение прямоточного сепаратора при подготовке семян рапса к посеву, также положительно влияет на биометрические параметры полученной структуры урожая:

- число стручков на центральной кисти возросло на 6,9 %;
- на боковых ветвях – на 12,9 %;
- всего на растении – на 12,0 %;
- семян в стручке – на 4,0 %;
- масса 1000 семян увеличилась на 1,8 %.

Стоит отметить, что посев рапса семенами, прошедшими сортирование по плотности на вибропневматическом сепараторе, оказывает положительное влияние и на биохимический состав маслосемян:

- повышенное содержание масла в маслосеменах на 2,2 % (в относительном выражении);
- стабильное содержание глюкозинолатов.

Анализ результатов, полученных в ходе исследований, показал, что сортирование семян рапса на прямоточном вибропневматическом сепараторе на этапе предпосевной подготовки семян приводит не только к увеличению урожайности маслосемян, но и положительно влияет на показатели архитектоники растений, биометрические параметры структуры урожая и биохимический состав маслосемян.

**Заключение.** В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что вибропневматическое сортирование семян в псевдооживленном слое по плотности на этапе предпосевной обработки семян рапса является необходимым условием получения высококачественного семенного материала.

На основании проведенных исследований определены рациональные параметры работы разработанного вибропневматического сепаратора, обеспечивающие максимальный коэффициент изменения массы и наибольшую производительность: амплитуда колебания деки 2,4–2,85 мм; частота колебания деки 19,5 Гц; скорость воздушного потока 1,2 м/с; угол наклона деки 3,0–3,5 град.

Сортирование семян рапса по плотности на прямоточном вибропневмосепараторе приводит не только к увеличению урожайности маслосемян, но и положительно влияет на показатели архитектоники растений, биометрические параметры структуры урожая и биохимический состав маслосемян.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Экспериментальное исследование сортирования семян рапса на вибропневматическом сепараторе / В. М. Поздняков [и др.] // Вестник Евразийского технологического университета. – Алматы, Казахстан. – 2016. – № 4. – С. 5–12.
2. Поздняков, В.М. Инновационная технология повышения посевных свойств семян рапса / В. М. Поздняков, С. А. Зеленко // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22–24 нояб. 2017 г. / Беларус. гос. аграр. техн. ун-т; редкол.: В. П. Чеботарев [и др.]. – Минск, 2017. – С. 517–519.
3. The experimental research sorting canola on gravity separator's / V. M. Pozdniakov [et al.] // The journal of Almaty technological university. – 2017. – № 2. – С. 76–83.
4. Шило, И. Н. Производительность прямоточного вибропневматического сепаратора зерновой смеси / И. Н. Шило, В. М. Поздняков, С. А. Зеленко // Вес. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2018. – Т. 56, № 1. – С. 99–108.

УДК 631

## ПРОБЛЕМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Л. Т. ТКАЧЕВА, канд. техн. наук, доцент;  
М. В. БРЕНЧ, ст. преподаватель

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

**Введение.** Вода является одним из основных ресурсов в производстве сельскохозяйственной продукции. От качества воды, используемой в технологических процессах, напрямую зависит качество продукта и интенсивность производства. В Беларуси потребление воды сельским хозяйством по количеству отстает только от производственной сферы. Так, для выращивания 1 кг пшеницы или кукурузы необходимо затратить 1000 л воды, для производства 1 кг молока затрачивается 4 т, а 1 кг мяса – 25 т воды. Рост благоустройства сельских поселков, а также развитие сельскохозяйственного производства в последние годы предопределили высокие темпы развития сельскохозяйственного водоснабжения.

**Основная часть.** Количество потребляемой воды зависит от типа производства, от потребностей сельскохозяйственных культур, пород выращиваемых животных и корма для них. По типу использования воды в сельском хозяйстве можно выделить несколько категорий потребителей:

- полив культур, оранжерей и теплиц;
- приготовление удобрений;
- поение животных и приготовление корма для них;
- водоснабжение пастбищ;
- разведение рыбы;
- вода, сопутствующая технологическим процессам, например, вода для производства пара, оборотная вода систем охлаждения, нагрева, кондиционирования и т. п.;
- системы пожаротушения.

Вода является необходимым компонентом для осуществления всех физиологических процессов, происходящих в растениях: фотосинтеза, передвижения органических соединений, поглощения минеральных веществ в виде почвенных растворов, а также вода регулирует температуру растений путем испарения с поверхности листьев. Растения используют воду для метаболического и физиологического функционирования. Любое растение, не получающее нужное количество воды, постепенно угасает. На жизнедеятельность растений влияет не только количество, но и качество воды, подаваемой для полива. Кроме того, от химического и физического состава воды зависит и правильное функционирование систем полива.

Для полива полей используют воды различного происхождения: речные, озер, водохранилищ, подземные, возвратные (сточные, т. е. воды, поступающие из коллекторно-дренажной сети, тепло- и энергоцентралей, промышленных предприятий). Независимо от их происхождения все воды, используемые для полива, должны отвечать одному общему требованию – не ухудшать свойства почв.

Снижение общей минерализации или селективное удаление каких-либо солей из воды требуют значительных финансовых затрат. Как правило подготовка воды для полива полей ограничивается применением технологий механической фильтрации для снижения содержания механических примесей в поливной воде. Однако качество поливной воды можно улучшить, корректируя слишком большую жесткость и щелочность, за счет использования физиологически кислых удобрений и (или) минеральных кислот. Реагенты можно вводить вручную в бу-

ферный резервуар, а можно автоматизировать процесс и использовать установку(и) автоматического дозирования концентрированных растворов удобрений и (или) кислот.

Вода – единственный поставщик питательных веществ и прочих добавок в гидропонике. Растения, выращиваемые гидропонным способом более восприимчивы к качеству потребляемой воды, чем растения, высаженные в грунт. Качество воды является важным фактором, который влияет на возможность и целесообразность успешного выращивания тепличной продукции и растений на гидропонике по интенсивным технологиям. Типичная овощная теплица требует 8 000 м<sup>3</sup> воды на гектар в год. Химический состав поливной воды определяет ее качество и возможность применения в закрытом грунте. Повышение концентрации солей приводит к уменьшению количества основных макроэлементов, которые можно вносить в питательный раствор, сохраняя оптимальную электропроводность воды для полива. Обычно приходится учитывать только содержание кальция и магния, хотя иногда вода, используемая для подпитки гидропонной системы, может содержать довольно много железа.

Отечественное рыбоводство развивается в основном на пресных водах, но не во всех регионах можно обеспечить рыбоводческие хозяйства прогреваемой пресной водой, необходимой для традиционных объектов рыбоводства – карпа, толстолобика и т. п. Результаты разведения и выращивания рыбы в большой степени зависят от качества прудовой воды, определяемого растворенными в ней газами, солями и взвешенными в виде мути минеральными частицами и органическими веществами.

Для сельскохозяйственных животных и птиц очень существенным является качество поступающей в их организм воды. Вода содержится внутри и вне клеток организма животных и птиц, в сосудистом русле и тканях и позволяет ему нормально функционировать, обеспечивает протекание окислительно-восстановительных и обменных процессов, выведение продуктов метаболизма и оптимальный гомеостаз. В организм животных и птиц она поступает непосредственно из источника, а также с кормами и отчасти за счет внутриклеточного распада органических веществ. Для сохранения здоровья и высокой продуктивности сельскохозяйственных животных необходимо не только полноценное и сбалансированное кормление, но и достаточное поение, а также контроль качества воды. Сильно минерализованная вода приводит к гидروفильности тканей, понижению диуреза, задержки жидкости в организме.

Учитывая, что для ряда регионов характерны значительные концентрации растворенных в воде минеральных веществ (солей кальция, марганца, железа), а также большое потребление жидкости высокопродуктивными животными, следует проводить предварительное обследование источников питьевой воды (качественный и количественный анализ химического состава и санитарного состояния) с дальнейшей корректировкой рациона, содержащего премиксы и подкормку.

Основными задачами водоподготовки и очистки воды для водоснабжения животноводческих (птицеводческих) хозяйств являются:

- достижение оптимального солевого состава воды, подаваемой для поения животных;
- обеспечение санитарной безопасности питьевой воды;
- предотвращение вторичного загрязнения воды в трубопроводах и поильных системах.

Таким образом, «хорошая» вода помогает процессу усвоения питательных веществ в организме птицы и животных. В то же время она может быть источником загрязнения. Кроме того, ее химические особенности (например, слишком жесткая, с большим уровнем железа, кальция и т. д.) могут препятствовать усвоению корма или эффективному поглощению лекарственных препаратов, вакцин, витаминов и т. д., следовательно, правильное использование качественной воды при выращивании и содержании птицы позволит повысить эффективность производства.

Система водоснабжения в сельском хозяйстве включает: водозабор и насосную станцию, очистное и фильтровальное оборудование, емкость для хранения очищенной воды, систему водоводов.

К основным видам водозаборов в сельском хозяйстве относятся: поверхностная вода из открытых источников (рек и озер), артезианские скважины (подземные воды), колодезная вода.

Поверхностная вода из открытых источников (рек и озер) считается наиболее «грязной», поскольку содержит биологические остатки, микроорганизмы, соли кальция и магния, нитраты и фосфаты. Требуется тщательной механической очистки.

Колодезная вода занимает промежуточное положение между поверхностной водой и водой из артезианских скважин. Колодезная вода менее загрязнена механически, может содержать соединения железа и остатки сельскохозяйственных удобрений.

Пресные подземные воды являются важнейшим полезным ископаемым нашей страны. Жизнеобеспечение в Беларуси и работа ее народнохозяйственного комплекса на 95 % основаны на эксплуатации пресных подземных вод. По своему качеству пресные подземные воды Беларуси удовлетворяют основным требованиям европейских стандартов. Единственная природная проблема — повышенное содержание в них железа и нередко марганца. Максимальное содержание указанных химических элементов в подземных водах характерно для зоны Полесья, где вода в 90 % эксплуатационных скважин имеет повышенное содержание железа.

На незагрязненных участках пресные подземные воды по качеству, как правило, удовлетворяют требованиям ГОСТа (СанПиН 10-124 РБ). Исключение составляет повышенное содержание железа, которое осложняет работу многих групповых водозаборов и одиночных скважин. На территории Беларуси более 70 % артезианских скважин имеют воду с содержанием железа, превышающим уровень предельно допустимого, а в зоне Полесья доля этих скважин достигает 90 %. Качество пресных подземных вод ухудшает также дефицит (т. е. содержание ниже физиологически оптимального уровня) фтора и йода. Однако все эти особенности связаны с природными условиями Беларуси.

Сегодня на качество пресных подземных вод Беларуси все большее влияние оказывает хозяйственная деятельность человека. На территории более 6 млн. га сельхозугодий, в окрестностях всех без исключения городов и населенных пунктов, соледобывающих рудников (Солигорск), обогатительных заводов (Гомель), птицеферм и животноводческих комплексов с их высокотоксичными стоками практически все грунтовые воды являются некондиционными. В последние десятилетия увеличиваются масштабы загрязнения и более глубоких напорных водоносных горизонтов, на которых базируется централизованное водоснабжение.

Качество артезианских вод в различных регионах может быть разным, но, как правило, они содержат минимальное количество механических примесей. Однако в чистом виде артезианская вода, насыщенная солями жесткости, способна вызвать эрозию почвы и ускоренный износ оборудования. Поэтому скважины требуют установки фильтров для умягчения (удаления солей жесткости) и эффективных методов обезжелезивания воды.

**Заключение.** Качество воды, используемой для животноводческих ферм, не всегда в полной мере отвечает санитарно-гигиеническим требованиям, так как у открытые водоемы подвержены загрязнению, а в глубоких подземных источниках в воде, как правило, содержится большое количество минеральных солей. При употреблении загрязненной или высокоминерализованной воды у животных (птицы) снижается продуктивность и возникают различные заболевания. От качества воды зависит не только продуктивность животных, но и качество продукции, особенно молока.

На жизнедеятельность растений влияет не только количество, но и качество воды, подаваемой для полива. От химического и физического состава воды зависит и правильное функционирование систем полива, особенно при выращивании тепличной продукции и растений на гидропонике, по интенсивным технологиям. Поэтому промышленная очистка воды в растениеводстве и сельском хозяйстве является необходимым комплексом мероприятий для производства продукции.

Учитывая, что для ряда районов республики Беларусь характерны значительные концентрации растворенных в воде минеральных веществ (солей кальция, марганца, железа), а также большое потребление жидкости высокопродуктивными животными, работы по водоподготовке и очистке воды в настоящее время являются актуальными и перспективными.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шимова, О. С. Основы экологии и экономика природопользования: учебник / О.С. Шимова, Н. К. Соколовский. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: БГЭУ, 2002. – 367 с.
2. Гуринович, А. Д. Ретроспективный анализ становления системы управления сельскохозяйственным водоснабжением в Республике Беларусь / А. Д. Гуринович, Е. В. Хмель // Материалы 7-й Республиканской науч.-практ. конф. – Минск: БНТУ, 2010. – 32 с.
3. Окружающая среда и природные ресурсы Республики Беларусь: стат. сб. – Минстат Республики Беларусь, НИИ статистики. – Минск, 1995–2015 гг.

**НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ  
РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ  
И СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ИХ СОДЕРЖАНИЯ  
В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ**

И. Т. ЕРМАК, канд. биол. наук, доцент;  
А. К. ГАРМАЗА, канд. техн. наук, доцент;  
М. В. БАЛАКИР, канд. с.-х. наук, ст. преподаватель;  
С. В. КИСЕЛЕВ, канд. техн. наук, ст. преподаватель  
УО «Белорусский государственный технологический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Авария на Чернобыльской АЭС привела к поступлению в окружающую среду большого количества радионуклидов и долговременному загрязнению больших территорий Республики Беларусь. Практически полностью загрязненными оказались Гомельская и Могилевская области. Экологическому воздействию подверглись 10 районов Минской области, 6 районов в Брестской и Гродненской областях и один район в Витебской области [1].

К большому сожалению, радиоактивное загрязнение – это не краткосрочное явление. Нескольким поколениям людей придется жить при условиях наличия техногенных радиоактивных веществ в окружающей природной среде.

**Основная часть.** Экологические последствия радиоактивного загрязнения почв многообразны и представляют опасность для человека. Включаясь в биологический круговорот, радионуклиды через растительную и животную пищу попадают в организм человека и, накапливаясь в нем, вызывают радиоактивное облучение. Радионуклиды, подобно многим другим загрязняющим веществам, постепенно концентрируются в пищевых цепях. В экологическом отношении наибольшую опасность представляет стронций-90 и цезий-137. Это обусловлено длительным периодом полураспада, высокой энергией излучения и способностью легко включаться в биологический круговорот, в цепи питания. Стронций по химическим свойствам близок к кальцию и входит в состав костных тканей, а цезий близок к калию и включается во многие реакции живых организмов.

Искусственные радионуклиды закрепляются в основном в верхнем 10–15-сантиметровом слое почвы.

Скорость естественного самоочищения почв от радионуклидов зависит от скорости их радиоактивного распада, вертикальной и горизонтальной миграции.

Миграция (накопление) радионуклидов из почвы в растения зависит от комплекса факторов. Основными из них являются: физико-химические формы радионуклидов, агрохимические свойства почв, биологические особенности растений, агротехника выращивания культур.

Радионуклиды в растения могут поступать через вегетативные органы – наземную часть (стебель, листья) и корневую систему – корневой путь поступления [2].

Поступление искусственных радионуклидов в организм человека возможно через пищеварительный тракт вместе с продуктами питания и водой, через легкие с загрязненным воздухом, через кожу и слизистые оболочки.

Радионуклиды, попавшие в организм с продуктами питания, включаются в основные процессы обмена веществ – всасывание в кровь, далее продвижение с кровью по организму, поступление и накопление в органах и тканях организма. Задерживаясь в организме, а со временем накапливаясь в нем при продолжающемся поступлении с пищей, может создаваться высокая концентрация со значительным разрушительным эффектом.

Большая часть йода-131 собирается в щитовидной железе и соответственно больше облучает эту область, стронций-90 концентрируется в костной ткани, а цезий-137 распределяется по всему организму почти равномерно, больше собирается в мышечной ткани, печени и почках.

Эффект от дозы облучения отдельного человека зависит от биологических и химических факторов (от возраста и общего состояния здоровья, содержания кислорода в биологических тканях). Поэтому у разных людей наблюдается неодинаковая чувствительность к радиации [3].

Вопросы жизнедеятельности и здоровья населения на пострадавших территориях всегда находились в сфере внимания законодательной и исполнительной власти Президента Республики Беларусь. За годы, прошедшие после Чернобыльской аварии, отечественной наукой получены принципиально новые данные о биологическом воздействии малых доз радиации на живые организмы, о поведении радионуклидов в окружающей среде. Это позволило этап за этапом, исходя

из накопленного за постчернобыльский период опыта ведения хозяйства на загрязненных радионуклидами территориях и уклада жизни проживающих на них людей, решать проблемы оздоровления пострадавших регионов.

Радиоактивное загрязнение почв повлекло за собой проблемы, связанные с обеспечением населения продуктами питания не загрязненных радионуклидами или в пределах республиканских допустимых уровней. За прошедший период времени после аварии на Чернобыльской АЭС на загрязненных территориях произошли изменения в радиационной обстановке: радиоактивный распад короткоживущих и миграция вглубь почвы долгоживущих изотопов привели к значительному снижению уровня гамма-излучения. В то же время проникновение радионуклидов в зону корневого питания растений привело к увеличению их содержания в самих растениях.

Накопление радионуклидов в товарной части сельскохозяйственных растений наиболее интенсивно происходит в корнеплодах (столовая свекла, морковь) и бобовых культурах (горох, соя, вика), более слабо – в картофеле, плодах томатов и особенно в зерновых злаках. Более низкое содержание в клубнях картофеля по сравнению с корнеплодами объясняется тем, что клубень – это видоизмененный стебель, а корнеплод – видоизмененный корень.

Наиболее высокие уровни загрязнения имеют грибы. Особенно это касается маслят, зеленков, моховиков и всех грибов в сушеном виде.

В меньшей степени накапливают радионуклиды белый гриб, лисички, подберезовики, подосиновики, сыроежки, опята.

В действующих Республиканских допустимых уровнях содержания радионуклидов (РДУ-99) цезия и стронция для грибов сушеных 2500 Бк/кг, а для свежесобранных 370 Бк/кг, так как свежий гриб содержит около 90–95 % влаги [4].

Коэффициент перехода радионуклидов в лесные ягоды (землянику, малину, голубику, чернику, клюкву) зависит от типа почв, на которых они произрастают. Растения, которые поглощают питательные вещества из лесной подстилки (черника, голубика, брусника) накапливают большее количество радионуклидов, чем малина, рябина, калина, которые имеют более глубокие корни, а в этих горизонтах меньшая концентрация радиоактивных веществ.

Изотопы, поступающие с продуктами питания в организм, накапливаются в отдельных органах и тканях.

С целью уменьшения накопления радионуклидов в продуктах питания и попадания их в организм человека рекомендуются агротехни-

ческие, лечебно-профилактические и санитарно-гигиенические мероприятия, которые сводятся к следующему:

- консервация почвы (залужение, мульчирование, посадка леса и др.). Мероприятие обеспечивает уменьшение миграционной способности радионуклидов и консервирование почвы до тех пор, когда появится техническая возможность дезактивации;

- дезактивация (удаление верхнего загрязненного слоя почвы или дернины). Мероприятие является чрезвычайно затратным, но дает возможность кардинальным образом решить проблему радиоактивного загрязнения почвы;

- обычная или мелиоративная вспашка (уменьшает концентрацию радионуклидов в корнеобитаемом слое почвы, что достигается перемешиванием «чистыми» слоями почвы или глубокое запахивание верхних, «грязных» слоев почвы на глубину до 70 см);

- внесение органических удобрений в комплексе с сорбентом (сапропель) улучшает почвенные условия и приводит к резкому увеличению почвенных микроорганизмов, как существовавших ранее в почве, так и привнесенных с навозом. При активном размножении в органическом субстрате, микроорганизмы накапливают в своей биомассе значительное количество биологически доступного цезия-137, что приводит к изоляции биологически доступной формы нуклида от корневых систем растений;

- внесение минеральных удобрений с микроэлементами, что способствует снижению концентрации радионуклидов в растениях и повышают их урожайность;

- с целью исключения или уменьшения попадания радионуклидов в организм человека с продуктами питания, концентрирующихся на поверхности продуктов, рекомендуется их мытье или ополаскивание.

В ситуации, когда радиоактивные вещества содержатся непосредственно внутри продукта, то наиболее эффективным методом очистки (выведения) радионуклидов является варка в растворе соли.

- важными являются знания накопления радионуклидов в различных продуктах питания, радиационный контроль этих продуктов и соблюдение норм радиационной безопасности [5].

**Заключение.** Проживание людей на загрязненных радионуклидами территориях сопряжено с опасностью не только внешнего, но и внутреннего облучения. Употребляя продукты питания, произведенные на землях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, существует потенциальная опасность нанести серьезный урон своему организму. Учитывая особенности накопления радионуклидов в различных видах пищевой продукции и соблюдая предварительную обработку перед

употреблением таких продуктов, мы имеем возможность избежать радиоактивного облучения органов и тканей организма человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лес. Человек. Чернобыль. Лесные экосистемы после аварии на Чернобыль. АЭС: состояние, прогноз, реакция населения, пути реабилитации / В. А. Ипатьев [и др.]; под общ. ред. В. А. Ипатьева; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т леса. – Гомель, 1999. – 454 с.
2. Пристер, Б. С. Сельскохозяйственные аспекты Чернобыльской катастрофы / Б. С. Пристер // Проблемы сельскохозяйственной радиологии. – Киев, 1996. – Вып. 4. – С. 3–9.
3. Козлов, В. Ф. Справочник по радиационной безопасности / В. Козлов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 326 с.
4. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99): ГН 10-117-99.
5. Снижение накопления Cs-137 растениями при внесении в почву минеральных сорбентов в условиях конденсационно-топливного радиоактивного загрязнения / Н. П. Архипов [и др.] // Съезд по радиационным исследованиям. – М., 1997. – С. 429–430.

УДК 339.48:65

### ОЦЕНКА ЗАПЫЛЕННОСТИ ВОЗДУХА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ ОПЕРАТОРА КОРМОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

А. Л. МИСУН, ассистент;  
И. Н. МИСУН, ст. преподаватель;  
В. А. ИВАНУШКИНА, студентка  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** В качестве объекта исследований запыленности воздуха ( $C_n$ ) на рабочем месте оператора мобильной сельскохозяйственной техники использовалась кабина кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе». Наблюдения проводились при относительной влажности окружающего воздуха – 70 %; скорости ветра не более 5 м/с; очищенных от пыли внутренних поверхностей кабины и плотно закрывающихся окон, дверей и люка [1]. Система нормализации микроклимата работала с наибольшей производительностью (в режиме максимального забора наружного воздуха).

**Основная часть.** Для количественного определения пыли в воздухе рабочей зоны использовался аспиратор АФА-ВП (модель 822), питание которого осуществлялось от дизель-генератора КДЕ 6500Е. Для достоверной оценки запыленности отбиралось пять проб. Номер фильтра нумеровался на бумажных держателях. Для регулировки объ-

емного расхода воздуха аспиратора использовались пробные фильтры. Опытный фильтр в бумажном держателе вставляли в фильтрдержатель, включали аспиратор на пять минут. Объем воздуха ( $V$ ), прошедшего через фильтр, рассчитывался по формуле:

$$V = v_{\text{в}} \cdot t_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где  $v_{\text{в}}$  – скорость воздуха, л/мин;

$t_{\text{пр}}$  – время отбора пробы, мин.

Изменение массы контрольных и опытных фильтров ( $\Delta M_{\text{ф}}$ ) находилось из следующего выражения:

$$\Delta M_{\text{ф}} = M_{\text{к}} - M_{\text{н}}, \quad (2)$$

где  $M_{\text{к}}$  – масса фильтра после отбора проб воздуха, г;

$M_{\text{н}}$  – начальная масса фильтра, г.

Среднее значение изменения массы контрольных фильтров  $\Delta M'_{\text{к}}$  определялось по формуле

$$\Delta M'_{\text{к}} = \frac{\sum \Delta M_{\text{ф}}}{N}, \quad (3)$$

где  $N$  – количество контрольных факторов.

Значение  $\Delta M'_{\text{к}}$  учитывалось для анализа количества влаги, которое поглотили или отдали чистые фильтры относительно первоначального их веса. Массу пыли, осевшую на фильтре ( $M_{\text{п}}$ ), с учетом изменения массы контрольных фильтров  $M_{\text{к}}$ , определяли исходя из следующих условий:

$$M_{\text{п}} = \Delta M_{\text{ф}} - \Delta M'_{\text{к}}, \text{ если } \Delta M'_{\text{к}} > 0 ;$$

$$M_{\text{п}} = \Delta M_{\text{ф}} + |\Delta M'_{\text{к}}|, \text{ если } \Delta M'_{\text{к}} < 0 ;$$

где  $|\Delta M'_{\text{к}}|$  – модуль значения изменения массы контрольных фильтров.

После выполненных предварительных вычислений определялась запыленность воздуха в кабине кормоуборочного комбайна ( $C_{\text{п}}$ ):

$$C_{\text{п}} = \frac{M_{\text{п}}}{V} \cdot 10^6. \quad (4)$$

Установленное значение запыленности воздуха рабочей зоны находилось в пределах 3,1...5,1 мг/м<sup>3</sup> (табл. 1), то есть, если анализировать этот производственный фактор, то условия труда оператора в течение рабочей смены изменялись от «допустимых» до «вредных» (табл. 2). Объяснением этому служит частая смена в течение дня направления движения комбайна относительно направления ветра, а также неплотности герметизации кабины.

Таблица 1. Результаты измерения запыленности воздуха на рабочем месте оператора кормооборотного комбайна КВК-800 «Палессе»

Номер фильтра	Объем воздуха, прошедшего через фильтр, (V), л	Масса фильтра после отбора пробы воздуха (M <sub>к</sub> ), г	Изменение массы фильтра (ΔM <sub>ф</sub> ), г	Масса пыли (M <sub>п</sub> ), г	Запыленность воздуха (С <sub>в</sub> ), мг/м <sup>3</sup>
Контроль 1	–	0,16146	0,00136	ΔM <sub>к</sub> = 0,00147	3,1
Контроль 2	–	0,16318	0,00149		
Контроль 3	–	0,16367	0,00156		
1	35	0,16400	0,00158	0,00011	3,7
2	35	0,16358	0,00160	0,00013	4,3
3	35	0,16412	0,00162	0,00015	4,8
4	35	0,16371	0,00164	0,00017	5,1
5	35	0,16407	0,00165	0,00018	

Таблица 2. Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны пыли (превышения ПДК, раз) [2]

Показатель	Класс условий труда					
	Допустимый	Вредный				Опасный (экстремальный)
		2	3.1	3.2	3.3	
Концентрация пыли	≤ ПДК*	1,1...2,0	2,1...5,0	5,1...10,0	>10,0	–

\*ПДК пыли в кабине МСХТ 4 мг/м<sup>3</sup> [3].

Для снижения запыленности в кабине мобильной сельскохозяйственной техники предлагаются патентные технические решения [4].

**Заключение.** По результатам проведенных исследований дана оценка и получены количественные показатели изменения в течение рабочей смены запыленности воздуха на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 27715–88. Машины землеройные, тракторы и машины для сельскохозяйственных работ и лесоводства. Контрольная точка сиденья. – М.: 1988 (дата актуализации: 01.01.2018).
2. Охрана труда: практикум / А. С. Алексеенко [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 192 с.
3. Кисленко, А. К. Оценка условий труда операторов тракторов сельскохозяйственного назначения / А. К. Кисленко, М. А. Архилаев, П. Д. Веретенников // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2004. – № 2 (14). – С. 236–240.
4. Агейчик, В. А. Улучшение условий и повышение безопасности труда оператора мобильной сельскохозяйственной техники / В. А. Агейчик, А. Л. Мисун // Агропанорама. – 2011. – № 1. – С. 44–48.

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н. В. МАЛЬЦЕВИЧ, канд. экон. наук, доцент  
ГУО «Институт бизнеса БГУ»;

Л. Г. ОСНОВИНА, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»;

С. В. ОСНОВИН, канд. с.-х. наук, доцент  
УО «Белорусский государственный экономический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** В процессе трудовой деятельности и в бытовых условиях люди из-за личной неосторожности получают травмы. Наибольший уровень травматизма отмечается у мужчин, имеющих возраст 20–49 лет, а у женщин – 30–59 лет. Вместе с тем, отмечается, что травматизм у мужчин выше во всех возрастных группах [1].

Ежегодно, по данным Всемирной организации здравоохранения в мире, в результате травм и несчастных случаев погибает более пяти миллионов человек, что составляет примерно 9 % от общего числа смертей, а сам травматизм является одной из основных причин в структуре экономических потерь. Следует отметить, что более 70 % смертности от внешних причин приходится на трудоспособный возраст.

Состояние охраны труда требует принятия мер на государственном уровне, поскольку касается практически всех видов экономической деятельности, охватывает весь производственный потенциал и существенно влияет на устойчивое экономическое развитие государства.

**Основная часть.** Государственная политика в области охраны труда базируется на принципах приоритета жизни и здоровья работников; повышения уровня промышленной безопасности путем обеспечения технического контроля за состоянием производств, содействия предприятиям в создании безопасных условий труда; установлении единых требований по охране труда для всех организаций независимо от форм собственности и видов деятельности; информировании населения, проведении обучения, профессиональной подготовки и повышения квалификации работников по вопросам охраны труда и др.

В соответствии с концепцией, разработанной Международной ассоциацией социального обеспечения (МАСО) в Сингапуре 4 сентября 2017 года на XXI Всемирном конгрессе по безопасности и гигиене труда, считается, что несчастные случаи на производстве и профессиональные заболевания не являются неизбежными, потому что у них всегда есть причины и развитие эффективной культуры профилактики, позволяющие их устранить. Вопрос обеспечения безопасности на рабочих местах, как важнейший фактор достижения цели достойного труда, широко обсуждался на II Международном форуме «Профсоюзы и зеленые рабочие места», который состоялся в Минске 19–20 апреля 2018 г. В республике создана целостная взаимосвязанная система, определяющая роль и задачи каждого из участников процесса обеспечения безопасных условий труда на всех уровнях взаимодействия. Проводимый в стране комплекс мероприятий в области охраны труда, от принятия законодательства и разработки систем управления охраной труда до государственного надзора и общественного контроля, направлен на решение главной задачи – сокращение производственного травматизма и профессиональных заболеваний [2].

По информации Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь, в 2017 году в организациях произошло меньше несчастных случаев со смертельным и тяжелым исходом и по сравнению с предшествующим годом: погибли 117 работников и 576 получили тяжелые производственные травмы (в 2016 году 119 и 635 соответственно) [3].

Причины роста травматизма на производстве, имеющие проблемный характер, необходимо решать комплексно в соответствии с другими задачами повышения эффективности работы технических объектов с целью обеспечения безопасности производственного процесса.

Анализ оперативных статистических данных Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь (за январь – декабрь 2017 года в сравнении с январем – декабрем 2016 года) по состоянию на 07.02.2018 года, проведенный по Республике Беларусь показывает, что количество погибших на производстве в республике сократилось на 3,4 %.

Об улучшении условий труда свидетельствует уменьшение коэффициента частоты травматизма в Республике Беларусь на 1,7 % в 2017 году. Значения коэффициентов частоты травматизма работающих за 2016–2017 годы приведены в таблице.

**Распределение значений коэффициентов частоты  
травматизма работающих в Республике Беларусь**

Наименование территории	Кч на 100 тыс. работающих	
	2017 год	2016 год
Брестская область	3,15	2,29
Витебская область	3,68	4,30
Гомельская область	3,58	2,59
Гродненская область	2,44	3,83
Минская область	4,46	4,54
г. Минск	1,34	1,53
Могилевская область	3,32	3,51
Республика Беларусь	2,93	2,98

Анализируя данные таблицы видим, что значение коэффициента частоты травматизма увеличилось в Брестской области на 37,5 %, а в Гомельской на 38,2 % и уменьшилось в Гродненской области на 36,3 %, Витебской области – на 14,5 %, Могилевской области – на 5,5 %, Минской области – на 1,8 % и в г. Минске – на 12,5 %.

Количество потерпевших на производстве, получивших тяжелые производственные травмы (январь – декабрь 2017 года в сравнении с январем – декабрем 2016 года) в Республике Беларусь уменьшилось на 4,5 %, в том числе, по областям: Витебской – на 27,6 %, Гродненской – на 18,7 %, Гомельской – на 11,7 %, Брестской – на 6,1 % и в г. Минске – на 2,7 %. В то же время этот показатель в Минской области увеличился на 10,7 %, в Могилевской на – 7,2 %.

Из вышеприведенных данных видно, что количество потерпевших на производстве, получивших тяжелые производственные травмы, увеличилось в Гомельской и Брестской областях, кроме того, больше работающих получили тяжелые производственные травмы в Минской и Могилевской областях.

Анализ причин, приводящих к несчастным случаям, проведенный за январь – декабрь 2017 года показывает, что наибольшее количество несчастных случаев происходит по организационным причинам из-за нарушения потерпевшим трудовой дисциплины, требований нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных актов по охране труда – от 17,6 до 21,1 %, невыполнения руководителями и специалистами обязанностей по охране труда – 14,8–15,5 %, также по личной неосторожности потерпевшего – 0,5–9,6 %.

С учетом постоянного совершенствования технических систем травматизм из-за конструктивных недостатков, недостаточной надеж-

ности средств производства (машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств) составляет 0,7–0,8 %, несовершенства, несоответствия технологического процесса требованиям по охране труда – 1,1–1,2 %. Отсутствие, некачественная разработка проектной документации на строительство, реконструкцию производственных объектов, сооружений, оборудования приводит к тому, что возникают травмы в 0,5–1,7 % случаев.

Особенное внимание необходимо обращать на то, что на практике бывают случаи эксплуатации неисправных машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента, транспортных средств, которые составляют 1,6–2,3 %, а также требований безопасности при эксплуатации транспортных средств, машин, механизмов, оборудования, оснастки, инструмента приводящие к 2,9–4,3 % травм.

В то же время имеются случаи неудовлетворительного содержания и недостатки в организации рабочих мест, приводящие к травмам в 4,5–4,8 % случаев.

**Заключение.** Таким образом, анализируя причины травматизма на производстве видим, что вопросы охраны труда на производстве необходимо решать комплексно в соответствии с другими задачами повышения эффективности работы технических объектов с целью обеспечения безопасности производственного процесса.

На основании анализа оперативных статистических данных Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь (за январь – декабрь 2017 года в сравнении с январем – декабрем 2016 года) по состоянию на 07.02.2018 года видим, что количество погибших на производстве в республике сократилось на 3,4 %. Кроме того, об улучшении условий труда свидетельствует уменьшение коэффициента частоты травматизма в Республике Беларусь на 1,7 % в 2017 году.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. День профилактики травматизма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bsmu.by/page/3/5546/>. – Дата доступа: 04.11.2018.
2. Беларусь намерена следовать концепции «нулевого травматизма» в сфере охраны труда – Старовойтов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belta.by/society/view/belarus-namerena-sledovat-kontseptsii-nulevogo-travmatizma-v-sfere-ohrany-truda-starovojtov-300272-2018/>. – Дата доступа: 04.06.2018.
3. Официальный сайт Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by/ru>. – Дата доступа: 04.06.2018.

## СТИМУЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОХРАНЫ ТРУДА

С. В. ОСНОВИН, канд. с.-х. наук, доцент  
УО «Белорусский государственный экономический университет»;

Л. Г. ОСНОВИНА, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»;

Н. В. МАЛЬЦЕВИЧ, канд. экон. наук, доцент  
ГУО «Институт бизнеса БГУ»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Вопросы стимулирования производственной деятельности по обеспечению охраны труда рассматривались на примере ОАО «Полесьестрой». В состав ОАО «Полесьестрой» входят 13 предприятий, из них восемь общестроительных и пять специализированных. По состоянию на 1.10. 2018 года на этих предприятиях работает 1378 человек (из них 216 инженерно-технических работников). Специалистов по охране труда 13 (из них имеющих высшее техническое образование 6 человек и 7 человек, имеющих высшее гуманитарное образование).

На всех предприятиях разработаны мероприятия по охране труда, внедрена СУОТ, но сертифицирована пока только на двух – УМ-58 и ММУ-45. Планируется сертификация и на других предприятиях.

За третий квартал 2018 года на выполнение мероприятий по охране труда направлено 1,780 млн. рублей из них 50 % – СИЗ, компенсации за работу во вредных условиях труда – 15 %, остальное на смывающие средства, медосмотр и т. д.), т. е. в среднем около 1000 рублей на каждого работающего.

**Основная часть.** На всех подведомственных предприятиях ОАО «Полесьестрой» разработаны положения о стимулировании деятельности по обеспечению охраны труда структурных подразделений и работников [1–3].

Руководство организации ежеквартально анализирует состояние условий и охраны труда в организации. Анализ состояния условий и охраны труда в организациях, их структурных подразделениях осуществляется на основании показателей, характеризующих эту сферу деятельности.

При оценке состояния условий и охраны труда структурного подразделения организации учитываются: уровень организации работы по охране труда; организация и качество обучения, инструктажа, стажировки и проверки знаний работников по вопросам охраны труда; обеспечение безопасности труда на рабочих местах; соблюдение работниками трудовой дисциплины, требований нормативно-правовых актов, технических нормативных правовых актов, локальных нормативных правовых актов, содержащих требования охраны труда; выполнение мероприятий по охране труда; обеспеченность работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами; состояние пожарной безопасности; организация контроля за соблюдением законодательства об охране труда; состояние производственного травматизма и профессиональной заболеваемости; другие вопросы функционирования и совершенствования СУОТ.

Итоги анализа состояния охраны труда оформляются в виде справки, отражающей общую оценку состояния работы по управлению охраной труда. Анализ со стороны руководства может завершаться определением мер по моральному и материальному поощрению работников за обеспечение охраны труда.

В организациях с учетом характера их деятельности разрабатываются мероприятия по охране труда и предусматривается моральное и материальное стимулирование работников за повышение безопасности труда.

Виды поощрений работников за обеспечение охраны труда определяются коллективным договором или правилами внутреннего трудового распорядка.

Целью материального стимулирования работников по выполнению мероприятий по охране труда является повышение материальной заинтересованности работников в соблюдении требований охраны труда.

Премирование производится в пределах средств, выделенных на эти цели. Также стимулирование по соблюдению требований охраны труда осуществляется путем внесения в договоры подряда дополнительных пунктов.

За нарушение персоналом субподрядчика требований по охране труда, техники безопасности, промышленной и пожарной безопасности, электробезопасности, санитарных норм и правил, безопасной эксплуатации грузоподъемных механизмов при выполнении работ, а также за нарушение требований в области охраны окружающей среды, обращении с отходами генподрядчик (заказчик) вправе требовать уплаты штрафа в следующих случаях и размерах:

- неприменение персоналом субподрядчика средств индивидуальной защиты (защитной каски, спецодежды, спецобуви, защитных очков, предохранительного пояса или других средств индивидуальной защиты в зависимости от источников опасности и видов выполняемых работ) – штраф 10 базовых величин за каждый факт нарушения;

- курение на строительной площадке (объекте) вне пределов специально отведенных мест – штраф в размере пяти базовых величин за каждый факт нарушения;

- не поддержание рабочих мест, проходов и участка работ в чистоте, загромождение проходов и проездов, размещение отходов производства вне пределов специально отведенных мест – штраф в размере 10 базовых величин за каждый факт нарушения;

- нарушения при работе на высоте и верхолазных работах (любое нарушение при выполнении работ данного вида), нарушения безопасного производства работ повышенной опасности (огневые, газоопасные работы), работ с применением грузоподъемных механизмов, сварочного газорезательного оборудования и электроинструмента – штраф в размере 20 базовых величин за каждый факт нарушения;

- производство работ без соответствующего допуска к выполнению работ (отсутствие удостоверений по охране труда, удостоверений на право обслуживания объектов, поднадзорных органам государственного, надзора и т. п.) – штраф в размере 10 базовых величин за каждый факт нарушения;

- выполнение работ без разрешительной документации на право выполнения работ (отсутствие наряда-допуска, разрешения на производство земляных работ и т. п.) – штраф в размере 20 базовых величин за каждый факт нарушения;

- выполнение работ при отсутствии проекта производства работ, либо отсутствии согласования производства работ с Генподрядчиком (Заказчиком), невыполнение требований проекта производства работ – штраф в размере 10 базовых величин за каждый факт нарушения;

- допуск работников к производству работ без проведения необходимых инструктажей по охране труда – штраф в размере одной базовой величины за каждый факт нарушения;

- содержание бытовых помещений и прилегающей к указанным помещениям территории в неудовлетворительном состоянии – штраф в размере 20 базовых величин за каждый факт нарушения;

- нарушение правил пользования и эксплуатации электрооборудования, сетей электро - и теплоснабжения – штраф в размере 20 базовых величин за каждый факт нарушения;

- иные нарушения, создающие угрозу жизни и здоровью работников, – штраф 20 базовых величин за каждый факт нарушения;

- не устранение нарушений по выданным предписаниям контролирующих (надзорных органов) в определенные ими сроки – штраф 30 базовых величин за каждый факт нарушения.

В случае неисполнения или ненадлежащего исполнения субподрядчиком в процессе проведения строительных работ систематической (ежедневной) уборки строительной площадки и прилегающей непосредственно к ней территории от строительного мусора Генподрядчик вправе по своему выбору:

выполнить работы по приведению в соответствующее требованиям санитарных норм и норм охраны труда состояние участка производства работ, своими силами и(или) силами третьих лиц, но за счет субподрядчика. При этом субподрядчик обязан компенсировать стоимость расходов по уборке строительной площадки, понесенных Генподрядчиком в размере не менее чем: при ручной уборке – 2,5 базовые величины за 1 человеко-час; при механизированной – 4 базовые величины за 1 машино-час.

Факт нарушения фиксируется Генеральным подрядчиком путем составления «Акта выявления нарушений требований, норм и правил охраны труда, промышленной, пожарной и электробезопасности», который составляется в двух экземплярах уполномоченными представителями Генподрядчика, определенными приказами, в присутствии представителя субподрядчика. При отсутствии субподрядчика указанный акт составляется в одностороннем порядке. Участие представителя Заказчика при составлении указанного акта допускается, но не является обязательным. С целью подтверждения факта нарушения, для урегулирования спорных вопросов при их возникновении, допускается фиксация нарушения с использованием технических средств (фото-, видеофиксация). Акт составляется не позднее пяти рабочих дней со дня совершения нарушений, предусмотренных настоящим договором.

Акт выявленных нарушений требований норм и правил охраны труда, промышленной и пожарной безопасности субподрядной организацией в трехдневный срок с даты составления направляется главному инженеру Генподрядчика для его утверждения и принятия решения о наложении штрафных санкций. Решение о наложении штрафных санкций принимается комиссией, состав которой утверждается приказом Генподрядчика. О принятом решении делается отметка в акте, который является основанием для предъявления субподрядчику требова-

ний об уплате штрафа в претензионном порядке. При принятии решения о применении санкций комиссий учитывается количество выявленных нарушений, их периодичность, а также степень влияния на жизнь и здоровье работников. Размер базовой величины принимается при этом на дату вынесения решения о наложении штрафа. Взыскание штрафа может осуществляться Генподрядчиком путем удержания соответствующей суммы из очередной причитающейся субподрядчику суммы платежа за выполненные работы.

**Заключение.** Стимулирование производственной деятельности по обеспечению охраны труда рассматривалось на примере ОАО «Поле-сьстрой» на основании разработанного положения о стимулировании деятельности по обеспечению охраны труда структурных подразделений и работников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Об охране труда: Закон Респ. Беларусь от 23 июня 2008 г. № 356-З (в ред. Закона Респ. Беларусь от 12 июля 2013 г. № 61-З).
2. Системы управления охраной труда. Требования: СТБ 18001–2009.
3. О мерах по укреплению общественной безопасности и дисциплины: Директива Президента Респ. Беларусь от 11 марта 2004 г. № 1 (в ред. Указа Президента Респ. Беларусь от 12.10.2015 г. № 420).

УДК 621.432.2

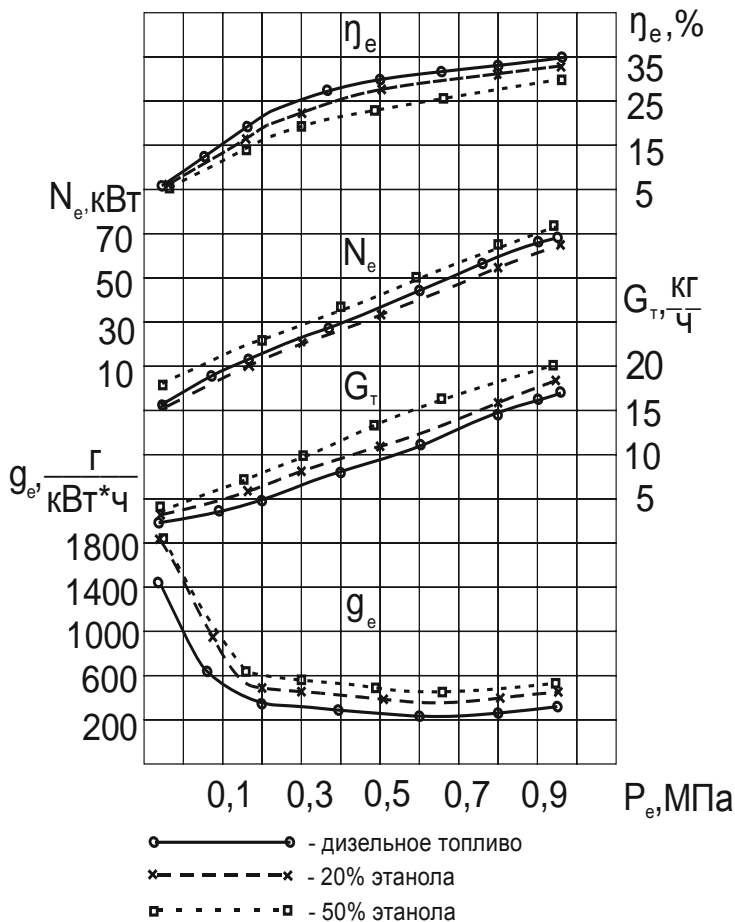
### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ЭТЭ ПОД НАГРУЗКОЙ**

Е. А. КУИМОВ, канд. техн. наук, доцент;  
А. В. ПЛЯГО, аспирант  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Россия

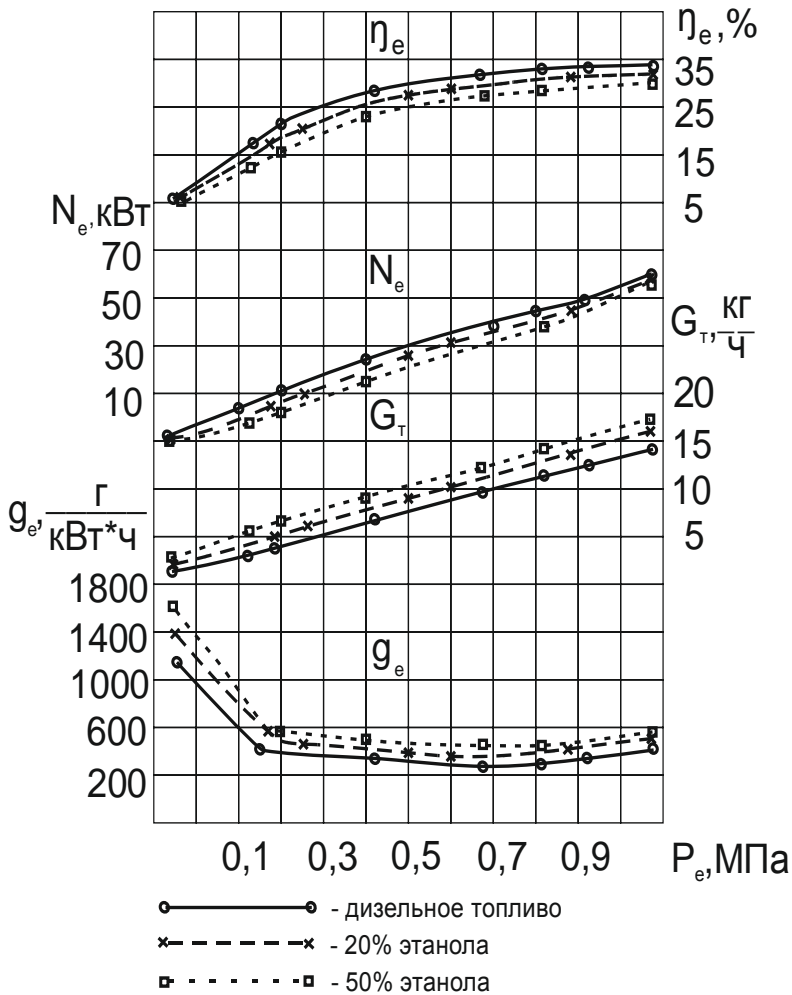
В ВятГУ длительное время проводятся исследования применения в качестве альтернативного топлива низших спиртов – этанола и метанола.

Одним из этапов исследований было определение влияния этанола-топливной эмульсии с присадками целенаправленного действия на рабочий процесс тракторного дизеля. Влияние состава эмульсии (по количеству введенного в нее этанола) оценивалось по нагрузочным характеристикам, снятым на номинальном скоростном режиме 1800 мин<sup>-1</sup> и на частоте вращения 1400 мин<sup>-1</sup>.

На рис. 1, а представлены нагрузочные характеристики дизеля при работе на ДТ и ЭТЭ различного состава при  $1800 \text{ мин}^{-1}$ . Как видно из графиков, во всем диапазоне изменения нагрузки растет суммарный часовой расход топлива при работе на эмульсии. В то же время, расход ДТ уменьшается за счет замещения его этанолом. Также из графика видно, что имеет место рост эффективного удельного расхода топлива.



а



б

Рис. 1. Эффективные показатели работы дизельного двигателя:  
 а – Нагрузочная характеристика 1800 мин<sup>-1</sup>;  
 б – Нагрузочная характеристика 1400 мин<sup>-1</sup>

Значение эффективного КПД, учитывающего использование тепло-творной способности топлива при работе дизеля на этано-топливной эмульсии, незначительно уменьшается относительно работы на дизельном топливе. Минимум удельного эффективного расхода топлива при работе дизеля на эмульсии сдвигается в сторону меньших нагрузок. При работе двигателя на композиции 50 % ДТ и 50 % Этанол имеет место рост эффективной мощности, когда на композиции 80 % ДТ и 20 % Этанол эффективная мощность падает.

На рис. 1, б представлены показатели работы дизельного двигателя в диапазоне  $1400 \text{ мин}^{-1}$ . На графике видно, что имеет место незначительное снижение эффективного КПД и эффективной мощности, также имеется рост эффективного удельного расхода топлива и часового расхода суммарного топлива.

Из всего вышесказанного можно сделать следующий вывод:

Применение ЭТЭ в объеме 50/50 по объему ведет к незначительному росту суммарного топлива, что компенсируется вводимым в эмульсию этанолом, т. е. мы экономим ископаемое топливо коим является ДТ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташеви [и др.]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.
2. Плотников, С. А. Улучшение эксплуатационных показателей дизелей путем создания новых альтернативных топлив и совершенствования топливopодpождющей аппаратуры: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / С. А. Плотников. – Н.-Новгород, 2011. – 40 с.
3. Карташевич, А. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Г. Н. Гурков. – Киров: Авангард, 2011. – Ч. I. – 116 с.
4. Карташевич, А. Н. Исследование свойств новых топлив на основе этанола / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, М. В. Смольников // Вестник БГСХА. – 2017. – № 1. – С. 114–117.
5. Модернизация системы питания тракторного дизеля 4СН 11,0/12,5 для работы на этано-топливной эмульсии / С. А. Плотников [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 2. – С. 110–118.
6. Плотников, С. А. Модернизация трактора Беларус-952 для работы на этанолсодержащих топливах / С. А. Плотников, А. В. Пляго // Актуальные проблемы гуманитарных, социальных, экономических и технических наук: материалы науч.-практ. конф. – Киров: Кировский филиал МГИУ, 2013. – С. 105–108.
7. Kuimov, E. A. Evaluation of the economic efficiency of various alternative fuels in transport / E. A. Kuimov, S. A. Plotnikov // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 150. – P. 1209–1214.
8. Плотников, С. А. Создание новых альтернативных топлив / Концепт. – 2014. – Спецвыпуск № 10. – Режим доступа: <http://e-koncept.ru/2014/14621.htm>.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИКИ ПРИВОДА ЗАСЛОНОК СМЕСИТЕЛЯ ДВС ПРИ РАБОТЕ НА ГЕНЕРАТОРНОМ ГАЗЕ

А. С. ЗУБАКИН, аспирант;  
С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Россия;

П. Ю. МАЛЫШКИН, аспирант  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** В настоящее время использование генераторного газа (далее ГГ) как альтернативного вида топлива актуально как никогда. Использование ГГ сдерживается рядом объективных и субъективных причин: не исследован процесс сгорания ГГ в цилиндре ДВС, следовательно, нет научно обоснованных рекомендаций по модернизации двигателей [1, 2, 3] при переводе на генераторный газ, низкий КПД газогенераторных установок и т. д.

**Основная часть.** Для работы двигателя необходимо смешать топливо (генераторный газ) и воздух для получения однородной топливной смеси, что происходит в смесителе. Основная задача смесителя – приготавливать оптимальную по составу рабочую смесь для всех режимов работы при минимальном сопротивлении просасыванию.

Целью данной работы является определение оптимального смесительного устройства для испытательной установки и разработки оптимального привода заслонок.

Для достижения данной цели были поставлены задачи: выбрать тип смесителя, оптимальный вид привода заслонок, способ подачи дополнительного бензина.

Анализ различных конструкций смесителей, разработанных в разное время [5, 6, 7], выявил 3 типа: эжекторные, золотниковые и смесители типа – смеситель-тройник. Анализируя конструкции основных типов смесителей [5], видно, что основное внимание уделяется хорошему перемешиванию ГГ с воздухом для получения однородной смеси с заданным стехиометрическим составом. Но, как показали исследования [7], способы смешивания мало оказывают влияние на развиваемую мощность двигателя.

Дозирование ГГ и воздуха в данных смесителях осуществляется заслонками вручную, что не удобно, так как требует постоянной коррекции во время работы ДВС.

Изменяя положение дроссельной и воздушной заслонки, можно изменять мощность двигателя как количественным, так и качественным составом смеси. Для получения постоянного заданного качественного состава необходимо соединить дроссельную и воздушную заслонку, например жесткими тягами. При этом наблюдается линейная зависимость угла открытия воздушной и дроссельной заслонок (линия 2, рис. 1).

Для обогащения топливной смеси, при работе двигателя на холостом ходу и максимальной мощности, и обеднения при установившемся режиме работы, ДВС, требуется нелинейная зависимость открытия воздушной заслонки (линии 1 и 3, рис. 1). Это возможно, если будет применена эллиптическая передача с гибкой нерастяжимой связью в приводе заслонок (рис. 1, б). Задавая соотношение радиусов эллипсов, можно получить различный качественный состав смеси при разных углах открытия дроссельной заслонки. Это позволит снизить влияние человеческого фактора и увеличить стабильность работы ДВС.

Работа двигателя на газогенераторном газе сопровождается снижением мощности до 45 %, приемистости, усложняется запуск двигателя, особенно в зимнее время [8]. Для компенсации вышеописанных недостатков используют бензин [7, 8]. Для его подачи можно использовать дополнительный карбюратор.

При последовательном соединении смесителя и карбюратора происходит одновременная подача генераторного газа и бензина. Необходимая доля бензина в составе смеси осуществляется подбором топливного жиклера. Положительная черта данной схемы – простота, отрицательная – сложность регулирования доли бензина в составе топлива. Параллельное соединение смесителя и карбюратора дает возможность работы двигателя как на одном из видов топлива, так и на их комбинации. Минусом этой схемы является сложность согласования смесителя и карбюратора.

Использование форсунки, по аналогии с инжекторными бензиновыми двигателями, для подачи бензина в исследовательской установке не возможно по причине необходимости управления с помощью электронного блока, который запрограммирован на определенный алгоритм. Алгоритм задается на основании ранее проведенных испытаний,

но так как испытаний не проводилось, то и нет массива данных, на основе которых программируется электронный блок управления.

**Заключение.** На основании вышеизложенного материала можно сделать следующие выводы:

1) для проведения экспериментальных исследований по процессу сгорания генераторного газа в ДВС достаточно применить смеситель типа «тройник»;

2) для привода заслонок рекомендуется применить эллиптическую передачу;

3) последовательное соединение карбюратора со смесительным устройством – оптимальный способ подачи бензина.

Использование смесителя типа «тройник» с эллиптической передачей привода заслонок и последовательным соединением с карбюратором позволяет проводить исследования горения генераторного газа в ДВС.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Sridhar, G. Biomass derived producer gas as a reciprocating engine fuel-an experimental analysis / G. Sridhar, P. J. Paul, H. S. Mukunda // Biomass and Bioenergy. – № 21. – 2001. – 61–72.

2. Палицын, А. В. Современное состояние и перспективы развития газификации биомассы как направления альтернативной энергетики / А. В. Палицын, А. С. Зубакин, В. М. Механиков // Вузовская наука – региону: материалы XI Всерос. науч.-техн. конф. – 2013. – С. 201–204.

3. 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. / Министерство сельского хозяйства РФ; ФГБОУ УВО «Вятская государственная сельскохозяйственная академия». – 2016. – С. 37–39.

4. Система питания двигателя внутреннего сгорания генераторным газом: пат. на изобретение RU [2605870](#) от 11.09.2015 / С. А. Плотников [и др.].

5. Мезин, И. С. Транспортные газогенераторы / И. С. Мезин. – М.: ОГИЗ СЕЛЬХОЗГИЗ, 1948. – С. 84–92.

6. Юдушкин, Н. Г. Газогенераторные тракторы. Теория. Конструкция. Расчет / Н. Г. Юдушкин. – М.: МАШГИЗ, 1955. – С. 125–174.

7. Болтинский, В. Н. Автотракторные двигатели / В. Н. Болтинский. – М.: Сельхозгиз, 1941. – С. 542–562.

8. Плотников, С. А. Исследование электростанции, работающей на альтернативном топливе / С. А. Плотников, А. С. Зубакин, А. Н. Коротков // Наука – Технология – Ресурсосбережение: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. – Киров, 2016. – Вып. 17. – С. 220–224.

## ИССЛЕДОВАНИЕ МОТОРНЫХ СВОЙСТВ БИОГАЗОВОГО ТОПЛИВА

А. И. ШИПИН, аспирант  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Россия;

В. А. ШАПОРЕВ, аспирант  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

На современном этапе развития науки и техники двигатели внутреннего сгорания (ДВС) остаются основным видом источника энергии для большинства мобильных и стационарных установок. На их долю приходится порядка 80 % всей вырабатываемой в мире механической энергии. Известно, что ДВС являются одними из основных потребителей моторных нефтяных топлив, которые относят к невозобновляемым ресурсам. Учитывая тенденции увеличения потребления нефтепродуктов при сокращении запасов нефти на Земле, особо остро проявляется проблема повышения топливной экономичности [1–3].

В то же время, биогаз – одно из перспективных альтернативных топлив [4]. Биогаз – общее название горючей газовой смеси, возникающей при разложении органических субстанций в результате анаэробного микробиологического процесса (метанового брожения). Его основные компоненты: метан  $\text{CH}_4$  – 55–70 % и углекислый газ  $\text{CO}_2$  – 30–45 %, а также в очень малых количествах, около 1 %, другие газы, чаще всего – водород  $\text{H}_2$  и сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , удаляемый в биогазовой станции как нежелательный. Сероводород очень агрессивен и вызывает коррозию, что в первую очередь вызывает проблемы с арматурой, газовыми счетчиками, горелками и двигателями. Очищенный от серы биогаз почти не имеет запаха.

Средняя теплота сгорания биогаза, содержащего около 60 % метана  $\text{CH}_4$ , равна 22 МДж/м<sup>3</sup>. Учитывая, что горючая часть биогаза состоит из метана  $\text{CH}_4$  (температура воспламенения метана около 645 °С), его причисляют к семейству природных газов.

Полученный на биогазовых установках биогаз может быть использован в качестве моторного топлива транспорта, для питания двигателей внутреннего сгорания стационарных установок различного назначения, обогрева зданий и сооружений, в качестве бытового газа. При этом на биогаз могут быть конвертированы как бензиновые дви-

гатели с принудительным воспламенением рабочей смеси, так и дизельные двигатели. Однако сжигание биогазового топлива в дизельных двигателях при высоких степенях сжатия и повышенных коэффициентах избытка воздуха более эффективно, чем в двигателях с принудительным воспламенением.

В ВятГУ ведутся работы по использованию альтернативных топлив на транспорте. С этой целью в сотрудничестве с ООО «СельхозБиоГаз», г. Киров были проведены исследования состава биогаза.

Компания «СельхозБиоГаз» занимается разработкой и производством оборудования для переработки органического сырья и отходов предприятий. Эффективные технологии переработки отходов применимы для ферм КРС, птицефабрик, свиноферм, очистных сооружений, овощебаз, спиртзаводов, сахароперерабатывающих заводов. В ходе работы оборудования подготовленные отходы преобразуются в биогаз и биологические удобрения.

В основе биогазовой технологии лежит процесс биохимической и термической обработки предварительно подготовленных отходов в бескислородной среде под влиянием определенных видов бактерий. Органические соединения (белки, жиры, углеводы), которые присутствуют в биомассе, начинают распадаться на простейшие органические соединения (аминокислоты, сахара, жирные кислоты) под действием гидролитических ферментов.

Внешний вид экспериментального биогазового реактора производства ООО «СельхозБиоГаз», используемого в ПСПК «Истобенский» (с. Истобенск Оричевского района Кировской области) представлен на рис. 1.



Рис. 1. Биогазовый реактор производства ООО «СельхозБиоГаз»

В результате использования биогазовой технологии получается биогаз, содержащий до 70 % метана и жидкий эффлюент.

Биогаз можно использовать для получения тепловой или электрической энергии. Путем удаления двуокиси углерода  $\text{CO}_2$  и прочих примесей, биогаз можно преобразовать в биометан и использовать в качестве моторного топлива.

Эффлюент применяется в качестве органического удобрения, при необходимости с помощью сепаратора делится на твердую и жидкую фракции.

Компонентный состав биогаза определяется по ГОСТ 14920-79 «Газ сухой. Метод определения компонентного состава». Сущность метода заключается в газожидкостной и газоадсорбционной хроматографии газа с использованием детектора по теплопроводности. Углеводороды  $\text{C}_1 - \text{C}_5$ , двуокись углерода  $\text{CO}_2$  и сероводород  $\text{H}_2\text{S}$  разделяют методом газожидкостной хроматографии. Неуглеводородные компоненты (водород  $\text{H}_2$ , кислород  $\text{O}_2$ , азот  $\text{N}_2$ , окись углерода  $\text{CO}$ ) и метан  $\text{CH}_4$  разделяют методом газоадсорбционной хроматографии.

Состав биогаза после системы очистки, входящей в комплекс перерабатывающего оборудования, представлен в табл. 1.

Таблица 1. Компонентный состав биогаза

Наименование компонента	Формула	Молярные доли, %	Массовые доли, %	Площадь, у. е.
Сероводород	$\text{H}_2\text{S}$	0,0000	0,0	0,0
Кислород	$\text{O}_2$	1,3881	1,7149	407,9
Азот	$\text{N}_2$	5,8881	6,3419	1650,0
Метан	$\text{CH}_4$	61,1161	37,895	14305
Двуокись углерода	$\text{CO}_2$	31,6161	54,01	7688,6
Пропан	$\text{C}_3\text{H}_8$	0,0018	0,0031	77,665
<i>i</i> -бутан	$i\text{-C}_4\text{H}_{10}$	0,0010	0,0023	58,154
<i>n</i> -бутан	$n\text{-C}_4\text{H}_{10}$	0,0024	0,0055	138,21
<i>i</i> -пентан	$i\text{-C}_5\text{H}_{12}$	0,0014	0,0041	100,74
<i>n</i> -пентан	$n\text{-C}_5\text{H}_{12}$	0,0015	0,0046	113,32
Гексан	$\text{C}_6\text{H}_{14}$	0,0055	0,0182	453,78
	Сумма:	100,00	100,00	24993

Качество биогаза определяется, в первую очередь, содержанием метана, либо соотношением горючего метана  $\text{CH}_4$  к «бесполезной» двуокиси углерода  $\text{CO}_2$ . Двуокись углерода разбавляет биогаз и вызывает потери при его хранении. Поэтому важно стремиться к высокому содержанию метана и как можно низкому содержанию двуокиси углерода.

Также по компонентному составу и известным физическим величинам чистых компонентов, в соответствии с ГОСТ 22667-82 «Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе», были рассчитаны параметры биогаза. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристика биогаза по ГОСТ 22667-82

Свойства газа	T = 20 °C	Размерность
Относительная плотность	0,8944	б.р.
Низшая теплота сгорания	4881,5	Ккал/м <sup>3</sup>
Число Воббе низшее	5161,5	Ккал/м <sup>3</sup>
Высшая теплота сгорания	5419,7	Ккал/м <sup>3</sup>
Число Воббе высшее	5730,5	Ккал/м <sup>3</sup>
Коэффициент сжимаемости	0,9974	б. р.

### Заклучение.

1. Компонентный состав исследуемого газа удовлетворяет средним показателям биогаза, указанным в различных источниках.
2. Возможно применение биогаза в качестве добавки к моторному топливу.
3. Окончательные результаты могут быть сделаны на основе стендовых испытаний.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Определение количественных характеристик двигателя бытовой электростанции при использовании генераторного газа в качестве альтернативного топлива / С. А. Плотников [и др.] // Проблемы региональной энергетики. – 2017. – № 2 (34). – С. 105–111.
2. Исследование работы автотракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с рапсовым маслом / С. А. Плотников [и др.] // Молочнохозяйственный вестник. – 2017. – № 1 (25). – С. 110–118.
3. Система питания двигателя внутреннего сгорания генераторным газом: пат. на изобретение RU 2605870 от 11.09.2015 / С. А. Плотников [и др.].
4. Sridhar, G. Biomass derived producer gas as a reciprocating engine fuel-an experimental analysis / G. Sridhar, P. J. Paul, H. S. Mukunda // Biomass and Bioenergy. – № 21. – 2001. P. 61–72.
5. Эдер, Б. Биогазовые установки: практ. пособие / Б. Эдер, Х. Шульц; пер. с нем. Zorg Biogas. – 1996. – 2011. – С. 65–68.
6. <https://shbiogaz.ru>. – Дата доступа: 19.11.2018.

## **ТЕРМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Е. А. КУИМОВ, канд. техн. наук, доцент;  
М. В. МОТОВИЛОВА, аспирант  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Россия

В настоящее время при интенсивном развитии отраслей в экономике перспективным направлением является автомобильный транспорт.

Источником движения транспортного средства является двигатель, а такие его показатели, как высокая производительность, мощность, экологические показатели отработавших газов весьма значимы на сегодняшний день. Правильная эксплуатация и обслуживание двигателя не всегда обеспечивают необходимые показатели, появляется необходимость в дополнительном воздействии на рабочие процессы дизельного двигателя.

В процессе работы двигателя существенное значение имеет качественный состав применяемого топлива, его подготовка, а также взаимодействие топлива и ТПА. Дополнительное воздействие на топливо оказывает влияние на его свойства (плотность и вязкость) и свойства [1–3, 7].

При проведении анализа отечественных и зарубежных источников литературы основные виды воздействия на топливо подразделяются на химические и физические. При химическом методе применяются различные присадки и вещества, способствующие процессу сгорания или придающие топливу определенные свойства. При физическом методе используется радиационное, температурное, магнитное (электромагнитное) действие, ультрафиолетовое облучение, озонирование и другие виды обработки топлива.

При воздействии ультразвуком изменяются физико-химические показатели топлива, происходит распад углеводородных молекул по связям углерода. При данном воздействии достигается уменьшение плотности, вязкости и нагарообразование.

Магнитное (электромагнитное) воздействие влияет на дисперсность и однородность смеси, что положительно сказывается на процесс сгорания топлива. При данном способе воздействия создается опасность искры из-за необходимого высокого напряжения.

Под воздействием озона (озонирования) радикалы кислорода, которые присутствуют в топливе, снижают температуру воспламенения, что способствует полному сгоранию топлива. Так как время существования свободных радикалов ограничено, дизельное топливо не подлежит длительному хранению.

При радиационном воздействии происходит изменение плотности топлива, что положительно влияет на процесс распыливания и сгорания топлива. При данном виде обработки процесс воздействия не прекращается после облучения, и со временем эксплуатационные свойства топлива ухудшаются. Одним из эффективных способов воздействия на дизельное топливо является дополнительная передача ему тепла в самой системе топливоподачи. При низкотемпературном воздействии на топливо (до 100 °С) происходит снижение вязкости топлива и облегчение пуска двигателя. Такое воздействие не оказывает влияния на процесс сгорания.

Предварительный подогрев в топливопроводе низкого давления до высоких температур нецелесообразен, так как не обеспечивается герметичность топливной аппаратуры. Термическое воздействие на топливо целесообразно осуществлять перед его подачей в цилиндры двигателя.

За счет высокотемпературного локального воздействия на топливопроводе высокого давления перед форсунками не происходит нагрев остальных элементов системы питания. Объем смеси, равный объему цикловой подачи, быстро прогревается. Вязкость топлива при нагреве снижается, струя топлива распадается на отдельные частицы. При движении в среде газа капли топлива при низкой вязкости распадаются на более мелкие фракции.

Общая площадь распыленного топлива увеличивается (рис. 1) и при соприкосновении с воздухом температура капли возрастает, что способствует лучшему испарению топлива [4–6].

При предварительном нагреве топлива до высоких температур время на прогрев топлива до температуры самовоспламенения минимальное. Самовоспламенение распыленного топлива начинается раньше, практически отсутствует накопление испарившихся паров топлива, и нарастание давления происходит постепенно. Период задержки воспламенения снижается, улучшаются условия горения. Процесс сгорания проходит интенсивнее, топливо сгорает с максимальным количеством выделения теплоты и минимальным образованием токсических веществ.



Рис. 1. Мелкодисперсное распыление при термическом воздействии

Осуществить предварительное тепловое воздействие возможно нагревательным устройством. Нагревательное устройство должно быть компактным, несложным по конструкции, за счет необходимой мощности и скорости термического воздействия должно передавать топливу необходимое количество теплоты. Передача тепла происходит определенному объему топлива, равному объему цикловой подачи, которое сразу подается в форсунку. Нагревательный элемент на топливопроводе высокого давления представлен на рис. 2.

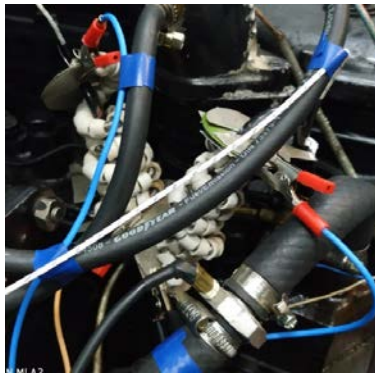


Рис. 2. Нагревательный элемент

При исследовании использовался нагревательный элемент в форме спирали с изолирующими керамическими элементами (температурный диапазон от 100 до 300 °С). Температурный диапазон нагрева регулируется, а термопары через регулятор передают температуру нагрева.

При термическом воздействии на топливо возможны изменения некоторых показателей работы двигателя. При определении всех показателей и оценке регулировочных параметров проводятся испытания двигателя в соответствии с действующими ГОСТами.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. При термическом воздействии на топливо до температуры самовоспламенения уменьшается время на прогрев топлива, сокращается период задержки воспламенения. Термическое воздействие на рабочий процесс дизельного двигателя действует положительно.

2. При термическом воздействии на рабочий процесс дизельного двигателя топливо сгорает с максимальным количеством теплоты, имеет место мягкая работа двигателя.

3. Возможно снижение эмиссии отдельных токсических компонентов в отработавших газах

#### 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. 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.
5. Плотников, С. А. Исследование процесса сгорания и тепловыделения дизеля с термофорсированием / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 7. – С. 25–27.
6. Плотников, С. А. Исследование показателей работы дизеля с термофорсированием / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, В. Ф. Атаманюк // Вестник Марийского государственного университета. – 2015. – С. 39–43.
7. Plotnikov, S. A. Development of diesel-engine bio-fuel supply-line components and systems / S. A. Plotnikov, A. N. Kartashevich, E. A. Kuimov // Procedia Engineering. – 206 (2017). – P. 1648–1653.

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ГАЗОВЫЕ ТОПЛИВА ДЛЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

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

Нефть на сегодняшний день – основной и наиболее востребованный энергоресурс для питания автомобильного транспорта. По оценкам экспертов прогнозируется постепенное повышение цен на традиционные топлива, и, соответственно, повышению затрат на эксплуатацию автомобильного транспорта. Данное суждение заставляет задаться вопросом, какие альтернативы могут заменить традиционные топлива [1].

Чем больше в мире производится автомобилей, тем значительнее интерес к альтернативным видам топлива, при сгорании которых выделяется меньшее количество вредных веществ, затрат на эксплуатацию автомобильного транспорта.

Во многих странах все более популярным становится биологическое топливо, изготавливаемое из растительного сырья – рапса, конопли, бананов, бобовых, цитрусовых. В шести государствах ЕС, а также в США, Канаде, Бразилии, Малайзии такое биологическое топливо производят в промышленных масштабах, но его доля в топливном балансе не превышает 0,3 % [2], что связано с высокими затратами на производство биологического топлива и способствует повышенному закоксовыванию форсунок распылителей дизельных двигателей.

Многие зарубежные научно-исследовательские центры моторостроительных фирм проводят исследования, направленные на экономию топлива и замену традиционных углеводородных топлив новыми видами газовых топлив.

Газовые топлива можно классифицировать следующим образом:

- по составу: углеродные, углеводородные, углеводороднокислотные, водородные;
- по объемам использования: целиком, в качестве добавок;
- по источникам сырья: природные газы, искусственные горючие газы.

Искусственные горючие газы подразделяются на два вида:

а) газы, получаемые путем термической переработки жидких и твердых топлив нагревом без доступа воздуха;

б) газы, получаемые путем газификации твердых и жидких топлив с подводом кислорода, воздуха или водяного пара. Искусственные горючие газы получают путем переработки (реформирования) природных и попутных газов.

Предельные углеводороды характеризуются высокой теплотой сгорания, не имеют цвета и запаха, не токсичны, но оказывают слабое наркотическое действие при большой концентрации (высокомолекулярные углеводороды). С увеличением молекулярной массы углеводородов повышаются их теплота сгорания, плотность и способность конденсации.

Углеводороды предельного ряда составляют основную горючую часть природных газов и имеют общую химическую формулу  $C_nH_{2m+2}$ . Первый в их ряду – метан ( $CH_4$ ), последующие – этан ( $C_2H_6$ ), пропан ( $C_3H_8$ ), бутан ( $C_4H_{10}$ ), пентан ( $C_5H_{12}$ ) и т. д.

Непредельные углеводороды входят в значительных количествах в искусственные газы. Их общая химическая формула  $C_nH_{2m}$ . Первые три члена – этилен ( $C_2H_4$ ), пропилен ( $C_3H_6$ ) и бутилен ( $C_4H_8$ ). По свойствам они сходны с предельными углеводородами.

К альтернативным видам газового топлива можно отнести:

*Компримированный (сжатый) природный газ* (КПГ, СПГ, или CNG, от англ. Compressed natural gas) в большинстве стран является наиболее распространенным видом альтернативного моторного топлива. Природный газ в качестве моторного топлива может применяться как в виде компримированного, сжатого до давления 25 МПа газа, так и в виде сжиженного, охлажденного до  $-160^\circ C$  газа.

*Сжиженный нефтяной газ* (пропан-бутан) является в настоящее время наиболее перспективным. В Европе это топливо называется LPG (Liquefied petroleum gas – сжиженный бензиновый газ) и сжижается при давлении 0,6...0,8 МПа.

Сжиженные нефтяные газы обладают высокой теплотой сгорания и являются транспортабельными. При работе на сжиженных газах двигатели имеют высокие технико-экономические и санитарно-гигиенические показатели.

*Биогаз* 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 в зависимости от климатических, географических, экономических и других факторов.

Биогаз, как альтернативный энергоноситель, может служить высокоэнергетическим топливом для питания двигателей внутреннего сгорания и стационарных энергоустановок. Биогаз, представляющий собой продукты брожения отходов биологической деятельности человека и животных, содержит приблизительно 68 %  $\text{CH}_4$ , 2 %  $\text{H}_2$  и до 30 %  $\text{CO}_2$ . После отмывки от углекислоты этот газ является достаточно однородным топливом, содержащим до 80 % метана с теплотворной способностью 25...35 МДж/м<sup>3</sup> [3].

*Синтез-газ* (водяной газ, генераторный газ) – газ, который получают при перегонке твердого топлива с недостатком воздуха около 60 % в специальных устройствах – газогенераторах. В качестве твердого топлива используют каменный или бурый уголь, дрова, торф, брикеты из различных сельскохозяйственных отходов (опилок, подсолнечной лузги, льняной костры и т. п.). Состав генераторного газа (в процентах) колеблется в следующих пределах:  $\text{CO}$  – 25...30,  $\text{H}_2$  – 12...15,  $\text{CH}_4$  – 0,5...3,5,  $\text{CO}_2$  – 5...8,  $\text{O}_2$  – 0,2...0,5,  $\text{N}_2$  – 45...50 [4].

Образование генераторного газа, основывается на способности угля и углеродистого топлива образовывать в первый момент горения углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и уголь. Вместе с тем образовавшемуся углекислому газу с накалившимся углем свойственно при отсутствии избытка воздуха образовывать горючую окись углерода ( $\text{CO}$ ) по уравнению (1), которая и составляет горючую составную часть генераторного газа



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 (например, добавка 1 % пропилена делает  $\text{H}_2$  безопасным) [5].

Среди рассмотренных топлив стоит выделить биогаз, который является альтернативным возобновляемым источником энергии, в качестве моторного топлива для питания двигателей внутреннего сгорания, но имеет невысокую доступность, так как требует комплексной системы для получения, очистки, хранения и закачивания в баллоны транспортных средств. Сжиженного нефтяного газа (пропан-бутан) является

в настоящее время наиболее перспективным из-за хорошей доступности и высокой плотности на единицу массы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Карташевич, А. Н. Возобновляемые источники энергии: науч.-практ. пособие / А. Н. Карташевич, В. С. Товстыка. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2007. – 264 с.
2. Альтернативное топливо для автомобилей [Электронный ресурс]. 31 августа 2015 – Режим доступа: <http://alternativenergy.ru/energiya/953-vidy-alternativnogo-topliva.html>. – Дата доступа: 26.10.2018 г.
3. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер; пер. с нем. М. И. Серебряного. – М.: Колос, 1982. – 148 с.
4. Карташевич, А. Н. Тракторы и автомобили. Газовое оборудование для авто-тракторной техники: курс лекций / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин, А. А. Сысоев. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2012. – 86 с.
5. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 360 с.

УДК 621.43.057

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ СМЕСЕВЫХ ТОПЛИВ**

С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор;  
Ш. В. БУЗИКОВ, канд. техн. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Россия

В настоящее время одним из наиболее перспективных источников тепловой энергии, используемых в качестве топлива в дизелях, является применение всевозможных смесевых топлив, получаемых путем предварительного смешивания товарного дизельного топлива (ДТ) и альтернативного [1, 2]. В качестве альтернативных топлив в смесевых топливах наиболее часто применяют спирты, эфиры и растительные масла [1–5]. Непосредственное использование чистых альтернативных топлив в дизелях затруднено из-за их различия в физико-химических и моторных свойствах по сравнению с чистым ДТ [6]. Основными недостатками альтернативных топлив по сравнению с ДТ являются высокая или низкая вязкость, скрытая теплота парообразования, высокая температура воспламенения, низкое цетановое число, меньшая тепло-творная способность [7, 8]. На данный момент времени имеется достаточный объем исследований по применению различных составов сме-

севых топлив [9, 10, 11]. В то же самое время, данные по оптимальным составам смесевых топлив для их применения в дизелях практически отсутствуют. В связи с этим разработка критериев определения оптимальных составов смесевых топлив является на сегодняшний день весьма актуальной задачей.

Известно, что при использовании смесевых топлив снижается часовой расход дизельного топлива, однако при этом полный часовой расход увеличивается [6, 8, 10, 12].

Часовой расход смесевого топлива, поступающего в дизель, можно определить как:

$$G_{\tau} = N_e g_e, \quad (1)$$

где  $N_e$  – эффективная мощность дизеля, кВт;

$g_e$  – эффективный удельный расход топлива, г/кВт·ч.

Эффективную мощность дизеля можно найти:

$$N_e = \frac{p_e V_h i n}{30\tau}, \quad (2)$$

где  $p_e$  – среднее эффективное давление, МПа;

$V_h$  – рабочий объем одного цилиндра, м<sup>3</sup>;

$i$  – количество цилиндров дизеля, шт.;

$n$  – частота вращения коленчатого вала дизеля, мин<sup>-1</sup>;

$\tau$  – тактность дизеля,  $\tau = 4$ .

Эффективный удельный расход топлива равен:

$$g_e = \frac{3600\rho_k\eta_v}{p_e l_0 \alpha}, \quad (3)$$

где  $\rho_k$  – плотность свежего заряда воздуха, поступающего в цилиндры, кг/м<sup>3</sup>;

$\eta_v$  – коэффициент наполнения цилиндров дизеля;

$l_0$  – теоретически необходимое количество воздуха в кг для полного сгорания 1 кг смесевого топлива, кг возд./кг топл.;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха.

Подставим уравнения (2) и (3) в (1), преобразуем, тогда получим:

$$G_{\tau} = \frac{30V_h i n \rho_k \eta_v}{l_0 \alpha}. \quad (4)$$

Вычислить с достаточной точностью значения плотности свежего заряда воздуха, поступающего в цилиндры  $\rho_k$ , и коэффициента напол-

нения цилиндров дизеля  $\eta_v$  можно выразив при этом коэффициент избытка воздуха:

$$\alpha = \frac{G_B}{G_T l_0}, \quad (5)$$

где  $G_B$  – часовой расход воздуха дизелем, кг/м<sup>3</sup>.

После подстановки выражения (5) в выражение (4) и преобразования можно выразить произведение плотности свежего заряда воздуха, поступающего в цилиндры, и коэффициента наполнения цилиндров дизеля:

$$\rho_k \eta_v = \frac{G_B}{30V_h n}. \quad (6)$$

Анализ выражения (6) говорит о том, что при одних и тех же скоростном и нагрузочном режимах работы дизеля независимо от состава применяемого смесового топлива расход воздуха, плотность свежего заряда и коэффициент наполнения цилиндров остаются постоянными.

На основании вышеизложенного, проанализировав выражение (4) можно сделать вывод о том, что на часовой расход топлива при одном и том скоростном и нагрузочном режиме работы одного и того же дизельного двигателя при применении смесовых топлив влияние оказывает теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг смесового топлива. Видно, что чем меньшее количество воздуха необходимо для полного сгорания 1 кг смесового топлива, тем больше будет расход топлива.

Теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг смесового топлива можно определить:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left( \frac{8}{3} C + 8H - O \right), \quad (7)$$

где  $\frac{1}{0,23}$  – количество воздуха, содержащего 1 кг кислорода, кг;

$\frac{8}{3}$  – количество кислорода для полного сгорания 1 кг углерода, кг;

$C$  – массовая доля углерода в 1 кг смесового топлива, кг;

$8$  – количество кислорода для полного сгорания 1 кг водорода, кг;

$H$  – массовая доля водорода в 1 кг смесового топлива, кг;

$O$  – массовая доля кислорода в 1 кг смесового топлива, кг;

Элементарный состав жидких смесовых топлив можно выразить:

$$\sum_{i=1}^n (C_i + H_i + O_i) m_i = 1, \quad (8)$$

где  $C_i$  – массовая доля углерода в 1 кг  $i$ -го компонента смеси, кг;  
 $H_i$  – массовая доля водорода в 1 кг  $i$ -го компонента смеси, кг;  
 $O_i$  – массовая доля кислорода в 1 кг  $i$ -го компонента смеси, кг;  
 $m_i$  – масса  $i$ -го компонента в смеси;  
 $n$  – количество компонентов в смеси, шт.

Тогда массовую долю углерода в 1 кг смесового топлива можно найти:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i m_i. \quad (9)$$

Массовая доля водорода в 1 кг смесового топлива определится:

$$H = \sum_{i=1}^n H_i m_i. \quad (10)$$

Массовую долю кислорода в 1 кг смесового топлива найдем:

$$O = \sum_{i=1}^n O_i m_i. \quad (11)$$

После подстановки (9), (10) и (11) в (7) получим:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \left( \frac{8}{3} \sum_{i=1}^n C_i m_i + 8 \sum_{i=1}^n H_i m_i - \sum_{i=1}^n O_i m_i \right). \quad (12)$$

Из полученного выражения видно, что чем больше массовая доля водорода в 1 кг смесового топлива и чем меньше массовая доля кислорода в 1 кг смесового топлива тем большее количество воздуха потребуется для сгорания 1 кг смесового топлива.

Конечное выражение для определения часового расхода топлива при работе дизеля на различных составах смесового топлива с учетом выражения (12) выглядит:

$$G_T = \frac{30V_h \ln \rho_k \eta_v}{0,23 \left( \frac{8}{3} \sum_{i=1}^n C_i m_i + 8 \sum_{i=1}^n H_i m_i - \sum_{i=1}^n O_i m_i \right) \alpha}. \quad (13)$$

Анализ выражения (13) показал, что в значительной мере на часовой расход топлива будет оказывать состав смесового топлива, в котором наличие массовой доли водорода будет максимально, а кислорода минимально.

Таким образом, представленные теоретические предпосылки позволяют определить оптимальный вид и концентрацию жидких альтернативных топлив, входящих в состав смесовых топлив.

Так, например, в состав рапсового масла входят одно- и двухосновные предельные и непредельные жирные кислоты. Наибольшее присутствие из них имеют: пентадекановая, пальмитиновая, пальмитолеиновая, маргаринаовая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая,

арахиновая, эйкозеновая, бегеновая [13]. В связи с этим применение различных сортов рапсовых масел и их концентраций в смесевом топливе будет также оказывать влияние на часовой расход топлива.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – С. 68.
2. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе / В. Ф. Федоренко [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. – С. 133.
3. Плотников, С. А. Определение влияния топливных присадок на кинематическую вязкость смесевое топлива / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, И. С. Козлов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018): сб. статей XVIII Всерос. науч.-практ. конф.: в 3 т. / Вятский государственный университет. – 2018. – С. 766–771.
4. Плотников, С. А. Определение влияния компонентного состава топливной смеси на кинематическую вязкость / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, И. С. Козлов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2018): сб. статей XVIII Всерос. науч.-практ. конф.: в 3 т. / Вятский государственный университет. – 2018. – С. 759–765.
5. 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 (270). – С. 21–24.
6. 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.
7. Карташевич, А. Н. Оптимизация параметров топливоподачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, В. С. Товстыка // Тракторы и сельхозмашины. – 2011. – № 3 – С. 13–16.
8. Плотников, С. А. Влияние присадок на кинематическую вязкость топлив на основе рапсового масла / С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов // Общество, наука, инновации (НПК-2016): сб. статей; 2-е изд., испр. и доп. / Вятский государственный университет. – 2016. – С. 1378–1382.
9. 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. – С. 144.
10. Плотников, С. А. Определение оптимальных регулировок системы топливоподачи двигателя 4ч 11,0/12,5 при работе на смесях рапсового масла с дизельным топливом / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, П. Н. Черемисинов // ОБЩЕСТВО. НАУКА. ИННОВАЦИИ (НПК-2017): сб. статей Всерос. ежегод. науч.-практ. конф. / Вятский государственный университет. – 2017. – С. 1841–1847.
11. Определение эксплуатационных показателей трактора «Беларус-922» при работе на смесевом топливе / С. А. Плотников [и др.] // Вестник Мордовского университета. – 2018. – Т. 28. – № 3. – С. 445–459.
12. Plotnikov, S. A. Analysis of pre-heated fuel combustion and heat-emission dynamics in a diesel engine / S. A. Plotnikov, A. N. Kartashevich, S. V. Buzikov // Journal of Physics: Conference Series (см. в книгах). – 2018. – Т. 944. – С. 012089.
13. Плотников, С. А. Исследование моторных свойств рапсового масла / С. А. Плотников, Ш. В. Бузиков, И. С. Козлов // Общество. Наука. Инновации (НПК-2017): сб. статей Всерос. ежегод. науч.-практ. конф. / Вятский государственный университет. – 2017. – С. 1808–1816.

## ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

П. Ю. МАЛЫШКИН, ст. преподаватель  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Согласно оценкам специалистов, до 25 % всех болезней человека напрямую связаны с состоянием окружающей среды и функционированием биологических связей в природе.

Наибольший вред окружающей среде при эксплуатации автотранспортных средств наносится отработавшими газами (ОГ) силовых установок. Вредные вещества, выбрасываемые вместе с отработавшими газами в окружающую среду, оказывают вредное воздействие на атмосферу, почву, воду, растения, животных и людей.

ОГ транспортных средств (ТС) содержат более 1000 токсичных компонентов, большую часть из которых представляют различные углеводороды. Ввиду такого многообразия и сложности идентификации отдельных соединений к рассмотрению обычно принимаются наиболее токсичные компоненты или их группы (таблица) среди дизельных двигателей, как наиболее массового силового агрегата ТС.

**Ориентировочный состав отработавших газов дизелей [1]**

Компонент	Концентрация по объему, %	Примечание
N <sub>2</sub>	74...78	Нетоксичный
O <sub>2</sub>	2...18	Нетоксичный
Водяной пар	0,5...10	Нетоксичный
CO <sub>2</sub>	1...12	Малотоксичный
Бенз(а)пирен, мкг/м <sup>3</sup>	0...10	Токсичный
C (сажа), г/м <sup>3</sup>	0,01...2	Токсичный
NO <sub>x</sub>	0,004...0,5	Токсичный
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	0,009...0,5	Токсичный
CO	0,005...0,4	Токсичный
CH <sub>2</sub> O (Альдегиды)	0,001...0,015	Токсичный
SO <sub>2</sub> (сернистый ангидрид), мг/м <sup>3</sup>	0...0,015	Токсичный

В отработавших газах дизельных двигателей концентрация оксидов углерода (CO) и углеводородов (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) значительно ниже, чем у бензи-

новых, однако дизеля в больших количествах выбрасывают оксиды азота ( $\text{NO}_x$ ) и твердые частицы (С) [2].

Постоянное воздействие вредных веществ на человека, животных и растения может привести к мутациям на генетическом уровне, резкому наследственному изменению организмов, меняющему их морфологические (внешнее и внутреннее строение) и (или) физиолого-поведенческие признаки.

Наиболее актуальна данная проблема в крупных городах с высокой концентрацией ТС, имеющих экологические нормы ниже Euro 2, Stage II и Tier 2.

Один час работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) стандарта Euro 0 может выделить такое количество оксида углерода, которого достаточно для насыщения около 10 млн.  $\text{м}^3$  воздуха [3, с. 4].

На основании масштабного исследования Национальным институтом рака США, эксперты Всемирной организации здравоохранения пришли к выводу, что по имеющимся научным данным, отработавшие газы дизелей увеличивают риск возникновения рака легких и мочевого пузыря. В мире за последние два столетия – преимущественно в Северной Америке и Европе – были введены более строгие стандарты для дизельных и бензиновых двигателей, в дизельном топливе стало меньше серных соединений, а сами двигатели стали более экологичными.

В США за последних три десятилетия более чем на 95 % сократились выбросы оксидов азота, твердых частиц и выбросов серы от грузовиков и автобусов, выпущенных с учетом экологических стандартов Tier 3-5.

В крупных городах Германии введены запреты на эксплуатацию транспортных средств экологических стандартов ниже Euro 5, Euro 6.

На сегодняшний день Минский моторный завод выпускает дизельные двигатели с нормами Stage II-V и Euro 2-5 для различных стран. Однако в ряде развивающихся стран экологических стандартов для двигателей вовсе нет [4].

Токсичные вещества дизелей составляют 0,02...6 % объема ОГ. Рассмотрим основные токсичные компоненты ОГ дизелей и степень их воздействия на человека более подробно.

Сажа (С) при попадании в организм человека вызывает негативные последствия в дыхательных органах. Относительно крупные частицы сажи размером 2...10  $\mu\text{м}$  легко выводятся из организма, а мелкие размером 0,5...2  $\mu\text{м}$ , задерживаются в легких, дыхательных путях и 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.

Оксид азота (NO) – бесцветный газ, а диоксид азота (NO<sub>2</sub>) – 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, азотистой кислоты, постепенно раздражающие слизистые оболочки глаз, носа и рта [2].

Оксид углерода CO – бесцветный (угарный) газ, не имеющий запаха, легко распространяющийся в атмосфере из-за меньшей плотности (по сравнению с воздухом).

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 [3, 5].

Углеводородные соединения (C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>) по биологическому действию изучены пока еще недостаточно. Однако экспериментальные исследования [5] показали, что ПАУ 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 образующих фотохимический смог. Особенно опасными из группы углеводородов являются канцерогенные вещества, например такие, как многоядерный ароматический углеводород – бенз(а)пирен.

В случае попадания канцерогенных веществ через дыхательные пути в легкие они задерживаются и накапливаются в организме. При непосредственном контакте канцерогенных веществ с тканью появляются злокачественные опухоли.

Сернистый ангидрид SO<sub>2</sub> – бесцветный газ с острым запахом. Раздражающее действие на верхние дыхательные пути объясняется поглощением SO<sub>2</sub> влажной поверхностью слизистых оболочек и образованием в них серной кислоты, нарушая белковый обмен, ферментативные процессы и вызывает раздражение слизистых оболочек глаз, носа, рта и 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 производимой сельскохозяйственной продукции.

Воздействие ОГ ДВС на растительность обусловлено попаданием ОГ как на поверхность растений, так и в клетки (с дождевыми водами). Особенно растения чувствительны к оксидам азота, оксидам серы, а также соединениям оксидов азота с углеводородами. Например, по данным работы [6] урожайность сельскохозяйственных культур снижалась в среднем на 15,4 % при расстоянии около 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 овощей снижается на 50 %, картофеля – на 45 %, зеленой массы и зерновых – на 30 %.

При значительном загрязнении атмосферы повышается восприимчивость сельскохозяйственных культур к болезням, происходит преждевременное опадание листвы, нарушаются сроки цветения, а урожайность таких культур, как картофель, горох, цитрусовые, снижается примерно вдвое [7].

Если не предпринимать специальных мер, то негативное воздействие на окружающую среду будет возрастать, приводя к росту числа заболеваний и сокращению продолжительности жизни людей.

Под специальными мерами, направленными на предотвращение воздействия вредных веществ на окружающую среду, следует понимать не только работы по оптимизации процесса сгорания, конструктивно-регулируемых параметров ДВС, разработке средств и способов нейтрализации вредных веществ, содержащихся в ОГ, но и изменению физико-химического состава топлив, путем применения новых образцов топлив с добавками и присадками, в том числе альтернативных, среди которых наиболее перспективны газовые (метан, пропан, бутан и др.), спирты (метанол, этанол и др.), растительные масла, водородное топливо, а также электрические установки.

Проведенные исследования на лабораторной установке с серийным дизелем Д-245.5S2 при одновременной подаче ДТ штатной и ГТ дополнительной [8] системой питания позволяют говорить не только о снижении количества сажи в ОГ более чем в 2 раза, но и экономии ДТ на 10...30 %, что становится с каждым годом все более актуально.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные виды топлива для двигателей: монография / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – 376 с.

2. Малышкин, П. Ю. Влияние отработавших газов дизелей на окружающую среду / П. Ю. Малышкин // Материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых. – Могилев: БРУ, 2011. – С. 155.
3. Звонов, В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания / В. А. Звонов. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1981. – 160 с.
4. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France 2006. – 25 с.
5. Гутаревич, Ю. Ф. Охрана окружающей среды от загрязнения выбросами двигателей / Ю. Ф. Гутаревич. – М.: Транспорт, 1989. – 200 с.
6. Белоусов, В. А. Дымность отработавших газов грузовых автомобилей следующих транзитом через Республику Беларусь / В. А. Белоусов, А. А. Сушнев // Технические вузы – Республика: материалы 52-й междунар. науч.-техн. конф. / БГПА. – Минск, 1997. – Ч. 3. – С. 65.
7. Покровская, С. Ф. Влияние загрязнения воздуха на растения / С. Ф. Покровская; Мин-во сел. хоз-ва, ВНИИ информации и техн.-экон. исследований по сельск. хозву. – М., 1973. – 52 с. (Обзорная информация)
8. Электронная система впрыска газового топлива в дизель: пат. 10060 Респ. Беларусь. МПК F02 М 43/00. / А. Н. Карташевич, П. Ю. Малышкин; заявитель Белорус. гос. с.-х. акад. – № u 20130295 заявл. 05.04.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. центр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 2 (97).

УДК 621.43.057

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ДИЗЕЛЬНОЙ ТОПЛИВОПОДАЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ НА ТОПЛИВАХ С ДОБАВКАМИ РАПСОВОГО МАСЛА**

Ш. В. БУЗИКОВ, канд. техн. наук, доцент;  
И. С. КОЗЛОВ, аспирант  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Россия

На сегодняшний день одним из перспективных источников тепловой энергии, используемых в качестве топлива в дизельных двигателях, является топливо с добавками растительного масла [1–4]. Непосредственное использование чистого рапсового масла в дизелях затруднено из-за различия физико-химических свойств масла по сравнению с дизельным топливом [5]. Недостатками рапсового масла по сравнению с дизельным топливом являются высокая вязкость, плохие низкотемпературные свойства, высокая температура воспламенения, повышенная коксуемость, меньшая теплотворная способность [5, 6]. На сегодняшний день объем и степень исследований не позволяют в целом и полностью установить зависимости влияния добавок рапсового масла на показатели работы топливоподающей аппаратуры [7, 8].

В связи с этим определение оптимальных параметров работы дизельной топливоподающей аппаратуры на топливах с добавками рапсового масла является на сегодняшний день весьма актуальной задачей.

Протекание процессов топливоподачи зависит от многих параметров, режимов работы дизеля и физических свойств топлива. Наиболее простое представление изменения параметров процесса топливоподачи сводится к дифференциальному уравнению:

$$f_{\text{п}}v = \beta V \frac{dp}{dt} + \sum_{i=1}^{i=n} Q_i, \quad (1)$$

где  $f_{\text{п}}$  – площадь проходного сечения плунжера, мм<sup>2</sup>;

$v$  – скорость движения плунжера, мм/с;

$\beta$  – истинный коэффициент сжимаемости топлива, Мпа<sup>-1</sup>;

$V$  – объем системы топливоподачи для одного цилиндра, мм<sup>3</sup>;

$p$  – давление топлива в системе, МПа;

$t$  – время сжатия топлива, с.

$\sum_{i=1}^{i=n} Q_i$  – суммы расходов топлива, вытекающих из системы, мм<sup>3</sup>/с.

Анализируя выражение (1), можно сделать вывод о том, что на цикловую подачу одной секцией ТНВД при применении топлив с добавками рапсового масла в значительной степени будет оказывать влияние истинный коэффициент сжимаемости:

$$\beta = -\frac{1}{v} \frac{dV}{dp}. \quad (2)$$

Он, в свою очередь, характеризует величину уменьшения объема применяемого топлива с добавками рапсового масла при воздействии на это топливо давления.

Зная значения истинного коэффициента сжимаемости для чистого дизельного топлива и рапсового масла его с большей долей вероятности для топлив с добавками рапсового масла, можно рассчитать по условию аддитивности:

$$\beta = \beta_{\text{дТ}} \cdot m_{\text{дТ}} + \beta_{\text{рМ}} \cdot m_{\text{рМ}}, \quad (3)$$

где  $\beta_{\text{дТ}}$  – истинный коэффициент сжимаемости чистого дизельного топлива, Мпа<sup>-1</sup>;

$\beta_{\text{рМ}}$  – истинный коэффициент сжимаемости чистого рапсового масла, Мпа<sup>-1</sup>;

$m_{\text{дТ}}$  – содержание дизельного топлива, %;

$m_{\text{рМ}}$  – содержание рапсового масла, %.

Так как значение истинного коэффициента сжимаемости рапсового масла ниже, чем чистого дизельного топлива это приведет к увеличению давления впрыска, снижению скорости нарастания давления в топливopроводе, более позднему поднятию иглы форсунки и большей неравномерности подачи.

С целью определения оптимальных параметров работы топливopодрующей аппаратуры были проведены сравнительные испытания на стенде КИ-22210-02М-11. В испытаниях применялись серийные форсунки ФД-22(11) 171-01, устанавливаемые на дизеле 4ЧН 11,0/12,5 (Д-245.5S2), и топливный насос типа 4УТНМ марки 773-40.02. Испытания проводились согласно действующей методике [9]. Снималась регуляторная характеристика топливного насоса.

В процессе испытаний определялась производительность насосных секций, их цикловая подача. Кроме того, подсчитывался часовой расход и замерялась его температура в головке ТНВД. Неравномерность подачи по секциям насоса подсчитывалась по известной зависимости [9]. Качество распыливания топлива форсунками оценивалось визуально.

При снятии характеристик топливного насоса использовали чистое ДТ и ДТ с добавками рапсового масла 25 и 50 %. Результаты измерений и обработки данных представлены в таблице.

**Результаты измерений и обработки данных**

Номер опыта	$n$ , мин <sup>-1</sup>	$n_{ц}$	$V_1$ , мл	$V_2$ , мл	$V_3$ , мл	$V_4$ , мл	$\sum V_i$ , мл	$V_{ср}$ , мл	$q_{ц}$ , мл/ц	Неравномерность подачи $\delta$ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Чистое ДТ</b>										
1	100	100	19	19	20	20	78	19,50	0,195	5,1
2	300	500	47	47	48	49	191	47,75	0,096	4,2
3	500	500	49	51	50	51	201	50,25	0,101	4,0
4	700	500	61	65	65	65	256	64,00	0,128	6,3
5	900	500	56	56	56	56	224	56,00	0,112	0,0
6	925	500	52	53	51	52	208	52,00	0,104	3,8
7	980	500	32	33	30	33	128	32,00	0,064	9,5
8	1040	500	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ДТ с добавкой 25 % рапсового масла</b>										
1	100	100	18	19	20	20	77	19,25	0,193	10,5
2	300	500	45	46	47	53	191	47,75	0,096	16,3
3	500	500	48	49	49	50	196	49,00	0,098	4,1
4	700	500	66	65	65	64	260	65,00	0,130	3,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	900	500	57	57	57	57	228	57,00	0,114	0,0
6	925	500	48	49	47	48	192	48,00	0,096	4,2
7	980	500	29	30	28	30	117	29,25	0,059	6,9
8	1040	500	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ДТ с добавкой 50 % рапсового масла</b>										
1	100	100	19	20	21	20	80	20,00	0,200	10,0
2	300	500	44	45	48	53	190	47,50	0,095	18,6
3	500	500	47	47	48	47	189	47,25	0,095	2,1
4	700	500	63	63	64	61	251	62,75	0,126	4,8
5	900	500	55	55	55	54	219	54,75	0,110	1,8
6	925	500	47	48	46	46	187	46,75	0,094	4,3
7	980	500	27	29	27	28	111	27,75	0,056	7,1
8	1040	500	0	0	0	0	0	0	0	0

Как видно из таблицы, изменения цикловой подачи в режиме максимальной подачи при работе насоса на ДТ и с добавками рапсового масла подобны друг другу. В то же время численные значения  $q_{ц}$  различны. Так, при работе на чистом ДТ в номинальном режиме  $q_{ц} = 0,112$  мл/ц, а при работе с добавками рапсового масла 25 % –  $q_{ц} = 0,114$  мл/ц, 50 % –  $q_{ц} = 0,110$  мл/ц, изменение составляет 2 %. При частоте вращения, соответствующей режиму максимального крутящего момента значение величины цикловой подачи как при работе на ДТ, так и при работе с добавками рапсового масла составляет около 2 %. То же и на других частотах вращения. Изменение величины цикловой подачи может быть объяснено изменением гидравлических потерь вследствие изменения вязкости топлива. При увеличении частоты вращения валика насоса до 980...1040 мин<sup>-1</sup> вступает в действие всережимный регулятор, что приводит к снижению  $q_{ц}$ .

При малых подачах насоса, соответствующих режиму холостого хода, характер изменения цикловой подачи подобен соответствующим значениям на номинальном режиме работы. Изменение значений в случае применения топлива с добавками рапсового масла по сравнению с работой на чистом ДТ составляет от 2 до 7 %.

Неравномерность подачи топлива по секциям насоса, рассчитанная по известной зависимости [9] при применении топлива с добавкой рапсового масла для номинального режима составила  $\delta = 0$  и  $\delta = 1,8$  %, для режима максимального крутящего момента  $\delta = 3,1$  и  $\delta = 4,8$  %, а в

режиме холостого хода  $\delta = 6,9$  и  $\delta = 7,1$  % соответственно, что соответствует ТУ на работу топливной аппаратуры.

С целью определения регулировочных характеристик тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 по установочному углу опережения впрыскивания топлива при его работе на топливах с добавками рапсового масла были проведены стендовые сравнительные испытания в рамках выполнения договора о научно-техническом сотрудничестве, заключенного между ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» и УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия».

Исследования проводились на чистом ДТ, ДТ с добавкой 20 % и 55 % рапсового масла. Топливо предварительно получали путем смешивания массовых долей составляющих, после чего производили заправку тракторного дизеля. Снятие регулировочных характеристик производилось в соответствии с методикой [10]. При использовании топлива с добавками рапсового масла производилась перерегулировка топливного насоса высокого давления (ТНВД) для увеличения цикловой подачи путем изменения активного хода плунжера с целью компенсации уменьшения теплоты, вносимой в тракторный дизель с этим топливом. На рис. 1 показаны графики изменения эффективных показателей тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при различных значениях установочного угла опережения впрыскивания топлива и различных добавках рапсового масла при частоте вращения  $1800 \text{ мин}^{-1}$ .

Из данных, представленных на графике, (рис. 1) видно, что при работе на чистом дизельном топливе оптимальным установочным углом является угол, равный  $\theta_{\text{впр}} = 26^\circ$ . При этом эффективная мощность дизеля составляет  $N_e = 72 \text{ кВт}$ , а значение удельного эффективного расхода топлива  $g_e = 228 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ , что соответствует руководству по эксплуатации дизеля [11]. При этом значение эффективного КПД, учитывающего теплотворную способность топлива, также максимально и составляет  $\eta_e = 37$  %, значение крутящего момента равно  $M_{\text{кр}} = 382 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

При добавках рапсового масла характер кривых изменяется. Так, значения часового расхода топлива  $G_m$  увеличивались с  $16,4 \text{ кг/ч}$  при работе дизеля на чистом ДТ до  $16,8 \text{ кг/ч}$  и  $17,6 \text{ кг/ч}$  при добавке рапсового масла 20 % и 55 %, соответственно.

Значения удельного эффективного расхода топлива  $g_e$  также возросли и составляли  $233 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$  и  $244 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$ , соответственно, при добавке рапсового масла 20 % и 55 %. При этом минимум  $g_e$  сдвигался в сторону больших значений установочного угла опережения впрыс-

квивания топлива и составлял  $\theta_{\text{впр}} = 27 \dots 28^\circ$  при использовании топлив с добавками рапсового масла 20 % и 55 %.

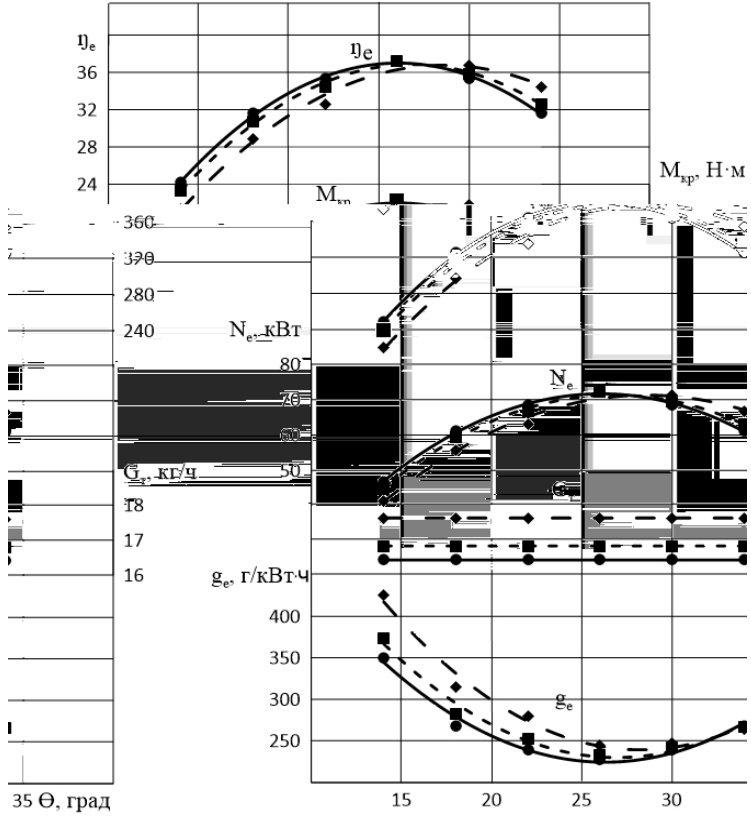


Рис. 1. Регулировочная характеристика тракторного дизеля 4ЧН 11,0/12,5 по установочному углу опережения впрыскивания топлива при  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$  (эффективные показатели):

- ДТ – 100 %;
- - - - - ДТ – 50 % + РМ – 20 %;
- · - · - ДТ – 45 % + РМ – 55 %

Максимальные значения эффективной мощности, эффективного КПД и крутящего момента также сдвигались в сторону больших значений установочного угла опережения впрыскивания топлива.

Таким образом, анализ полученных результатов позволяет сделать вывод, что применение топлива с добавками рапсового масла приводит к незначительному снижению цикловой подачи и увеличению ее неравномерности, а также установочного угла опережения впрыска топлива.

#### 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. Карташев, А. Н. Оптимизация параметров топливоподачи тракторного дизеля для работы на рапсовом масле / А. Н. Карташев, С. А. Плотников, В. С. Товстыга // 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.
10. ГОСТ 18509-88 Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний.
11. Дизели Д-245S2, Д-245.2S2, Д-245.5S2, Д-245.16S2, Д-245.16JS2, Д-245.42S2, Д-245.43S2 // Руководство по эксплуатации 245S2-0000100 РЭ. – С. 112.

УДК 631.311.5

### **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОВША ЭКСКАВАТОРА-ДРЕНОУКЛАДЧИКА ТИПА ЭТЦ-202**

Е. И. МАЖУГИН, канд. техн. наук, доцент;

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

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,

Горки, Республика Беларусь

Основной машиной, применяющейся в настоящее время для строительства мелиоративного дренажа, являются экскаваторы-дреноукладчики типа ЭТЦ-202. Они имеют конструктивно одинако-

вый рабочий орган – многоковшовый, цепной, широкотраншейный, продольного копания.

По мере усовершенствования конструкций экскаваторы снабжались более мощными двигателями: от Д-50 – ЭТЦ-202А, до Д-245 – ЭТЦ-203. При этом параметры траншеи и техническая производительность остаются практически неизменными [1]. По мере развития рассматриваемые экскаваторы становятся более мощными, более тяжелыми, более эстетичными, но менее экономичными. Из-за несоблюдения в конструкции ЭТЦ-203 известных рекомендаций по обеспечению требуемой проходимости на болотно-торфяных грунтах снижается их проходимость.

В публикации [2] была приведена методика расчета производительности многоковшового цепного экскаватора исходя из мощности двигателя. Однако по кинематическим соображениям ограничением производительности рабочего органа является предельная частота разгрузок ковшей.

Предельная частота разгрузок  $z_{пр}$  определяется из условия непересыпания грунта из ковша в ковш. То есть грунт, принудительно удаляемый из ковша (рис. 1) очистителем ковшей (точка  $A$ ), установленным на валу ведущей звездочки, должен, падая, достичь точки  $B$  прежде, чем к этой точке подойдет режущая кромка последующего ковша (точка  $C$ ). Другими словами, время падения грунта с высоты  $h$  ( $t_h$ ) должно быть не больше времени ( $t_b$ ) перемещения последующего ковша на расстояние  $b$ , т. е.

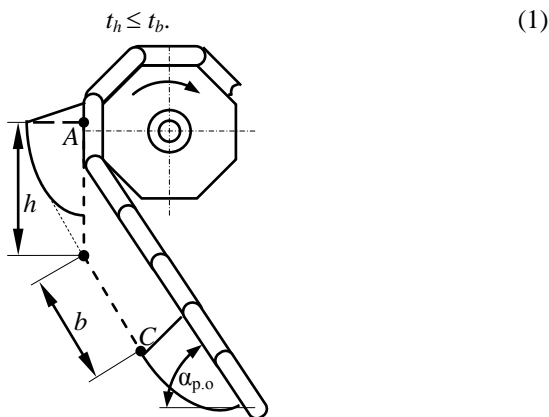


Рис. 1. Схема к определению предельной частоты разгрузок

Расчет  $z_{\text{пр}}$  в разгрузках в секунду выполняется по формуле:

$$z_{\text{пр}} = b / (T_{\text{к}} \sqrt{2h/g}), \quad (2)$$

где  $b$  и  $h$  измеряются по масштабному рисунку (рис. 1), м;

$T_{\text{к}}$  – шаг ковшей, м;

$g$  – ускорение свободного падения (9,81 м/с<sup>2</sup>).

Напрашивающееся увеличение  $b$  невозможно, поскольку оно означает увеличение шага ковшей, а для сохранения производительности потребуется пропорциональное увеличение скорости цепи.

Существенное увеличение геометрической вместимости ковша для увеличения производительности также крайне ограничено при условии сохранения ширины прокладываемой траншеи.

Реальным мероприятием по возможному повышению производительности является снижение точки  $A$ , за счет изменения конструкции очистителя ковшей. Расчеты показывают, что может быть обеспечена техническая производительность до 200 м<sup>3</sup>/ч.

Однако, начиная с ЭТЦ-2011-2, корпус ковша, изготавливаемый до этого штампованием и имевший изготовленное по дуге окружности днище стали делать гибкой с ломаным днищем. Это приводит к тому, что при разработке налипающих грунтов очистка ковшей может выполняться неудовлетворительно. При этом снижается реальное значение наполнения ковша, что ведет к соответствующему снижению производительности. Таким же выполняется и ковш экскаватора ЭТЦ-203 (рис. 2).



Рис. 2. Ковш экскаватора-дренукладчика ЭТЦ-203

Упрощенно кинематика многоковшового цепного рабочего органа продольного копания представлена на рис. 3.

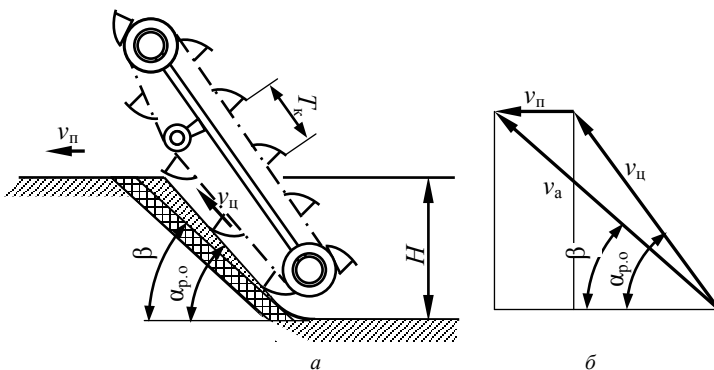


Рис. 3. Основные кинематические соотношения ЭТЦ (а) и схема сложения векторов скоростей (б)

Здесь обозначены:  $v_{ц}$  – скорость цепи;  $v_{п}$  – скорость передвижения экскаватора;  $\beta$  – угол наклона забоя к дневной поверхности;  $\alpha_{р.о}$  – угол наклона рабочей ветви ковшовой цепи к дневной поверхности;  $H$  – глубина траншеи.

На рис. 3, б показано сложение векторов скоростей цепи и передвижения экскаватора. Из рис. 3, б следует, что

$$\beta = \arctg [(v_{ц} \sin \alpha_{р.о}) / (v_{ц} \cos \alpha_{р.о} + v_{п})]. \quad (3)$$

Из формулы (3) и схемы 3а следует, что задний угол  $\delta_3$  (рис. 4) должен быть больше угла  $\beta$  при любых режимах работы. В противном случае днище корпуса 1 ковша и скоба 4, крепящая зуб 3 к арке 2 ковша будут упираться в забой.

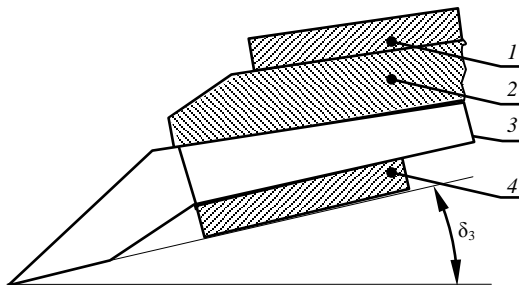


Рис. 4. Схема установки зуба ковша экскаватора-дреноукладчика

У экскаваторов типа ЭТЦ-202 днище ковша выполнено по дуге, а форма зуба без технологических скруглений и уклонов показана на рис. 5.

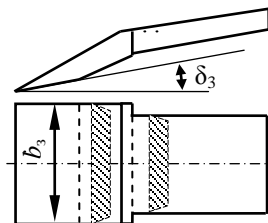


Рис. 5. Форма зуба ковша экскаваторов типа ЭТЦ-202

Такая форма зуба призвана обеспечить требуемое значение угла  $\delta_3$ .

Для достижения деблокированного резания зубья последующих ковшей смещены в сторону по отношению к зубьям предыдущих ковшей.

Уклоны поверхностей и радиусы сопряжений и скруглений принимаются в зависимости от способа изготовления зуба по технологическим требованиям отливок, штамповок или поковок.

У экскаваторов-дренукладчиков, имеющих рабочий орган такой, как у ЭТЦ-202, ковши, снабжены 6 и 5 зубьями, считая два боковых. Ковши ставятся поочередно. На ковше с шестью зубьями последние располагаются согласно схеме, приведенной на рис. 5. На ковше с пятью зубьями центральный зуб ставится посередине ковша, а остальные – так же, как и на схеме, приведенной на рис. 6.

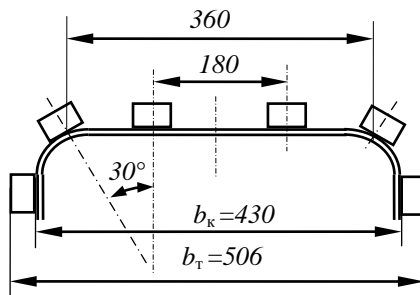


Рис. 6. Схема расположения зубьев на ковше экскаватора-дренукладчика

Благодаря такому расположению зубьев и скалыванию грунта, забой траншеи разрабатывается более менее равномерно при минимальном блокированном копании грунта зубьями ковшей. Остающиеся между зубьями гребни срезаются передней кромкой арки ковша.

Во избежание трения боковых стенок ковша о стенки траншеи ширина ковша по зубьям  $b_k$  принимается меньшей, чем ширина траншеи  $b_t$ . Это также снижает вероятность заклинивания трубоукладчика в траншее. Кроме того, у ковшей экскаваторов типа ЭТЦ-202 действительная ширина ковшей больше номинальной ширины траншеи (рис. 6) [3].

Расчет параметров ковша может быть выполнен по опубликованной методике [4].

Таким образом, для повышения производительности экскаватора-дреноукладчика ЭТЦ-203 следует:

- заострить переднюю кромку арки ковша;
- использовать классическую конструкцию зубьев;
- ширину зубьев  $b_z$  принимать не меньшей, чем сумма из ширины хвостовика зуба и двух толщин скобы крепления зуба;
- максимально снизить положение очистителя ковшей;
- компоновкой ковша обеспечить выполнение условия  $\delta_3 \geq \beta$ ;
- для улучшения очистки ковшей выполнять днище ковша по дуге окружности или увеличить минимум до двух число изгибов днища ковша.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мажугин, Е. И. Многоковшовые цепные экскаваторы-дреноукладчики: метод. указания / Е. И. Мажугин. – Горки: БГСХА, 2010. – 64 с.
2. Мажугин, Е. И. Расчет производительности экскаватора-дреноукладчика / Е. И. Мажугин // Актуальные проблемы механизации мелиоративного и водохозяйственного строительства: материалы междунар. науч.-практ. конф., посв. 45-летию каф. мелиоративных и строит. машин УО БГСХА, Горки, 27–29 сент. 2012 г. – Горки: БГСХА, 2013. – С. 73–78.
3. ЭТЦ-2011. Экскаватор-дреноукладчик / Альбом чертежей. – Таллин: ЕК «Вит», 1989. – 122 с.
4. Мажугин, Е. И. Мелиоративные машины: учеб. пособие: в 2 ч. / Е. И. Мажугин, А. Л. Казаков. – Горки: БГСХА, 2018. – Ч. 2. – 172 с.

## **АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРИЧИН ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ОРГАНИЗАЦИЯХ МОГИЛЕВСКОЙ ОБЛАСТИ**

А. С. АЛЕКСЕЕНКО, канд. техн. наук, доцент;  
В. Н. БОСАК, д-р с.-х. наук, профессор;  
М. В. ЦАЙЦ, ст. преподаватель  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** В целях реализации права на труд, а также на здоровые и безопасные условия труда, в республике сформирована соответствующая законодательная база, регламентирующая права и обязанности как нанимателей (работодателей), так и работников (работающих). Ее основу образуют Трудовой кодекс Республики Беларусь, Закон Республики Беларусь «Об охране труда», акты Главы государства, регулирующие трудовые и связанные с ними отношения, а также принятые в их развитие нормативные правовые акты [1].

Реализация конституционных прав граждан на здоровые и безопасные условия труда является одной из важнейших задач социальной политики Республики Беларусь. На ее решение направлена Республиканская целевая программа по улучшению условий и охраны труда «Социальная защита и содействие занятости населения на 2016–2020 год» (подпрограмма 2 «Охрана труда»). В рамках этой программы осуществляется комплекс мер по техническому переоснащению и модернизации машин, улучшению условий труда работников. Однако значительное число работников продолжает работать во вредных и (или) опасных условиях труда [2, 3, 4].

Высокий уровень травматизма наносит народному хозяйству существенный материальный, социальный и моральный ущерб. Так, из-за травм на производстве и различных заболеваний ежегодно теряются рабочие дни, что равнозначно неучастию в производстве.

**Основная часть.** В 2017 году по сравнению с 2016 годом количество травмированных на производстве в организациях количество лиц, получивших травмы на производстве, по сравнению с 2016 годом возросло в Могилевской области с 177 до 228 (на 28,8 %).

В результате несчастных случаев на производстве в Республике Беларусь в 2017 году потеря трудоспособности наступила у 171 человека,

из них проценты утраты трудоспособности без определения инвалидности установлены трем работникам, инвалидами признано 168 человек (в Могилевской области – 20 человек в 2016 году и 18 человек в 2017 году) (таблица).

#### Утрата трудоспособности в результате производственного травматизма

	2016 г.				2017 г.			
	установлен процент утраты трудоспособности	признано инвалидами			установлен процент утраты трудоспособности	признано инвалидами		
		1 группа	2 группа	3 группа		1 группа	2 группа	3 группа
Республика Беларусь	1	6	34	125	3	6	42	120
Могилевская область	0	2	3	15	1	1	4	13
В % к общему по Республике Беларусь	–	33,33	8,82	12,0	–	16,67	9,52	10,83

Так, в течение 2017 года в организациях Могилевской области такая причина производственного травматизма с тяжелыми последствиями, как допуск работников к выполнению работ без обучения, стажировки, инструктажа и проверки знаний по вопросам охраны труда составила 15,7 % от общего числа причин (в январе-апреле 2018 года – 15 %), привлечение потерпевшего к работе не по специальности (профессии) 3,4 % (в январе-апреле 2018 года – 5 %).

Вместе с тем, в ряде случаев проведение инструктажей сводится к формальным подписям в журналах регистрации инструктажей, редко назначается проведение внепланового инструктажа при нарушении нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов и локальных нормативных правовых актов по охране труда, также наниматели редко применяют такой действенный инструмент управления персоналом в вопросах охраны труда, обеспечения трудовой, производственной и исполнительской дисциплины, как назначение внеочередной проверки знаний по вопросам охраны труда.

В соответствии со статьей 226 Трудового кодекса Республики Беларусь необходимо осуществлять контроль за соблюдением законодательства об охране труда в организации. Обязанность по осуществлению контроля за соблюдением законодательства об охране труда должна быть отражена в должностных инструкциях руководителей и специалистов. Так, по итогам 2017 года такая причина производствен-

ного травматизма, как невыполнение руководителями и специалистами обязанностей по охране труда в части контроля за соблюдением потерпевшими требований инструкций по охране труда составила 5,8 % от общего числа причин, а в истекшем периоде 2018 года – 2,4 %.

Следует отметить, что нередко выявляются факты неучастия в ежедневном контроле за соблюдением законодательства об охране труда общественных инспекторов по охране труда (уполномоченных лиц по охране труда), а также формального проведения контроля (делаются ежедневные записи «замечаний нет»). Эти недостатки, а также низкая результативность общественного контроля обусловлена тем, что наниматели не предоставляют общественным инспекторам по охране труда время для реализации своих полномочий и не предусматривают для них поощрения за проделанную работу.

Одним из факторов, приводящих к низкой дисциплине работников в вопросах охраны труда, является приниженный спрос с работников в случаях несоблюдения ими требований локальных нормативных правовых актов (инструкций по охране труда, технологических инструкций и т. д.). Отдельные наниматели вообще не применяют меры дисциплинарной ответственности за нарушения требований законодательства об охране труда.

Более 60 % несчастных случаев, зарегистрированных на территории Могилевской области с начала 2018 года и приведших к тяжелым производственным травмам, произошло по вине нанимателя [5].

**Заключение.** Результаты специальных расследований, проведенных государственными инспекторами труда Могилевского областного управления Департамента государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь за 2017 год и за январь-апрель 2018 года показали, что основной причиной производственного травматизма с тяжелыми последствиями в организациях Могилевской области явилось нарушение потерпевшими и другими работниками трудовой, производственной и исполнительской дисциплины (2017 год – 34 % от общего числа причин производственного травматизма, январь-апрель 2018 года – 27,5 %).

При этом необходимо отметить, что чаще всего нарушение потерпевшими и другими работниками трудовой, производственной и исполнительской дисциплины выражается в несоблюдении элементарных требований безопасности, предусмотренных инструкциями по охране труда; неприменении выданных средств индивидуальной защиты, нахождении на рабочем месте в состоянии алкогольного опьянения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Доклад о соблюдении законодательства о труде и об охране труда в Республике Беларусь в 2017 году [Электронный ресурс]. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://www.mintrud.gov.by/system/extensions/spaw/uploads/files/doklad-2017-poslednij.pdf>. – Дата доступа: 19.11.2018.
2. Производственный травматизм операторов сельскохозяйственных машин в Республике Беларусь и пути его профилактики и минимизации / А. С. Алексеенко [и др.] // Вестник БГСХА. – 2016. – № 1. – С. 100–104.
3. Государственная программа «Социальная защита и содействие занятости населения на 2016–2020 год» (подпрограмма 2 «Охрана труда»): постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.01.2016 г. № 73 [Электронный ресурс]. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 19.11.2018.
4. Алексеенко, А. С. Травматизм на производстве в сельском хозяйстве Могилевской области / А. С. Алексеенко, А. Н. Кудрявцев, М. В. Цайц // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. работ. – Горки, 2016. – Вып. 2. – С. 155–158.
5. Алексеенко А. С. Травматизм на производстве в сельском хозяйстве Могилевской области / А. С. Алексеенко, А. Н. Кудрявцев, М. В. Цайц // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; редкол.: В. Р. Петровец [и др.]. – Горки, 2016. – Вып. 2. – 182 с.

УДК 631.3

### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ЗЕРНА**

Т. В. МОЛОШ, канд. техн. наук, доцент;

И. И. АПЕТЕНОК, магистрант

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

**Введение.** Зерновое производство является основой устойчивого функционирования агропромышленного сектора, определяет уровень продовольственной безопасности населения и экономического благополучия государства. Большой объем работ при уборке урожая зерновых культур приходится на послеуборочную обработку зерна.

В настоящее время сельскохозяйственные предприятия оснащены высокопроизводительными поточными линиями с высоким уровнем механизации и автоматизации технологического процесса, позволяющим значительно сократить затраты на послеуборочную обработку зерна, повысить его качество, снизить долю ручного труда.

Вместе с тем, при выполнении производственного процесса возникает ряд опасных и вредных факторов, характеризующих условия труда и оказывающих влияние на состояние здоровья работающих. Вопросы обеспечения охраны труда при послеуборочной обработке зерна являются актуальными и требуют разработки комплекса мероприятий по повышению производственной безопасности.

**Основная часть.** Решение зерновой проблемы состоит в своевременной и качественной очистке урожая. Для этого разработаны передвижные и стационарные зерноочистительные машины. Передвижные используются при очистке зерна на открытых площадках, под навесом и в зернохранилищах, а стационарные – на комплексах и зерноочистительных агрегатах.

Создание высокопроизводительных зерноочистительных линий на базе известных принципов построения технологических схем и традиционных рабочих органов не позволяет получить полноценные по всхожести семена, с учетом различного биологического качества зерна и снизить затраты на единицу продукции. Это состояние объясняется высоким уровнем травмирования зерна при уборке и послеуборочной обработке, что ведет к снижению его семенных, товарных и хлебопекарных показателей, а также недостатком мощностей материально-технической базы предприятий послеуборочной обработки зерна, из-за чего обработка зерновых культур производится с задержками.

Поэтому одним из способов решения данной проблемы является применение наиболее прогрессивных технических средств и технологий послеуборочной обработки зерна. В настоящее время к зерноочистительным машинам предъявляются чрезвычайно высокие требования.

В целях снижения травмирования зерна при его послеуборочной обработке оно должно проходить через минимальное количество машин и транспортирующих устройств. Поэтому при разработке новых зерноочистительных машин или зерноочистительных агрегатов необходимо сокращать число операций и уменьшать протяженность межоперационных связей. Чтобы снизить потери урожая, а также улучшить посевные и сохранить питательные свойства зерна, особое внимание следует уделять технологическому взаимодействию всех технических средств, участвующих в процессе его уборки и послеуборочной обработки.

В связи с этим повышаются требования к подготовке персонала, обслуживающего зерноочистительные машины, от которого зависят

количественные и качественные показатели выполняемого технологического процесса. Вместе с тем условия труда работающих характеризуются воздействием опасных и вредных производственных факторов, приводящих к травмам и профессиональным заболеваниям.

Проводилось изучение литературных материалов, в которых рассматривались вопросы безопасности труда при послеуборочной обработке зерна, основных технологических схем на соответствие их требованиям безопасности труда. Установлено, что преобладающее количество травм (76 %) при послеуборочной обработке зерна зависит от времени вынужденного нахождения операторов в опасных зонах рабочих машин при устранении технических и технологических отказов [1].

В неблагоприятных санитарно-гигиенических условиях труда на рабочих местах, например, чрезмерной запыленности, время на настройку машин увеличивается и повышается вероятность травмирования оператора. Внедрение ряда мероприятий может повысить безопасность оператора за счет существенного сокращения времени настройки, регулировки и пуска в работу после устранения отказов и при переходе с одной обрабатываемой культуры на другую, повысить качественный уровень настройки и регулировки режима очистки зерна, который зависит от личных качеств операторов квалификации, стажа работы, личного опыта.

Для снижения частоты и длительности нахождения оператора в травмоопасной зоне с неблагоприятными санитарно-гигиеническими параметрами следует разрабатывать устройства повышения безопасности операторов, позволяющие снизить время и частоту нахождения операторов в травмоопасной зоне. Стабилизировать подачу зернового материала на рабочие органы, повысить производительность и качество обработки зерна, повысить надежность работы. Для этого необходимо проводить обоснование методов и инженерно-технических средств повышения безопасности труда для снижения уровня производственного травматизма.

**Заключение.** Решение проблемы повышения производственной безопасности при послеуборочной обработке зерна требует разработки ряда мер организационного и технического характера [2].

Прежде всего они должны быть направлены на совершенствование существующих и разработку технологических схем, конструкций зерноочистительных машин, а также технических средств обеспечения безопасности и улучшения санитарно-гигиенических условий труда операторов.

Во многом состояние производственного травматизма зависит от обучения работающих безопасным приемам труда согласно инструкциям по охране труда, а также обеспечения контроля в процессе эксплуатации машин и оборудования руководителями работ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бедарев, В. В. Оценка травмоопасности машин и оборудования поточных технологических линий послеуборочной обработки зерна / В. В. Бедарев // Пути обеспечения безопасности технологий и средств электромеханизации в сельском хозяйстве: сб. науч. тр. ЛСХИ. – 1990. – С. 75.

2. Правила по охране труда при производстве и послеуборочной обработке продукции растениеводства: постановление Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 15.04.2008 г. № 36.

УДК 331.45

### ОЦЕНКА ОБЩЕГО УРОВНЯ СОСТОЯНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА В ОРГАНИЗАЦИЯХ

Л. Г. ОСНОВИНА, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»;

Н. В. МАЛЬЦЕВИЧ, канд. экон. наук, доцент  
ГУО «Институт бизнеса БГУ»;

С. В. ОСНОВИН, канд. с.-х. наук, доцент  
УО «Белорусский государственный экономический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Общий уровень состояния охраны труда в структурных подразделениях и в целом по предприятию оценивается показателем безопасности, учитывающим выполнение мероприятий и характеризующим соблюдение работниками правил и норм охраны труда [1, 2].

Базовый оценочный показатель безопасности устанавливается приказом по предприятию для каждого структурного подразделения.

Расчет комплексных оценочных показателей безопасности в подразделениях производится ежемесячно, и сведения предоставляются в отдел охраны труда. Отдел охраны труда проверяет достоверность отчетных данных и подводит итоги расчета за год. Если устанавливается недостоверность какого-либо показателя, то он принимается за «ноль» и комплексный показатель пересчитывается.

**Основная часть.** Рассмотрим примерный расчет оценочного показателя безопасности по отдельному цеху (структурному подразделению) организации.

Каждый показатель безопасности рассчитывается по формуле:

Показатель безопасности = единица плюс (минус) коэффициенты составляющих показателя, умноженные на 100 %.

Производится расчет по следующим показателям:

**Состояние производственного травматизма.** В него включаются несчастные случаи, происшедшие в отчетном периоде и оформленные актом формы Н-1 с работниками подразделения. При наличии групповых несчастных случаев, несчастных случаев с тяжелым или смертельным исходом показатель принимается за «ноль». При отсутствии несчастных случаев показатель принимается за 1. Величина составляющей показателя уменьшается на 0,05 за каждый произошедший несчастный случай на производстве в отчетном периоде.

**Состояние аварийности** предполагает учет аварий, инцидентов, пожаров. При наличии аварий, пожаров показатель принимается за «ноль». Величина составляющей показателя за произошедшие в отчетном периоде инциденты снижается на 0,1 за каждый случай.

**Выполнение мероприятий по охране труда.** Величина снижения составляющих показателя за невыполненное мероприятие по охране труда составляет 0,05 за каждое мероприятие. Величина показателя не снижается, если срок исполнения мероприятия перенесен в установленном порядке или имеются объективные причины невыполнения, не зависящие от специалиста цеха, подтвержденные документально.

**Соблюдение санитарных норм по вредным производственным факторам.** По этому показателю расчет производится по сведениям, предоставляемым санитарной лабораторией, и определяется как отношение количества анализов, не превышающих ПДК (ПДУ, ПДН), к числу анализов, проведенных по графику аналитического контроля в данном подразделении за отчетный период.

**Соблюдение требований охраны труда персоналом подразделений.** Учитываются все нарушения, выявленные техническими и контролирующими подразделениями предприятия, органами государственного надзора и контроля по состоянию оборудования и рабочих мест, ведению всех видов работ. Нарушения, выявленные персоналом самого подразделения, не учитываются. Порядок расчета показателя устанавливается с учетом того, что за каждое нарушение он снижается на 0,004.

**Приостановка ведения работ и производственных процессов из-за нарушения требований безопасности.** В данном показателе учитываются приостановки, оформленные актом или предписанием государственных органов надзора и контроля или соответствующими работниками подразделений общества. За каждую приостановку составляющая показателя снижается на 0,05. Приостановки, произведенные руководителями или специалистами подразделения, при расчете составляющего коэффициента показателя увеличивается на 0,02.

**Работа с нарушителями требований безопасности.** Коэффициент, составляющий показатель, снижается на 0,02 при изъятии Талона (каждого) у рабочего и на 0,04 у руководителя или специалиста подразделения руководителями или специалистами вышестоящих органов управления или работниками государственных органов надзора и контроля.

При изъятии талонов работниками самого цеха (структурного подразделения) коэффициент увеличивается на 0,01 при изъятии талона у рабочего и на 0,02 при изъятии талона у руководителя или специалиста.

При издании приказов специалистами, руководителями подразделения о наложении дисциплинарных взысканий на работников своего подразделения за каждый приказ коэффициент повышается как при изъятии талона.

За каждый проведенный совет профилактики коэффициент увеличивается на 0,02.

**Выполнение регламента обследований рабочих мест.** За невыполнение регламента одним из специалистов или руководителей подразделения коэффициент снижается на 0,01 за каждое невыполнение регламента.

**Соблюдение порядка обучения, инструктажа и проверки знаний по вопросам охраны труда.** За каждое нарушение коэффициент снижается на 0,05, а за каждое нарушение, выявленное работниками подразделения и повлекшее за собой отстранение от самостоятельной работы работника, не прошедшего своевременно инструктаж и проверку знаний по вопросам охраны труда, показатель увеличивается на 0,1.

**Обеспечение и применение работниками должных средств индивидуальной и коллективной защиты.** При фактах отсутствия у персонала или неприменения должных СИЗ, а также при применении средств защиты с истекшими сроками испытаний коэффициент снижается на 0,05 за каждое нарушение.

**Общий оценочный показатель безопасности в подразделении** рассчитывается как сумма всех показателей, отнесенная к общему числу показателей.

Оценочные показатели безопасности труда служат основанием для оценки работы руководителей и специалистов по охране труда.

При фактическом показателе за отчетный период выше базового специалисту, руководителю отдела выставляется оценка «удовлетворительно». Если фактически показатель безопасности ниже базового, специалисту, руководителю отдела выставляется оценка «неудовлетворительно», ему снижается размер премии за основные производственные показатели за соответствующий месяц на 20 %.

В случае предоставления специалистом, руководителем подразделения недостоверных показателей он лишается премии за основные производственные показатели за соответствующий месяц на 100 %.

Отдел охраны труда на основании оценочных показателей подразделений ежемесячно составляет сводную таблицу и предоставляет ее на утверждение руководителю предприятия.

Ежегодно по результатам анализа:

- дается общая оценка результативности СУОТ;

- принимаются высшим руководством решения и действия, направленные на совершенствование и повышение результативности СУОТ.

**Заключение.** Оценочные показатели безопасности служат основанием для анализа и принятия мер по повышению эффективности работы в вопросах охраны труда, а также для морального и материального стимулирования работы подразделений, их руководителей и специалистов

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Оценка состояния охраны труда и льготы и компенсации неблагоприятных условиях труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://uchebnikirus.com/bgd/osnovi\\_ohoroni\\_pratsi\\_gandzyuk\\_mp/otsinka\\_stanu\\_ohoroni\\_pratsi\\_pilgi\\_kompensatsiya\\_nespriyatlivi\\_umovi\\_pratsi.htm](http://uchebnikirus.com/bgd/osnovi_ohoroni_pratsi_gandzyuk_mp/otsinka_stanu_ohoroni_pratsi_pilgi_kompensatsiya_nespriyatlivi_umovi_pratsi.htm). – Дата доступа: 04. 11. 2018.

2. Исмаилова, Ш. Н. Развитие системы управления качеством охраны труда / Ш. Н. Исмаилова. – М.: Палеотип, 2010. – 131 с.

## **НОРМЫ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

Р. С. ДАРГЕЛЬ, студент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

Е. Д. ПЕТУХОВИЧ, студент  
УО «Белорусский национальный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

Экологические нормы, уровень содержания токсических веществ в отработавших газах двигателей автомобилей и специальной техники последовательно ужесточаются во всем мире. Поэтому нормы токсичности приобретают все большее значение как для производителей этой техники, так и для эксплуатационников [1].

Суммарный выброс токсичных веществ транспортными средствами настолько велик, что он представляет собой угрозу для окружающей среды и здоровья человечества. Здоровье человека находится в прямой зависимости от состояния окружающей среды, поэтому мировое сообщество вынуждено было принять законодательные меры, ограничивающие выброс в атмосферу токсичных компонентов с отработавших газов (ОГ) двигателей.

В странах ЕС уровень токсичных веществ дизельных двигателей внедорожной техники регулируют стандарты Stage. Хронология введения их в действие следующая: Stage I – в 1999 г., Stage II – с 2001 по 2004 гг., Stage III – с 2006 по 2013 гг., Stage IV – в 2014 г. Следует отметить, что в Евросоюзе уже рассматривается проект новых, более жестких норм по выбросам Stage V, которые, предположительно, могут вступить в действие в 2019 или 2020 г. Нормы Stage распространяются на дизельные двигатели буровых установок, компрессоров, бульдозеров, экскаваторов, техники для обслуживания дорог, снегоуборочной техники, оборудования для аэропортов и подъемных кранов. Стандарты также охватывают сельскохозяйственные и лесозаготовительные машины, но вступили они в силу в 2000 г. Двигатели морских судов, самолетов, железнодорожных локомотивов и автономных генераторов не попадают под действие Stage I и Stage II. Например, для дизельных двигателей мощностью 75–130 кВт установлены следующие пределы содержания количества твердых частиц отрабо-

тавших газов: Stage I – 0,7 г/кВт.ч.; Stage II и Stage III – 0,3 г/кВт.ч.; Stage IV – 0,025 г/кВт.ч.

В сферу действия Stage V попадут все силовые агрегаты независимо от мощности: менее 19 кВт и свыше 560 кВт.

В соответствии со стандартом Stage IV должно использовать топливо с низким содержанием серы – 10–50 мг/кг (по стандарту Stage III – 1000-2000 мг/кг) [2].

В России уровень выбросов вредных веществ в атмосферу, производимых автотранспортом, оснащенным двигателями внутреннего сгорания, контролируется законодательством. Эти требования описываются в новом Техническом регламенте, который называется «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории РФ, вредных (загрязняющих) веществ». Указанный регламент указывает, к какому экологическому классу должны относиться автомобили, чтобы выполнять эти требования. Экологический класс автомобиля обозначается, как Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6 – это классификационный код, который описывается регламентом и дает характеристику автомобилю и двигателю внутреннего сгорания в зависимости от количества выбросов вредных веществ в отработанных газах (ОГ), которые опасны для окружающей среды и человека. В состав вредных веществ входят: (CO) – оксид углерода; (NO<sub>x</sub>) – оксиды азота; (C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>) – углеводороды; дисперсные частицы [3].

Ужесточение норм Euro 5 и Euro 6 в основном касаются дизельных автомобилей, существенно ограничивая содержание выбросов твердых частиц (сажи) и оксидов азота. Большую роль на требование Euro играет наличие катализатора в выхлопной системе автомобиля.

В то же время нормы токсичности в США для дизельных двигателей внедорожных машин регламентируют Федеральные стандарты Tier 1 для дизельных двигателей новых внедорожных машин были приняты в 1994 г., под их действие попадали силовые агрегаты мощностью свыше 37 кВт (50 л. с.). Нормы должны были вступить в действие поэтапно, в период с 1996 по 2000 гг. В 1996 г. подписано Соглашение о принципах (Statement of Principles – SOP) Управлением по защите окружающей среды США (EPA).

27 августа 1998 г. EPA утвердило окончательную редакцию норм, отражающую положения SOP. 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 по 2008 гг. 11 мая 2004 г.

ЕРА подписало предложенные нормы Tier 4 на токсичность ОГ, которые должны быть введены в действие поэтапно в период с 2008 по 2015 г. Стандарты Tier 4 устанавливают уровни содержания сажи и  $\text{NO}_x$  в ОГ, которые на 90 % ниже, чем в нормах Tier 3.

В нормах Tier 1...3 не ограничивается содержание серы в топливе для дизелей внедорожных машин. Ограничения, принятые в нефтеперерабатывающей промышленности, составляют 0,5 % серы по массе. Сейчас концентрация серы в топливе около 0,3 %. Чтобы привести двигатели в соответствие с нормами Tier 4 и обеспечить возможность применения прогрессивных технологий, при которых требуется использование топлива с малым содержанием серы, таких, как применение сажевых фильтров и веществ, адсорбирующих  $\text{NO}_x$ , ЕРА предлагает снизить допустимый уровень содержания серы в топливе для дизелей внедорожных машин. Нормы Tier 4 будут вводиться в действие поэтапно, с 2008 по 2015 гг.

В США новый стандарт назначен на 2010–2020 годы, а называться он будет Tier 5.

Программа контроля за выбросами моторных транспортных средств в Бразилии называется PROCONVE. Первый стандарт был внедрен в 1988 году. В целом эти нормы соответствуют европейским, однако ныне действующий PROCONVE L6, хотя и является аналогом Euro 5, не включает в себя обязательное наличие фильтров для фильтрации твердых частиц или количества выбросов в атмосферу.

Для автомобилей, масса которых не превышает 1700 кг, стандарты выбросов по PROCONVE L6 следующие (г/км):

Оксид углерода (CO) – 2

Тetraгидроканнабинол (THC) – 0,3

Летучие органические вещества (NMHC) – 0,05

Оксид азота ( $\text{NO}_x$ ) – 0,08

Взвешенные частицы (PM) – 0,03

Если масса автомобиля больше 1700 кг, то нормы меняются(г/км):

Оксид углерода (CO) – 2

Тetraгидроканнабинол (THC) – 0,5

Летучие органические вещества (NMHC) – 0,06

Оксид азота ( $\text{NO}_x$ ) – 0,25

Взвешенные частицы (PM) – 0,03.

Для стран ЕврАзЭС разработан проект технического регламента. Согласно этому документу, автомобильная техника и двигатели внутреннего сгорания подразделяются на экологические классы.

Согласно техническому регламенту, разрешается изготовление техники:

- экологического класса 3: с даты вступления в силу настоящего регламента по 31 декабря 2012 г. (Правила ЕЭК ООН N 96 (01), что соответствует 2);

- экологического класса 4: с 1 января 2013 года по 31 декабря 2015 года (Правила ЕЭК ООН N 96 (02), что соответствует Stage 3A);

- экологического класса 5: с 1 января 2016 года.

На территории Украины с 1 января 2006 года действуют экологические нормы Euro 2.

На территории Китая с 1 июля 2008 года вступили в силу требования Euro 3. Для строительной техники действуют нормы Euro 2, а в Шанхае исключительно Euro 4.

В Республике Беларусь введены в действие постановлением Госстандарта Республики Беларусь (Правила ЕЭК ООН N 96 (02) согласно которому начали действовать с 01.07.2010 экологические нормы для внедорожной техники Stage IIIA для установки новых двигателей. Срок действия экологических норм не оговорен [2].

В таблице представлен сравнительный анализ основных действующих норм токсичности ОГ.

#### Требования экологических норм двигателей (г/кВтч)

Токсические компоненты ОГ	Stage V	Euro 6	Tier 5	PROCONVE
C	0,015	0,01	<0,01	0,03
NO <sub>x</sub>	0,4	0,4	0,2	0,08
CmHn	0,19	0,13	0,02	0,05–0,06
CO	3,5	1,5	3,5	2

Анализ норм токсичности в отношении выбросов вредных веществ с отработавшими газами показал, что сопоставление указанных требований является весьма сложной и трудоемкой задачей, а полноценная корреляция нормативных требований США и Бразилии с европейскими практически невозможна.

В настоящее время для дизельных двигателей сельскохозяйственных машин установлено предельно допустимые значения выбросов и сроки их внедрения или поставки их в страны СНГ, Украину, Таможенного Союза.

Все эти меры направлены на сокращение выброса вредных веществ в атмосферу, уменьшение до минимума их пагубного воздействия на живую природу и человека.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др]. – Горки: БГСХА, 2013. – 376 с.
2. Свежие новости мирового автопрома [Электронный ресурс]. В Европе может появиться экологический стандарт «Евро-7». – Режим доступа: <http://autoclub99.ru/2013/10/v-evrope-mozhet-poyavitsya-ekologicheskij-standart-evro-7/>. – Дата доступа: 16.11.2018.
3. Стрельников, В. А. Разработка и исследование способов снижения токсичности выхлопа дизеля / В. А. Стрельников // Palmarium Academic Publishing 2014. – 360 с.
4. Emission Standards. [Электронный ресурс]. European Union. – Режим доступа: <https://www.dieselnets.com/standards/>. – Дата доступа: 12.11.2018.

УДК 631.373

### **КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЕ МОДЕЛИ ОБЪЕМНЫХ И МАССОВО-РАЗМЕРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРНЫХ ПРИЦЕПОВ**

А. С. ЛИМОНТ, канд. техн. наук, доцент  
Житомирский агротехнический колледж,  
Житомир, Украина

**Введение.** Завершающей операцией при производстве стланцевой льнотресты является перевозка ее упаковок с поля к месту хранения или первичной обработки [1]. Для транспортирования упаковок тресты в большинстве случаев используют тракторно-транспортные агрегаты в составе с тракторными прицепами соответствующей грузоподъемности [2]. Среди работ по определению грузоподъемности тракторных прицепов следует указать на исследования акад. М. Е. Мацепуро [3], проф. Ф. С. Завалишина [4] и Н. К. Диденко [5]. Исследовано [6] влияние на грузоподъемность прицепов их массы, внутренних длины и ширины платформы, ее высоты по основным бортам. Важным параметром тракторных прицепов является объем их платформы, который определяет эффективность использования не только транспортных, но и погрузочных средств. Определение взаимосвязи грузоподъемности прицепов и объема их платформ требует дальнейших исследований и обобщений.

Цель исследования состояла в определении грузоподъемности тракторных прицепов с учетом их объемно-массовых характеристик и линейных размеров платформ. Задачи исследования: 1) проанализировать взаимосвязь грузоподъемности прицепов и объема их платформ; 2) определить влияние массы прицепов на объем их платформ; 3) исследовать влияние внутренних длины, ширины и высоты платформ на их объем.

**Основная часть.** Объект исследования – тракторные одно- и двухосные прицепы, произведенные предприятиями и фирмами различных стран, грузоподъемность и масса прицепов, объем и внутренняя длина платформ, их ширина и высота по основным бортам. Информацию по тракторным прицепах выбирали из Каталогов на технику и с использованием сети Интернет. Обработка собранных данных о грузоподъемности прицепов и объемно-массово-размерных их характеристиках и параметрах осуществлена с использованием корреляционно-регрессионного анализа и стандартных компьютерных программ. Объем статистической выборки включал 36 марок (моделей) тракторных прицепов. Объем платформы варьировал в пределах 2,0–15,2 м<sup>3</sup> со средним арифметическим значением и средним квадратическим отклонением соответственно 6,0 и 2,94 м<sup>3</sup> при коэффициенте вариации 4,90 %. По значениям показателей асимметрии и эксцесса и их средним квадратическим отклонениям эмпирическое распределение объема платформы не существенно отклонялось от нормального. Основные статистические показатели других параметров тракторных прицепов приведены в [6].

Анализ корреляционного поля «грузоподъемность прицепа – объем платформы» показал, что коэффициент корреляции между этими признаками положителен и корреляционные отношения первого признака по второму (и наоборот) имеют одинаковые значения, которые приведены в таблице. Выравнивание экспериментальных значений грузоподъемности прицепа  $q_n$  в зависимости от объема платформы  $V_n$  и значений  $V_n$  в зависимости от  $q_n$  уравнениями прямых с положительным угловым коэффициентом и степенными, логарифмическими, а также экспоненциальными функциями с вычислением  $R^2$ -коэффициента показало на наилучшее приближение экспериментальных данных к выравненным их значениям прямолинейной зависимостью.

Анализ корреляционного поля «объем платформы – ее длина  $l_n$ » показал, что коэффициент корреляции между исследуемыми параметрами прицепов имел положительное значение, которое превышало

корреляционное отношение  $V_{\text{п}}$  по  $l_{\text{п}}$  и свидетельствовало о возрастающей прямолинейной зависимости между  $V_{\text{п}}$  и  $l_{\text{п}}$ . Максимальное значение  $R^2$ -коэффициента отмечено при аппроксимации экспериментальных значений  $V_{\text{п}}$  уравнением прямой с положительным угловым коэффициентом по сравнению с выравнением возрастающими криволинейными функциями.

В остальных исследуемых связях параметров прицепов значения корреляционных отношений результативных признаков по факториальным превышали значения коэффициентов корреляции, которые были положительными.

Это указывало на возможный криволинейный характер увеличения результативных признаков при повышении факториальных. По значениям  $R^2$ -коэффициентов наилучшее выравнение экспериментальных значений объема платформы в зависимости от массы прицепа  $m_{\text{пр}}$  обеспечила аппроксимация  $V_{\text{п}}$  уравнением замедленно возрастающей степенной функции ( $R^2 = 0,661$ ), от ширины платформы  $b_{\text{п}}$  – уравнением экспоненты ( $R^2 = 0,197$ ), а от ее высоты  $h_{\text{п}}$  – уравнением ускоренно возрастающей степенной функции ( $R^2 = 0,729$ ). В случае выравнения  $V_{\text{п}}$  в исследуемых связях уравнениями прямых с положительными угловыми коэффициентами (таблица) подобную аппроксимацию по  $F$ -критерию можно считать адекватной экспериментальным данным и применимой в инженерных расчетах.

Уравнения прямолинейной регрессии с положительными угловыми коэффициентами, которые описывают количественные изменения номинальной грузоподъемности прицепов в зависимости от объема их платформы, объема платформы от грузоподъемности и массы прицепа, длины и ширины платформы, ее высоты по основным бортам, ошибки уравнений регрессии и коэффициенты детерминации приведены в таблице. По значению углового коэффициента при изменении объема платформы от 2,0 до 15,2 м<sup>3</sup> с ее увеличением на 1 м<sup>3</sup> грузоподъемность прицепа возрастает на 1,72 т, а с повышением грузоподъемности прицепа на 1 т объем платформы возрастает на 0,425 м<sup>3</sup>. С увеличением массы прицепа на 1 т объем платформы возрастает на 1,44 м<sup>3</sup>. В пределах исследованных длины и ширины платформы, ее высоты по основным бортам с удлинением платформы на 1 м, увеличением ее ширины и высоты на 100 мм объем платформы возрастает соответственно на 2,4 м<sup>3</sup>, 0,77 и 1,6 м<sup>3</sup>.

**Результаты корреляционно-регрессионного анализа связей основных параметров тракторных прицепов\***

Результативный-факториальный признак	Коэффициент корреляции Корреляционное отношение	Уравнение прямой-линейной регрессии с положительным угловым коэффициентом	$R^2$ -коэффициент	Ошибка уравнения регрессии	Коэффициент детерминации
Номинальная грузоподъемность прицепа $q_n$ , т – объем платформы $V_n$ , м <sup>3</sup>	0,855 0,855	$q_n=1,72V_n - 0,26$	0,732	3,23	0,732
Объем платформы $V_n$ , м <sup>3</sup> – номинальная грузоподъемность прицепа $q_n$ , т	0,855 0,855	$V_n=0,425q_n + 1,75$	0,732	1,52	0,732
Объем платформы $V_n$ , м <sup>3</sup> – масса прицепа $m_{пр}$ , т	0,771 0,813	$V_n=1,44m_{пр} + 1,88$	0,594	1,87	0,594
Объем платформы $V_n$ , м <sup>3</sup> – ее длина $l_n$ , мм	0,891 0,868	$V_n=0,0024l_n - 4,47$	0,794	1,33	0,794
Объем платформы $V_n$ , м <sup>3</sup> – ее ширина $b_{пр}$ , мм	0,318 0,444	$V_n=0,0077b_n - 10,99$	0,101	2,79	0,101
Объем платформы $V_n$ , м <sup>3</sup> – ее высота $h_n$ , мм	0,828 0,854	$V_n=0,016h_n - 3,66$	0,686	0,92	0,686

\* Объем платформы и ее высота по основным бортам.

На рис. 1 представлены корреляционные поля исследуемых параметров тракторных прицепов и модельные линии регрессии результативных признаков по факториальным.

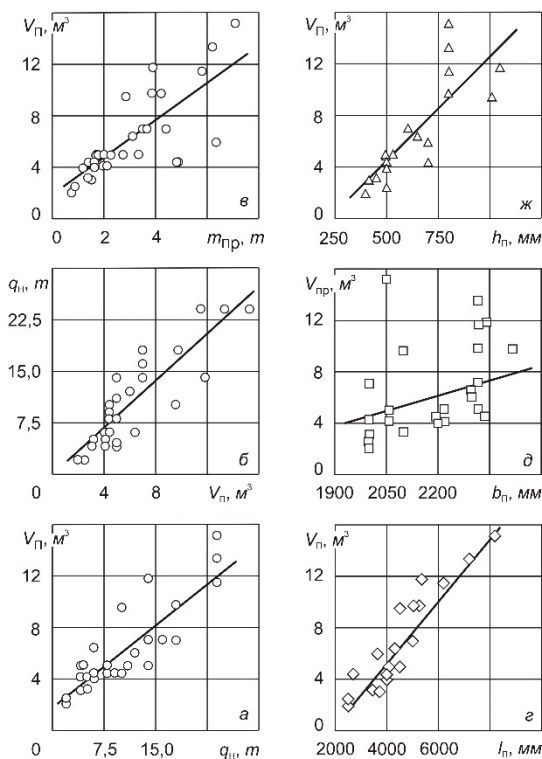


Рис. 1. Влияние (а) объема платформы  $V_{п}$  прицепа на его грузоподъемность  $q_{п}$  и изменение объема платформы  $V_{п}$  в зависимости от: б) грузоподъемности  $q_{п}$  и в) массы  $m_{пр}$  прицепа; г) длины  $l_{п}$  и д) ширины  $b_{п}$  платформы; ж) ее высоты  $h_{п}$  по основным бортам

**Заключение.** Выявленные взаимозависимости между грузоподъемностью прицепов и объемом их платформ, прогнозируемые соотношения между объемом платформы, массой прицепов и линейными размерами их платформ, могут быть использованы при проектировании транспортных средств и для расчета их параметров. Результаты исследований следует учитывать при организации погрузочно-транспортного обеспечения распределительных и собирательных операций в технологических процессах механизированного производства сельскохозяйственной продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Лімонт, А. Інноваційна технологія виробництва рошенцевої льонотрести / А. Лімонт // Сучасні проблеми землеробської механіки: зб. наук. праць XVIII Міжнар. наук. конф., присвяченої 117 річниці від дня народження акад. П. М. Василенка, Кам'янець-Подільський, 16–18 жовтня 2017 р. – Тернопіль: Крок, 2017. – С. 143–146.
2. Лімонт, А. С. Технічне забезпечення збирання льонотрести / А. С. Лімонт // Зб. наук. праць Кіровогр. нац. техн. ун-ту: техніка в с.-г. виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – Вип. 25, Ч. 1. – С. 26–34.
3. Мацелуро, М. Е. К вопросу разработки подвижного состава сельскохозяйственного транспорта / М. Е. Мацелуро // Вопросы земледельческой механики. – Минск.: Гос. изд-во БССР (Редакция с.-х. литературы), 1959. – Т. 1. – С. 230–283.
4. Завалишин, Ф. С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / Ф. С. Завалишин. – М.: Колос, 1973. – 319 с.
5. Диденко, Н. К. Обоснование грузоподъемности транспортных средств / Н. К. Диденко // Математические методы прогнозирования с.-х. производства: прогнозирование развития материально-технической базы. – Киев: УкрНИИНТИ, 1970. – Вып. 3. – С. 31–33.
6. Лімонт, А. С. Вантажопідйомність і розміри кузовів тракторних причепів / А. С. Лімонт // Вісн. Харків. нац. техн. ун-ту с. г. ім. Петра Василенка: механізація с.-г. виробництва. – Х., 2012. – Вип. 124. – Т. 1. – С. 110–120.

УДК 539.16

## ПРОВЕДЕНИЕ ЙОДНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ ПРИ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЯХ НА АЭС

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 почти 25 % от общего количества выброшенных радионуклидов составлял йод-131. Практически вся территория Республики Беларусь была загрязнена йодом-131. Являясь β- и γ-излучателем, находясь в аэрозольном состоянии, йод-131 нанес основной удар по щитовидной железе людям с дефицитом йода. Период полураспада  $^{131}\text{I}$  составляет 8,04 суток [1–3].

Йод – вещество, потребляемое щитовидной железой при образовании определенных гормонов. Йодсодержащие гормоны важны для регуляции процессов в организме. Если в пище недостаточно йода, организм поглотит радиоактивный йод-131, который заполнит щитовидную железу. Радиоактивный йод может попасть из воздуха (в виде па-

ров) или поступать в организм в виде солей йода. В любом случае, попав в щитовидную железу, он начнет облучать окружающие клетки и, в зависимости от концентрации, может нарушить функцию щитовидной железы, что приводит к замедлению роста, рождению недоношенных детей, развитию рака щитовидной железы.

Степень поражения щитовидной железы зависит от поглощенной в щитовидной железе дозы, возраста человека и функционального состояния щитовидной железы.

Дозы более 10 Гр могут вызвать острое поражение щитовидной железы (особенно у детей), которые могут проявиться нарушением функции и структуры щитовидной железы (острый гипотиреоз, острый тиреодит, острый тиреотоксикоз). При меньших дозах в щитовидной железе возможно развитие доброкачественных и злокачественных опухолей (узлы, рак).

**Основная часть.** Профилактика с помощью препаратов стабильного йода является одной из мер индивидуальной защиты населения в случае радиационной аварии и имеет своей целью предотвращение или снижение поглощенной дозы в щитовидной железе, обусловленной поступлением радиоактивных изотопов йода в организм, и возможных радиологических последствий ее облучения. Препараты стабильного йода вызывают блокаду щитовидной железы, снижают накопление радиоизотопов йода в щитовидной железе и ее облучение.

Йодная профилактика начинается немедленно при угрозе загрязнения воздуха и территории в результате аварии ядерных реакторов, утечки или выбросов промышленными предприятиями в атмосферу продуктов, содержащих радиоизотопы йода (таблица).

Первые официальные меры защиты, в том числе проведение йодной профилактики, при техногенных катастрофах на АЭС были изложены в «Концепции защиты населения Республики Беларусь при радиационных авариях на АЭС» (утверждена Главным государственным санитарным врачом Республики Беларусь 28.05.1993 г.).

В настоящее время, согласно постановлениям Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 31 августа 2006 г. № 41/67 «Об утверждении предельных уровней мощности дозы для приема решения на проведение защитных мероприятий при радиационных авариях» и от 14 января 2009 г. № 3/6 «Об утверждении Инструкции по организации проведения йодной профилактики в случае угрозы или возникновения радиационной аварии на ядерных объектах», проведе-

ние йодной профилактики начинается при ожидаемом значении мощности дозы ионизирующего излучения 50 мкЗв/ч и более.

**Предельные уровни мощности дозы для принятия решения на проведение защитных мероприятий при радиационных авариях**

Значение мощности дозы ионизирующего излучения	Проводимые мероприятия
1 мкЗв/ч и более	Запрещение употребления местных пищевых продуктов (включая молоко) и воды из открытых водоемов и колодцев до получения результатов лабораторного исследования. Ограничение пребывания населения в зоне радиоактивного загрязнения при обнаружении неконтролируемых источников ионизирующего излучения (в том числе при транспортных авариях)
50 мкЗв/ч и более	Укрытие и / или (только при авариях на ядерных объектах) блокирование щитовидной железы
100 мкЗв/ч и более	Ограничение пребывания лиц, участвующих в ликвидации радиационной аварии (в том числе транспортной) и ее последствий, на зараженной территории в зоне радиоактивного загрязнения при обнаружении неконтролируемых источников ионизирующего излучения
200 мкЗв/ч и более	Рассмотрение вопроса о временном переселении населения
500 мкЗв/ч и более	Проведение эвакуационных мероприятий

После изучения радиационной обстановки специальной комиссией принимается решение о продолжении или отмене йодной профилактики. Йодная профилактика должна быть продолжена в следующих случаях:

- при превышении объемной активности радионуклидов йода в атмосферном воздухе  $1,5 \cdot 10^{-13}$  Ки/л ( $5,55 \cdot 10^{-3}$  Бк/л);
- при загрязнении пастбищ радионуклидами йода свыше  $0,7$  Ки/км<sup>2</sup> ( $2,6 \cdot 10^{10}$  Бк/км<sup>2</sup>);
- при превышении объемной активности радионуклидов йода в молоке  $1 \cdot 10^{-8}$  Ки/л ( $3,7 \cdot 10^2$  Бк/л).

**Заключение.** При техногенных авариях на АЭС важным компонентом индивидуальной защиты населения является йодная профилактика, которая начинается при ожидаемом значении мощности дозы ионизирующего излучения 50 мкЗв/ч и более.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности человека / В. Н. Босак [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2018. – 312 с.
2. Босак, В. Н. Радиационная безопасность в лесном хозяйстве / В. Н. Босак, Л. А. Веремейчик. – Минск: РИПО, 2018. – 277 с.
3. Бражников, М. М. Йод и йодная профилактика / М. М. Бражников, И. И. Кирвель. – Минск: БГУИР, 2007. – 26 с.

УДК 333.47:61

## К ВОПРОСУ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

А. Л. МИСУН, ассистент;  
Л. В. МИСУН, д-р техн. наук, профессор;  
А. В. ДРАГУЦАНУ, студент

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

**Введение.** Под организацией рабочего места понимают систему мероприятий по созданию условий, необходимых для достижения высокой производительности труда при наиболее полном использовании технических возможностей машин и оборудования, способствующих поддержанию высокой работоспособности и сохранению здоровья человека [1].

**Основная часть.** В условиях сельскохозяйственного производства организация рабочего места оператора МСХТ имеет специфические особенности. Немаловажное значение при этом отводится удобству конструкции сиденья для оператора МСХТ. При этом необходимо чтобы [1]:

- оно было немного наклонено назад с целью предотвращения сползания оператора вперед;
- уровень сиденья был настолько низким, чтобы передняя треть бедра при перпендикулярно стоящей голени не касалась поверхности сиденья; в противном случае происходит давление на мягкие части бедра, что приводит к нарушению кровообращения в ногах;
- физиологически оптимальный угол наклона переднего края сиденья был выдержан 4°, заднего края – 10...12°;
- пределы перемещения спинки по высоте соответствовали 100...250 мм, а угол наклона спинки – 3...15°;
- рациональная высота спинки – 275...400 мм и др.

Поскольку работа должна выполняться в удобной, правильной позе, необходимо следить за расположением сиденья по высоте и глубине в соответствии с антропометрическими данными оператора МСХТ, размерами тела, длиной ног и углом между голенью ноги и плоскостью педали сцепления и тормозной педали. Оптимальным считается угол 70°. Высота сиденья зависит от максимальной силы давления на педали, а оптимальная сила сопротивления педали акселератора должна находиться в пределах 29,4...34,3 Н [1].

Важнейшее значение для организации безопасных условий труда имеет и минимизация вибрации на рабочем месте оператора МСХТ, основными источниками которой являются работа двигателя, ходовая часть (локальная вибрация) и непосредственное движение МСХТ по полю (общая вибрация). Проведенные исследования (на примере кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе») показали, что уровни воздействия локальной и общей вибраций на организм оператора находятся в допустимых пределах (табл. 1, 2). Среднее квадратическое отклонение наблюдаемых параметров находилось в пределах от 2,2 до 5,3 %.

**Таблица 1. Результаты измерения локальной вибрации на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе»**

Марка комбайна	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
КВК-800 «Палессе»	112	105	104	102	99	98	92	86
Допустимые уровни [2]	115	109	109	109	109	109	109	109

**Таблица 2. Результаты измерения общей вибрации на рабочем месте оператора кормоуборочного комбайна КВК-800 «Палессе»**

Марка комбайна	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	1	2	4	8	16	31,5	63	
КВК-800 «Палессе»	120	112	112	106	104	94	90	
Допустимые уровни [2]	132	123	114	108	107	107	107	

Во время движения МСХТ ее основание колеблется от толчков, возникающих из-за неровностей грунтового покрытия. Уменьшение передачи вибраций с основания на каркас сиденья может достигаться за счет упругого элемента в виде листовых рессор и демпфирующих

свойств резиновых амортизаторов, а также сил трения стержней нажимных штанг о внутреннюю цилиндрическую поверхность отверстий амортизаторов при их деформации. Демпфирование низкочастотных колебаний осуществляет подпружиненный гаситель колебаний, а дополнительная пружина разгружает листовые рессоры и увеличивает скорость демпфирования, чем обеспечивается в целом высокая степень гашения колебаний [3].

Для повышения эффективности виброизоляции, увеличения возможности противодействия вибрационной системы сиденья резонан

## СТРУКТУРНО-ЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Л. И. САВЕНОК, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Подготовка современных специалистов инженерного профиля, гармонично сочетающих в себе профессиональное мастерство, широкую научную эрудицию и глубокую потребность стать высококвалифицированными специалистами, неотделима от процесса постоянного совершенствования учебно-методической работы преподавателей, повышения качества и эффективности всего учебного процесса. Безусловно, фундаментом инженерной подготовки служат общетехнические дисциплины, одной из которых и основной является дисциплина «Материаловедение и технология конструкционных материалов» (МиТКМ), преподаваемая на первом курсе факультета механизации сельского хозяйства очного и заочного обучения УО БГСХА.

**Анализ источников.** Знания, полученные в процессе лекционных и лабораторных занятий, по строению и свойствам конструкционных материалов, их термической обработке, обработке давлением, резанием, сварке, устройству и применению металлорежущих станков, литейному производству, обеспечивают базу для освоения на последующих курсах таких дисциплин, как детали машин и подъемно-транспортные механизмы, механика материалов, тракторы и автомобили, сельскохозяйственные, мелиоративные машины, надежность и ремонт сельскохозяйственной техники и пр. [1–3].

По дисциплине МиТКМ предусмотрено проведение учебной практики в мастерской вуза. За время практики студенты приобретают практические навыки выбора необходимых конструкционных материалов, способов и технологий их механической обработки, типа металлорежущих станков, режущих инструментов и режимов резания, определения упрочняющих видов обработки с целью получения требуемых эксплуатационных свойств деталей.

Результативная подготовка студентов по дисциплине тесно связана как с личностью преподавателя, так и с личностью студента, его отношением к самому себе, к своей профессии. Лишь при условии, что сам студент будет стремиться стать профессионалом и творцом, препода-

ватель может помочь ему добиться этого. Конечно, со стороны преподавателя следует учитывать не только стремления самого студента, но и конкретные условия сельскохозяйственного производства, специфику дальнейшей практической деятельности будущего специалиста, давать расширенные и наиболее полные представления по тем разделам и темам, которые соответствуют перспективам развития производства и наиболее часто встречаются в повседневной деятельности.

**Основная часть.** Для достижения поставленных целей преподаватели кафедры технического сервиса и общинженерных дисциплин используют различные методы обучения, формирующие у студентов знания и умения, и при этом не забывают о развитии у них мышления, памяти и речи. Поэтому, реализуя принципы дидактики, каждая рассматриваемая тема представляется в виде цельной логической структуры, включающей ясность и сжатость и дающей представление о связях между логическими элементами, входящими в изучаемый материал [2].

Координация хода мыслительной деятельности студентов в рациональном направлении при решении практических задач осуществляется через учебные алгоритмы. Учитывая, что основным органом восприятия информации является зрение, то разрабатываемые модели умственной деятельности представляются в виде слайдов со структурно-логическими схемами, учебными алгоритмами, общими видами рассматриваемых узлов в сочетании с мультимедийными средствами [3].

Например, рассматривая устройство резца и в последующем его геометрию, студентам представляется структурно-логическая схема (рис. 1), раскрывающая взаимосвязь понятий «державка (хвостовик) – лезвие», «главная задняя поверхность», «передняя поверхность», «вспомогательная задняя поверхность». Пересечение передней и главной задней поверхностей образуют главную режущую кромку, а передней и вспомогательной поверхностей – вспомогательную режущую кромку. Пересечение режущих кромок образует вершину резца. Зная досконально конструкцию резца, проще разобраться и с его геометрией, поскольку название углов идентично названию его поверхностей. Различные значения углов определяют применение резца при обработке разных материалов. Таким образом, создается целостная картина устройства резцов различных типов и задается программа умственных действий при определении режущих кромок фрез, сверл, зенкеров, разверток, протяжек и др. Следовательно, структурно-логическая схе-

ма (рис. 1) служит ориентиром в формировании обобщенных умений по выявлению режущих кромок любого режущего инструмента и его геометрии.

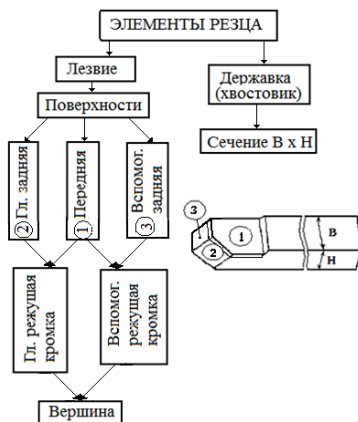


Рис. 1. Структурно-логическая схема строения резца

**Заключение.** Работа с логическими структурами позволяет наглядно обеспечивать структурную и содержательную целостность обучения, повышает интеллектуальное развитие студента, обеспечивает не только механическое накопление знаний, но и усвоение универсальных умственных умений, используемых как при изучении других дисциплин, так и в последующей производственной деятельности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Савенок, Л. И. Обработка заготовок деталей машин резанием. Проектирование технологического процесса: учеб. пособие / Л. И. Савенок. – Горки: БГСХА, 2004. – 124 с.
2. Савенок, Л. И. Применение учебных алгоритмов при изучении общетехнических дисциплин / Л. И. Савенок, И. А. Шаршуков // Педагогика высшей школы: сб. статей, посвящ. 170-летию БГСХА. – Горки, 2010. – С. 83–87.
3. Савенок, Л. И. Применение инновационных средств при изучении материаловедения и технологии конструкционных материалов / Л. И. Савенок, И. А. Шаршуков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. – Горки: БГСХА, 2016. – Вып. 2. – С. 101–104.

## ПЕРЕПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ОХРАНЕ ТРУДА В УО БГСХА

В. Н. БОСАК, д-р с.-х. наук, профессор;  
А. С. ЧЕЧЕТКИН, канд. экон. наук, доцент;  
В. В. ВАСИЛЬЕВ, канд. экон. наук, доцент;  
А. С. АЛЕКСЕЕНКО, канд. техн. наук, доцент;  
Т. Л. ЦОЛБАН, методист

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

**Введение.** Сельскохозяйственное производство является отраслью экономики, которая характеризуется целым рядом специфических особенностей: сезонность производства, продолжительная работа на открытом воздухе в полевых условиях, большое количество технологических операций, работа с разнообразной сельскохозяйственной техникой и оборудованием, применение удобрений, агрохимикатов и средств защиты растений и т. д., что требует особых мер по обеспечению охраны труда, предупреждению производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

В 2017 г. в Республике Беларусь 1760 человек получили травмы на производстве, в том числе 117 – со смертельным исходом; были также впервые выявлены 84 случая профессиональных заболеваний. Сельское хозяйство нашей страны относится к наиболее травмоопасным отраслям: в 2017 г. в АПК отмечено 29 несчастных случаев со смертельным исходом и 126 – с тяжелым исходом [5].

Обеспечение безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности относится к приоритетным государственным направлениям деятельности в Республике Беларусь. Государственной программой «Социальная защита и содействие занятости населения на 2016–2020 год» (подпрограмма 2 «Охрана труда») предусматривается в ближайшие пять лет дальнейшее снижение производственного травматизма и профессиональной заболеваемости на 1 % ежегодно, а также обеспечение подготовки по охране труда в объеме не менее 2 % от общего количества часов подготовки [4].

Снижение числа несчастных случаев и уровня заболеваемости имеет важное социальное и экономическое значение: увеличение профессиональной активности трудящихся; рост производительности труда; удовлетворенность работников своим трудом; создание хорошего пси-

холодического климата в трудовых коллективах; сокращение затрат, связанных с компенсацией за работу с вредными и тяжелыми условиями труда; уменьшение потерь, связанных с травматизмом, профессиональной и профессионально обусловленной заболеваемостью; уменьшение текучести кадров и т. д.

Подготовка специалистов с высшим образованием в сельскохозяйственных высших учебных заведениях, обладающих необходимыми навыками в области охраны труда и безопасности жизнедеятельности, в значительной степени может снизить уровень травматизма и профессиональных заболеваний в сельском хозяйстве [1–3, 6].

**Основная часть.** Важнейшей составной частью подготовки специалистов по охране труда является переподготовка на базе высшего образования. В настоящее время переподготовка по специальности «Охрана труда» с присвоением квалификации «Специалист по охране труда» осуществляется по 8 специальностям: 1-59 01 01 Охрана труда в машиностроении и приборостроении, 1-59 01 02 Охрана труда в энергетике, 1-59 01 03 Охрана труда на нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятиях, 1-59 01 04 Охрана труда в строительстве, 1-59 01 05 Охрана труда в сельском хозяйстве, 1-59 01 06 Охрана труда в области непроемостроительной сферы, 1-59 01 07 Охрана труда на железнодорожном транспорте, 1-59 01 08 Охрана труда в лесном хозяйстве и производстве изделий из древесины.

В УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия» проводится переподготовка по специальности 1-59 01 05 Охрана труда в сельском хозяйстве на базе Института повышения квалификации и переподготовки кадров.

Всего за годы подготовки на базе Института повышения квалификации и переподготовки кадров обучение по специальности 1-59 01 05 «Охрана труда в сельском хозяйстве» прошло 84 человека, в настоящее время обучается 63 человека (таблица).

Большинство слушателей представляет Могилевскую область (53 – прошедших обучение и 52 – проходящих обучение).

В ходе подготовки слушатели изучают:

- гуманитарные и социально-экономические дисциплины (основы идеологии белорусского государства; основы психологии; основы менеджмента и управление персоналом);
- общепрофессиональные дисциплины (трудовое законодательство; правовые и экономические основы охраны труда; основы метрологии,

стандартизации и сертификации; эргономические основы организации рабочих мест; страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний; основы экологической безопасности; информационные технологии в охране труда; безопасность работников организации в чрезвычайных ситуациях);

– дисциплины специальности (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);

– проходят стажировку.

**Контингент слушателей переподготовки  
по специальности «Охрана труда в сельском хозяйстве»**

Слушатели	2009 г.	2012 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г. 2/1 курс
Всего	15	19	29	21	30/33
В т. ч.:					
Брестская область	–	1	1	–	1/–
Витебская область	4	–	1	3	4/2
Гомельская область	1	6	1	–	2/1
Гродненская область	–	–	–	1	–
Минская область	3	3	4	2	–/1
Могилевская область	7	9	22	15	23/29

Итоговая аттестация – государственный экзамен по дисциплинам специальности (безопасность труда в сельском хозяйстве; система управления охраной труда в организации; производственная санитария и гигиена труда, медико-профилактическое обеспечение в сельскохозяйственных организациях).

Результаты сдачи Комплексного Государственного экзамена свидетельствуют о том, что большинство слушателей получили хорошие знания по профилирующим дисциплинам, могут свободно излагать свою точку зрения, аргументировано защищать свои предложения и успешно работать по специальности: средний балл по результатам сдачи экзамена составил 9,2.

**Заключение.** Совершенствование переподготовки специалистов в сельскохозяйственных высших учебных заведениях по вопросам охраны труда на базе высшего образования является важной составной частью подготовки специалистов, обладающих соответствующими ком-

петенциями, позволяющими снизить уровень травматизма и профессиональных заболеваний в отрасли, а также выполнить требования нормативных правовых документов.

Институт повышения квалификации и переподготовки кадров УО БГСХА вносит значительный вклад в переподготовку по специальности 1-59 01 05 Охрана труда в сельском хозяйстве.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Андруш, В. Г. Подготовка специалистов по охране труда в Республике Беларусь / В. Г. Андруш, В. Н. Босак // Охрана труда. – 2016. – № 6. – С. 25–27.
2. Босак, В. Н. Безопасность жизнедеятельности человека: особенности преподавания и методическое обеспечение / В. Н. Босак // Высшее техническое образование. – 2017. – № 1. – С. 40–45.
3. Босак, В. Н. Состояние и перспективы подготовки по охране труда в аграрных вузах / В. Н. Босак // Аграрная политика Союзного государства: опыт, проблемы, перспективы: материалы Междунар. науч.-практ. конф.; Горки, 6–7 сент. 2018 г. / БГСХА; ред.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2018. – С. 107–111.
4. Государственная программа «Социальная защита и содействие занятости населения на 2016–2020 год» (подпрограмма 2 «Охрана труда»): постановление Совета Министров Республики Беларусь от 30.01.2016 г. № 73 [Электронный ресурс]. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://pravo.by>. – Дата доступа: 05.10.2018.
5. Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2018. – Режим доступа: <http://mintrud.gov.by>. – Дата доступа: 05.10.2018.
6. Повышение качества подготовки специалиста по охране труда / В. Г. Андруш [и др.] // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 194–197.

УДК 631.362.3:633.491

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗДЕЛЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ НА ФРАКЦИИ РОЛИКОВОЙ КАЛИБРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

В. Н. ЕДНАЧ, канд. техн. наук;  
В. П. ЧЕБОТАРЕВ, д-р техн. наук, профессор;  
М. М. ДЕЧКО, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Основными показателями качества работы картофелесортировальных машин являются точность разделения на фракции, производительность калибрующей поверхности и степень поврежденных, которые получают клубни при калибровке.

**Основная часть.** В БГАТУ проведен цикл экспериментальных исследований для оценки эффективности работы калибрующей поверхности картофелесортировальных машин с продольным расположением роликов. Целью работы являлось изучение влияния конструкционных и технологических факторов калибрующей поверхности на количественные и качественные показатели процесса разделения картофеля на фракции.

Опыты проводились на лабораторной установке с продольным положением роликов калибрующей поверхности. Процесс разделения осуществлялся по толщине клубней. Конструкция установки позволяет получить разный шаг изменения рабочих параметров калибрующей поверхности и подающего транспортера для реализации многофакторных экспериментов [2].

С позиции системного анализа калибрующее устройство можно представить в виде сложной кибернетической многомерной системы с входом и выходом [1]. Выходной блок этой системы представляет собой агротехнические показатели разделения клубней по фракциям, оцениваемые коэффициентом точности сортирования.

Входной блок включает управляющие факторы, влияющие на выходные показатели системы. Исследование функционирования таких систем сводится к установлению и анализу математических моделей зависимости агротехнических показателей качества работы калибрующего устройства от входных факторов.

Входной блок математической модели калибрующей поверхности включает три группы факторов:

- кинематические:  $i$  – передаточное отношение механизма привода роликов;

- конструктивные:  $\alpha$ , град – угол наклона калибрующей поверхности;  $L$  – рабочая длина калибрующей поверхности, м;

- технологические:  $q$  – секундная подача картофельного вороха, кг/с.

Выходными параметрами модели являются:  $K_j$  – коэффициент точности сортирования по каждой фракции;  $\Pi_j$  – коэффициент степени повреждений клубней.

Эти коэффициенты вычисляем следующим образом:

$$K_j = \frac{q_{j3}}{q_j} 10^2, \quad \Pi_j = \frac{q_{jn}}{q_j} 10^2,$$

где  $q_{j3}$  – масса картофеля  $j$ -й фракции в пределах ее требований, кг;

$q_j$  – общая масса клубней выделенных в данную фракцию, кг;

$q_{jn}$  – масса поврежденных клубней картофеля в  $j$ -й фракции, кг.

Оценка повреждений клубней при калибровке проводилась по установленной методике. При проведении опытов использовали картофель, убранный вручную. После проведения каждого опыта отбирали поврежденные клубни в каждой пробе.

Математическая модель, описывающая зависимость между входными факторами и выходными параметрами процесса сортирования, представлена в виде уравнения регрессии второго порядка. Для проведения экспериментов выбран ортогональный центральный композиционный план для факторов  $X_1 - X_3$ , выполненный тремя блоками для каждого уровня фактора  $X_4$ .

Так как при каждом эксперименте определены показатели точности калибрования и повреждаемости по средней и крупной фракциям, целесообразно статистически оценить влияние фракции на эффекты факторов. Для этого введен в модель 2-уровневый качественный фактор  $X_5$ , значение которого  $-1$  соответствует средней фракции, а  $+1$  – крупной фракции.

**Уровни варьирования факторов в точках плана эксперимента**

Уровни варьирования	Нормированные значения	Факторы				$X_5$ (фракция)
		$X_1$ (i)	$X_2$ (α), град	$X_3$ (q), кг/с	$X_4$ (L), см	
		Натуральные значения				
Верхний	+1	45	0,9	3,61	120	крупная
Основной	0	30	0,8	2,92	80	–
Нижний	-1	15	0,7	2,23	60	средняя

В результате статистической обработки данных эксперимента получены адекватные уравнения регрессии, определяющие зависимость точности разделения клубней картофеля на фракции и степени их поврежденности от варьируемых факторов в нормированных координатах. Точность выделения клубней в соответствующую фракцию  $K_j$  и доля повреждений  $\Pi_j$ , наносимых клубням рабочими органами в процессе разделения:

$$K_j = \frac{100}{e^{R_k(X_1, \dots, X_5)} + 1}, \quad \Pi_j = \frac{100}{e^{R_{\Pi}(X_1, \dots, X_5)} + 1}$$

$$R_k = -2,65 + 0,27X_1 + 0,16X_2 - 0,90X_3 + 0,59X_1^2 + 0,33X_3^2 + 0,17X_1X_4 + 0,45X_1X_5 + 0,26X_2X_5 + 0,20X_3X_5 - 0,37X_4X_5 + 0,49X_1^2X_5 - 0,23X_1X_3X_4 - 0,17X_1X_3X_5 + 0,26X_2^2X_4$$

$$R_{II} = 4,21 - 0,26X_4 + 0,53X_5 - 0,44X_1^2 - 0,25X_3^2 - 0,15X_4^2 - 0,28X_1X_5 + \\ + 0,14X_2X_4 - 0,08X_3X_5 + 0,27X_4X_5 - 0,47X_1^2X_5 + 0,15X_1X_3X_5 + \\ + 0,16X_2^2X_4$$

При анализе калибрования выделялись два критерия качества процесса: точность выделения фракций и доля поврежденных клубней. Как правило, в многокритериальных системах значения факторов оптимальные по различным критериям не совпадают, поэтому приходится выбирать некоторое компромиссное решение. Для этого решение задачи оптимизации проводили в 2 этапа: определяли оптимальные значения факторов по каждому из критериев, а затем выполняли анализ возможных компромиссных решений.

**Выводы.** Установлены оптимальные параметры калибрующей поверхности обеспечивающие высокую точность разделения клубней картофеля на фракции (98...99 % для крупной, 87...91 % для средней): длина поверхности при выделении средней (проходящей) фракции 60 см при угле от 17° до 48°, выделении крупной фракции на поверхности длиной 120 см и угле наклона от 26° до 28°.

Оптимальным кинематическим режимом для выделения крупной фракции является передаточное отношение между роликками  $i = 0,68$  для средней 0,82.

Получено оптимальное решение, позволившее определить параметры при которых точности калибрования обеих фракций наиболее близки к максимальным значениям 96 % для крупной и 89 % для средней фракций. При этом длина калибрующей поверхности составила 60 см, при угле наклона в 30°, передаточном отношении 0,8 и подаче вороха 3 кг/с.

Уровень повреждений при оптимальных режимах работы калибратора для крупной фракции до 1 %, для средней (проходящей) до 1,6 %, что не превышает допустимых значений в 2 %.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 278 с.
2. К вопросу определения рабочих параметров роликовых сортировальных поверхностей / Ю. М. Урамовский [и др.] // Агропанорама. – 2013. – № 3. – С. 6–8.



зопоршневых двигателях существуют определенные требования к содержанию  $H_2S$  (обычно не выше 200 ppm), а также к избыточному содержанию влаги (не допускается образования конденсата). Наиболее строгие требования к очистке БГ предъявляются в случае подачи его в сеть природного газа (ПГ) и при прямом использовании в качестве моторного топлива. В этом случае необходимо обогащение БГ до качества ПГ.

Главным компонентом удаления при обогащении БГ до качества БМ является углекислый газ. Технология его удаления является определяющей в общей схеме очистки. Дополнительными этапами очистки являются предварительное удаление либо доочистка от примесей, преимущественно  $H_2S$ , влаги, силоксанов, а также возможная коррекция состава БМ по температуре точки росы и теплотворной способности в зависимости от требований применяемого стандарта.

В основе применяемых технологий обогащения биогаза лежат сорбционные, фильтрационные и криогенные методы. Существует 6 основных коммерческих технологий обогащения биогаза (рис. 1) [3]:

- абсорбция водой (водяной скруббер);
- адсорбция при переменном давлении (АПД);
- химическая абсорбция органическими сорбентами;
- физическая абсорбция органическими сорбентами;
- мембранная сепарация;
- криогенная сепарация.

*Абсорбция водой (водяной скруббер).* Растворимость  $CH_4$  в воде в 25 и 74 раз меньше растворимости  $CO_2$  и  $H_2S$  соответственно ( $P=101,325$  Па,  $T=20$  °C) [2]. Эта физическая особенность положена в основу метода разделения газов путем абсорбции в водяном скруббере при повышенном давлении (до 5...10 бар). Десорбция  $CO_2$  и  $H_2S$  из воды проходит при снижении давления до атмосферного либо вакуумировании. Для интенсификации десорбции применяют отдувку газов воздухом. Для недопущения биологического обрастания системы водооборота на очистной станции рекомендуется удалять  $H_2S$  на предварительной стадии. Пары воды удаляют после стадии обогащения. Особенностью данной технологии является необходимость контроля содержания  $O_2$  в БМ, попадающего в него с водой после отдувки воздухом. В 2012 году этим методом очищалось 42,4 % биогаза до биометана в мире (рис. 1).



Рис. 1. Технологии очистки биогаза до биометана в мире

*Адсорбция при переменном давлении (АПД).* Суть метода АПД состоит в сорбции молекул  $\text{CO}_2$  на поверхности материалов при повышенном давлении биогаза. В качестве сорбирующих материалов обычно применяют активированный уголь либо молекулярные сита. В процессе удаляются также  $\text{O}_2$  и  $\text{N}_2$ . Регенерация материалов проходит путем десорбции при понижении давления. В данном методе влагу и  $\text{H}_2\text{S}$  удаляют на предварительном этапе (25,6 % в 2012 г.).

*Химическая абсорбция органическими сорбентами (химический скруббер).* Другие органические вещества обладают способностью к селективному химическому связыванию  $\text{CO}_2$  при низком давлении. В технологии химического скруббера используют вещества группы аминов (моноэтаноламин, диметилэтанолламин). Данный метод отличается высокой степенью удаления  $\text{CO}_2$  при незначительных потерях  $\text{CH}_4$ . Регенерация сорбента происходит путем обратной химической реакции, инициируемой обычно нагреванием или вакуумированием. Сероводород удаляют на предварительной стадии. После обогащения БМ осушают и компримируют (19,5 % в 2012 г.).

*Физическая абсорбция органическими сорбентами (физико-органический скруббер).* Некоторые органические вещества способны поглощать  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  более активно, чем вода. В качестве такого сор-

бента обычно используют полиэтиленгликоль. Основные процессы в данном случае проходят по аналогии с технологией водяного скруббера. Сероводород рекомендуется удалять на предварительном этапе, поскольку при регенерации органического сорбента требуется значительное количество энергии на его удаление (6,1 % в 2012 г.).

*Мембранная сепарация.* Мембранная сепарация бывает двух основных типов: «сухие» мембраны и «мокрые» мембраны. Принцип «сухих» мембран основан на создании разности давлений по обе стороны мембраны, при этом молекулы газов ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ ) проходят сквозь поры мембраны, а молекулы  $\text{CH}_4$  остаются. «Сухие» мембраны работают при высоком (>20 бар) либо среднем давлении (8...10 бар). В случае «мокрых» мембран используют абсорбенты (амины), поглощающие  $\text{CO}_2$ , который диффундирует сквозь мембрану. Процесс проходит при низком избыточном давлении, близком к атмосферному. Перед обогащением БГ компримируют и осушают. После разделения требуется доочистка БМ от  $\text{H}_2\text{S}$  (5,7 % в 2012 г.).

*Криогенная сепарация.* Температура кипения метана  $-161,5$  °С, а углекислого газа  $-78,5$  °С. При понижении температуры в условиях избыточного давления  $\text{CO}_2$  переходит в жидкое состояние, когда метан находится еще в газообразном. При этом  $\text{CO}_2$  можно относительно легко отделить от метана. Выделенный таким способом  $\text{CO}_2$  является достаточно чистым и может быть товарным продуктом. На предварительных этапах из биогаза удаляют влагу и сероводород (0,7 % в 2012 г.).

**Заключение.** В данной статье были рассмотрены основные методы очистки и обогащения БГ до БМ: адсорбция при переменном давлении; адсорбция водой (водяной скруббер); физическая адсорбция органическими сорбентами; химическая адсорбция органическими сорбентами; мембранная сепарация; криогенная сепарация.

Следует отметить, что основную позицию по очистке и обогащению БГ до БМ в мире занимает метод адсорбции водой (водяной скруббер) и адсорбция при переменном давлении (рис. 1). Успех применения этих двух методов по очистке и обогащению заключается в наименьших экономических затратах и в простоте метода, к примеру метод физической адсорбции органическими сорбентами очень схож с методом адсорбции водой (водяной скруббер). В методе физической адсорбции органическими сорбентами более активно поглощается  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$ , чем в методе водяного скруббера, отличие этих методов в том, что в качестве такого сорбента, как вода, в методе физической адсорб-

ции органическими сорбентами обычно используют полиэтиленгликоль, который в разы дороже стоимости воды. С учетом простоты и эффективности удаления CO<sub>2</sub> из биогаза на первое место можно было бы отнести такой метод, как криогенная сепарация, но в связи с большими материальными затратами для постройки необходимых криогенных установок этот метод почти не применяют.

Хотелось бы отметить еще тот факт, что для всех методов по очистке и обогащению БГ до БМ рекомендуется удалять H<sub>2</sub>S на предварительном этапе, так как требуется значительное количество энергии на его удаление.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альтернативные виды топлива для двигателей / А. Н. Карташевич [и др.]. – Горки: БГСХА, 2012. – С. 376.
2. Fredric Bauer, Christian Hulteberg, Tobias Persson, Daniel Tamm. Biogas upgrading – Review of commercial technologies / SGC Rapport 2013:270.
3. P. G. T. Fogg and C. L. Young, Eds., IUPAC Solubility Data Series, Vol. 32, Hydrogen Sulfide, Deuterium Sulfide, and Hydrogen Selenide, Pergamon Press, Oxford, England, 1988.

УДК 637.116-83

## РОБОТИЗИРОВАННОЕ ДОЕНИЕ КОРОВ

А. С. СИМЧЕНКОВ, ассистент

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

**Введение.** Роботизированная ферма – один из оптимальных вариантов как для животных, так и для человека. Добровольное доение в щадящем режиме помогает коровам сохранить хорошее настроение, здоровье и продуктивное долголетие. Чем лучше себя чувствуют животные, тем выгоднее человеку: растут надои, увеличивается выработка. На сегодняшний день роботизированное доение привлекает многие белорусские хозяйства.

**Основная часть.** Произвести анализ существующего оборудования для роботизированного доения коров, перспективы роботизированного доения в Республике. Производство молока в нашей стране стремительно развивается. Большие средства вкладываются во внедрение современных промышленных и инновационных технологий. Одни хозяйства переходят на беспривязное содержание с доением в доильных

залах. Вторые сохраняют традиционную привязную технологию, внедряя современные компьютеризированные системы с индивидуальным учетом молока. Третьи рассчитывают улучшить производственные показатели, инвестируя в роботизированную ферму.

Развитие промышленного производства молока привело к появлению технологий автоматизированного доения, при котором не используется ручной труд. В результате разработка технологии содержания с применением роботизированных систем доения и управления кормлением стала одним из основных факторов повышения эффективности молочного скотоводства в нашей стране. Эта технология должна обеспечивать животным пространство для движения и комфортного отдыха, возможность свободного потребления корма и проявления половых рефлексов.

Роботизированные системы на молочных фермах выполняют все технологические операции: доят и кормят животных, ставят доильные стаканы на вымя коров без участия оператора. Для автоматического поиска сосков и подключения аппарата используются различные сенсорные элементы, прецизионные датчики, лазерная техника, фотореле, ультразвук.

Применение роботизированных систем обеспечивает постоянное фиксированное выполнение технологических операций, повторяющихся в строго определенной последовательности. Эффективность использования роботизированных систем для доения коров заключается не только в исключении ручного труда, но и в создании для молочного скота наиболее благоприятных условий с точки зрения физиологии.

Доильные роботы для Европы – это реальность сегодняшнего дня. Более того, автоматизация процесса производства молока стремительно развивается и уже давно не ограничивается системами добровольного доения. В настоящее время автоматизация молочного производства представляет собой интеграцию интеллектуальных систем управления животноводческим хозяйством, объединяющих процессы кормления, доения, навозоудаления и управления стадом.

Появление роботов в Беларуси – это технический прорыв, выход отечественного животноводства на принципиально новый уровень. Основной проблемой на пути дальнейшего распространения роботизированных систем доения на ближайшую перспективу будет их высокая стоимость, хотя производители и пытаются оптимизировать соотношение цены и качества.

В связи с интенсивным развитием роботизации может сложиться такая ситуация, при которой придется ломать недавно построенные доильные залы и переоборудовать помещения для использования доильных роботов как наиболее прогрессивной технологии. Возможно, будет правильнее, приложив усилия, освоить и внедрить в производство передовые, а не промежуточные технологии.

В настоящее время белорусские производители молока ничем не отличаются от своих европейских коллег. Во многих сельхозорганизациях Беларуси уже имеются технологические предпосылки для использования сложной, насыщенной электроникой техники. Этой техникой являются Astronaut от Lely и VMS от DeLaval, которые установлены в РУСП «Заречье» на ферме «Будагово» Смолевичского района Минской области, в РУП «Совхоз-комбинат «Заря» Мозырьского, СПК «Моисеевка» Октябрьского района Гомельской области, а также в ряде хозяйств Витебской области.

В этих хозяйствах накоплен большой практический опыт беспривязного содержания скота с использованием современного доильного оборудования импортного производства, оснащенного системами автоматизации отдельных технологических операций, традиционно поддерживается высокий уровень технологической дисциплины.

В г. Горки Могилевской области в школе-ферме также установлен доильный робот Astronaut A4. Аналогов этой фермы и всех ее 122 технологий по раздую, кормлению, содержанию, уходу за скотом, воспроизводству стада и всему, что связано с молочным животноводством, в республике и на просторах СНГ нет.

Дойные коровы на учебной ферме размещены в одном помещении отдельно по группам. Робот Astronaut A4 раздаивает пять раз в сутки стадо в 48 голов. У него есть контрольный датчик, который контролирует периодичность суточных лактаций каждой коровы. Школа-ферма уникальна не только своим специфическим оборудованием, но энергосбережением.

**Заключение.** Все это свидетельствует о том, что в молочном скотоводстве нашей страны есть исходные предпосылки для использования, пусть пока и в небольших объемах, автоматизированных систем доения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт Горки // Статья Петра Детликовича: В Горках учебно-научно-практическая школа-ферма учит работать по-новому [Электронный ресурс]. – 2012. –

Режим доступа: <http://gorki.gov.by/news/raion/4690-v-gorkah-uchebno-nauchno-prakticheskaya-shkola-ferma-uchit-rabotat-po-novomu.html>. – Дата доступа: 22.09.2018.

2. Машины для механизации производственных процессов в животноводстве // Доильные роботы в Беларуси [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://mex-consult.ru/page1116072009>. – Дата доступа: 22.09.2018.

3. Белорусское сельское хозяйство // Что нужно знать о доильных роботах? [Электронный ресурс]. – 2016. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/zhivotnovodstvo/chto-nuzhno-znat-o-doilnyh-robotah>. – Дата доступа: 19.09.2018.

УДК 636.083.6

## СПОСОБЫ ПОДДЕРЖАНИЯ МИКРОКЛИМАТА В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

К. А. МАЧЕХИН, ассистент;

И. Н. ГУЦКО, студент

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

**Введение.** В животноводстве под микроклиматом подразумевается климат, который зависит от воздушной среды (температура воздуха, его влажность и так далее), наличия флоры и скопления пыли, присутствия естественного и искусственного освещения, шума с учетом всех элементов животноводческого помещения. Оптимальным микроклиматом считается такой климат, при котором физиологическое состояние животных наилучшее, при котором будет максимальная производительность с минимум затрат.

**Основная часть.** Создать оптимальные зоологические условия в животноводческих помещениях можно только при осуществлении комплекса мероприятий: рациональное использование объемов зданий, использование теплоизолирующих материалов при их возведении, отопительных и вентиляционных систем и так далее.

Приведем некоторые параметры микроклимата для содержания разных видов, возрастных и производственных групп животных. В воздухе для всех помещений, независимо от видов животных, концентрация углекислого газа не должна превышать 0,25 %, аммиака 0,0026 % и сероводорода 0,001 %.

Для поддержки нужной температуры, влажности и чистоты воздуха важную роль играет воздухообмен. Количество воздуха на одну голову, доставляемого системой вентиляции составляет: для крупного рогатого скота 100...175 м<sup>3</sup>/ч, молодняка на откорме около 50...70 м<sup>3</sup>/ч, телят 20.. 25 м<sup>3</sup>/ч, подсосных свиноматок 60..100 м<sup>3</sup>/ч, холостых и су-

поростных маток 45...55 м<sup>3</sup>/ч, свиней на откорме 30...65 м<sup>3</sup>/ч, взрослых овец 20...30 м<sup>3</sup>/ч, кур несушек 4...5 м<sup>3</sup>/ч, индеек 3...4 м<sup>3</sup>/ч, бройлерных цыплят 2...3 м<sup>3</sup>/ч. Количество подаваемого воздуха зимой и летом отличается, летом нужно увеличить воздухообмен в 4...6 раз. Так что при проектировании системы вентиляции стоит учесть эти параметры.

Освещение – следующий очень важный фактор. Для крупного рогатого скота при привязном и беспривязном содержании коров, нетелей, выращивания и дорастивания молодняка оптимальным будет 50...75 лк (искусственная освещенность), а естественная по КЕО 0,8...1,0 %. Для откорма КРС показатели ниже 20...30 лк, а по КЕО 0,4...0,5 %. Для свиней 50...100 лк и по КЕО 1,2 %, для свиней на откорме первого и второго периода по КЕО 0,5 %, 25...50 лк. Эти показатели регулируются количеством ламп и их мощностью в случае искусственного освещения, а при естественном регулируется размерами и количеством окон.

Еще одним способом поддержания нужного микроклимата является навозоудаление. Стоит отметить, что размножение и развитие микрофлоры гораздо быстрее происходит в жидком навозе. Есть несколько способов навозоудаления: механический, гидравлический и пневматический. Механический способ предусматривает использование скребковых транспортеров, скреперных установок, а также бульдозера. Использование нужного оборудования зависит от вида содержания скота. Так, скребковые транспортеры применяют только при привязном содержании с использованием подстилки.

Для обеспечения вышеперечисленных параметров устанавливают разные комплекты оборудования. Например «Комплект-1» включает в себя электрокалориферный агрегат ОКБ – 3084 с мощностью 40 кВт, вентилятор Ц4 – 70№6 и станцию управления ШАП – 5701. Данный комплект оборудования используют в малых коровниках (до 100 голов), родильных отделениях. «Комплект-2» состоит из двух электрокалориферов марки СФО – 60, двух центробежных вентиляторов Ц4 – 70№7, трех электровентиляторов КЦ – 3 90№5, которые устанавливаются на крыше, 16 осевых вентиляторов для вытяжки воздуха из нижней части помещений и один охладитель воздуха. Второй комплект может использовать как в жарких, так и холодных зонах, в коровниках до 300 голов, свинарниках-откормочниках на 1500...2000 голов. В некоторых зонах можно устанавливать по 2...3 типа комплектов.

Для подогрева воздуха и его очистки лучше всего подойдут нагреватели типа ДХС. Обогреватели данной серии – это надежные и высокоэффективные воздухонагреватели прямого нагрева, работающие на газе и дизельном топливе. Процесс зажигания контролируется цифровой платой управления. В случае сбоя модели ДХА имеют 3 попытки автоматического перезапуска, а модели ДХВ всего одну. При установке нескольких агрегатов в одном помещении подключают их последовательно, во избежание пиковой нагрузки.

**Заключение.** Поддержание нужного микроклимата – это довольно трудоемкий и дорогостоящий процесс. Но если мы хотим получить больше продукции, этим стоит заняться

#### ЛИТЕРАТУРА

1 Требования к микроклимату в животноводческом помещениях и гигиена ухода за сельскохозяйственными животными [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfiles.net/preview/5719315/page:35/>. – Дата доступа: 11.11.2018.

2. Микроклимат в помещении для сельскохозяйственных животных: телятник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://referat911.ru/Zoologiya/mikroklimat-v-pomeshhenii-dlya-selskohozyajstvennyh/258789-2552363-place10.html>. – Дата доступа: 08.11.2018.

УДК 621.432.2

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ НОВЫХ ЭТАНОЛО-ТОПЛИВНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

С. А. ПЛОТНИКОВ, д-р техн. наук, профессор;  
М. В. СМОЛЬНИКОВ, инженер, аспирант  
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»,  
Киров, Россия

Воспламеняемость в дизеле может быть качественно прогнозирована по величине ЦЧ топлива или количественно оценена по значению периода задержки воспламенения.

При отсутствии или невозможности применения моторных установок можно опытным лабораторным путем определить ряд стандартизированных показателей топлива и затем осуществить их пересчет для нахождения ЦЧ. В частности, для смесей ДТ и этанола применение простых соотношений аддитивности вида:

$$\text{ЦЧ}_\Sigma = \sum \text{ЦЧ}_i M_i \quad (1)$$

дает неверные результаты. Это объясняется тем, что компоненты, выбранные в качестве эталонов при экспериментальном определении ЦЧ (цетан и  $\alpha$ -метилнафталин), отличаются по воспламеняемости, но близки по физическим свойствам, в частности, по теплоте парообразования и температуре кипения.

При использовании смесей ДТ со спиртом компоненты отличаются не только воспламеняемостью, но и испаряемостью: теплотой парообразования и температурами разгонки. Вследствие существенно больших значений теплоты парообразования спиртов по сравнению с ДТ, физическая стадия периода задержки воспламенения для спирта будет больше значений, соответствующих ДТ,  $\tau_{ф,м} > \tau_{ф,ДТ}$  (рис. 1).

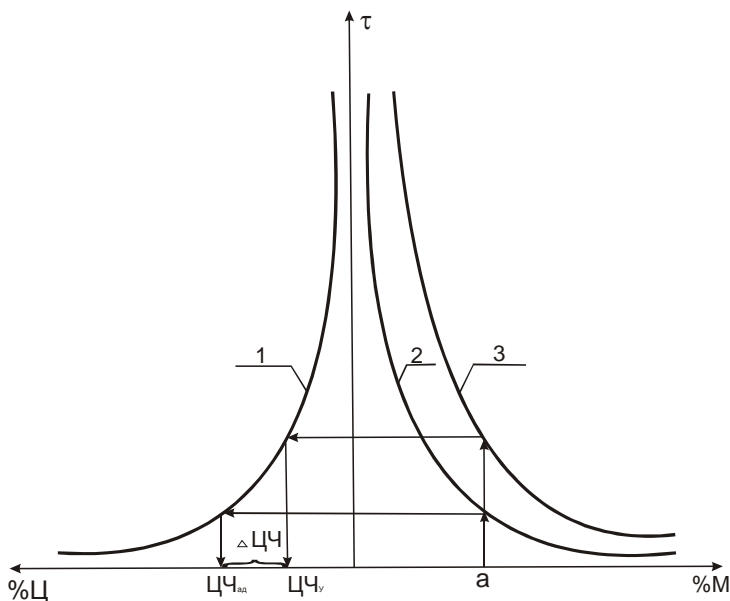


Рис. 1. Оценка цетановых чисел спирто-топливных смесей [18]:

1 – эталонная зависимость для смеси цетана с  $\alpha$ -метилнафталином;

2 – кривая периода задержки воспламенения, соответствующая условию аддитивности  
( $\tau_{х,с} > \tau_{х,ДТ}$ ,  $\tau_{ф,с} \approx \tau_{ф,ДТ}$ );

3 – действительная кривая периода задержки воспламенения ( $\tau_{х,с} > \tau_{х,ДТ}$ ,  $\tau_{ф,с} > \tau_{ф,ДТ}$ )

Именно поэтому действительные значения зависимости  $\tau_i$  от содержания спирта (кривая 3) будут больше значений, полученных из условия аддитивности (кривая 2), а действительные значения ЦЧ, соответственно, меньше.

Тогда, как следует из рис. 1:

$$\text{ЦЧ}_\Sigma = \text{ЦЧ}_{\text{ад}} - \Delta\text{ЦЧ}, \quad (2)$$

или, несколько видоизменив, получим

$$\text{ЦЧ}_\Sigma = \text{ЦЧ}_{\text{ад}} - \Delta\text{ЦЧ} = \text{ЦЧ}_1 \cdot M_1 + \text{ЦЧ}_2 \cdot M_2 - \Delta\text{ЦЧ}, \quad (3)$$

где  $M_1, M_2$  – соответственно, доля спирта и ДТ,  $M_2 = 1 - M_1$ ;

$\text{ЦЧ}_1, \text{ЦЧ}_2$  – соответственно, ЦЧ спирта и ДТ;

$\Delta\text{ЦЧ}$  – поправочный коэффициент.

Анализ и обобщение опубликованных в литературе [1, 2] данных позволили получить для  $\Delta\text{ЦЧ}$  следующее выражение:

$$\Delta\text{ЦЧ} = [\ln(100M_1) - 1] \cdot \ln\text{ЦЧ}_2, \quad (4)$$

где  $\text{ЦЧ}_2$  – цетановое число высокоцетанового (базового) топлива.

При использовании эмульгаторов и присадок ЦЧ также определяется по выражению (2), но выражения для  $\text{ЦЧ}_{\text{ад}}$  и  $\Delta\text{ЦЧ}$  примут вид:

$$\text{ЦЧ}_{\text{ад}} = \text{ЦЧ}_1 \cdot M_1 + \text{ЦЧ}_2 \cdot M_2 + \text{ЦЧ}_{\text{ЭМ1}} \cdot M_{\text{ЭМ1}} + \text{ЦЧ}_{\text{вода}} \cdot M_{\text{вода}} + \text{ЦЧ}_{\text{ЭМ2}} \cdot M_{\text{ЭМ2}}, \quad (5)$$

где  $\text{ЦЧ}_1$  – цетановое число ДТ;

$\text{ЦЧ}_2$  – цетановое число этанола;

$\text{ЦЧ}_{\text{ЭМ1}}$  – цетановое число эмульгатора № 1;

$\text{ЦЧ}_{\text{ЭМ2}}$  – цетановое число эмульгатора № 2;

$\text{ЦЧ}_{\text{вода}}$  – цетановое число дистиллированной воды;

$M_1$  – доля ДТ в смеси;

$M_2$  – доля этанола в смеси;

$M_{\text{ЭМ1}}$  – доля эмульгатора № 1 в смеси;

$M_{\text{ЭМ2}}$  – доля эмульгатора № 2 в смеси;

$M_{\text{вода}}$  – доля дистиллированной воды в смеси.

По смыслу определения ЦЧ величина периода задержки воспламенения уменьшается с ростом ЦЧ, однако характер зависимости меняется для разных типов двигателей, физических свойств топлив и др.

Как известно, в дизеле период задержки воспламенения есть время (угол пкв) от момента начала впрыскивания до момента начала сгорания, который может быть определен по индикаторной диаграмме, или по резкому усилению свечения, или подъему температуры.

На практике в подавляющем большинстве случаев используют определение конца сгорания по индикаторной диаграмме, либо как точки момента отрыва кривой давления при сгорании от кривой дав-

ления при сжатии (без впрыскивания топлива), либо по первым производным указанных кривых.

Исследование показателей процесса сгорания при работе дизеля на этаноле-топливной эмульсии (ЭТЭ) с различным количеством этанола производилось с помощью индицирования на номинальном скоростном режиме с частотой вращения  $1800 \text{ мин}^{-1}$ . Снятие индикаторных диаграмм осуществлялось при определенных ранее оптимальных значениях установочного угла опережения впрыскивания топлива и постоянных значениях среднего эффективного давления  $p_e$ .

Ранее было установлено, что установочным углом опережения впрыскивания при работе на ДТ является  $\varphi_{\text{ДТ}} = 26^\circ$ , а на ЭТЭ  $\varphi_{\text{ЭТЭ}} = 22^\circ$ .

На рис. 2 показана индикаторная диаграмма дизеля при работе на ДТ и эмульсиях. Анализ полученных результатов показывает, что увеличение количества этанола в эмульсии ведет к уменьшению угла  $\varphi_i$ , соответствующего периоду задержки воспламенения. Так, при частоте вращения  $1800 \text{ мин}^{-1}$  и работе на чистом ДТ, действительный угол опережения впрыскивания  $\varphi_{\text{ДТ}} = 17^\circ$ , а при содержании этанола в эмульсии 20 % и 40 % он равен  $\varphi_{\text{ЭТЭ}} = 12^\circ$ .

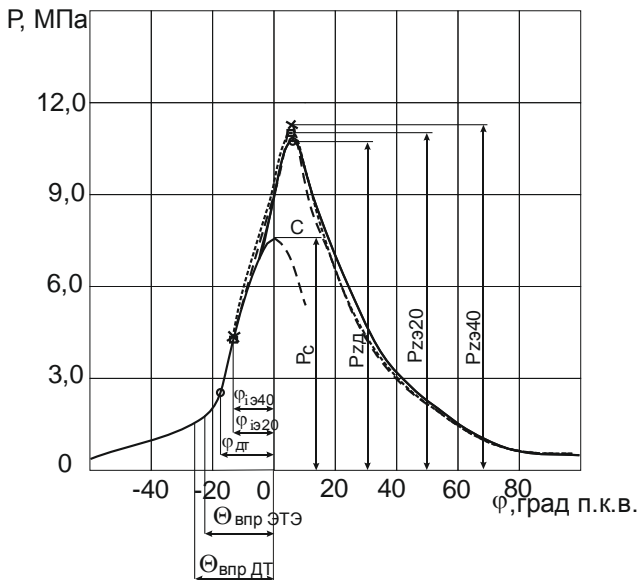


Рис. 2. Индикаторная диаграмма дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$   
 ○ — дизельное топливо; □ — 20 % этанола в топливе;  
 ✕ — 40 % этанола в топливе

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования показателей процесса сгорания новых ЭТЭ с присадками выявили возможность использования ЭТЭ для дизельных ДВС и позволили сформулировать следующие выводы.

1. Путем теоретических исследований получена формула нахождения цетанового числа ЭТЭ.

2. Установлено, что установочным углом опережения впрыскивания при работе на ДТ является  $\varphi_{\text{дт}} = 26^\circ$ , а на ЭТЭ  $\varphi_{\text{этэ}} = 22^\circ$  [3–6].

3. Так, при частоте вращения  $1800 \text{ мин}^{-1}$  и работе на чистом ДТ действительный угол опережения впрыскивания  $\varphi_{\text{дт}} = 17^\circ$ , а при содержании этанола в эмульсии 20 % и 40 % он равен  $\varphi_{\text{этэ}} = 12^\circ$ .

4. Промежуточным итогом проведенных исследований явилось создание новых составов смесового топлива на основе ДТ и этанола с улучшенными эксплуатационными свойствами [8, 9] и смесителя топлив [7].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Камфер, Г. М. Математическое моделирование процесса сгорания спиртосодержащего топлива в дизеле / Г. М. Камфер, С. А. Плотников. – Киров: Авангард, 2005. – 106 с.

2. Карташевич, А. Н. Применение этанолсодержащих топлив в дизеле / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, Г. Н. Гурков. – Киров: Авангард, 2011. – Ч. 1. – 116 с.

3. 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.

4. Расчет параметров ДВС при работе на альтернативных топливах с использованием программного комплекса / С. А. Плотников [и др.] // Общество, наука, инновации. (НПК-2016) [Электронный ресурс] // Всерос. ежегод. науч.-практ. конф.: сб. статей, 18–29 апр. 2016 г. / Вят. гос. ун-т. – Киров, 2016. – С. 1389–1393.

5. Модернизация системы питания тракторного дизеля 4СН 11,0/12,5 для работы на этаноле-топливной эмульсии / С. А. Плотников [и др.] // Молокохозяйственный вестник. – 2017. – № 2 (26) II кв. – С. 110–118.

6. Плотников, С. А. Исследование показателей работы дизеля 4СН 11,0/12,5, работающего на этанолсодержащем топливе / С. А. Плотников, М. В. Смольников // Будущее технической науки: сб. материалов XVI Междунар. молодежной науч.-техн. конф.; НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – Нижний Новгород, 2017. – С. 409–410.

7. Смеситель топлив: пат. РФ № 2637904, МКИ<sup>7</sup> В01F 7/24 / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Смольников, П. Н. Черемисинов, К. П. Мельников. – 3 с., 1 ил.

8. Топливная композиция: пат. РФ № 2629021, МКИ<sup>7</sup> С10L 10/08, 1/32, 1/182, 1/222, 1/30 / С. А. Плотников, Д. В. Сальников, М. В. Смольников, П. Н. Черемисинов. – 5 с., 1 табл.

9. Топливная эмульсия: пат. РФ № 2642078 МКИ<sup>7</sup> С10L 1/32, 1/16 / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич, М. В. Смольников. – 5 с., 1 табл.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОГО КОРМА В КАНАЛАХ РОТОРНОГО КАВИТАЦИОННОГО АППАРАТА

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

Перспективным способом подготовки концентрированных кормов к скармливанию является гидроимпульсная обработка, заключающаяся во многократной обработке сырья в водной среде при помощи роторных импульсных аппаратов. В процессе движения кормовой суспензии по каналам рабочих элементов аппарата – ротора и статора – корм подвергается комплексной обработке. Конечным продуктом гидроимпульсной обработки зерна является жидкая кормовая добавка с содержанием сухого вещества до 30 %, которая может быть использована в рационах кормления свиней и крупного рогатого скота.

Режущее-истирающее действие рабочих элементов аппарата на твердые частицы корма и импульсное движение суспензии в каналах ротора и статора, в свою очередь приводящее к образованию кавитационных пузырьков, обеспечивают комплексную обработку корма, включающую факторы механического (измельчение частиц зерна), гидроимпульсного (получение однородной суспензии) и кавитационного (улучшение биохимического состава корма) воздействий.

В настоящее время наиболее исследованными и экспериментально подтвержденными математическими моделями движения жидкости в каналах ротора и статора являются модели, полученные в результате модификации нестационарного уравнения Бернулли [1].

С допущением, что потери энергии потока жидкости на трение малы, нестационарное уравнение Бернулли запишется в виде [2]:

$$\frac{p_p + p_\omega}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = \frac{p_o}{\rho} + \frac{u^2}{2} [1 + \zeta_M(t)] + (l_p + l_c + \delta) \frac{du}{dt}, \quad (1)$$

где  $p_p$  – статическое давление в полости ротора, Па;

$p_o$  – статическое давление в рабочей камере статора, Па;

$p_\omega$  – прирост статического давления за счет действия на жидкость центробежной силы в канале ротора, Па;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$u_1, u$  – скорость жидкости на входе и выходе из каналов, м/с;  
 $\zeta_m(t)$  – обобщенный коэффициент местных сопротивлений;  
 $l_p, l_c$  – длина каналов ротора и статора соответственно, м;  
 $\delta$  – радиальный зазор между ротором и статором, м.

В уравнении (1) присутствует параметр  $\zeta_m(t)$  – коэффициент гидравлического сопротивления системы «канал ротора – радиальный зазор – канал статора». В работе [3] предложено определять величину  $\zeta_m(t)$  для расширяющегося канала статора по зависимости:

$$\zeta_m(t) = 1,5 + \frac{4l_c^2 \operatorname{tg}^2 \beta}{a_c^2} \sin 2\beta + \zeta_{\text{пер}} \cdot e^{-9,6 \left( 1 - \frac{|a_c - v_p t|}{a_c} \right)}, \quad (2)$$

где  $\zeta_{\text{пер}}$  – коэффициент гидравлического сопротивления полностью перекрытых каналов аппарата [2].

Зависимость (2), полученная при допущении, что частицы обрабатываемого материала не препятствуют движению жидкости в каналах ротора и статора, может быть использована для расчета значений коэффициента  $\zeta_m$  при обработке в аппарате жидкостей или суспензий, дисперсность которых сопоставима с величиной радиального зазора  $\delta$  между его рабочими элементами. Однако при обработке кормовой суспензии, размер частиц зерна в которой значительно превышает зазор  $\delta$ , погрешность модели (2) увеличивается, поскольку в начале фазы открытия канала статора и в завершении фазы его перекрытия крупные частицы блокируют часть площади проходного сечения между каналами ротора и статора, увеличивая при этом их гидравлическое сопротивление (рис. 1, а).

Степень влияния частиц зерна на гидравлическое сопротивление каналов роторного импульсного аппарата предлагается учесть коэффициентом  $k_S$ , равным отношению свободной площади  $S'$  проходного сечения между каналами ротора и статора к общей площади  $S$  данного сечения (рис. 1, б):

$$k_S(t) = \frac{S'(t)}{S(t)} = 1 - \frac{S_\delta(t)}{S(t)}, \quad (3)$$

где  $S_\delta(t)$  – площадь проходного сечения между каналами, заблокированная частицами кормовой суспензии, м<sup>2</sup>.

В общем виде полная площадь  $S$  проходного сечения между сообщающимися каналами ротора и статора определяется по зависимости:

$$S(t) = h_c a(t) = h_c \sqrt{(a_c - |a_c - v_p t|)^2 + \delta^2}, \quad t \in \left[ 0; \frac{2a_c}{v_p} \right], \quad (4)$$

где  $a(t)$  – ширина проходного сечения между каналами ротора и статора, м;

$h_c$  – длина входного отверстия канала статора, м.

Для сферической формы частиц заблокированная площадь  $S_6$  равна суммарной площади их поперечных сечений:

$$S_6(t) = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_6(t)}{\overline{d_6(t)}}, \quad (5)$$

где  $\overline{d_6(t)}$  – средний диаметр частиц, способных заблокировать проходное сечение шириной  $a$  между каналами, м;

$V_6(t)$  – общий объем частиц, блокирующих проходное сечение, м<sup>3</sup>.

Средний диаметр  $\overline{d_6}$  определяется в зависимости от ширины  $a$  проходного сечения и максимального размера частиц в суспензии:

$$\overline{d_6(t)} = \frac{a(t) + d_{\max}}{2}, \quad (6)$$

где  $d_{\max}$  – максимальный диаметр частиц в кормовой суспензии, м.

При определении объема  $V_6$  частиц кормовой суспензии, способных заблокировать проходное сечение, следует учитывать только те из них, которые удовлетворяют следующим условиям. Во-первых, диаметр частиц должен превышать величину радиального зазора  $\delta$  между ротором и статором, так как в противном случае они перейдут в него. Во-вторых, частицы должны иметь размер более текущей ширины  $a$  проходного сечения между каналами (см. рис. 1, б).

Поскольку процесс совмещения и разъединения каналов ротора с каналами статора является циклическим, то частицы, заблокировавшие проходное сечение в конце фазы закрытия канала статора, будут также блокировать его и в начале фазы открытия следующего цикла. Принимая во внимание эту особенность, объем  $V_6$  частиц зерна, способных заблокировать проходное сечение между каналами, может быть определен по зависимости:

$$V_{\delta}(t) = \begin{cases} \left[ V_{\delta}^{\text{закр}} + C_3 \int_0^t q(t) dt \right] \cdot [1 - F_3(a(t))]_p, & 0 \leq t \leq \frac{a_c}{v_p}; \\ C_3 [1 - F_3(a(t))] \cdot \int_{t_3}^t q(t) dt, & t_3 \leq t \leq \frac{2a_c}{v_p}; \\ 0, & \frac{a_c}{v_p} < t < t_3, \end{cases} \quad (7)$$

где  $V_{\delta}^{\text{закр}}$  – объем частиц, скопившихся на входе в канал статора во время фазы его перекрытия,  $\text{м}^3$ ;

$C_3$  – объемная концентрация частиц зерна в суспензии;

$q(t)$  – функция расхода кормовой суспензии через один канал статора,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$F_3$  – значение интегральной функции распределения размеров частиц зерна;

$t_3$  – момент времени, по достижении которого возможна блокировка частицами проходного сечения в фазе перекрытия канала статора, с.

Значение времени  $t_3$  и объема  $V_{\delta}^{\text{закр}}$  определяются исходя из максимального размера частиц в суспензии.

Для учета эффекта блокировки проходного сечения частицами обрабатываемого материала предлагается дополнить зависимость (2), определяющую гидравлическое сопротивление  $\zeta_{\text{м}}$  каналов ротора и статора, уточняющим коэффициентом  $k_S$ . В указанной зависимости выражение в степени экспоненты  $1 - \left| a_c - v_p t \right| / a_c$  учитывает полноту совмещения каналов ротора и статора, которая увязана с изменением площади проходного сечения между ними. Поскольку коэффициент  $k_S$  также учитывает уменьшение площади проходного сечения, доступной для движения жидкости в данный момент времени, то зависимость  $\zeta_{\text{м}}(t)$  может быть уточнена в следующем виде:

$$\zeta'_{\text{м}}(t) = 1,5 + \frac{4l_c^2 \text{tg}^2 \beta}{a_c^2} \sin 2\beta + \zeta_{\text{пер}} \cdot e^{-9,6k_S \left( 1 - \frac{|a_c - v_p t|}{a_c} \right)}. \quad (8)$$

Предложенное уточнение математической модели движения кормовой суспензии по каналам роторного аппарата позволит рассчиты-

вать подачу роторного импульсного аппарата с учетом блокировки частицами корма проходного сечения между каналами ротора и статора.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Промтов, М. А. Методы расчета характеристик роторного импульсного аппарата / М. А. Промтов, А. Ю. Степанов, А. В. Алешин. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 148 с.

2. Червяков, А. В. Влияние конструктивно-технологических параметров на подачу роторно-импульсного кавитационного диспергатора кормов / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, П. Ю. Крупенин // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016. – № 1. – С. 102–106.

3. Крупенин, П. Ю. Гидроимпульсная подготовка консервированного плющеного зерна кукурузы на корм свиньям кавитационным диспергатором: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / П. Ю. Крупенин. – Горки, 2017. – 24 с.

УДК 637.133.1

### ОБЗОР СПОСОБОВ ОХЛАЖДЕНИЯ МОЛОКА

Ю. О. ГОРНОСТАЕВ, ассистент;  
Н. И. СКАКУН, ст. преподаватель;  
П. С. ХРОМЕНКОВ, студент

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

**Введение.** Основная задача в борьбе за повышение качества молочных продуктов – это сохранение молока в свежем состоянии возможно более длительный срок, особенно при массовом, промышленном их изготовлении. Без этого невозможно эффективное хозяйство, так как из поступающего на перерабатывающие предприятия молока с большим содержанием микроорганизмов и повышенной кислотностью нельзя получить высококачественные и стойкие при хранении продукты питания.

**Основная часть.** Практически все способы основаны на том, что молоко отдает тепло охлаждающей жидкости через разделяющую их стенку.

Выделяют три основные системы: объемное охлаждение, охлаждение в потоке, а также комбинированные системы.

*Способ объемного охлаждения.* При наличии проточной воды молоко может охлаждаться путем надевания перфорированного трубчатого кольца на горлышко бидона с теплым молоком. После того как кольцо соединяется с водопроводом, вода течет по внешней поверхности бидона.

Самая простая система объемного охлаждения требует открытого резервуара с холодной водой. Молочные бидоны помещаются в резервуар и погружаются в воду. Вода должна быть проточной или периодически меняться. Интенсивность охлаждения можно повысить использованием ледяной воды с принудительной циркуляцией.

Недостатками всех этих способов охлаждения являются: малые объемы охлаждаемого молока, длительное время охлаждения, большие затраты труда на хранение и доставку льда.

Более совершенный способ охлаждения молока – использование специальных охладителей.

Для глубокого охлаждения молока (до 4–6 °С), его временного хранения в охлажденном виде используют резервуары-охладители. Внутренняя емкость резервуара имеет рубашку охлаждения, обеспечивающую циркуляцию охлаждающей жидкости между стенками резервуара. Теплоизоляционный слой препятствует повышению температуры внутри емкости и обеспечивает сохранность молока с заданной температурой.

Охлаждение в резервуарах-охладителях подразделяют на непосредственное и косвенное. При непосредственном охлаждении хладагент холодильной машины отнимает тепло непосредственно от молока, при косвенном охлаждении – от промежуточного хладоносителя.

*Система с непосредственным охлаждением* получила наибольшее распространение благодаря удобству эксплуатации, сравнительно небольшой металлоемкости и габаритным размерам, а также высокому КПД, из-за отсутствия дополнительных затрат энергии на охлаждение хладоносителя.

*Система с косвенным охлаждением* включает в себя установку охлаждения жидкости, в состав которой может входить льдоаккумулятор. Преимуществами системы являются:

возможность использования одной установки охлаждения на несколько резервуаров;

выравнивание суточного графика тепловых нагрузок на холодильную установку за счет снижения «пикового» потребления холода во время доения;

снижение затрат на электроэнергию, так как аккумуляция холода происходит в ночные часы с использованием льготного ночного тарифа.

*Способ охлаждения в потоке.* Охлаждение молока в потоке может осуществляться поверхностными (открытыми) и проточными

(закрытыми) охладителями. Теплообмен между охлаждающей жидкостью и молоком происходит через стенку теплообменного элемента (пластинчатого или трубчатого). Охладитель может иметь несколько секций: первая охлаждает проточной водопроводной водой, вторая – ледяной водой из водоохлаждающей установки.

Поверхностные охладители просты в обслуживании, но соприкосновение молока в процессе охлаждения с окружающим воздухом ухудшает его качества.

Основным преимуществом охлаждения молока в потоке является скорость охлаждения, но при этом необходимы большие затраты энергии на подготовку хладоносителя, кроме того, для хранения охлажденного молока требуются специальные емкости – резервуары-термосы, насосные системы и дополнительные трубопроводы, что усложняет обслуживание и промывку.

*Система комбинированного охлаждения.* Комбинированная система использует преимущества поточного и объемного охлаждения, благодаря предварительному охлаждению молока в проточном охладителе и доохлаждению его в резервуаре-охладителе.

Снижение энергозатрат достигается использованием пластинчатого теплообменника для предварительного охлаждения молока в потоке и компрессорного агрегата пониженной мощности для окончательного охлаждения молока в резервуаре.

Молоко первой дойки предварительно охлаждается артезианской или ледяной водой в пластинчатом охладителе и отправляется на доохлаждение в резервуар-охладитель. После охлаждения молоко перекачивается в теплоизолированный резервуар-термос, где хранится до дальнейшего использования. Молоко второй дойки доохлаждается и хранится в резервуаре-охладителе.

**Заключение.** Каждый из описанных выше способов имеет свои преимущества, но применение их при лагерно-пастбищном содержании предполагает значительные трудности. Однако же применение немедленного охлаждения при доении в полевых условиях, позволило бы повысить сохранность молока при его хранении и транспортировке.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Основные способы охлаждения молока // Животноводческий портал о крупном рогатом скоте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://burenka.org/doenie-korovy-i-moloko/190-osnovnye-sposoby-ohlazdeniya-moloka.html>. – Дата доступа: 11.11.2018.

2. Охлаждение и хранение молока // Официальный сайт ООО Компания «Ксирон-холод» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.xiron.ru/content/view/130/28/>. – Дата доступа: 11.11.2018.

3. Технология охлаждения молока // Портал «Механизмы и технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mehanik-ua.ru/tehnologii/1235-tehnologiya-okhlazhdeniya-moloka.html>. – Дата доступа: 11.11.2018.

УДК 621.432.3

## **НОВЫЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЯ**

А. Н. КАРТАШЕВИЧ, д-р техн. наук, профессор  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь,

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

Для оценки показателей, характеризующих действительный цикл двигателя, необходимо иметь индикаторную диаграмму – кривую изменения давления в цилиндре в масштабе времени или угла поворота коленчатого вала [1, 2]. Записать диаграмму возможно с помощью комплекта специального оборудования, основным прибором которого является индикатор.

Для снятия индикаторных диаграмм в быстроходных ДВС ранее применялся пневмостробоскопический индикатор типа МАИ-2 или МАИ-5 (рис. 1) в комплекте с тиратронным блоком и источником давления.

Пишущая часть индикатора устанавливалась соосно коленчатого вала дизеля и соединялась с ним гибкой резинометаллической муфтой. Датчик отметки ВМТ устанавливался на корпусе маховика. Учитывая, что правильность отметки ВМТ значительно влияет на точность обработки индикаторных диаграмм, установка датчика корректировалась по положению поршня в ВМТ во втором или третьем цилиндре и проверялась по диаграмме сжатия-расширения без подачи топлива. Сам же датчик давления устанавливался во втулке, вмонтированной в головку обычно первого цилиндра, согласно инструкции к индикатору. Измерительным элементом датчика являлась мембрана строго определенной формы, изготовленная из специальной стали.

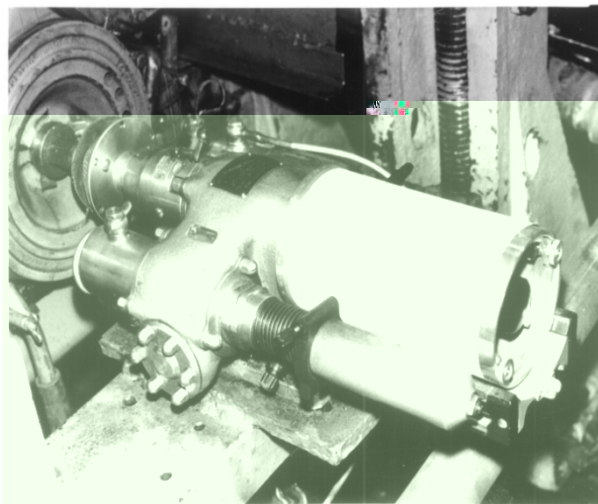


Рис. 1. Индикатор МАИ-5, установленный на двигателе

Индикатор работает следующим образом: в тот момент, когда давление в цилиндре двигателя станет равным или чуть ниже давления воздуха над мембраной датчика, мембрана прогнется, контакт ее с электродом нарушится и электрическая цепь разомкнется. При этом тиратронный блок подаст на шину импульс высокого напряжения, вследствие чего между искровым штифтом и барабаном возникнет искра, прожигающая отверстие в бумаге, обворачивающей барабан. Сам барабан вращается вместе с коленчатым валом двигателя, а подвижная гильза с искровым штифтом перемещается вдоль барабана под давлением внешнего источника воздуха в пневматической системе. Соответственно, искра прожигает отверстие в бумаге в том месте, которое однозначно соответствует определенному давлению в цилиндре двигателя и определенному углу поворота коленчатого вала. Аналогичная ситуация происходит и при замыкании электрической цепи мембраной.

С целью упрощения измерений и повышения точности получаемых данных был реализован новый метод снятия индикаторной диаграммы.

В качестве измерителя давления использовался датчик динамического давления с зарядовым выходом PS01 (рис. 2), обладающий такой отличительной особенностью, как способность регистрации высоко-

скоростных импульсных процессов при долговременной стабильности в широком динамическом диапазоне.

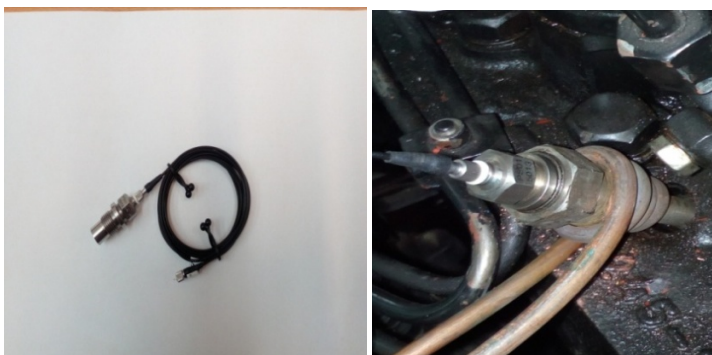


Рис. 2. Датчик динамического давления PS01

Датчик имеет чувствительный монокристаллический элемент с чувствительностью 20 пКл/бар и измеряемым диапазоном от 0,1 до 250 бар.

При проведении испытаний датчик давления через переходник ввертывался в головку дизеля Д-245.5S2 (рис. 2).

С учетом температурного предела работы датчика (200 °С) производилось его непрерывное охлаждение потоком воды из водопроводной системы. Сигнал от датчика через кабель АК04 передавался на усилитель заряда АQ02-001, предназначенный для преобразования высокоимпедансного сигнала заряда пьезоэлектрических преобразователей в низкоимпедансный сигнал напряжения.

Преобразованный сигнал с усилителя заряда поступал на модульную систему сбора данных NI CompactDAQ, которая позволяет реализовать быстрые, точные измерения с помощью небольшой, простой системы.

После USB системы сбора данных в схему подключался ноутбук с установленным программным обеспечением National Instrument. Полученные данные в режиме реального времени регистрировались на мониторе компьютера.

На рис. 3 показан вид получаемых в режиме реального времени индикаторных диаграмм.

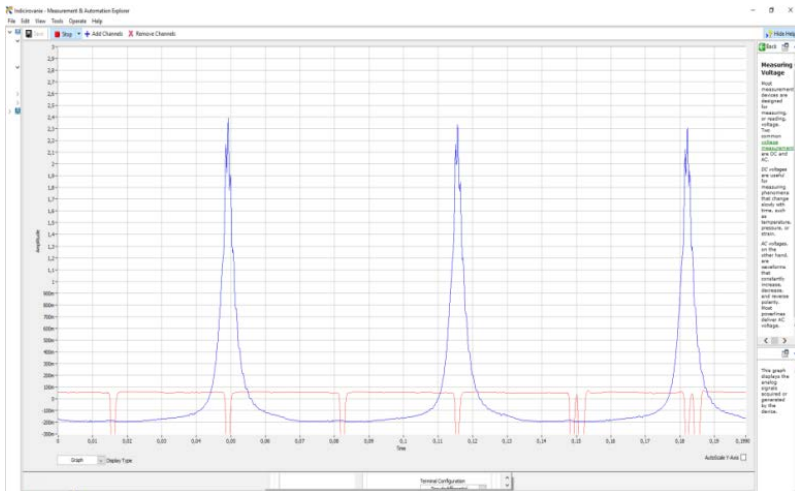


Рис. 3. Вид индикаторной диаграммы

Новый метод позволяет записывать диаграммы как единичного рабочего цикла, так и усредненного в масштабе частоты его значения.

**Выводы:**

1. Предложенный метод упрощает получение индикаторной диаграммы при одновременном повышении точности измерений [3, 4].
2. Проведение стендовых испытаний с использованием предложенного метода записи индикаторных диаграмм позволяет проводить более качественную оценку процесса сгорания в цилиндре двигателя [5, 6, 7].

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Кухаренок, Г. М. Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания: метод. пособие / Г. М. Кухаренок. – Минск: БНТУ, 2011. – 62 с.
2. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей / А. И. Колчин, В. П. Демидов. – М.: Высш. шк., 2002. – 496 с.
3. Плотников, С. А. Разработка числовых методов определения свойств новых топлив / С. А. Плотников, А. Н. Карташевич // Вестник машиностроения. – 2018. – № 3. – С. 7–10.
4. Kartashevich, A. N. Flammability of New Diesel Fuels / A. N. Kartashevich, S. A. Plotnikov // Russian Engineering Research. – 2018. – Vol. 38. – No. 6. – P. 424–427.
5. 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.

6. Определение количественных характеристик двигателя бытовой электростанции при использовании генераторного газа в качестве альтернативного топлива / С. А. Плотников [и др.] // Проблемы региональной энергетики [Электронный ресурс]. – № 2 (34). – 2017. – С. 105–111.

7. Карташевич, А. Н. Исследование свойств альтернативных топлив на основе рапсового масла / А. Н. Карташевич, С. А. Плотников, П. Н. Черемисинов // Вестник БГСХА. – 2017. – № 3. – С. 144–146.

УДК 631.363

## АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОТСЕИВАЮЩИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПРОЦЕССА ЭКСПАНДИРОВАНИЯ

С. И. КОЗЛОВ, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** В результате проведенных ранее исследований выявлено, что при экспандировании зерна ржи и бобов сои требуется уделять особое внимание наличию в полученном продукте антипитательных веществ (ингибиторов трипсина) [1]. Однако из-за невозможности проводить биологические исследования полученного продукта в лабораторных условиях качественным параметром оптимизации нами был выбран коэффициент взорванности  $k_v$ , величина которого показывает степень структурных преобразований обрабатываемого материала при баротермической обработке [5].

Проведенные теоретические исследования обработки зерна ржи и бобов сои на экспандере предусматривают учет всех факторов [1], оказывающих влияние на протекание и конечные результаты изучаемого процесса. К совокупности исследуемых факторов предъявляется основное требование, предусматривающее то, что факторы должны быть управляемыми и контролируемыми.

Этому требованию соответствуют следующие конструктивные, технологические и кинематические параметры рабочего органа, выбранные ранее [2, 3, 4]:

- длина предматричной камеры;
- длина матричного отверстия;
- частота вращения шнека;
- температура нагрева корпуса шнека и влажность обрабатываемого материала;
- диаметр матричного отверстия.

**Основная часть.** Для определения экспериментальной области факторного пространства использовались результаты, полученные при проведении однофакторных поисковых экспериментов [5], с учетом того, что для решения задачи оптимизации необходимо выбирать при первой серии опытов область, которая обеспечивает возможность пошагового движения к оптимуму.

При проведении отсеивающих экспериментов выбор уровней и интервалов варьирования факторов осуществлялся с учетом априорной информации о точности фиксирования их значений, диапазоне изменения параметров оптимизации и характере поверхности отклика [6]. В соответствии с рекомендациями принимаем функцию, описывающую поверхность отклика нелинейной, а диапазон изменения параметра оптимизации широким и выбираем уровни и интервалы варьирования факторов.

В табл. 1 представлены результаты выбора основных уровней варьирования факторов.

Таблица 1. Факторы и уровни их варьирования

№ п. п.	Факторы, размерность	Границы варьирования		Обозначение	Количественный показатель	Качественный показатель	
		(-)	(+)				
					$Y_1$	$Y_2$	
1	Длина предматричной камеры, $L_{пр}$ , м	0,012	0,024	$X_1$	Э	$K_b$	
2	Длина канала матрицы, $L_{м.о}$ , м	0,036	0,047	$X_2$			
3	Частота вращения шнека, $\omega$ , $c^{-1}$	2,5	5,0	$X_3$			
4	Температура нагрева шнековой камеры, $^{\circ}C$	Для ржи	170	200			$X_4$
		Для сои	170	195			
5	Влажность обрабатываемого материала, $W$ , %	17	26	$X_5$			
6	Диаметр матричного отверстия, $d_{м.о}$ , м	Для ржи	0,024	0,033	$X_6$		
		Для сои	0,026	0,036			

Отсеивающие эксперименты проводили в начальной стадии изучения объекта исследования с целью исключения малозначащих факторов и сокращения последующего числа опытов.

Суть метода заключается в том, что если факторы расположить в порядке убывания их доли, вносимой в дисперсию критерия оптимизации, то получится ранжированный ряд вида убывающей экспоненты.

Небольшим числом опытов воспроизводят этот ряд и при помощи регрессионного анализа оценивают наиболее значимые эффекты факторов на шумовом поле, создаваемом несущественными факторами.

Построение ранжированного ряда производили параллельно для выбранных культур по каждому из параметров оптимизации.

Была проведена серия опытов по общепринятой методике [6] и построены матрицы отсеивающего эксперимента. При этом факторы кодировались: (-) – нижний, (+) – верхний уровень варьирования фактора, а результаты экспериментов вписывались в последние столбцы матрицы:  $Y_1$  – энергоёмкость,  $Y_2$  – коэффициент взорванности. По обоим из этих параметров оптимизации подсчитывалось среднее значение для каждого опыта, исходя из числа повторностей.

На основании экспериментов были построены диаграммы рассеяния факторов (рис. 1).

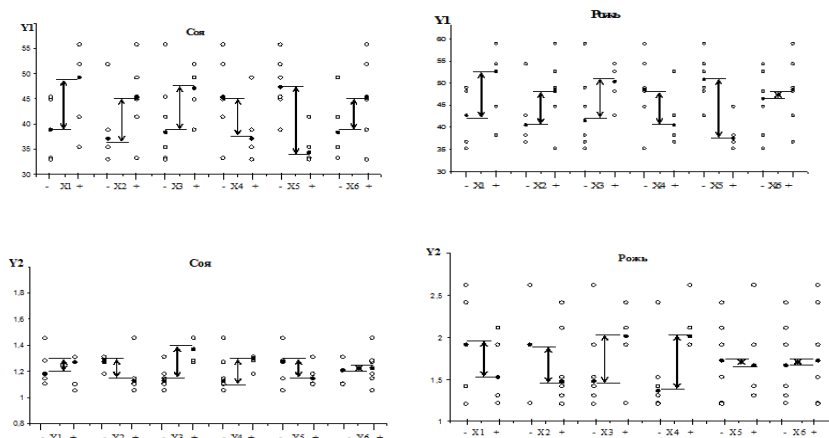


Рис. 1. Диаграммы рассеяния факторов для  $Y_1$  и  $Y_2$

Учет степени влияния того или иного фактора производили визуально по величине разности между средними значениями критерия оптимизации, вычисленными отдельно для каждого уровня варьирования фактора. В качестве среднего значения параметра оптимизации принимали медиану. На этом этапе для удобства оценки влияния факторов была составлена программа в Microsoft EXCEL для шестифакторного эксперимента.

По диаграмме рассеяния выделяли два наиболее значимых фактора по каждому из параметров оптимизации. Для  $Y_1$  – это  $x_1$  и  $x_5$ , для  $Y_2$   $x_3$  и  $x_4$ . Эффекты факторов количественно оценивали с помощью таблицы с двумя входами.

Величина эффектов факторов  $x_i$  подсчитывалась по формуле [7, 8]

$$x_i = \frac{\bar{y}_1 + \bar{y}_3 + \bar{y}_5 + \dots + \bar{y}_n}{k_i} - \frac{\bar{y}_2 + \bar{y}_4 + \bar{y}_6 + \dots + \bar{y}_{n+1}}{k_i}, \quad (1)$$

где  $\bar{y}_1, \bar{y}_3, \bar{y}_5, \dots, \bar{y}_n$  – средние значения параметра оптимизации в каждой клетке таблицы для уровня (+);

$\bar{y}_2, \bar{y}_4, \bar{y}_6, \dots, \bar{y}_{n+1}$  – средние значения параметра оптимизации в соответствующей клетке таблицы для уровня фактора (-);

$k_i$  – число средних значений критерия оптимизации,  $\bar{y}_n$ .

После расчета эффектов выделенных факторов, проверяли их значимость по  $t$ -критерию.

Значение  $t$ -критерия определяли по формуле [7, 8]

$$t = \frac{(\bar{y}_1 + \bar{y}_3 + \dots + \bar{y}_n) - (\bar{y}_2 + \bar{y}_4 + \dots + \bar{y}_{n+1})}{S_R \sqrt{\sum \frac{1}{n_i}}}, \quad (2)$$

где  $S_R = \sqrt{\frac{\sum y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum y_i)^2}{n_i \cdot (n_i - 1)}}$  – среднеквадратическая ошибка, характери-

зующая рассеяние относительно средних в клетках таблицы с несколькими входами;

$n_i$  – число наблюдений в  $i$ -й клетке таблицы с несколькими входами.

На основании данного алгоритма была составлена программа в Microsoft EXCEL, позволяющая вычислить эффекты факторов и на основании  $t$ -критерия, оценить значимость выбранных факторов.

После соответствующих вычислений были определены эффекты факторов:  $x_1$  и  $x_5$  для  $Y_1$ ,  $x_3$  и  $x_4$  для  $Y_2$ , а также сделана оценка их значимости по  $t$ -критерию. Результаты вычислений сведены в табл. 2.

Таблица 2. **Оценки значимости факторов**

Культуры	Параметры оптимизации							
	$Y_1$				$Y_2$			
	эффект фактора		$t$ -критерий фактора		эффект фактора		$t$ -критерий фактора	
	$x_1$	$x_5$	$tx_1$	$tx_5$	$x_3$	$x_4$	$tx_2$	$tx_4$
Рожь	7,0972	-2,2293	3,3187	-1,7186	-0,3466	0,5242	-7,823	2,5869
Соя	7,2610	-1,9687	3,5062	-1,7795	-0,3584	0,7255	-5,418	2,4820

По параметру оптимизации  $Y_1$  выбранный фактор  $x_1$  оказался значимым, а фактор  $x_5$  незначимым, так как величина  $t$ -критерия первого фактора больше табличного, второго же – меньше. По параметру оптимизации  $Y_2$  выбранные факторы оказались значимыми, так как величина  $t$ -критерия каждого из факторов больше его табличного значения. При числе степеней свободы  $f = 6$  табличное значение  $t$ -критерия  $t = 2,447$ . Таким образом, выделенные факторы оказались значимыми с вероятностью 95 %.

После определения эффектов факторов  $x_1$  и  $x_5$  для  $Y_1$ ,  $x_3$  и  $x_4$  для  $Y_2$  была произведена корректировка результатов отсеивающих экспериментов. Корректировку производили для того, чтобы выделить эффекты других менее сильных факторов и их парных взаимодействий. Она осуществлялась путем прибавления эффектов выделенных факторов с обратным знаком к результатам отсеивающих экспериментов на верхнем уровне (+).

После корректировки результатов строили скорректированную диаграмму рассеяния факторов с их парными взаимодействиями.

В результате анализа скорректированной диаграммы рассеяния факторов и парных взаимодействий снова выделяли два наиболее значимых фактора:  $x_3$  и  $x_4$  для  $Y_1$ ,  $x_{15}$  и  $x_5$  для  $Y_2$ . Расчет эффектов выделенных факторов, а также проверку их значимости по  $t$ -критерию производили по вышеизложенной методике. Результаты расчетов свели в табл. 3.

Таблица 3. **Оценки значимости факторов**

Культуры	Параметры оптимизации							
	$Y_1$				$Y_2$			
	эффект фактора		$t$ -критерий фактора		эффект фактора		$t$ -критерий фактора	
	$x_3$	$x_4$	$tx_3$	$tx_4$	$x_1$	$x_{15}$	$tx_1$	$tx_{15}$
Рожь	6,5487	-4,3406	2,9347	-2,9452	4,6183	0,4822	6,5009	2,0693
Соя	6,8488	-4,0305	2,9307	-2,7247	-6,6230	0,2990	3,507	1,6892

**Заключение.** Сравнивая полученные значения  $t$ -критерия с табличным его значением, делаем вывод о том, что факторы  $x_1$ ,  $x_3$ ,  $x_4$  оказались значимыми, а парное взаимодействие  $x_{15}$  – незначимым для обеих культур. Таким образом, последовательное применение метода отсеивания позволило за два этапа выделить все существенные факторы:  $x_1$ ,  $x_3$  и  $x_4$  для  $Y_1$ ,  $x_1$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ , для  $Y_2$  и оценить эффекты этих факторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Проблемы переработки фуражного зерна при производстве комбикормов и пути их решения / В. А. Шаршунов [и др.] // Известия БИА. – № 2. – 1999. – С. 6–9.
2. Козлов, С. И. Выбор конструктивных параметров шнека экспандера для обработки фуражного зерна / С. И. Козлов, Е. Н. Медведева // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. – Брянск: Изд-во Брянской ГСХА, 2013. – С. 89–94.
3. Козлов, С. И. Расчет основных параметров экспандера с электрическим нагревом корпуса шнека / С. И. Козлов, Т. М. Чубукова, Д. Ю. Мельник // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 3. – С. 55–57.
4. Козлов, С. И. Обоснование конструктивных параметров предметричной камеры экспандера / С. И. Козлов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. тр. – Брянск: Изд-во Брянского ГАУ. – 2016. – С. 45–52.
5. Козлов, С. И. Результаты однофакторных поисковых экспериментов по изучению процесса экспандирования / С. И. Козлов, В. М. Кузюр // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. работ. – Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2017. – С. 211–219.
6. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
7. Финин, Д. Введение в теорию планирования эксперимента / Д. Финин. – М.: Наука, 1970. – 288 с.
8. Методика выбора и оптимизации контролируемых параметров технологических процессов: метод. указания, РДМУ 109–77. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 64 с.

## АММИАК В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

В. Г. АНДРУШ, канд. техн. наук, доцент;

М. А. БРЬНЗА, магистрант;

С. А. КОРЧИК, ст. преподаватель

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,

Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Воздух животноводческих помещений по своему газовому составу в значительной степени отличается от атмосферного. В воздухе помещений вследствие процессов жизнедеятельности животных, разложения навоза, подстилки и остатков кормов выделяется большое количество вредодействующих газов, которые оказывают на животных как местное воздействие (раздражение кожи и слизистых оболочек конъюнктивы глаз и дыхательных путей), так и общее рефлективное действие.

В воздухе животноводческих помещений с помощью хроматографического анализа установлено свыше 30 различных газов. Однако максимальное негативное действие на организм оказывают углекислый, угарный газы, аммиак и сероводород [1].

Для здоровья животных аммиак особо опасен. Легко растворяясь в воде, он адсорбируется в верхних дыхательных путях, вызывая болезненный кашель, слезотечение, а затем и развитие слизисто-гнойного конъюнктивита, отек легких и другие явления. Попадая через легкие в кровь, аммиак образует с гемоглобином щелочной гематин, вследствие чего снижается содержание гемоглобина и эритроцитов, развивается анемия и блокируется дыхательная функция крови. В повышенных концентрациях аммиак сильно возбуждает центральную нервную систему, что сопровождается спазмами голосовой щели, трахеальной и бронхиальной мускулатуры, отеком легких и параличом дыхательного центра.

Аммиак, содержащийся в воздухе закрытых помещений, способствует распространению туберкулеза и других инфекционных болезней, поскольку нарушается резистентность организма животных. Ослабляется местная и общая сопротивляемость, ухудшается морфологический и биохимический состав крови, снижается усвояемость протеина, жиров и клетчатки. У молочных коров резко снижаются удои на 25...28 %, падают приросты живой массы у молодняка.

Качество воздуха коровников, телятников, свинарников и птичников может оказывать влияние не только на животных, но и на работающих там людей (доярок, свинок и т. д.), которые находятся в помещениях для животных ежедневно в течение многих часов, выполняя производственные процессы по уходу, кормлению и эксплуатации животных. Поэтому аммиак следует считать прямым показателем качества воздуха, что необходимо учитывать при санитарно-гигиенической оценке микроклимата.

**Основная часть.** В Республике Беларусь аммиак относится к веществам четвертого класса опасности, для которого принят гигиенический критерий качества атмосферного воздуха ПДК м. р. (максимальное разовое содержание) – 200 мкг/м<sup>3</sup>. Также определены ПДК аммиака в воздухе рабочей зоны производственного помещения (20 мг/м<sup>3</sup>) [2].

Выбросы аммиака от животноводства можно разделить на следующие составляющие:

- 1) выбросы непосредственно от мест содержания животных;
- 2) выбросы от операций обращения с навозом (уборка, хранение, использование в качестве удобрений) [3].

Было проведено исследование содержания концентрации аммиака в воздухе рабочей зоны ферм КРС.

Исследования проводились на молочно-товарном комплексе «Атолино» и молочно-товарной ферме «Самохваловичи» в мае 2018 года.

Измерения проводились в коровнике с размерами 72×21 метр на уровнях: 0,5 м, 1 м, 1,5 м от пола и в 6 точках по длине на расстоянии 12 метров друг от друга в дневное время. Такая схема замера параметров микроклимата позволяет определить динамику изменения концентрации аммиака по длине здания. Измерения на трех уровнях по высоте позволяют определить значения параметров при различных положениях животного (стоит, лежит), а также в рабочей зоне обслуживающего персонала.

Температура наружного воздуха находилась в пределах 20–22 °С.

Для измерения был использован газоанализатор Анкат-7664 микро.

Результаты экспериментальных исследований концентрации аммиака в МТК «Атолино». Измерения проводились в коровнике на 200 коров со стойловым содержанием. Вентиляция естественная с притоком воздуха через боковые окна и ворота в торце здания и вытяжкой через вентилируемый конек в кровли. Доеение коров трехразовое и уборка навоза производится скребковыми транспортерами типа ТСН.

В табл. 1 приведены данные измерений концентрации аммиака на МТК «Атолино».

Таблица 1. Экспериментальные данные измерения концентрации аммиака

№ точки замера	1	2	3	4	5	6
Аммиак, мг/м <sup>3</sup>	22,9	24,4	25,6	27,6	28,4	29,7

Аммиак неравномерно распределяется по животноводческому помещению, его концентрация превышает на 2,9–9,7 мг/м<sup>3</sup> допустимые значения, что представляет вред для животных и людей.

В четвертой точке на высоте 1,5 м от пола коровника концентрация аммиака превышает на 8,6 мг/м<sup>3</sup> нормативные значения, т. е. на 40 % и более, отрицательно сказывается на состоянии здоровья работающих и животных [2].

У животных могут наблюдаться спазмы голосовой щели, трахеальной и бронхиальной мускулатуры.

Результаты экспериментальных исследований концентрации аммиака в МТФ «Самохваловичи». Измерения проводились на новой роботизированной ферме в трех коровниках со стойловым содержанием. Коровники оборудованы комбинированной вентиляцией (естественная вентиляцией с притоком воздуха через ворота в торце здания и вытяжкой через вентилируемый конек в кровле, искусственная вентиляция создается с помощью потолочных вентиляторов). Потолочные вентиляторы придают воздуху подвижность, а лопасти потолочного вентилятора перемещают и перемешивают воздух в помещении. Доеение коров двухразовое с помощью доильных роботов, и уборка навоза производится скребковыми транспортерами.

В табл. 2 приведены данные измерений концентрации аммиака на МТФ «Самохваловичи».

Таблица 2. Экспериментальные данные измерения концентрации аммиака

<b>Цех производства молока</b>						
№ точки замера	1	2	3	4	5	6
Аммиак, мг/м <sup>3</sup>	22,7	23,7	24,3	24,8	25,3	26,1
<b>Цех раздоя</b>						
№ точки замера	1	2	3	4	5	6
Аммиак, мг/м <sup>3</sup>	21,4	21,6	22,1	22,5	23,6	23,9
<b>Цех доразивания молодняка</b>						
№ точки замера	1	2	3	4	5	6
Аммиак, мг/м <sup>3</sup>	19,0	19,1	19,2	19,3	19,3	19,4

Максимальная концентрация аммиака в цехе производства молока превышает допустимое значение на  $6,1 \text{ мг/м}^3$ . У работника появляется раздражение слизистой оболочки дыхательных путей. В цехе раздоя превышение аммиака составляет  $3,9 \text{ мг/м}^3$ , а в помещении для доращивания молодняка –  $9,6 \text{ мг/м}^3$  (допустимое значение для телят  $10 \text{ мг/м}^3$ ).

**Заключение.** Из экспериментальных данных можно сделать вывод, что при работающих потолочных вентиляторах картина распределения концентрации аммиака по высоте и длине помещения значительно изменяется: превышение концентрации аммиака по высоте помещения выше допустимой на  $6,7 \text{ мг/м}^3$ , а около лопастей вентилятора на  $3,9 \text{ мг/м}^3$ . Также видно, что при приближении к системе вентиляции концентрация аммиака снижается.

При этом необходимо учитывать, что измерения проводились в теплое время года при максимальной естественной вентиляции через открытые оконные и дверные проемы. В другие периоды года можно ожидать значительный рост фактических значений концентрации аммиака.

1. Исследования концентрации аммиака на молочных фермах в летний период показали, что их значения неравномерно распределены по площади и высоте помещений, а также есть превышение установленной нормы.

2. Измеренные значения концентрации аммиака свидетельствуют о неудовлетворительной работе системы вентиляции, которая не обеспечивает необходимую кратность обмена и скорость движения воздуха.

3. Повышенная концентрация аммиака негативно влияет на здоровье животных и самочувствие обслуживающего персонала.

Мероприятия, направленные на недопущение образования аммиака в воздухе помещений, следует проводить комплексно. Они предусматривают своевременное и быстрое удаление мочи, навоза из помещения; устройство влагонепроницаемых, прочных полов; правильную организацию воздухообмена в зоне нахождения животных; применение газопоглощающей подстилки и препаратов, снижающих концентрацию аммиака в воздухе (суперфосфат и др.) [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Какарека, С. В. Аммиак в атмосферном воздухе / С. В. Какарека. – Минск, 2016. – 254 с.
2. Предельно допустимые концентрации и ориентировочные безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест : Гигиени-

ческие нормативы 2.1.6.12 – 46–2005.: утв. пост. Гл. госуд. врача РБ 19.12.05 № 231 // Сб. официальных документов по коммунальной гигиене / М-во здравоохранения РБ. – Ч. 5. – Минск, 2006. – 189 с.

3. Андруш, В. Г. Дезинфекция на ферме электроактивированным раствором анолита / В. Г. Андруш, М. А. Брынза // Техника и технология пищевых производств: материалы XII Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 19–20 апр. 2018 г.: в 2 т. – Могилев: МГУП, 2018. – С. 377–378.

УДК 621.87.93

## ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОДНОКОВШОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

С. Г. РУБЕЦ, канд. техн. наук, доцент  
УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,  
Горки, Республика Беларусь

**Введение.** Главной землеройно-транспортной машиной в мире является 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.

**Цель работы.** Рассмотреть и проанализировать основные тенденции развития одноковшовых гидравлических экскаваторов.

**Материалы и методика исследования.** 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. Производители экскаваторов России и стран СНГ пока по этому показателю значительно уступают. Следует отметить только достаточно широкий ряд моделей экскаваторов Тверского ЭЗ.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Сокращение эксплуатационных издержек стало одной из основных проблем, стоящих перед машиностроителями. Так, компании Volvo удалось добиться снижения уровня потребления топлива на 10 % в новых мини-экскаваторах серии С, а сокращение расходов на техническое обслу-

живание составит до 20 %. Кроме того, сокращение эксплуатационных издержек также стало возможным благодаря внедрению на моделях EC35C, ECR48C и EC55C новых гидравлических механизмов управления углом установки бульдозерных отвалов «Angle blade». Теперь в ходе выполнения конкретных работ оператор может выбрать наиболее эффективный угол установки, который регулируется в пределах +/- 25 градусов [2].

Все модели экскаваторов компании Terex в свою очередь сконструированы по схеме «Knickmatik», т. е. имеют механизм поворота стрелы, позволяющий производить экскавационные работы в непосредственной близости от препятствий. При этом элементы поворотной платформы не выходят за габариты ходовой части.

Второй серьезной проблемой является повышение комфортности работы оператора. В частности, Volvo предоставляет теперь возможность на своих новых экскаваторах заказать систему кондиционирования воздуха в кабине. В целях безопасности компания также использует световой индикатор, напоминающий водителю о необходимости пристегнуться в кресле, а также варианты кабин с сертифицированными конструкциями защиты при опрокидывании (ROPS), системой защиты оператора от падающих предметов (FOPS) и конструкцией защиты оператора при переворачивании машины (TOPS) [2].

Третья тенденция развития экскаваторов – многофункциональность техники. Кроме ковшей различной вместимости, современные экскаваторы имеют и другое рабочее оборудование.

Экскаваторы фирмы «Komatsu» имеют сменное рабочее оборудование: ковши различной вместимости; вращающиеся ударные головки; виброуплотнители; гидравлические молоты; клещи для разрушения бетонных конструкций; ножницы для разрушения металлоконструкций.

Экскаваторы фирмы «Caterpillar» имеют блок быстрой смены рабочего оборудования; ковши общего назначения, скальные и опрокидные, с прижимом; грейферы для строительных работ, клещи для дробления и сноса строений, для мусора и другие; механические навесные ножницы; гидромолоты; виброплиты; бетонолом; бетоноизмельчитель; бурильный молоток и шнековый бур; механический распылитель.

Экскаваторы фирмы «Hitachi» имеют сменное рабочее оборудование: ковши различной вместимости; грейферы двух типов; клещи для разрушения бетона; ножницы для резки металла; измельчитель кусковых материалов: камня, бетона; разрушитель дорожного асфальтобетонного покрытия; магнитный подъемник металлолома; вильчатый и другие захваты; захват для металлолома; шнековый бур; свайный копер; захваты для лесоматериалов.

Экскаваторы фирмы «Unex» имеют сменное рабочее оборудование: ковши 7 типов; рыхлительный зуб; трамбующее оборудование; бур; гидромолот; магнит; грейферы 6 типов; крюк.

Указанное оборудование обеспечивает выполнение большого перечня земляных, погрузочных, строительных, конструкционных и ремонтных работ в промышленном, химическом, дорожном, мелиоративном и других видах строительства.

Конструкторы экскаваторов считают, что борьба машин с нулевым свесом и обычной схемы будет продолжаться с переменным успехом. Инженеры Bobcat полагают, что модели с нулевым свесом поворотной платформы все-таки приобретут большую популярность по сравнению со стандартной конфигурацией, несмотря на видимые преимущества обоих типов машин.

Terex также планирует выпускать оба типа экскаваторов. В то же время Volvo стремится к обновлению модельного ряда компактных экскаваторов обычной схемы, именно с этой целью были запущены в производство EC35C и ECR48C, а EC27C и EC55C [2].

Усовершенствование двигателей для экскаваторов в первую очередь направлено на сокращение выброса загрязнений. Среди других требований, предъявляемых к современным машинам этого типа, оборудование их противоугонными системами, системами контроля за течами в гидросистеме, а также системой автоматического перевода двигателя на режим холостого хода при отсутствии нагрузки.

В будущем для снижения уровня выбросов загрязнений на экскаваторах возможно внедрение силовых установок электрических или гибридных схем.

Классические экскаваторы и сегодня остаются группой строительных машин, которая постоянно развивается. Практически все ведущие фирмы-производители экскаваторов ежегодно предлагают на рынке новые модельные ряды и новинки техники.

**Заключение.** В статье рассмотрены и проанализированы основные тенденции развития одноковшовых гидравлических экскаваторов от ведущих зарубежных производителей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Максименко, А. Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин / А. Н. Максименко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 400 с.
2. Первый экскаваторный портал // Новости и обзоры [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: [http://exkavator.ru/articles/inf\\_articles/~id=668/.html/](http://exkavator.ru/articles/inf_articles/~id=668/.html/). – Дата доступа: 07.10.2018.

## ИНЖЕНЕРНО-АГРОНОМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОГО ТЕХНОГЕНЕЗА

В. В. ЛИНЬКОВ, канд. с.-х. наук, доцент

УО «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»,  
Витебск, Республика Беларусь

**Введение.** Современное сельскохозяйственное производство растениеводческой продукции окружено пристальным вниманием отечественных и зарубежных ученых и исследователей [1–21], находящихся в постоянном поиске решения проблемы максимальной утилизации органического вещества растительными сообществами с минимальными энергетическими затратами трудно- или вообще невозможных энергетических ресурсов [4, 5, 8, 10, 17, 20]. Поэтому процессы оптимизации производственно-экономического взаимодействия инженерно-агрономических систем лежат в плоскости направленного перераспределения ограниченных видов ресурсного потенциала сельскохозяйственной сферы производства – в сторону увеличения долевого участия в таком производстве высокотехнологичных средств земледелия [1, 2–7, 10–20]. С практической точки зрения это позволяет создавать такие агросистемы, которые способны давать больше качественной, экологически благоприятной и экономически оправданной сельскохозяйственной продукции с единицы площади.

**Обзор источников информации.** Современный техногенез необходимо рассматривать исходя из следующих двух позиций (рис. 1).

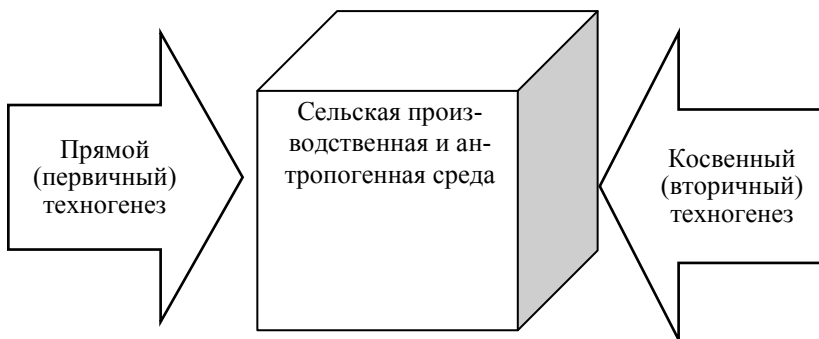


Рис. 1. Гиперфакторное действие техногенеза на агросистемы (составлено по [1–21] и новым собственным исследованиям)

Рис. 1 показывает важнейшее направление совершенствования сельской производственной и антропогенно-производственной среды, позволяющее повышать экономическую и экологическую составные части современных агросистем производства растениеводческой продукции при использовании таких понятий инженерно-агрономического взаимодействия, когда в производство высокотехнологичных средств производства и в сами аграрные технологии специалисты, руководители и непосредственные исполнители вкладывают душу, относятся к своей работе, окружающим людям, родной земле – с любовью, работают с самозабвением и бесконечной преданностью к избранной профессии, демонстрируя важнейшие направления социокультурной составляющей жизнеобитания – высокую духовность, патриотизм, служение родному Отечеству.

**Материал, методика и результаты исследований.** Исследования проводились в 2009–2018 гг. при производственном изучении использования современных технологических нормативов и регламентов производства растениеводческой продукции [15, 20] в условиях крупнотоварного агропредприятия ОАО «Рудаково» Витебского района. В исследованиях использовались методы анализа, синтеза, дедукции, сравнений, прикладной математики.

Результаты исследований показали, что использование метода функциональной синхронизации и других методологических основ создания высокоэффективных агросистем производства растениеводческой продукции в условиях активного инженерно-агрономического взаимодействия позволяет изыскивать скрытые внутрхозяйственные резервы такого производства: при производстве картофеля на семенные цели 466,7 руб/балло-гектар пашни, картофеля на продовольственные цели 103,4 руб., кукурузы на зерно 61,8 руб., однолетних кормовых культур (двух- и трехкомпонентных смесей) соответственно 23,7 и 31,4 руб., клевера розового, заготавливаемого на силос 49,8 руб., пшеницы озимой на семенные цели 93,1 руб/балло-гектар пашни.

**Заключение.** Таким образом, представленные исследования инженерно-агрономического взаимодействия в условиях современного техногенеза свидетельствуют о его высокой эффективности при создании агросистем нового типа.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Адаптация агроэкоосферы к условиям техногенеза = Agroecosphere adaptation to technogenesis conditions / Академия наук Республики Татарстан; ред. Р. Г. Ильязов. – Казань: Фэн: Академия наук Республики Татарстан, 2006. – 664 с.

2. 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: сб. статей I Междунар. науч.-практ. конф., Орел, 5 июня 2018 года. – Орел: ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ», 2018. – С. 168–172.

3. Внутрихозяйственная техногенная кластеризация агропредприятия / В. В. Линьков [и др.] // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины»: научно-практический журнал. – Витебск, 2015. – Т. 51, вып. 1, ч. 2. – С. 72–75.

4. Демолон, А. Рост и развитие культурных растений / А. Демолон. – Москва: Госсельхозиздат, 1961. – 400 с.

5. Жученко, А. А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика [Электронный ресурс]: в 3 т. / А. А. Жученко. – Москва: Агрорус, 2009. – Т. 2: Биологизация и экологизация интенсификационных процессов как основа перехода к адаптивному развитию АПК. Основы адаптивного использования природных, биологических и техногенных ресурсов. – 1098 с.

6. Золотая книга фермера / под ред. С. Рублева. – Ростов-на-Дону: Владис, 2010. – 608 с.

7. Клочков, А. В. Механизация сельского хозяйства в XX веке и современные перспективы / А. В. Клочков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – № 2. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.avtomash.ru/gur/2007/20070203.htm>. – Дата доступа : 26.10.2018.

8. Козловская, И. П. Основы агрономии / И. П. Козловская; под ред. И. П. Козловской. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. – 339 с.

9. Линьков, В. В. Агротехнологические особенности получения раннего продовольственного картофеля сорта Уладар на низкогидроморфных почвах / В. В. Линьков // Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сб. статей по материалам XII Междунар. науч.-практ. конф., Горки, 27–28 июня 2018 г. – Горки: БГСХА, 2018. – С. 124–127.

10. Линьков, В. В. Введение в прогрессивную агрономию / В. В. Линьков. – LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 167 с.

11. Линьков, В. В. Новая концепция теории и практики агроменеджмента / В. В. Линьков // Актуальные проблемы менеджмента в АПК: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. кафедры управления / гл. ред. И. В. Шафранская. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 82–84.

12. Линьков, В. В. Функциональная синхронизация почвообрабатывающих машин, основных характеристик почвы и вегетирующих растений в системе прогрессивной агрономии / В. В. Линьков // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. трудов по материалам Международной научно-практической конференции, посвященной памяти выдающегося ученого, педагога, академика, заслуженного деятеля науки и техники БССР С. И. Назарова и 70-летию образования факультета механизации сельского хозяйства / редкол.: В. Р. Петровец [и др.]. – Горки: БГСХА, 2018. – С. 97–100.

13. Матох, С. Инновационное развитие аграрного производства в Республике Беларусь / С. Матох // Аграрная экономика. – 2014. – № 7. – С. 11–15.

14. Мацукевич, В. Теоретические аспекты специализации сельскохозяйственного производства в современных экономических условиях / В. Мацукевич // Аграрная экономика. – 2014. – № 1. – С. 26–32.

15. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / Институт аграрной экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2008. – 462 с.
16. Петровец, В. Р. Научные школы и инновационные агроинженерные разработки ученых БГСХА / В. Р. Петровец, В. Н. Клименко // Вестці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. – 2015. – № 3. – С. 48–54.
17. Петровец, В. Р. Основы технологий сельскохозяйственного производства: курс лекций / В. Р. Петровец, Н. В. Чайчиц. – Горки: БГСХА, 2009. – 228 с.
18. Пиуновский, И. И. Принцип оптимальной энергоёмкости технологических процессов и средств механизации в сельскохозяйственном производстве / И. И. Пиуновский, В. Р. Петровец, Н. И. Дудко // Вестник УО БГСХА. – 2016. – № 1. – С. 98–101.
19. Пиуновский, И. И. Современные пути модернизации кормопроизводства / И. И. Пиуновский, В. Р. Петровец // Вестник УО БГСХА. – 2014. – № 2. – С. 215–219.
20. Привалов, Ф. Технологии для современной культуры земледелия [Электронный ресурс] / Ф. Привалов, В. Клименко, В. Петровец // Белорусское сельское хозяйство. – 2010. – № 4. – Режим доступа: <http://agriculture.by/articles/tehnika-i-tehnologii/tehnologii-dlja-sovremennoj-kultury-zemledelija>. – Дата доступа: 26.12.2015.
21. Sharma, D. Understanding Human Technogenesis: Human Development in the Post-Genomic World / D. Sharma // Genomic, Society and Policy. – 2008. – Vol. 4. – No. 3. – P. 89–102. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1186/1746-5354-4-3-89.pdf>. – Date of access: 26.10.2018.

УДК 631.365.22:62-662.3

## ПРОБЛЕМАТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕЙ НА МЕСТНЫХ ВИДАХ ТОПЛИВА НА ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНО-СУШИЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

В. П. ЧЕБОТАРЕВ<sup>1</sup>, д-р техн. наук, профессор;  
В. Н. ДАШКОВ<sup>1,2</sup>, д-р техн. наук, профессор;  
В. В. ПОДДУБИЦКИЙ<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>РНПУП «Институт энергетики национальной академии наук Беларуси»,  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** При нестабильной мировой экономической и энергетической обстановке и постоянном повышении цен на углеводородное топливо и импортную технику в Республике Беларусь проводятся мероприятия по импортозамещению и развитию альтернативной энергетики. В соответствии с государственными программами [1, 2] для нужд сельского хозяйства был разработан целый ряд отечественных машин и оборудования. Одним из сложнейших процессов послеуборочной обработки зерновых, зернобобовых и масличных культур явля-

ется сушка. Республиканские организации с успехом справились с поставленной задачей разработки зерноочистительно-сушильных комплексов. В период выполнения программы [1], на территории Беларуси существовало 4 предприятия, занимающихся данным видом оборудования: ОАО «Лидсельмаш», ООО «Амкодор-Можа», ОАО «Брестсельмаш» и ОАО «Казимировский опытно-экспериментальный завод». Однако большая часть построенных и строящихся комплексов работают на природном газе и дизельном топливе.

**Основная часть.** Выбор традиционных видов топлива, во-первых, связан с их доступностью, во-вторых – с необходимостью сушить большое количество урожая. На сегодняшний день Республика Беларусь является одной из самых газифицированных стран мира, и проведение газовых магистралей до самых отдаленных деревень не вызывает затруднений. После развала СССР в республике был принят курс на укрупнение сельскохозяйственных предприятий, и на данный момент большинство предприятий имеют в своем пользовании более 2,5 тыс. га пашни. При таких площадях валовый сбор урожая зерновых и масличных культур можно ожидать в районе 10000 т. Для сушки такого количества урожая в короткий срок необходимы высокопроизводительные зерносушилки (производительность не менее 30 плановых тонн пшеницы в час). На данный момент уже разработаны зерносушилки производительностью от 15 до 100 плановых тонн в час. Для сушки на этих зерносушилках необходимо затрачивать от 1,5 до 7 МВт тепловой энергии.

Существующие воздухонагреватели зерносушилок, работающих на местных видах топлива, не обеспечивают необходимую мощность и используются в старых зерносушилках малой производительности. Наиболее мощными серийными воздухонагревателями на местных видах топлива являются: ВУ-Т-1,5 (ООО «Амкодор-Можа») и ВНС-1,5 (ОАО «Агрокомплект»). Их тепловая мощность составляет 1,5 МВт, что едва хватает для обеспечения зерносушилок мощностью не более 20 плановых тонн. Недостатками данных воздухонагревателей являются нестабильность работы, связанной с периодичностью загрузок и неравномерностью физико-механических свойств топлив. И ВУ-Т-1,5, работающий на дровах, и ВНС-1,5, работающий на рулонах соломы, требуют для эксплуатации дополнительный обслуживающий персонал. Для решения данных проблем и увеличения тепловой мощности воздухонагревателей на местных видах топлива до 2–3,5 МВт, необходимо использовать измельченное топливо с автоматической подачей в

топку воздухонагревателя и распределением по топочному пространству. Мировые тенденции в этой области показывают необходимость иметь топки воздухонагревателей с подвижной колосниковой решеткой или с установленными распределителями топлива.

ООО «Амкодор-Можга» разработал воздухонагреватель ВТ-Р-2,0 с подвижной колосниковой решеткой и совместно с «Институтом энергетики НАН Беларуси» АТ-2 – с распределителями топлива. Данные воздухонагреватели способны работать в автоматическом режиме на древесной щепе и измельченной соломе.

Однако при несравнимых экономических преимуществах использования местных видов топлива [3] белорусские сельскохозяйственные предприятия не проявляют интереса к их использованию. Это связано исключительно с логистическими затруднениями поставок древесной щепы, так как по данным [4] в республике имеется более 1 млн. м<sup>3</sup> невостребованной щепы, и нежеланием использовать солому в качестве топлива, несмотря на планы использовать до 13 % соломы в энергетических нуждах [5, 6]. Опыт Дании [7] показывает, что можно тратить значительную часть урожая соломы на энергетические нужды при условии перехода животноводства к бесподстилочной форме содержания скота.

**Заключение.** Для обеспечения энергетической безопасности сельскохозяйственных предприятий республики следует большое внимание уделить использованию местных видов топлива для сушки сельскохозяйственных культур. С учетом международного опыта наиболее перспективными видами местного топлива являются древесина и солома в измельченном виде. Разработка воздухонагревателей, работающих на измельченном топливе и оснащенных распределительными органами (подвижная колосниковая решетка или распределители топлива в топочном пространстве), позволит использовать их на высокопроизводительных зерноочистительно-сушильных комплексах. Это позволит получать экономически выгодную и конкурентоспособную продукцию и защитит от постоянного удорожания углеводородного топлива.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Республиканская программа строительства и модернизации действующих зерноочистительно-сушильных комплексов на 2011–2015 годы. Утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 30.12.2010 г., № 1909.

2. Национальная программа развития местных и возобновляемых энергоисточников на 2011 – 2015 годы. Утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 10.05.2011 г., №586.

3. Экономические аспекты применения твердотопливных воздухонагревателей и местных видов топлива для сушки зерна / В. Н. Дашков [и др.] // Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза / Институт технологических и естественных наук в Фалентах, отделение в Варшаве. – Варшава, 2018. – С. 38–40.

4. Использование местных видов топлива в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь / В. П. Чеботарев [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 окт. 2009 г. / Национальная академия наук Беларуси, Республиканское унитарное предприятие Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства. – Минск, 2009. – Т. 2. – С. 33–37.

5. Сравнительный анализ местных видов топлива / В. П. Чеботарев [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск 17–19 окт. 2007 г. / Минск, 2007. – Т. 2. – С. 214–218.

6. Torben, S. Straw to Energy. Status, Technologies and Innovation in Denmark 2011 / S. Torben. – Tjele: Agro Business Park A/S, 2011. – 40 p.

УДК 631.362.3:633.491

## **К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РОЛИКОВЫХ КАЛИБРУЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

В. Н. ЕДНАЧ, канд. техн. наук;

В. П. ЧЕБОТАРЕВ, д-р техн. наук, профессор;

Д. Н. БОНДАРЕНКО, ст. преподаватель

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

**Ведение.** Важным компонентом пунктов послеуборочной обработки являются сортировальные машины с различными типами рабочих поверхностей. Наиболее распространенными в мировой и отечественной практике являются роликовые сортирующие поверхности с цилиндрическими или фигурными роликами. Но в то же время качество калибрования не обеспечивается в полной мере.

**Основная часть.** Многочисленными исследованиями установлено [1], что важным преимуществом роликовых сортировок является высокая точность разделения клубней по фракциям. Анализ сравнительных характеристик процесса сортирования на наиболее эффективных с точки зрения точности калибровки поверхностях показал, что недостатком роликовых поверхностей является значительная повреждае-

мость клубней, на порядок превышающая ан алогичный показатель транспортерных классификаторов.

Если по показателю точности сортирования роликовая рабочая поверхность практически соответствует действующим стандартам [2], то повреждаемость клубней не может быть признана удовлетворительной и диктует необходимость проведения дальнейших исследований с целью их снижения.

Изучение работы роликовых сортировальных поверхностей показывает, что основные повреждения наносятся клубням при защемлении или протаскивании их сквозь калибрующие щели или отверстия (при фигурных роликах) [3]. Защемление клубней отсутствует, если окружные скорости клубней относительно разнонаправленных роликов равны. Это возможно, если клубень имеет форму шара. Однако в реальности поверхность клубня имеет сложную форму, что приводит к проскальзыванию и защемлению клубней. Клубень при движении по роликовой поверхности ориентируется своей наибольшей длиной параллельно оси роликов. На основании этого можно рассматривать клубень как эллипс со сторонами, равными толщине и ширине клубня. Предположим, что защемление происходит в случае, если по ролику, движущему его вниз (первый ролик), клубень проходит большее расстояние, чем по ролику, движущему его вверх (второй ролик). При этом окружные скорости клубня относительно поверхности роликов будут разные. Это очевидно, если рассматривать фигуры эллипса и круга.

Рассмотрим две фигуры произвольных размеров – круг и эллипс. При повороте круга и эллипса на угол  $\psi$ , к примеру, равный  $45^\circ$ , круг любыми двумя точками на своей окружности пройдет одинаковое расстояние, а эллипс разными своими частями пройдет разное расстояние (не учитывая полный оборот). Эта закономерность показывает причину повреждения клубней на роликовых поверхностях.

Рассматривая эллипс с учетом данной закономерности, делаем вывод, что окружная скорость эллипса в различных частях разная и зависит от радиуса качения (расстояния от центра до точки измерения). Наибольшее отличие будут иметь точки, лежащие на наименьшем  $r_c$  (толщине) и наибольшем  $r_b$  (ширине) радиусах. Скорости в этих точках выразим как

$$V_c = \omega \cdot r_c, V_b = \omega \cdot r_b, \quad (1)$$

где  $\omega$  – угловая скорость клубня,  $c^{-1}$ .

Предположим, что система клубень между двумя роликами это фрикционный механизм, в котором вращение передается от первого ролика через клубень на второй ролик, при этом пренебрегаем силами трения и буксованием.

В зависимости от положения клубня на роликах возможен контакт клубня с наименьшим и наибольшим поперечным радиусами. При контакте клубня с первым (ведущим) роликом в зоне наименьшего поперечного радиуса клубня окружная скорость, передаваемая от первого ролика  $V_1$ , задающего движение системе, клубню, определяется как  $V_{kc}$ :

$$V_1 = 2 \cdot \pi \cdot n_1 \cdot R_1 = V_{kc} = 2 \cdot \pi \cdot n_k \cdot r_c \quad (2)$$

Окружная скорость, передаваемая второму ролику  $V_2$  от клубня в зоне контакта ролика с шириной клубня  $r_b$  и скоростью  $V_{kb}$ :

$$V_{kb} = 2 \cdot \pi \cdot n_k \cdot r_b = V_2 = 2 \cdot \pi \cdot n_2 \cdot R_2 \quad (3)$$

На основании чего можем предположить, что если разность скоростей от размеров клубня компенсировать разностью скоростей от вращения роликов, то защемления можно избежать. Разность скоростей обозначим как  $V_{вых}$  и определим по формуле

$$V_{вых} = V_{kb} - V_{kc} = 2 \cdot \pi \cdot n_k \cdot (r_b - r_c) \quad (4)$$

Разность скоростей, позволяющая клубням не защемляться роликами, определена из выражений (2) и (4)

$$V_{вых} = 2 \cdot \pi \cdot n_1 \cdot R_1 \cdot (r_b - r_c) / r_c \quad (5)$$

Пример расчета показал, что при частоте вращения ролика  $1,95 \text{ с}^{-1}$  и передаточном отношении 0,8 скорость выхода клубня  $0,096 \text{ м/с}$ .

Взаимосвязь скоростей роликов определена как

$$V_2 = V_1 + V_{вых} \quad (6)$$

$$2 \cdot \pi \cdot n_2 \cdot R_2 = 2 \cdot \pi (n_1 \cdot R_1 + n_k \cdot (r_b - r_c)) \quad (7)$$

После преобразования получим:

$$n_2 \cdot R_2 = n_1 \cdot R_1 + n_k \cdot (r_b - r_c) \quad (8)$$

После подстановки в полученное выражение (8) выражения (2), определим частоту вращения второго ролика:

$$n_2 \cdot R_2 = n_1 \cdot R_1 + \frac{n_1 \cdot R_1}{r_c} \cdot (r_b - r_c) = n_1 \cdot R_1 \cdot \left(1 + \frac{(r_b - r_c)}{r_c}\right),$$

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot R_1}{R_2} \cdot \left(1 + \frac{(r_b - r_c)}{r_c}\right). \quad (9)$$

Взаимосвязь между частотами вращения первого и крайнего роликов калибрующей поверхности с учетом количества роликов  $N$  получена из выражения (9) и определена как

$$n_N = \frac{n_1 \cdot R_1}{R_N} \cdot \left(1 + \frac{(r_b - r_c)}{r_c}\right)^{(N-1)}. \quad (10)$$

Передаточное отношение определено как

$$i' = \frac{n_2}{n_1} = \frac{R_1}{R_2} \cdot \left(1 + \frac{(r_b - r_c)}{r_c}\right) = 1 + \frac{(r_b - r_c)}{r_c} = \frac{r_b}{r_c}. \quad (11)$$

Соответственно, увеличение частоты вращения роликов от более медленного в центре поверхности к более быстрому ролику, находящемуся на краю поверхности с учетом формы клубня, может быть определено как

$$i' = b_{\kappa} / c_{\kappa}. \quad (12)$$

Необходимо учесть тот факт, что с конструктивной точки зрения у максимальной частоты вращения роликов есть ограничение, обусловленное отрывом клубней от поверхности, когда центробежное ускорение клубня на ролике превысит ускорение свободного падения. Максимальная частота вращения –  $3,9 \text{ с}^{-1}$  при радиусе роликов  $0,016 \text{ м}$  и среднем радиусе клубня  $0,025 \text{ м}$ . Кроме того, одним из условий ограничения частоты вращения роликов также может служить максимально допустимая скорость контакта клубня  $V_{\kappa \text{ max}} = 1 \text{ м/с}$  [1]. С учетом вышеперечисленных ограничений максимальной частоты вращения крайнего ролика передаточное отношение целесообразно рассчитывать в сторону уменьшения, и оно может быть определено как

$$i = c_{\kappa} / b_{\kappa}. \quad (13)$$

Анализируя предоставленные выражения, можно сделать вывод о целесообразности использования в конструкции роликовых калибрующих поверхностей индивидуального привода рабочих органов с воз-

возможностью бесступенчатой регулировки скорости вращения. В зависимости от преобладающей формы клубней задается передаточное отношение, установленное по средним значениям диапазона оборотов роликов калибровочного устройства.

Таким образом, проанализировав клубни различных сортов, таких как «Скарб», «Ласунак», «Адрета» и др., выделим пять основных форм (табл. 1).

Таблица 1. Коэффициент формы клубня в поперечном сечении

Форма клубня	Коэффициент формы Кр
Округлая	Более 0,9
Округлая – овальная	0,89...0,8
Овальная	0,79...0,7
Удлиненно – овальная (плоско-овальная)	0,7...0,61
Удлиненная (плоская)	Менее 0,6

Анализируя изложенное, приходим к выводу о целесообразности использования в качестве критерия передаточного отношения между роликами коэффициента формы. Приняв максимальную допустимую скорость роликов 1 м/с, можем определить скорость роликов калибрующей поверхности. Полученные результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2. Зависимость изменения окружной скорости роликов от передаточного числа

Передаточное число	Номер ролика				
	1	2	3	4	5
0,9	0,6561	0,729	0,81	0,9	1
0,85	0,522006	0,614125	0,7225	0,85	1
0,8	0,4096	0,512	0,64	0,8	1
0,75	0,316406	0,421875	0,5625	0,75	1
0,7	0,2401	0,343	0,49	0,7	1
0,65	0,178506	0,274625	0,4225	0,65	1
0,6	0,1296	0,216	0,36	0,6	1

Регулировка скоростей роликов проще всего осуществима при использовании гидропривода, путем установки дросселей и шайб, позволяющих изменять подачу масла на гидромоторы привода вальцов.

**Заключение.** Экспериментальная проверка роликовой сортирующей поверхности с регулируемым передаточным отношением показала

существенное снижение повреждаемости клубней в среднем на 15–45 %.

Учитывая разность скоростей роликов и особенность формы сорта картофеля, можно достичь высокого качества сортирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колчин, Н. Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей / Н. Н. Колчин. – М.: Машиностроение, 1982. – 268 с.

2. Картофель свежий продовольственный, заготавливаемый и поставляемый. Термины и определения: ГОСТ 7176–85. – Введ. 13.05.1985. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам, 1985. – 5 с.

3. Повышение эффективности предпродажной подготовки картофеля / В. Н. Еднач [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. темат. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2013. – Вып. 47. – Т. 1. – С. 181–187.

УДК 631.611

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ОСВОЕНИЯ ЦЕЛИННЫХ ЗЕМЕЛЬ В XX ВЕКЕ

И. М. КУЛИШ, канд. наук государственного управления,  
старший научный сотрудник ГУ «Институт региональных исследований  
им. М. И. Долишного Национальной академии наук Украины»,  
Львов, Украина

**Введение.** Сегодня большое внимание уделяется влиянию человеческой деятельности на природу, особенно в тех случаях, когда это имело негативные последствия или вызвало техногенные катастрофы, которые случаются повсеместно. Поиск путей решения проблем, которые возникают в результате губительных для окружающей среды действий человека прочно вошел в порядок дня многих международных организация и национальных стратегий развития большинства стран мира, среди главных целей которых – минимизация и нивелирование урона экологии.

Указанная проблема находится под пристальным вниманием исследователей, среди них ведущие украинские ученые: Д. Бирюков, В. Кравцов, П. Музыка, В. Потапенко, Е. Яковлев и многие другие. Этот вопрос не обходят вниманием и зарубежные исследователи: Д. Бабаева, Л. Браун, С. Старикович, С. Хадбаатар и другие. Исследованием проблем техногенного воздействия занимаются также межгосударственные институты: Организация Объединенных Наций, Евро-

пейское агентство по окружающей среде, Межправительственная группа экспертов по изменению климата, Региональный экологический центр Центральной и Восточной Европы. Кроме того, создано большое количество неправительственных природоохранных организаций, самые известные среди которых: Гринпис, Зеленый крест, Всемирный фонд дикой природы, Всемирный союз охраны природы и прочие.

**Основная часть.** Нерачительное отношение к природе имеет глубокие исторические корни. Очень часто человеческая деятельность превращает плодородные земли в непригодные для использования территории. К сожалению, объем данной статьи не позволяет детально рассмотреть большинство примеров. В данной статье внимание будет уделено изменению экологического и социально-экономического состояния сельских территорий в результате освоения новых земель в XX ст.

Среди экологических катастроф, которые повлекло освоения целинных земель в XX веке, следует, в первую очередь, назвать «Пыльный котел» (англ. – «Dust Bowl») – опустынивание земель западной части Канзаса, Юго-Восточного Колорадо, Оклахома Панхандл, двух третей северного Техасского Панхандла и северо-восточной части Нью-Мексико во время длительного периода сильных пыльных бурь в США (1930-е годы). Ситуация была усугублена тем, что по времени совпала с периодом сильной засухи, которая сама по себе не вызывает черных пыльных бурь. Хотя сухие периоды на указанных территориях неизбежны и происходят примерно каждые 25 лет, в описываемом случае имела место комбинация засухи и неправильного использования земли, что привело к невероятному по степени опустошения периоду «пыльных котлов». Первоначально рассматриваемая территория имела травяной покров, который прекрасно удерживал плодородный слой грунта. Однако позднее земля южных равнин была вспахана поселенцами, которые при обработке почвы использовали собственные, привычные для регионов, из которых они прибыли, методы ведения хозяйства. Пшеничные культуры, пользующиеся большим спросом во время Первой мировой войны, истощали верхний слой почвы. Перевыпас крупного рогатого скота и больших отар овец лишил западные равнины их покрытия. Когда обрушилась засуха, плодородный слой земли просто сдуло ветром. Начиная с 1935 года были запущены федеральные природоохранные программы для восстановления «пылевого котла», которые предусматривали изменение основных методов веде-

ния сельского хозяйства региона, в частности, засевание больших площадей травой, почвозащитные севообороты, использование контурной вспашки, полосное размещение сельскохозяйственных культур, выращивание полевых защитных и противозерозионных лесных полос и т. п. Фермеры были крайне недовольны критикой их методов ведения сельского хозяйства и сопротивлялись внедрению предложенных программ. Они пошли на уступки, т. е. начали применять новые методы ведения сельского хозяйства только после получения соответствующей компенсации от правительства США. Доллар за акр, который они зарабатывали, часто означал разницу между возможностью остаться немного дольше или покинуть свою землю. Историк Роберт Уорстер писал: «В итоге пыльные бури 1930-х годов показали, что Америка в целом, а не только равнины, была плохо сбалансирована со своей природной средой. Необоснованный оптимизм относительно будущего, неосторожное игнорирование ограничений и непредсказуемости природы, вера в провидение, склонность к самовозвеличанию – все это было как национальными, так и региональными особенностями» [1].

Проект по устранению последствий бурь «пыльного котла», который привел к значительной эрозии почвы и засухе, был инициирован президентом США Ф. Д. Рузвельтом. Лесная служба США полагала, что посадка деревьев по периметрам ферм существенно уменьшит скорость ветра и предотвратит испарение влаги из почвы. В рамках упомянутого проекта к 1942 году на пострадавшей территории было высажено 220 млн деревьев, которые составили полосу протяженностью 186000 миль (29 900 км) [2].

Еще одним крайне спорным решением в области сельского хозяйства было освоение целинных земель в СССР у 1954–1960 гг. (далее – целина). Планировалось увеличение производства зерна путем введения в оборот больших земельных ресурсов Казахстана, Поволжья, Урала, Сибири, Дальнего Востока.

Эта идея выдвигалась еще во времена царской России, однако натолкнулась на крепкое сопротивление ученых. М. Сердалин-Шубетов в докладе перед комиссией Сената по развитию торговли в Российской империи 8 марта 1890 г. доказал, что такое насильственное навязывание нетрадиционных видов деятельности, как земледелие и производство зерна в условиях ограниченности водных ресурсов и отсутствии плодородных земель, способно превратить эти земли в пустыню [3, с. 474–475].

Однако не смотря на наличие этих и других, не менее веских доводов, во время дискуссии относительно того, каким путем развивать сельское хозяйство: интенсивным или экстенсивным, Н. Хрущев настоял на экстенсивном пути, и в 1954 г. пленум ЦК КПСС принял постановление «О дальнейшем увеличении производства зерна в стране и про освоение целинных и залежных земель». Воплощение в жизнь этого решения обернулось большими потерями, которые усугубились вследствие обычной для того времени тяги к перевыполнению норм, планов и всевозможных показателей.

И. Трофимов указывает, что во время освоения целинных земель Алтайского края можно было избежать многих потерь, если бы не давление структур КПСС. По их указанию, кроме пригодных для сельскохозяйственных целей земель, были распаханы «...тысячи гектаров засоленных почв, склоновые земли и легкие супесчаные почвы, наиболее подверженные ветровой эрозии» [4, с. 36].

На освоение целинных земель было затрачено около 20 % всех средств, выделяемых СССР на нужды сельского хозяйства в 1954–1961 гг., только за два года (1954–1955 гг.) сюда было направлено огромное количество сельскохозяйственной техники, в том числе 21 760 тракторов, 5 970 комбайнов, около 4 000 автомашин и т. п. В это же время, на традиционно обрабатываемых территориях была острая нехватка техники, поэтому в сельское хозяйство вернулась практика повсеместного использования лошадей.

Дополнительными факторами, которые негативно повлияли на состояние освоенных целинных земель, стало неприятие руководством страны рекомендаций ученых, особенно практически единого мнения относительно необходимости оставлять около четверти пахотных земель под паром, а также предостережение относительно недопустимо большого количества вносимых минеральных удобрений [5, с. 655]. Тем не менее, важная цель – увеличение производства зерна и сокращение дефицита продовольствия была достигнута.

Однако вложенные в этот проект средства (только за 1954–1961 гг. – 5,3 млрд. рублей) вполне могли обеспечить повышение отдачи от уже обрабатываемых земель, тем более, что некогда целинные территории требовали и продолжают требовать больших вложений. Огромные средства, которые можно было бы использовать гораздо более эффективно, были потрачены впустую вследствие непроработанных планов и особенно полного отсутствия инфраструктуры (транспортной, производственной, социальной и т. п.).

Освоение целины имело большое влияние на формирование мировоззрения жителей СССР. Сегодня уже не секрет, что добровольно на эти работы ехали немногие, большинство же – «добровольно-принудительно», к этой категории относились, в первую очередь, члены КПСС и ВЛКСМ, демобилизованные солдаты, лица из так называемого «оргнабора», бывшие заключенные и т. д.

Небывалые урожаи, собранные с целинных земель в первые годы освоения, вызвали у руководства Монгольской Народной Республики желание воспользоваться таким удачным опытом соседнего государства. По примеру СССР Монголия тоже начала освоение целины (постановление Совета Министров МНР «О мероприятиях по развитию земледелия в 1959–1960 гг.», 1959 г.). С 1959 г. для освоения целинных земель МНР СССР начал осуществлять помощь сельскохозяйственной техникой и специалистами. Опыт земледелия у страны был достаточно ограниченным, поэтому освоение целинных земель Монголии имело те же позитивные и негативные последствия, что и целина СССР: удовлетворение потребности в зерне в краткий период и нарушение экологии территорий.

К сожалению, концепция развития земледелия и расширения пашни за счет целинных земель, разработанная в 50–60 гг. прошлого столетия и ее практическая реализация, не учитывали степени благоприятствования физико-географических комплексов для богарного земледелия, а также дальнейшие неизбежные изменения почвенно-экологических условий, в том числе возникновения такой сильной деградации почв, которая имела место (в настоящее время более 50 % распаханых целинных земель заброшено) [6, с. 124].

Тем не менее проекты по освоению целинных земель принимаются в МНР и сегодня, среди них Национальная программа «Целина-3», принятая в 2008 г., на ее осуществление был взят долг на сумму 300 млн. долларов США и закуплена сельхозтехника, семена и минеральные удобрения [7, с. 129].

**Выводы.** Таким образом, недостаточная научная подготовка, а иногда и полное ее отсутствие во время освоения целинных земель губительно отображается на жизнедеятельности населения. Освоение целинных земель в СРСР преследовало благую цель: обеспечение населения продовольствием, однако это решение имело кратковременный эффект, поскольку в 1970-х начался систематический импорт зерновых. Кроме того, из-за увеличения пахотных земель резко уменьшилась площадь пастбищ, что в свою очередь отразилось на животноводстве.

Большое значение имеет отношение государственных управленческих структур к необходимости проведения работ по восстановлению последствий освоения целинных земель, там, где меры принимаются незамедлительно, суммарный урон сельским территориям минимизирован.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. The American Experience: Drought [Electronic resource]. – Access Mode : <http://www.pbs.org/wgbh/americanexperience/features/dustbowl-drought/> (Retrieved March 15, 2015).
2. Hurt R. D. Forestry on the Great Plains, 1902–1942 / R. Douglas Hurt [Electronic resource]. – Access mode : <http://www-personal.k-state.edu/~jsherow/hurt2.htm>. (Retrieved November 12, 2018).
3. Большая Советская Энциклопедия: в 30 т. / редкол.: А. М. Прохоров (гл. ред.) [и др.]. – Изд. 3-е. – Т. 28. – М.: Изд-во «Советская Энциклопедия», 1978. – 616 с.
4. Трофимов, И. Т. Целина: плюсы и минусы / И. Т. Трофимов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2004. – № 1. – С. 36–38.
5. Таубман, У. Хрущев / Уильям Таубман; пер. с англ. Н. Л. Холмогоровой. – 2-е изд. – М.: Молодая гвардия, 2008. – 850 с.
6. Сандаг Хадбаатар. Ландшафтно-экологические особенности деградации богарных земель центральной части бассейна Селенги : дис. ... канд. геогр. наук: 25.00.23 / Сандаг Хадбаатар. – М.: МПГУ, 2010. – 221 с.
7. Дорж, Т. Торгово-экономическое сотрудничество между Монголией и Российской Федерацией и перспективы его развития / Т. Дорж // Здоровьесбережение народа: интеграция Восток-Запад: сб. материалов междунар. симпозиума, посвященного 20-летней научно-практической деятельности в Республике Саха (Якутия) доктора биологических наук, кандидата медицинских наук, профессора тибетской медицины, духовного просветителя Буджав Баасансурэна. – Россия, Якутск, Якутская государственная сельскохозяйственная академия, 18–20 сент. 2013 г. – Киров: МЦНИП, 2014. – С. 121–128.

УДК 331.46:311

## ОПАСНОСТЬ ВЗРЫВА ПЫЛЕВЫХ ОТХОДОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. Г. КРАВЦОВ, д-р техн. наук, профессор  
РУН «Научно-технологический парк «Белбиоград» НАН Беларуси»;

Л. Г. ОСНОВИНА, канд. техн. наук, доцент;  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»;

Р. С. СТАРОСТО, преподаватель  
ГУО «Университет гражданской защиты МЧС Беларуси»  
Минск, Республика Беларусь

**Введение.** Обеспечение безопасности является одной из приоритетных задач в существовании любого государства. Самые разные

сферы жизни общества непосредственно затрагиваются ею. Поэтому соблюдению правил пожарной безопасности в целях защиты жизни и здоровья работников, сохранению государственного имущества должно уделяться особое внимание.

На предприятиях ежедневно перерабатывается большой объем материалов, ежедневно работает большое количество людей, что неизменно приводит к большой пожарной и взрывопожарной опасности. Наибольшая опасность находится в цехах, где в обращении находятся горючие вещества – пыли. Взрывы на таких объектах могут приводить не только к большим экономическим потерям, но и к человеческим жертвам. Развитие промышленности вызывает постоянный рост количества взрывов с гибелью людей [1]. Для предотвращения взрывов и возгораний в этих помещениях необходимо соблюдать меры предосторожности. Обеспечение пожарной безопасности промышленных предприятий является одной из приоритетных задач системы пожарной безопасности Республики Беларусь [2]. Следовательно, обеспечение пожарной безопасности объектов с обращением взрывоопасных пылей на сегодняшний день является актуальным вопросом обеспечения безопасности людей и объектов в целом.

В помещениях с обращением горючих пылей предусматривается комплекс мероприятий по обеспечению взрывозащиты [3, 4].

**Основная часть.** На всех этапах образования опасных концентраций пыли в производственном помещении крайне важны параметры пылевых частиц. Естественно, что в процессе механической обработки древесных материалов образуется целый спектр пылевых частиц – от сравнительно крупных до мелкодисперсной пыли. Поэтому важно знать распределение вероятностей для всех характеристик древесной пыли.

В процессе горения определенного объема аэрозвеси твердых горючих веществ (пылевзвесей) происходит выделение некоторого количества энергии, которое сравнимо с энергией, выделяемой в процессе горения паровоздушной смеси. Однако вне зависимости от количества твердой фазы, участвующей в процессе горения, наличие достаточно мелких частиц пыли может вызвать ее взрыв. Мощность взрыва (скорость высвобождения энергии) связана с таким важным параметром, как скорость роста давления. В отличие от взрыва парового облака процесс горения (окисления) твердых частиц пыли происходит на границе твердое вещество/газ и при прочих равных условиях чем мельче твердые частицы пылевзвесей, тем быстрее горение.

Вообще говоря, взрыв пыли произойдет в том случае, когда части-

цы вещества, составляющего твердую фазу пылевзвеси, имеют размер, достаточный для прохождения через стандартное сито, т. е. менее 76 мкм.

На практике механизм наиболее разрушительных взрывов пыли аналогичен взрывам на угольных шахтах: первоначальный инициирующий взрыв способствует возмущению пыли, что приводит к последующему более мощному взрыву.

Вместе с тем древесная пыль вследствие своей летучести (при наличии щелей в кожухах станков и транспортеров) легко проникает в помещение, угрожает здоровью людей и представляет собой подходящую среду для возникновения пожара и взрыва. Следовательно, более правильно ставить вопрос не об использовании древесной пыли, а о борьбе с ней.

При нормальной работе оборудования и аспирационных систем концентрация пыли в воздушной среде невзрывоопасна. Ее величина меньше нижнего концентрационного предела взрываемости пыли.

Взрыв взвешенной пыли может носить местный характер (хлопок). При больших залежах пыль от хлопка неизбежно переходит во взвешенное состояние. Концентрация пыли в воздухе становится взрывоопасной, вследствие чего повторный взрыв будет большей силы, его ударная волна вызовет переход во взвешенное состояние всей массы отложений пыли и может привести к новым, еще большим взрывам, способным разрушить здание.

**Заключение.** Таким образом, анализируя, с одной стороны, взрывопожароопасность пыли, обращающихся на предприятиях, а с другой – возможность достоверной оценки взрывопожароопасности помещений с обращением горючих пылей, можно сделать вывод о решающей роли последней в обеспечении безопасного функционирования таких предприятия и персонала на них. В связи с этим существует необходимость разработки новых или корректировки существующих принципов, критериев и методов оценки взрывопожароопасности помещений пылепроизводящих предприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. List of Accidents and Disasters by Death Toll [Electronic resource]. – Mode of access: [http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_accidents\\_and\\_disasters\\_by\\_death\\_toll](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_accidents_and_disasters_by_death_toll). – Date of access: 11–13.07.2011.
2. Disaster list [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.emdat.be/disaster-list>. – Date of access: 12.10.2015.
3. Взрывобезопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.010-76\* (СТ СЭВ 3517-81). –

Введ. 01.01.78. – М.: Госстрой СССР. 1976. – 7 с. – (Система стандартов безопасности труда).

4. Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen. Richtlinie 94/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates : RL 94/9/EG. – Einführen 23.03.94. – Europäischen Gemeinschaften, 2003. – 34 S.

УДК 636.5:621.3

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ПТИЦЕВОДСТВЕ

А. В. СКЛЯР, канд. с.-х. наук  
ООО «БигДачмен», Россия;

Т. Е. МАРИНЧЕНКО – науч. сотр.  
ФГБНУ «Росинформагротех», Россия;

В. И. МИНАЕВ, В. В. МОХОВ  
Череповецкая птицефабрика, Россия

**Введение.** В себестоимости продукции птицеводства после затрат на корма и зарплаты находятся траты на энергообеспечение, основную долю в которых занимает оплата электроэнергии [1]. Годовое потребление электричества, например, птицефабрикой (пф) на 14–15 тыс. т мяса в год до недавнего времени составляло 16–19 млн. квт-ч в бройлерниках до 70 % нагрузки приходилось на микроклимат (брудеры, вентиляция и т. п.), 25 % – на освещение (лампы накаливания), остальное – на кормораздачу и другие технологические операции. С внедрением светодиодного освещения, систем вентиляции на разрежении с менее энергозатратными осевыми вентиляторами это соотношение изменилось, но непрерывный рост цен на энергоносители оставляет вопрос снижения расходов на энергетическую составляющую в числе актуальных [2].

В период реформирования единой энергосистемы РФ предполагалось, что разделение генерации, сетевиков и сбыта, при создании рыночных условий потребителю позволит последнему свободно выбирать поставщиков по критерию «цена – качество» и снижать затраты.

Работниками ОАО «АПК-ОГО» с участием независимых специалистов был выполнен цикл работ по комплексной оценке возможных вариантов, производственной поверке и внедрению наиболее эффективного приема снижения затрат на электричество. При проведении анализа рассматривались несколько вариантов снижения затрат при обеспечении ПФ нужным по году объемом электроэнергии.

**Основная часть.** При проведении анализа рассматривались следующие возможности снижения затрат при обеспечении ПФ нужным по году объемом электроэнергии: переход на многозонные тарифы с установкой систем АИИСКУЭ, перевод электропитания хозяйства на более высокое напряжение, выход ПФ на оптовый рынок электроэнергии и мощностей, смена гарантирующего поставщика, «малая генерация» с использованием в том числе традиционных видов топлива, т. е. производство на фабрике части нужного годового объема электричества по ценам ниже сетевых.

По первой группе анализировалась только зонность (в пределах 1 и 2 ценовых категорий), поскольку возможный эффект от 2-ставочных цен с оплатой за мощность несопоставимо мал по сравнению с первой составляющей. Расчеты по всем вариантам 2- (ночь – день) и 3-зонных цен (ночь – полупик – пик) показали, что переход с 1-зонной оплаты на 2- и 3-зонные расчеты не дает экономии за потребленное электричество для ПФ, что связано со спецификой производства: основные энергоемкие процессы (вентиляция, освещение, обогрев всех птичников при содержании поголовья, а также инкубирование яиц, работа холодильников и морозильных камер, очистных сооружений) идут круглосуточно и всесезонно, исключая все возможности смещения этих операций по времени суток. Те немногие процессы (например, заполнение резервуара напорной башни и т. п.), которые можно перенести на ночные часы, на фоне общего энергопотребления ПФ не значительные по объемам, а затраты на усложненный учет несоизмерно высоки.

Моделирование перевода ПФ на получение электроэнергии от сетей более высокого напряжения (ВН) по льготным ценам показало, что тарифами действительно предусмотрена дифференцированная оплата за получение потребителем электричества по четырем категориям: ВН (110 кВ и выше), среднее напряжение – СН1 (35 кВ) и СН2 (20-1 кВ) и НН (низкое напряжение – ниже тысячи вольт). При моделировании в группу оцениваемых ПФ была включена птицефабрика «Шекснинская», которая по ряду объективных причин при строительстве была запитана нетрадиционно, по глубокому вводу 110/10 кВ, и сохранила за собой обслуживание сборки по высокой стороне<sup>1</sup> в этой трансформаторной подстанции (ТП), имея квалифицированный спец персонал с доступом работы на ВН, и расплачивалась за электричество по самому

---

<sup>1</sup>Высокой стороной в электроэнергетике принято называть напряжение, поступающее на первичную обмотку трансформатора со стороны (например) ЛЭП. Как правило, это напряжение более высокое, чем снимаемое со вторичной обмотки трансформатора.

низкому тарифу. Цены в масштабах годового потребления более 10МВа на покупку 1кВт.ч по СН2 на 20 %, СН1 – на 27 и по ВН – на 37 % меньше, чем по НН. Эффективное использование этой льготы убедительно подтверждается многолетней практикой применения на Шекснинской ПФ подобной схемы экономии затрат на электричество. Но надо отметить, что широкое внедрение этого способа экономии в ПФ РФ маловероятно – за период с 1991 г. многие ПФ, проходя банкротство, лишились не только ТП с напряжением ВН и СН1, но и СН2, а эксплуатируют лишь ЛЭП-0,4 кВ. Возвратить ПФ сейчас ТП с ВН маловероятно.

Чтобы войти в Реестр участников Федерального оптового рынка электроэнергии и мощностей (ФОРЭМ), получив экономию на сбытовой надбавке, энергохозяйство потребителя должно отвечать ряду требований, основные из которых: ПФ надо иметь 20 и более МВа присоединенной мощности при не менее 0,75 МВа самой маломощной ТП; оснащенность электросетей потребителя системой АИИСКУЭ и др. Наиболее крупные ПФ РФ соответствуют требованию по общей мощности: «Синявино», «Волжанин», «Роскар», «Иртышская» и еще более десятка яичных ПФ с миллионными стадами кур-несушек и все бройлерные объединения, производящие по 100–150 и более тыс. т мяса в год, – «Михайловское», БЗРК, «ПФ-Северная» и др. Но специфика птицеводческого предприятия для обеспечения зооветеринарных разрывов в соответствии с РД-АПК 3.10.07.02-14 разделила территорию каждой ПФ целиком рядом санитарных зон (ширина по 300м), что привело к запитыванию цехов в этих зонах через сеть ТП 10(6)/0,4 кВ. В результате даже средние по объемам ПФ с присоединенной мощностью в 13 –19МВа имеют десятки ТП (ШПФ-19, ЧПФ-24) и значительная часть из них мощностью до 0,75 МВа. Такая же ситуация и на крупных ПФ, и в объединениях, а потому их выход на ФОРЭМ проблематичен.

О смене гарантирующего поставщика. Моделирование по ряду возможностей экономить средства на электроснабжении таким способом показало следующее. Процессуально смена поставщика возможна в условиях любой фабрики. Сама экономия от смены поставщика может заключаться в уменьшении величины сбытовой наценки (но она невелика – в среднем 2–2,5 % от цены 1 кВт.ч) и, в лучшем случае при более дешевой доставке с таким же дополнением за транспортировку. Такие совпадения возможны (равноудаленность, наличие параллельных ЛЭП-35, -110), но в целом это фактор достаточно ограниченных возможностей.

Направление «малой» энергетики. РФ имеет более 232 ГВт генерирующих мощностей, из которых 2/3 – тепловые станции, и большая часть их работает на газе. Так как на разведку новых месторождений, добычу и прокладку северных газотрасс нужно больше, чем инвестируется, то представляется, что стоимость газа в ближайший период будет все время расти, а на «газовый» кВт-ч, как вторичный продукт – на опережающий рост. И потому не случайно в федеральном законе № 35-ФЗ от 26.03.2003 г. «Об электроэнергетике» в ст. 29, п. 2 подчеркивается, что в основу государственной политики дальнейшего развития электроэнергетики закладывается использование новых направлений (нетрадиционные возобновляемые энергоресурсы – солнце, ветер, приливы и пр.), а также использование «малой» энергетики. Под «малой» энергетикой понимаются локальные (автономные по предприятиям, населенным пунктам) энергосистемы, в том числе и на традиционном топливе [3].

Экономическая легитимность малых систем основана на том, что теплотворная способность 1  $\text{м}^3$  газа по ГОСТ5544-2014 равна 8000 ккал, что без учета КПД трансформации эквивалентно  $8000/860=9,3$  кВт-ч электричества. С учетом рабочего диапазона варьирования КПД выработка электроэнергии на мини электростанциях (мини-ТЭС) будет в интервале 2,5–3,8 кВт-ч на 1  $\text{м}^3$  газа [4]. Моделируя малую энергетику, приемлемую для большинства ПФ, надо исходить из следующих положений: большинство хозяйств владеет только электросетью НН, уровень допустимой замены сетевого электричества электроэнергией собственной выработки должен быть таким, чтобы средств от поставок остального электричества хватало на реновацию всей сетевой структуры на ПФ (ТП-6(10)/0,4кВ и ЛЭП-6(10)кВ), обеспечение зарплаты сотрудников и определенного уровня прибыли. Моделирование и расчеты показали, для быстрой окупаемости мини-ТЭС надо ставить на отдельные цеха (участки) с предельно высоким присутственным коэффициентом спроса на присоединенные токоприемники и подбирать мощность генератора под нагрузки конкретного участка: родительского стада, ремонтного молодняка или часть товарной площадки, например, 18 напольных бройлерников – 315 кВт и т. п. В этих условиях мини-ТЭС способна за год выработать до 2,4–2,7 млн. кВт-ч, обеспечивая электроэнергией производство 10 тыс. т мяса бройлеров, две таких электростанции 20 тыс. т и т. д. На рис. 1 показана схема подключения контейнерной мини-ТЭС у существующей сетевой ТП-6(10)кВ к электролинии НН, принадлежащей ПФ, с отключением разъединителя на шинах низкого напряжения ТП.

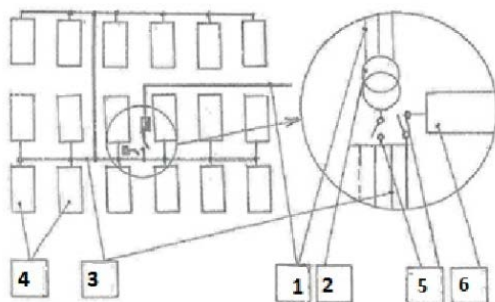


Рис. 1. Схема подключения к сетям НН

Экспликация: 1 – ЛЭП-6(10) кВ; 2 – трансформатор 6(10)/0,4 кВ; 3 – ЛЭП-0,4 кВ; 4 – потребитель электроэнергии (птичники); 5 – разъединители НН (электросеть – потребитель и потребитель – ГПД + ЭГ); 6 – мини-ТЭС (ГПД + ЭГ).

Надо отметить, что электрическая перекоммутация в таком случае происходит в зоне юридического правообладания ПФ – на линиях НН, никаких разрешительно-регламентирующих документов не требует. Электросети с ТП и ЛЭП-6(10)кВ в ПХ остаются для постоянных поставок остального объема электроэнергии и выполняют роль резерва всей фабрики. Для ввода в строй мини-ТЭС необходимо ее подключение к сетевому газу с выполнением проектных и монтажных работ специалистами районных газовых сетей. По присоединенной мощности мини-ТЭС на 315 кВт ее потребность газа составит 110 м<sup>3</sup>/ч, что примерно равно часовой потребности 2–2,2 бройлерников, и может быть получено за счет снижения расхода газа всего на нескольких птичниках, обслуживаемых мини-ТЭС, при установке в них утилизаторов тепла. Это позволит ПФ ввести в эксплуатацию нужное число мини-ТЭС без получения у газовых хозяйств разрешений на увеличение годового потребления газа.

Этот прием был апробирован в период проверки варианта мини-ТЭС на Череповецкой ПФ. Фабрика начала экономить существенные объемы тепла (и газа), установив теплоутилизаторы на большом числе птичников. Один из котлов ДКВР на котельной ПФ освободился от нагрузки. Это позволило установить паротурбогенератор (ПТГ) на 1,25 МВт (ПАО «Пролетарский завод», С-Петербург) в отдельном помещении при котельной и исключить все проблемы лимитов на объемы и подключения мини-ТЭС по газовой части (ПТГ по параметрам

хорошо стыкуется с ДКВР при выходном давлении до 2,5 МПа и температуре пара до 370 °С, а также давлении за турбиной 0,6–0,12 МПа). При реализованной схеме предстояло решить вопросы возможности совместной работы с электросетью, так как: по линиям НН передать 1250 кВт электроэнергии на несколько участков, удаленных от котельной более чем на 300 м, невозможно, а электрогенераторы мощностью 1,25 МВт – высоковольтные. Многолетняя эксплуатация мини-ТЭС Череповецкой ПФ с ежегодной выработкой до трети собственной электроэнергии (до 4 млн. кВт·ч при годовом объеме электропотребления в 12–13 млн. кВт·ч) позволила стабильно держать себестоимость вырабатываемого киловатт-часа в три раза ниже сетевого. Она подтвердила возможность совместного использования ПФ сетями ее ЛЭП-6(10) и ТП на территории фабрики (нужно лишь точно замерять «перетоки» и выяснять сколько и куда направить).

Здесь надо отметить, что зарубежные газопоршневые двигатели (ГПД) имеют достаточно высокие моторесурсы (ф. «Wilson») в 170–180 тыс часов наработки (это более 21,1 г. при 2 капремонтах), отечественные газопоршневики близки к ним по этим показателям («РыбинскКомплекс», «Русский Дизель», Балаково) [5]. В не имеющих сетевого газа ПФ могут использоваться мини-ТЭС, работающие на сырой нефти (ООО «Конвер» и ОАО «Коломенский завод»). Технические характеристики таких электростанций приведены в табл. 1.

Таблица 1. Технические характеристики контейнерных мини-ТЭС на газе и нефти

Показатели модель электростанций	ЭГП100К	ЭГН200К*	ЭГП200К	ЭГН315К*	ЭГП315К
Номинальная эл. Мощность, кВт	100	200	200	315	315
Номинальное напряжение, кВ	0,4/0,22	0,4/0,22	0,4/0,22	0,4/0,22	0,4/0,22
Частота, Гц	50	50	50	50	50
Мощность теплоутилизатора, кВт	150	250	250	460	460
В том числе на утил. отработ. газов, кВт	55	105	105	170	170
Расход топлива	35 нм <sup>3</sup> /ч	5,5 л/ч	70 нм <sup>3</sup> /ч	8,0 л/ч	110 нм <sup>3</sup> /ч
Габаритные размеры (Д.Ш.В), м	4,2.2,4.2,6	5,0.2,4.2,6	5,0.2,4.2,6	5,8.3,0.2,6	5,8.3,0.2,6

\*ЭГН работают на «сырой» нефти (резерв – печное и дизтопливо) у остального основного топлива – сетевой газ.

Экономическая эффективность эксплуатации ЭГП показана в табл. 2.

Таблица 2. Экономические показатели эксплуатации ЭГП

Показатели модель электростанций	ЭГП100К	ЭГП200К	ЭГП 315К
Стоимость ЭГП в базовой комплектация, тыс. руб.	2554,18	3776,82	5309,19
Общие капитальные затраты с локальными сетями, тыс руб.	3509,26	4731,90	6264,27
Общие расходы на эксплуатацию ЭГП, тыс. руб.	1370,68	2056,51	2863,52
Годовая выработка собственной электроэнергии, кВт-ч	670140	1340280	2110000
Стоимость годового объема собственной электроэнергии, тыс. руб.	2345,49	4690,98	7388,29
Себестоимость собственной электроэнергии, руб/кВт-ч	2,046	1,534	1,357
Срок окупаемости, лет	3,65	1,80	1,38

**Заключение.** На Череповецкой птицефабрике была выполнена комплексная оценка возможных вариантов, производственная проверка и внедрение наиболее эффективного приема снижения затрат на электричество – так называемой «малой генерации» с использованием традиционных видов топлива, т.е. производство на фабрике части нужно годового объема электричества по ценам ниже сетевых.

В соответствии с РД-АПК 3.10.07.02-14 цеха ПФ разделяются рядом санитарных зон (300 м), что приводит к необходимости запитывать цеха через сеть ТП 10(6)/0,4 кВ [3].

Моделирование показало, что для быстрой окупаемости МТЭС необходимо устанавливать на отдельные цеха (участки) с предельно высоким посуточным коэффициентом спроса на присоединенные токоприемники и подбирать мощность генератора под нагрузки конкретной площадки, например, 18 напольных бройлерников – 315 кВт и т.п. В этих условиях МТЭС способна за год выработать до 2,4–2,7 млн. кВт-ч, обеспечивая электроэнергией производство 10 тыс. т мяса бройлеров, две таких электростанции – 20 тыс. т и т.д.

Надо отметить, что электрическая перекоммутация в таком случае происходит исключительно в зоне юридического правообладания ПФ, на линиях низкого напряжения, и никаких разрешительно-регламентирующих документов не требуется. Электросети с ТП и ЛЭП-6(10)кВ в ПФ остаются для постоянных поставок остального объема электроэнергии в роли «горячего резерва» всей фабрики [4].

Для ввода в строй МТЭС необходимо подключение к сетевому газу с выполнением проектных и монтажных работ. По присоединенной мощности МТЭС на 315 кВт потребность газа составит  $110 \text{ м}^3/\text{ч}$ , что примерно равно часовой потребности 2–2,2 бройлерников и может быть получено за счет снижения расхода газа на нескольких птичниках, обслуживаемых МТЭС, при установке в них утилизаторов тепла [5]. Это позволит ПФ ввести в эксплуатацию нужное число МТЭС без получения у газовиков разрешений на увеличение годового потребления газа.

Именно такой прием был апробирован в период проверки варианта МТЭС на Череповецкой птицефабрике (основные соисполнители Минаев В. И., Мохов В. В.). Фабрика начала экономить существенные объемы тепла (и газа), установив теплоутилизаторы на большом числе птичников, и потому один из котлов ДКВР остался без нагрузки [6]. Это позволило, сделав паротурбогенератор (ПТГ) на 1,25 МВт (ПАО «Пролетарский завод», СПб.), установить его в отдельном помещении при котельной и исключить проблемы лимитов на объемы и подключения МТЭС по газовой части (ПТГ по параметрам хорошо стыкуется с ДКВР при выходном давлении до 2,5 МПа, температуре пара до  $370 \text{ }^\circ\text{C}$  и давлении за турбиной 0,6–0,12 МПа).

Предстояло обеспечить совместную работу с электросетью, поскольку электрогенераторы мощностью 1,25 МВт являются высоковольтными, так как линиям низкого напряжения передать 1,25 МВт электроэнергии на несколько площадок, удаленных от котельной более чем на 300 м, невозможно. В ПФ, где нет сетевого газа, могут использоваться работающие на сырой нефти МТЭС (ООО «Конвер» и ОАО «Коломенский завод»). Технические характеристики этих установок приведены в табл. 1, экономическая эффективность эксплуатации показана в табл. 2.

Эффективное использование тепла удаляемого воздуха с помощью рекуперативного теплоутилизатора позволило освободить от нагрузки один из котлов ДКВР и установить паротурбогенератор на 1,25 МВт. Такая модернизация позволила Череповецкой птицефабрике ежегодно вырабатывать посредством мини-ТЭС до трети от собственной электроэнергии, держать себестоимость вырабатываемого кВт·ч в три раза ниже сетевого. Она подтвердила возможность совместного использования ПФ и сетями ее ЛЭП-6(10) и ТП на территории фабрики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фисинин, В. И. Промышленное птицеводство / В. И. Фисинин [и др.]. – М., 2016. – 534 с.
2. Скляр, А. В. Оптимальные системы отопления для птичников / А. В. Скляр // Техника и оборудование для села. – 2014. – № 1. – С. 26–29.
3. Реализация инновационных проектов в АПК: опыт и перспективы. – М. – 2017. – 80 с.
4. Батырев, Г. А. Автономные системы энергоснабжения и энергосбережения мини-ТЭС / Г. А. Батырев, С. А. Сергеев // Электрика. – 2014. – № 3. – С. 13–19.
5. Газопоршневая электростанция. Особенности выбора и эксплуатации // Главный энергетик. – 2009. – № 11. – С. 21–24.
6. Маринченко, Т. Е. Повышение эффективности вентиляции в птицеводстве / А. В. Скляр, В. И. Минаев, В. В. Мохов // Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды, стандартов ЕС и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза: материалы XXIV Междунар. науч. конф. – 2018. – С. 168–170.

УДК 631. 331.032

### **К ОБОСНОВАНИЮ СПОСОБА ПОДАЧИ СЕМЯН В ЭЖЕКТОРНЫЙ ПИТАТЕЛЬ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СЕЯЛОК**

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

**Введение.** В настоящее время в мировой практике существует две разновидности пневматических централизованных высевальных систем (ПЦВС): с герметичным и открытым бункером. В пневматических централизованных высевальных системах первой разновидности существенно упрощается ввод материала в зону избыточного давления и снижаются затраты энергии на привод вентилятора. Но в данном случае увеличиваются затраты труда на изготовление сложных в конструктивном исполнении бункеров и существенно повышаются требования при эксплуатации этих машин в производстве. Небольшая разгерметизация бункера приводит к нарушению технологического процесса высева семян или же к забиванию высевальной системы в целом. Использование таких систем становится единственно возможным, если общее сопротивление ПЦВС достигает 4,5...5,5 кПа и выше. В этом случае эффективность эжекторных питателей существенно снижается, и их использование становится нецелесообразным.

**Основная часть.** Учитывая особенности эксплуатации сельскохозяйственных машин в нашей стране, усилия ученых направлены на создание ПЦВС с открытым бункером, которые значительно проще в конструктивном исполнении и более удобны для механизированной заправки. Но в таких системах усложняется дозирование и ввод семян в зону избыточного давления, возрастают потери давления и мощность на привод вентилятора из-за установки эжекторных питателей. С целью облегчения ввода семян в зону избыточного давления проводится много работ, направленных прежде всего на снижение общего сопротивления пневмосистем. Ведутся поиски принципиально новых схем ПЦВС, удовлетворяющих тем же условиям. Несмотря на это до сих пор одним из сложных вопросов в использовании пневматических систем является обеспечение нормального ввода материала в зону избыточного давления при негерметичном бункере. В некоторых промышленных пневматических системах этот вопрос решается с помощью специальных шлюзовых затворов или винтовых питателей, обеспечивающих изоляцию бункера от зоны ввода. Как показывают исследования [1, 2], эти аппараты имеют низкую надежность в работе, особенно в абразивной среде и требуют специального приводного двигателя с большой потребляемой мощностью. Проведенное нами патентное исследование показало, что на данный момент нет устройства, обеспечивающего одновременно изоляцию бункера от зоны ввода материала и нормальное дозирование его при высокой надежности в работе в абразивных средах и сравнительно низких энергетических показателях. Это обстоятельство говорит о целесообразности изыскания новых, более эффективных технических решений и способов ввода материала.

Процесс ввода материала в напорный трубопровод изучался Ю. П. Каюшниковым [3]. Им установлено, что при открытом негерметичном бункере удовлетворительная подача материала в трубопровод ленточным транспортным питателем обеспечивается только при определенной высоте слоя материала в бункере. В зависимости от вида материала и высоты слоя утечка воздуха в этом случае составляет от 15 до 40 м<sup>3</sup>/ч. При меньшей высоте слоя материала подача удобрений практически прекращается, резко возрастает утечка воздуха через бункер. При давлении в системе 3500 Па удовлетворительный ввод гранулированного суперфосфата наблюдался лишь при высоте слоя от 400 до 700 мм.

Следовательно, для обеспечения нормального ввода семян требуется определенный запирающий слой материала. Причем, высота его будет зависеть от объемного веса материала и давления в пневмосистеме.

Учитывая универсальность разрабатываемых пневматических систем сеялок (наличие легковесных семян трав), а также с целью изготовления бункеров относительно низкой конструкции, на наш взгляд, ввод материала следует осуществлять в зону с избыточным давлением равным нулю.

С этой точки зрения большой интерес представляет эжекторный питатель, особенно в ПЦВС с относительно низким общим сопротивлением пневмосистемы. Но его работоспособность в значительной степени зависит от состояния подаваемого материала (сыпучесть, влажность и др.). Согласно исследованиям, норма дозирования гранулированного суперфосфата в пневмопровод с пониженным давлением на 2 % по сравнению с атмосферным давлением, в 1,5...2,5 раза выше нормы дозирования в зону нормального атмосферного давления. Поэтому использование эжекторного питателя в пневмосистемах целесообразно одновременно с надежными дозирующими устройствами, подача материала которыми не зависит от степени разрежения в месте ввода семян.

При разработке экспериментальных сеялок в качестве дозатора нами была использована традиционная катушка, а эжекторный питатель сообщался с атмосферой, что исключало его влияние на норму высева семян.

Самым сложным местом в эжекторном питателе является вход семян в зону эжектирования, где семена подаются в воздушный поток практически с нулевой скоростью и затем разгоняются под действием энергии воздушного потока. Для улучшения ввода семян некоторые исследователи [4, 5] предлагают на начальном участке сообщить транспортируемым частицам ускорение, совпадающее по направлению со скоростью воздушного потока. По их мнению, это значительно снизит общий расход потребляемой мощности и появится возможность устойчиво транспортировать материал с меньшими скоростями при сравнительно больших концентрациях. Исследования Б. А. Нефедова [6] действительно показали, что наибольшие потери давления (до 50 %) при транспортировании минеральных удобрений на расстояние до 6 метров приходится на разгон частиц. Он рекомендует пневматический разгон частиц заменить механическим. Для этого применил пневмоцентробежный аппарат. Проведенный им расчет потерь давления и затрат мощности на привод вентилятора по результатам исследований показал, что механический разгон частиц удобрений по сравнению с пнев-

матическим снижает на 35–40 % потери давления в пневмосети и уменьшает на 20–30 % затраты мощности на привод вентилятора.

Мы также пришли к выводу, что ввод материала целесообразнее производить с некоторым механическим ускорением [7]. Но для этого предложили иную конструкцию механического ускорителя в виде щеточной катушки, так как пневмоцентробежный аппарат является металлоемкой конструкцией, требующей на привод сравнительно большой мощности. Щеточная катушка существенно улучшила энергетические показатели исследуемых систем и облегчила ввод семян в эжектор. Но использование таких ускорителей в реальных конструкциях сеялок еще больше усложняет дозирующие узлы пневмосистем, а многолетнюю надежность щеточного ускорителя трудно обеспечить ввиду его износа.

Некоторые исследования проводились с целью улучшения самого способа ввода материала. Например, Кузьмин Б. А. рекомендует устанавливать под входным окном питающего устройства промежуточную платформу с целью лучшего использования воздушного потока (в зону максимальных скоростей). Согласно его исследованиям [8], это повышает производительность пневмотранспортеров и снижает удельный расход энергии. Но установка таких платформ может быть осуществлена в промышленных пневмосистемах с большими поперечными сечениями воздушных каналов. Реализация этого решения практически невозможна в пневмосистемах сеялок из-за малого проходного сечения в зоне ввода семян. Но сама возможность улучшить использование энергии воздушного потока в зоне ввода семян заставила нас поставить специальный эксперимент по изучению данного явления. Суть эксперимента заключалась в том, что одну и ту же массу семян в пневмопровод подавали одной или двумя катушками (рассредоточили массу ячменя на два ввода). Герметичное выполнение бункеров и привод на катушечные высевальные аппараты позволяли осуществлять дозирование нормы высева ячменя одной или двумя катушками в один пневмопровод. Для оценки использования энергии воздушного потока нами были приняты потери давления воздуха на разгон материала при подаче семян одной или двумя катушками. Результаты этих исследований показали [9], что если одну и ту же массу подавать из двух мест (двумя дозаторами) вместо подачи этой же массы одним дозатором, то потери давления воздуха на разгон материала уменьшаются. Так, при подаче ячменя 109,0 г/с и скорости воздуха 23 м/с потери давления на разгон соответственно составили 350 Па и 450 Па, т. е. снизились на 100 Па.

На наш взгляд, это происходит в силу повышения КПД работы воздушного потока в зоне ввода. При подаче материала в одном месте практически с нулевой скоростью в зону транспортирования большая часть энергии воздушного потока расходуется на непроизводительное трение об увлекаемый продукт.

При уменьшении подачи эта разница уменьшается. В нашем опыте при подаче 36 г/с потери давления на разгон при подаче одним и двумя дозаторами оказались равными как при скорости воздуха 23 м/с, так при  $V_B = 26$  м/с. Следовательно, чем больше одна катушка подает семян, тем хуже используется энергия воздушного потока в зоне ввода. Таким образом, использование крупногабаритных катушек в пневматических централизованных высеваящих системах, которые обеспечивают подачу семян на 20...40 сошников одновременно (200...800 г/с), следует признать нерациональным. Учитывая полученные данные, нами была обоснована принципиальная схема пневматической системы зерновой сеялки, в которой один дозатор будет обслуживать 6...12 сошников [10].

Возможность снижения потерь давления на разгон материала в зависимости от способа ввода его в зону избыточного давления уточняет вывод докторской диссертации Н. Т. Гармаша [11], где он утверждает, что предельная величина чистых потерь давления на разгон частиц зависит «от массы транспортируемого груза, его начальной относительной скорости и скорости потока». С учетом полученных нами данных этот вывод можно записать более точно. «При определенном способе подачи материала в зону избыточного давления предельная величина чистых потерь давления на разгон частиц зависит от массы транспортируемого груза, его начальной относительной скорости и скорости потока». Эти результаты были использованы нами также при разработке эжекторных питателей для экспериментальных зерновых, пропашных и травяных сеялок.

**Заключение.** Проведенные теоретико-экспериментальные исследования системы подачи семян в зону избыточного давления пневматических сеялок позволили обосновать новый ленточный способ подачи семян в воздушный поток эжекторного питателя и принципиальное устройство для его осуществления, выполненное в виде воронки с направляющей семена стенкой, повторяющей часть циклоиды установленного вида, которая обеспечивает равномерную и разреженную подачу семян в эжекторный питатель с наиболее эффективным их захватом воздушным потоком и меньшими при этом гидравлическими

потерями в сравнении с существующими аналогами, за счет использования в зоне подачи питателя перехода прямоугольной формы от конфузора к диффузору (а не круглое, как в классическом варианте).

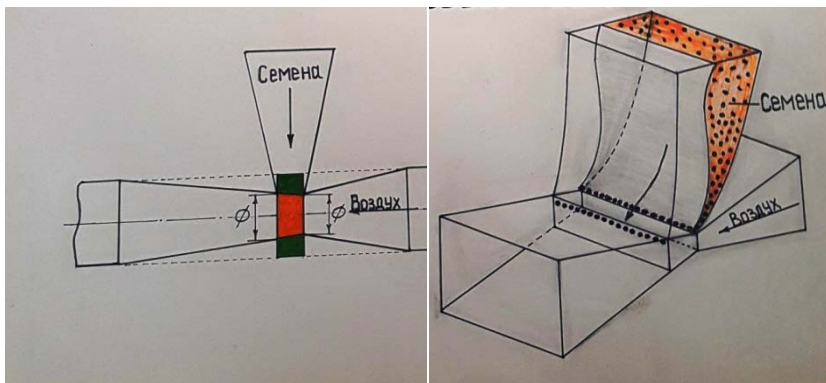


Рис. 1. Исследованные способы подачи семян

Это позволило вводить семена в зону эжектирования ровным рассредоточенным слоем, а не плотным потоком, что обеспечило заданную производительность разработанных пневматических систем по нормам высева.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Малис, А. Я. Пневматический транспорт сыпучих материалов при высоких концентрациях. – М.: Машиностроение, 1969. – 182 с.
2. Вдовенко, О. П. Машины и оборудование для пневматического транспортирования порошкообразных материалов / О. П. Вдовенко // Серия V. Обзоры по межотраслевой тематике. – М., 1969. – 36 с.
3. Каюшников, Ю. П. Исследование процесса разделения и транспортирования минеральных удобрений по горизонтальным трубопроводам пневматических сеялок: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ю. П. Каюшников. – ВИСХОМ, 1972. – 185 с.
4. Гармаш, Н. Т. Движение продуктов обмолота в вертикальном канале / Н. Т. Гармаш // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1960. – № 5. – С. 10–12.
5. Соловьев, М. И. К вопросу взвешивания и транспортирования зернистого материала в горизонтальном трубопроводе / М. И. Соловьев // Инженерно-физический журнал. – Т. VII. – № 10. – 1964. – С. 17–20.
6. Нефедов, Б. А. Разработка и исследование рабочих органов для внутрипочвенного внесения минеральных удобрений: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Б. А. Нефедов. – М.: ВИМ, 1978. – 16 с.

7. Гусинцев, Ф. Г. Влияние механического разгона семян на энергетические затраты в пневматических централизованных высевальных системах / Ф. Г. Гусинцев, В. С. Астахов // Сб. науч. тр. БСХА: Горки, 1983. – Вып. 105. – С. 48–51.

8. Кузьмин, Б. А. О повышении производительности и снижении затрат энергии пневмотранспортеров для сыпучих материалов / Б. А. Кузьмин // Тр. ВИМ. – Т. 46. – М., 1970. – С. 279–283.

9. Хорунженко, В. Е. К вопросу ввода материала в зону избыточного давления в пневматических централизованных высевальных системах сеялок / В. Е. Хорунженко, В. С. Астахов // Теория и методика создания почвообрабатывающих и посевных машин: сб. науч. тр. НПО. – Кировоград: Лан, 1996. – С. 151–156.

10. Астахов, В. С. К вопросу обоснования принципиальной схемы пневматической высевальной системы зерновой сеялки / В. С. Астахов // Актуальные проблемы развития АПК: сб. науч.-практ. конф. – Горки: БСХА, 1990. – С. 160–161.

11. Гармаш, Н. Т. Основы теории двухфазных воздушных потоков в рабочих процессах сельскохозяйственных машин: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Н. Т. Гармаш. – М., 1966. – 456 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Петровец В. Р.</b> Жизнь, отданная науке и воспитанию научных кадров.....	3
<b>Лабурдов О. П., Валюженич Г. А.</b> Исследование влияния способов внесения удобрений и посева зерновых на их урожайность.....	6
<b>Степук Л. Я., Петровец В. Р., Дудко Н. И.</b> К вопросу о повышении равномерности объемного дозирования минеральных удобрений.....	11
<b>Сысоев А. А.</b> Анализ конструкций сошников.....	19
<b>Валюженич Г. А.</b> Основные тенденции обеспечения экологической совместимости ходовых систем энергосредств с почвой.....	23
<b>Успенский В. А.</b> Повышение безопасности движения на железнодорожных переездах..	28
<b>Улахович А. Е.</b> Анализ энергоемкости процесса обмолота вороха мелкосемянных культур вальцовым рабочим органом.....	34
<b>Астахов В. С., Петровец В. Р.</b> Памяти академика С. И. Назарова.....	39
<b>Амеличев В. В., Петровец В. Р.</b> Исследование однодискового сошника для посадки картофеля при применении к картофелесажалке Л-201/202.....	42
<b>Петровец В. Р., Дудко Н. И.</b> О создании высокоточных дозирующих устройств к машинам сельскохозяйственного назначения.....	45
<b>Поздняков В. М., Зеленко С. А.</b> Применение вибропневматического оборудования для предпосевной подготовки семян технических культур.....	50
<b>Ткачева Л. Т., Бренч М. В.</b> Проблемы водопотребления в сельскохозяйственном производстве.....	54
<b>Ермак И. Т., Гармаза А. К., Балакир М. В., Киселев С. В.</b> Накопление радионуклидов в различных растительных сообществах и способы уменьшения их содержания в пищевых продуктах.....	60
<b>Мисун А. Л., Мисун И. Н., Иванушкина В. А.</b> Оценка запыленности воздуха на рабочем месте оператора кормоборочного комбайна.....	64
<b>Мальцевич Н. В., Основина Л. Г., Основин С. В.</b> Статистический анализ производственного травматизма в Республике Беларусь.....	68
<b>Основин С. В., Основина Л. Г., Мальцевич Н. В.</b> Стимулирование производственной деятельности по обеспечению охраны труда.....	72
<b>Куимов Е. А., Пляго А. В.</b> Определение эффективных показателей работы дизельного двигателя на ЭТЭ под нагрузкой.....	76
<b>Зубакин А. С., Плотников С. А., Малышкин П. Ю.</b> Определение кинематики привода заслонок смесителя ДВС при работе на генераторном газе.....	80
<b>Шипин А. И., Шапоров В. А.</b> Исследование моторных свойств биогазового топлива.....	83
<b>Куимов Е. А., Мотовилова М. В.</b> Термическое воздействие на рабочий процесс дизельного двигателя.....	87
<b>Петухович Е. Д., Кухаренок Г. М.</b> Альтернативные газовые топлива для автомобилей.....	91
<b>Плотников С. А., Бузиков Ш. В.</b> Теоретические предпосылки применения оптимальных составов смесевых топлив.....	94
<b>Малышкин П. Ю.</b> Воздействие на окружающую среду отработавших газов транспортных средств.....	99
<b>Бузиков Ш. В., Козлов И. С.</b> Определение оптимальных параметров работы дизельной топливоподающей аппаратуры на топливах с добавками рапсового масла.....	103
<b>Мажугин Е. И., Горелько В. М.</b> Обоснование параметров ковша экскаватора-дреноукладчика типа ЭПЦ-202.....	109
<b>Алексеевко А. С., Босак В. Н., Цайц М. В.</b> Анализ основных причин производственного травматизма в организациях Могилевской области.....	115

<b>Молош Т. В., Апетенко И. И.</b> Пути повышения производственной безопасности при послеуборочной обработке зерна.....	118
<b>Основина Л. Г., Мальцевич Н. В., Основин С. В.</b> Оценка общего уровня состояния охраны труда в организациях.....	121
<b>Даргель Р. С., Петухович Е. Д.</b> Нормы токсичности отработавших газов для автотракторных двигателей.....	125
<b>Лимонт А. С.</b> Корреляционно-регрессионные модели объемных и массово-размерных параметров тракторных прицепов.....	129
<b>Сачивко Т. В., Босак В. Н.</b> Проведение йодной профилактики при техногенных авариях на АЭС.....	134
<b>Мисун А. Л., Мисун Л. В., Драгуцану А. В.</b> К вопросу организации рабочего места оператора мобильной сельскохозяйственной техники.....	137
<b>Савенок Л. И.</b> Структурно-логические схемы в учебном процессе.....	140
<b>Босак В. Н., Чететкин А. С., Васильев В. В., Алексеев А. С., Цолбан Т. Л.</b> Переподготовка специалистов по охране труда в УО БГСХА.....	143
<b>Еднач В. Н., Чеботарев В. П., Дечко М. М.</b> Исследование разделения клубней картофеля на фракции роликовой калибрующей поверхностью.....	146
<b>Шапорев В. А.</b> Методы очистки и обогащения биогаза до биометана.....	150
<b>Симченков А. С.</b> Роботизированное доение коров.....	154
<b>Мачехин К. А., Гуцко И. Н.</b> Способы поддержания микроклимата в животноводческих помещениях.....	157
<b>Плотников С. А., Смольников М. В.</b> Исследование показателей процесса сторания новых этанолю-топливных эмульсий.....	159
<b>Крупенин П. Ю.</b> Совершенствование математической модели движения жидкого корма в каналах роторного кавитационного аппарата.....	164
<b>Горностаев Ю. О., Скакун Н. И., Хроменков П. С.</b> Обзор способов охлаждения молока.....	168
<b>Карташевич А. Н., Плотников С. А.</b> Новый подход к исследованию рабочего процесса дизеля.....	171
<b>Козлов С. И.</b> Анализ результатов отсеивающих экспериментов процесса экспандирования.....	175
<b>Андруш В. Г., Брынза М. А., Корчик С. А.</b> Аммиак в животноводческих помещениях.....	181
<b>Рубец С. Г.</b> Основные тенденции развития одноковшовых гидравлических экскаваторов.....	185
<b>Линьков В. В.</b> Инженерно-агрономическое взаимодействие в условиях современного техногенеза.....	188
<b>Чеботарев В. П., Дашков В. Н., Поддубицкий В. В.</b> Проблематика применения воздухонагревателей на местных видах топлива на зерноочистительно-сушильных комплексах Республики Беларусь.....	191
<b>Еднач В. Н., Чеботарев В. П., Бондаренко Д. Н.</b> К вопросу определения режимов работы роликовых калибрующих поверхностей.....	194
<b>Кулиш И. М.</b> Международный опыт освоения целинных земель в XX веке.....	199
<b>Кравцов А. Г., Основина Л. Г., Старосто Р. С.</b> Опасность взрыва пылевых отходов на предприятиях Республики Беларусь.....	204
<b>Скляр А. В., Маринченко Т. Е., Минаев В. И., Мохов В. В.</b> Энергосбережение в птицеводстве.....	207
<b>Астахов В. С., Петровец В. Р.</b> К обоснованию способа подачи семян в эжекторный питатель пневматических сеялок.....	215

Научное издание

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ  
И МЕХАНИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА

Сборник научных трудов

Выпуск 4

Редакторы *С. П. Добижи, Е. А. Сафронова*  
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*  
Компьютерный набор и верстка *С. А. Сидорова*

Подписано в печать 02.08.2019. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 13,02. Уч.-изд. л. 11,12.  
Тираж 20 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.  
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».  
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.