

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ**

---



**Республиканское унитарное предприятие  
«Научно-практический центр  
Национальной академии наук Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»**

---

# **Механизация и электрификация сельского хозяйства**

Межведомственный тематический сборник

*Основан в 1968 году*

**Выпуск 43**

В двух томах

**Том 2**

**Минск  
2009**

В сборнике опубликованы основные результаты исследований по разработке инновационных технологий и технических средств для их реализации при производстве продукции растениеводства и животноводства, рассмотрены вопросы технического сервиса машин и оборудования, использования топливно-энергетических ресурсов, разработки и применения энергосберегающих технологий, электрификации и автоматизации.

Материалы сборника могут быть использованы сотрудниками НИИ, КБ, специалистами хозяйств, студентами вузов и колледжей аграрного профиля.

Публикуются в двух томах.

***Редакционная коллегия:***

*доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси*

*П.П. Казакевич (главный редактор);*

*кандидат технических наук, доцент В.П. Чеботарев (зам. главного редактора);*

*доктора технических наук, профессора В.Н. Дашков, В.И. Передня,*

*И.И. Пиуновский, Л.Я. Степук, И.Н. Шило;*

*доктора технических наук, доценты В.В. Азаренко, И.И. Гируцкий;*

*кандидат технических наук, профессор В.П. Миклуш;*

*кандидаты технических наук, доценты В.Н. Гутман, В.О. Китиков;*

*кандидат экономических наук, доцент В.Г. Самосюк;*

*кандидаты технических наук Н.Г. Бакач, В.М. Изоитко, Н.Ф. Капустин,*

*В.К. Клыбик, Н.Д. Лепешкин, А.Л. Рапинчук, А.Л. Тимошук, М.Н. Трибуналов;*

*кандидаты экономических наук А.В. Ленский, Е.И. Михайловский.*

***Рецензенты:***

*доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси*

*П.П. Казакевич;*

*доктора технических наук, профессора В.Н. Дашков, В.И. Передня,*

*И.И. Пиуновский, Л.Я. Степук, И.Н. Шило;*

*доктора технических наук, доценты В.В. Азаренко, И.И. Гируцкий.*

Приказом Председателя ВАК Республики Беларусь от 4 июля 2005 года № 101 межведомственный тематический сборник «Механизация и электрификация сельского хозяйства» (РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства») включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам.

УДК 631.171.631.353.6

**С.В. Крылов, А.Д. Макуть,  
О.В. Макуть, И.Ю. Сержанин,  
И.М. Ковалева**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **СОВРЕМЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ ВОРОШЕНИЯ ТРАВЫ И ЕЕ ОЦЕНКА**

### **Введение**

К настоящему времени разработано большое количество технологий заготовки кормов на стойловый период. Но, несмотря на все их разнообразие, требования к скашиванию и провяливаю травы являются общими для всех технологий.

Сушка травы в естественных условиях – сложный биохимический процесс, который делится на два периода: голодного обмена, когда клетки еще живут в скошенных растениях, и второй период – после отмирания клеток [1,2].

Период голодного обмена длится до уровня влажности в растениях 40–50%, когда происходит потеря свободной влаги. Так как энергия связи воды близка к нулю, то она удаляется очень малыми усилиями и в короткий промежуток времени.

В этот период из-за дыхания клеток происходит распад и потеря питательных веществ. В основном теряются растворимые углеводы (сахар, крахмал), и одновременно происходит изменение белковых веществ, что приводит к увеличению амидов и аммиачных соединений.

Во втором периоде, после прекращения жизнедеятельности клеток, физиологические процессы сменяются биохимическими (автолиз), связанными с дальнейшим обезвоживанием растений [1,2]. Вместе с потерями питательных веществ из-за биохимических процессов происходят механические потери из-за обламывания нежных частей растений при сгребании. Эти потери зависят от свойств травы, способов сушки, погоды. Для люцерны в благоприятных погодных условиях потери из-за обламывания листьев и зеленых побегов составляют 10–15%, а при неблагоприятных погодных условиях возрастают до 60–65%. У бобовых растений (клевера, люцерны и др.) листья составляют примерно половину массы всего растения, в них содержится около 80% протеина, более 50% безазотных экстрактивных веществ, в листьях содержится в 8–20 раз больше каротина, чем в стеблях, и лишь клетчатка в листьях содержится около 20% [1,2].

Количество потерь питательных веществ, в основном, зависит от скорости сушки. Скорость сушки травы определяется не только внешними факторами (температурой, влажностью, скоростью движения окружающего воздуха). Вид, фаза вегетации, толщина стеблей и их плотность, облиственность растений, содержание гидрофильных коллоидов – все это определяет влагоудерживающую способность скошенной массы, и, соответственно, скорость сушки.

Чем выше содержание белка, пектина и сахаров, тем больше способность клеток удерживать влагу. Поэтому сушка бобовых происходит медленнее, чем злаковых.

Взаимосвязь сушки травы, скорости сушки и потерь питательных веществ наглядно демонстрируют следующие данные: при скармливании 1 тонны хорошей пастбищной травы дойным коровам можно получить 333 кг (100%) молока, а при скармливании той же травы в виде силоса – 242 кг (72,7%) молока; в виде сенажа – 262 кг (78,7%); в виде сена искусственной сушки – 190 кг (57,1%) молока; в виде сена полевой сушки – 80 кг (24,0%) молока. Это свидетельствует о том, что при сушке травы до влажности примерно 50% происходит до 20% потери питательных веществ, а при сушке травы до 17% потери составляют 43% либо 76% в зависимости от скорости сушки [1,2].

Все это подтверждается многовековой практикой заготовки сена. Так, первое ворошение проводят не сразу после кошения, а только по истечении нескольких часов, так как свободная влага легко покидает растение (начало голодного обмена). И заготовка сенажа попадает на период голодного обмена, поэтому требуется, как правило, однократное ворошение. Сушка сена захватывает оба периода и поэтому необходимо, как минимум, двукратное ворошение.

Ворошение травы существенно увеличивает скорость сушки. Однократное ворошение травы позволяет снизить влажность с 73% до 49%, без него влажность снижается лишь до 65% за три часа.

### Сельскохозяйственная техника для ворошения

Ведущие фирмы Западной Европы выпускают целую гамму специализированных ворошилок различных модификаций. Для сравнения различных машин в отечественной практике сельхозмашиностроения широко применяются удельные показатели ( $U$ ). Для ворошилок эти показатели определяются следующим образом:

$$\text{и } U_1 = m_g / L_3 \text{ и } U_2 = N_g / L_3 ,$$

где  $m_g$  – масса ворошилки, кг;

$L_3$  – ширина захвата ворошилки, м;

$N_g$  – мощность, кВт.

Технические характеристики зарубежных ворошилок и их рассчитанные удельные показатели представлены в таблице 1 [3–7].

На рисунке 1 представлен отдельный образец ворошилки, выпускаемой зарубежной фирмой.

Анализируя представленные в таблице 1 данные, полученные из рекламных проспектов иностранных фирм, необходимо учитывать возможное заметное завышение характеристик рекламируемой техники, особенно это касается наших производственных условий, несовпадение методик определения данных параметров. Это также касается, как правило, массы, производительности и потребляемой мощности сельскохозяйственной техники.

Таблица 1 – Технические данные зарубежных борошек

Марка Показатель	Количество роторов, шт.	Ширина захвата, м	Мощность, кВт	Масса, кг	$U_1$ , кг/м	$U_2$ , кВт/м
<b>Фирма «KUHН»</b>						
GF3701	4	3,7	11	327	88,4	2,97
GF4201 MH	4	4,2	15	452	107,6	3,57
GF5001 MH	4	5,0	15	513	102,6	3,00
GF50801MH1	6	5,75	20	720	125,2	3,48
<b>Фирма «Pöttinger zettkreisel»</b>						
441 HN	4	4,10	11	362	88,3	2,68
452 HN	4	5,20	15	411	79,0	2,88
676 A	6	7,60	22	500	65,9	2,89
<b>Фирма «Lely»</b>						
Lotus STABILO 460	4	4,60	15	600	130,4	3,26
Lotus STABILO 520	4	5,20	25	645	124,0	4,8
Lotus STABILO 600	4	6,00	35	730	121,7	5,83
Lotus STABILO 675	6	6,75	44	875	129,6	6,52
Lotus STABILOг 770	6	7,70	44	930	120,8	5,71
<b>Фирма «KRONE»</b>						
KWT7,7/6x7	6	7,7	37	1050	136,4	4,81
KWT8,80/8	8	8,8	37	1200	136,4	4,2
KWT10,50/8x7	6	10,5	37	1500	142,9	3,52
<b>Фирма «JF-Stoll»</b>						
Z 585 Pro	4	5,8	30	610	105,2	5,17
Z 685 Pro	6	6,8	50	870	127,9	7,35
Z 765 Pro	6	7,6	60	890	117,1	7,89
Z 905 D Pro	8	8,6	60	1240	144,7	7,00



Рисунок 1 – Борошка фирмы «Stoll»  
серии Z-905 PRO

нания борошек до ширины 3–3,2 м или располагают их вдоль продольной оси трактора [8,9].

Одной из основных тенденций развития сельского хозяйства в Европе является повышение производительности сельскохозяйственной техники. В частности, для борошения применяется все больше широкозахватных машин, большинство фирм оборудуют свои модели гидравлической системой подъема и складыва-

Представленные в таблице 1 данные наглядно демонстрируют, что развитие сельскохозяйственной техники идет по пути специализации.

Необходимо отметить, что фактически роторы и ходовая часть ворошилок зарубежных фирм мало чем отличаются друг от друга.

В противоположность мировой тенденции отечественная промышленность выпускает универсальные машины, предназначенные как для ворошения, так и сгребания: грабли ГР–700; грабли ГВР–630, грабли ГВР–320/420. Поэтому в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» была разработана специализированная ворошилка-вспушиватель ВВР–7,5.



**Рисунок 2 – Ворошилка-вспушиватель ВВР–7,5**

Ворошилка-вспушиватель ВВР–7,5 успешно прошла приемочные испытания и с 2009 года серийно выпускается на заводе ОАО «Лидсельмаш» (рисунок 2).

Основные характеристики, полученные в процессе приемочных испытаний, представлены в таблице 2.

Результаты испытаний (таблица 2) наглядно демонстрируют, что разработанная ворошилка-вспушиватель ВВР–7,5 не уступает по своим параметрам лучшим зарубежным аналогам, лишь по удельным показателям  $U_1$  и  $U_2$  есть отставание, что легко объясняется завышением своих данных фирмами, о чем сообщалось ранее.

Поэтому без серьезных производственных испытаний проблематично достоверно определить наилучшую модель.

Для более объективной оценки машин необходимо учитывать реальные производственные условия: урожайность ( $q$ ), производительность машины ( $Q$ ) и мощность ( $N$ ), затрачиваемую на выполнение данной сельскохозяйственной операции. Формула для такого показателя ( $e$ ) следующая:

$$e = \frac{N}{Q \cdot q}. \quad (1)$$

При этом все значения в формуле 1 должны быть выражены в системе СИ.

Для реальных условий испытаний в СПК «Агрофирма «Лучники» для ворошилки ВВР–7,5

$$e = 602 \text{ Дж/кг},$$

то есть при проведении операции ворошения ворошилка ВВР–7,5 затрачивает 602 Дж на один килограмм травы. Данный показатель позволяет проводить оценку энергозатрат для операций по кошению, ворошению и сгребанию травы, что является исследованием для отдельной статьи.

Таблица 2 – Технические характеристики ворошилки ВВР–7,5 по результатам испытаний в ГУ «Белорусская МИС»

Наименование показателя	Значение
Тип ворошилки	полунавесная
Состав агрегата, марка: трактора ворошилки	«Беларус–1025» ВВР–7,5
Вид работы	ворошение травы в валках
Габаритные размеры, мм, в рабочем положении: длина ширина высота в транспортном положении: длина ширина высота	3400 7700 2400 3700 3300 3700
Количество роторов, шт.	6
Тип колес	пневматические
Общее количество колес, в т.ч. транспортных, шт.	8 2
Количество двойных зубьев на одной граблине, шт.	1
Количество граблин на роторе, шт.	7
Частота вращения ВОМ трактора, мин <sup>-1</sup>	540,0
Привод	от ВОМ трактора
Скорость, км/ч: рабочая транспортная	11,2 15,0
Рабочая ширина захвата, м	7,4
Часовой расход топлива, кг/ч	10,5
Удельный расход топлива за основное время работы, кг/га	1,3
Удельные энергозатраты на физическую единицу наработки за основное время работы, кВт·ч/га	4,52
Коэффициент использования потребляемой мощности двигателя, %	49,0
Потребляемая мощность, кВт	37,5
Удельная материалоемкость, кг·ч/га	147,6
Удельный расход топлива за сменное время работы, кг/га	1,79
Коэффициент впусенности после ворошения, %	51,6
Производительность за час основного времени, га	8,3
Масса ворошилки, кг	1230
$U_1$ , кг/м	166,2
$U_2$ , кВт/м	5,06

Испытания ВВР–7,5 происходили в СПК «Агрофирма «Лучники» Слуцкого района, где ворошение ранее осуществлялось граблями ГР–700. По за-

ключениям специалистов данного хозяйства, производительность ГР–700 в 1,3–1,8 раза ниже производительности ВВР–7,5 (без учета более надежной работы ВВР–7,5). Это позволяет снизить себестоимость механизированных работ на 15%, а трудоемкость механизированных работ на 20%.

При значительном увеличении урожайности трав разработанная ворошилка-вспушиватель ВВР–7,5 не полностью сможет удовлетворить потребности сельского хозяйства Республики Беларусь.

Поэтому необходимо разработать новую ворошилку-вспушиватель с шириной захвата свыше 10 метров.

Расчет параметров ротационных граблей и ворошилок представлен в работах [10–12], в которых мощность, необходимая для вращения одного ротора, определяется по следующим формулам:

$$N = \frac{R^2 V \cdot q}{23,8 \cdot Z} \left[ f_1 (Z + 2) + \frac{8 \omega \dot{r}}{g} \right];$$
$$N = \frac{\pi \cdot R^2 V \cdot q}{Z} \left[ f_1 (Z + 2) + \frac{8 \omega \dot{r}}{g} \right],$$

где  $q$  – урожайность растительной массы;

$f_1$  – коэффициент трения сена по стерне;

$R$  – радиус ротора;

$V$  – поступательная скорость;

$\omega$  – частота вращения;

$\dot{r}$  – линейная скорость вращения;

$g$  – ускорение свободного падения.

Нетрудно заметить, что размерность данной формулы неверна, то есть при ее выводе допущены ошибки, кроме того, формула не учитывает вес самого ротора.

Если с помощью этих формул рассчитать мощность одного ротора ворошилки ВВР–7,5 по условиям испытаний, то получим значения 2,2 и 169,2. Однако источники не дают прямого указания – это  $Вт$  или  $кВт$ . Общая мощность, затрачиваемая на перемещение ворошилки и трактора, составляет 37,5  $кВт$  (таблица 2). Затраты мощности на перемещение ворошилки и трактора, рассчитанные согласно работе [13], составляют 19,3  $кВт$ . То есть мощность, затрачиваемая на ворошение, равна 18,2  $кВт$ . На один ротор приходится мощность, равная 3,0  $кВт$ . Это указывает на невозможность применения этих формул для расчета мощности ворошилок.

### Заключение

Представленные данные подтверждают своевременность разработки ВВР–7,5. Характеристики ВВР–7,5 не уступают зарубежным образцам. В настоящее время в отечественной литературе отсутствует удовлетворительный расчет необходимой мощности для ворошения специализированными ворошилками.

## Литература

1. Хохрин, С.Н. Корма и кормление животных / С.Н. Хохрин. – СПб.: Лам, 2002. – 512 с.
2. Кузьмин, Н.А. Кормопроизводство / Н.А. Кузьмин [и др.]. – М.: Колос, 2004. – 280 с.
3. Проспект фирмы «Kuhn». – 2008. – 179 с., ил..
4. Проспект фирмы «Pottinger zettkreisel». – 2008. – 47 с., ил.
5. Проспект фирмы «Lely». – Фонфельбюттель, 2000. – 4 с., ил.
6. Роторные ворошилки-вспушиватели Кроне: инструкция по эксплуатации. – 2001. – 39 с.
7. «JF-Stoll» Danmark [Elektronik resourse] / «JF-Stoll». – Sonderbong, 2009. – Mode of access: <http://www.jf-stoll.com/Default.aspx?ID=5818>. – Date of access: 30.06.2009.
8. Особов, В.И. Кормозаготовительная техника из Германии / В.И. Особов // Тракторы и сельхозмашины». – 1997. – С.32-35.
9. Особов, В.И. Сеноуборочные машины фирмы «Claas» / В.И. Особов // Техника и оборудование для села. – 2000. – №5. – С. 5-7.
10. Васильев, Т.К. К расчету параметров граблей роторного типа / Т.К. Васильев, Э.Б. Демешкевич, Б.И. Андрусенко // Тракторы и сельхозмашины. – 1975. – №4. – С. 22-24.
11. Андрусенко, Б.И. Исследование и изыскание оптимальных параметров рабочих органов граблей ворошилок ротационного типа: автореф. дис. канд. технич. наук: 06.08.01 / Б.И. Андрусенко. – М., 1976. – 21 с.
12. Особов, В.И. Сеноуборочные машины и комплексы / В.И. Особов, Г.К. Васильев. – М.: Машиностроение, 1983. – 308 с.
13. Лабоцкий, И.М. Результаты разработки полуприцепа специального ПС–60 / И.М. Лабоцкий [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2007. – Вып. 41. – С. 210-218.

УДК 631.171.631.353.6

**И.М. Лабоцкий, Н.А. Горбацевич,**

**В.С. Костюк, О.В. Макуть**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**К РАЗРАБОТКЕ  
ГРАБЛЕЙ-ВАЛКОВАТЕЛЯ  
С ЦЕНТРАЛЬНЫМ  
ФОРМИРОВАНИЕМ  
ВАЛКА ГВЦ–6,6**

### Введение

Технологии заготовки кормов реализуются в процессе выполнения отдельных операций, совокупность которых и определяет конечный вид получаемых кормов: сена, сенажа или силоса.

Сгребание трав в валки – обязательная операция во всех технологиях заготовки кормов. В основном для этого применяют специализированные грабли и грабли-ворошилки. Универсальные машины, осуществляющие операции сгребания и ворошения, выпускаются в очень ограниченных количествах. Наибольшее распространение получили ротационные грабли, которые сгребают травы граблинами, установленными на вращающихся роторах. Эти грабли имеют один, два или четыре ротора. Однороторные грабли производятся в навесном и прицепном вариантах, а двухроторные – в прицепном. Однороторные грабли имеют ширину захвата от 3,0 до 4,6 м. Наиболее распространены модели, у которых правый и левый роторы вращаются навстречу

друг другу и валок формируется в центре между ними (TS 800 фирмы «Fella» (Италия), GA 7301 фирмы «Kuhn» (Франция), Swadro 708 фирмы «Krone» (Германия)). Большинство конструкций двухроторных граблей имеют ширину захвата 6...7 м. Особенность этих моделей роторных граблей заключается в том, что они опираются на контурное шасси с четырьмя колесами, обеспечивающее хорошее копирование рельефа поля. Подвеска ротора на шасси балансирующая. Опорные колеса рамы граблей синхронно поворачиваются при повороте трактора. На одном роторе устанавливают от 8 до 14 граблей [1].

Названный тип граблей получает широкое распространение. Актуальным является применение граблей для работы с бобовыми травами и бобово-злаковыми травосмесями, поэтому необходимы исследовательские работы по обоснованию и выбору параметров граблей, обеспечивающих щадящий режим работы, а именно минимальные потери при уборке бобовых трав и травосмесей.

### Основная часть

Преимущество роторных граблей – щадящий режим работы граблей за счет более низких оборотов ротора и увеличенного количества граблей на нем, что дает возможность значительно сократить потери, использовать для работы при уборке бобовых и бобово-злаковых травосмесей.

Создаваемые грабли-валкователи должны применяться в составе существующих комплексов машин для заготовки кормов из трав, поэтому некоторые технологические параметры определяют параметры применяемых в комплексах машин.

Для скашивания трав в валки или прокосы в сельскохозяйственных организациях республики применяют косилочные агрегаты, ширина захвата которых от 2,1 м и 3,3 м (косилки КС–2,1; КДН–2,7; КДН–3,1; КПП–3,1; Disco 3000 фирмы «Claas»; FC302R/RC фирмы «Kuhn»; Easy Cut 320 CV фирмы «Krone» и др. Применяются также широкозахватные косилки с захватом 6 м и 9 м, которые созданы на основе двух или трех модулей с шириной захвата 3 м. Это косилки КПП–6, КПП–9, Disco 8550 фирмы «Claas», самоходная Cougar фирмы «Class» и др. [2]. На основании изложенного ширина захвата шлейфа последующих кормозаготовительных машин (ворошилок, граблей и др.) должна быть кратной ширине захвата применяемых косилок, а именно от 6,3 до 6,6 м. При такой ширине обеспечивается полная, на всю ширину захвата, загрузка граблей, снижается вероятность потери корма, уменьшаются затраты труда. Кроме того, ширину формируемых валков определяет ширина захвата подбирающего механизма пресс-подборщика, которая должна быть в пределах от 1,2 до 1,4 м.

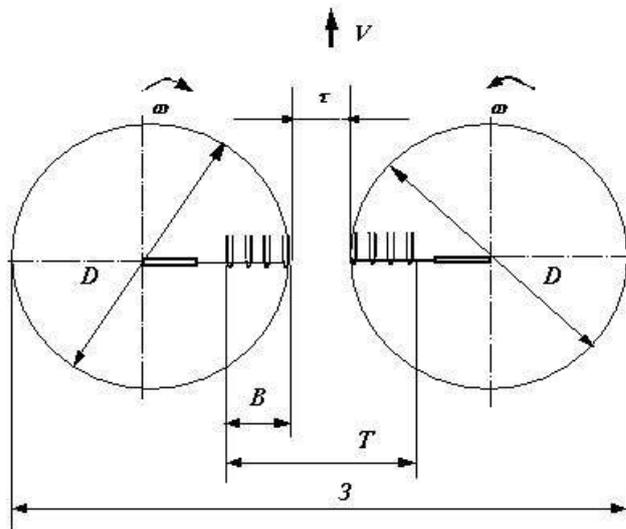
Используя конструктивную схему граблей (рисунок 3) определяем ширину захвата ( $Z$ ) и ширину валка ( $T$ ):

$$Z = 2D + \tau; \quad T = 2B + \tau,$$

где  $D$  – диаметр ротора, м;

$B$  – ширина граблины, м;

$\tau$  – технологический зазор между роторами ( $\tau = 0,1T$  или  $10\%T$ ).



$v$  – поступательная скорость машины;

$\omega$  – угловая скорость вращения ротора

**Рисунок 3 – Схема граблей-валкователя**

$$n = 60 \cdot \omega / 2\pi \leq 62 \dots 68 \text{ об/мин.}$$

По данным [1], основные параметры граблей: диаметр ротора, частота вращения, рабочая ширина граблины, число граблин, поступательная скорость граблей описываются уравнением (1):

$$2\pi\lambda/z = \sqrt{1-\lambda^2} - \sqrt{k^2-\lambda^2} - \lambda \arccos[(1/k)(\lambda^2 + \sqrt{1-\lambda^2} \cdot \sqrt{k^2-\lambda^2})], \quad (1)$$

где  $\lambda = v/(\omega R)$ ;

$k = (R-B)/R$ ;

$z$  – число граблин на роторе;

$v$  – поступательная скорость машины;

$\omega = 2\pi n$  – угловая скорость вращения ротора;

$n$  – число оборотов ротора в единицу времени;

$R$  – радиус ротора;

$B$  – ширина граблины.

Используя выражение (1) с учетом принятых ограничений значений радиуса ротора, частоты вращения, ширины граблины вычислено число граблин на роторе (таблица 3).

Анализ аналогичных расчетов по формуле (1) при других значениях входящих в нее переменных показывает, что для граблей-валкователя с центральным формированием валка наиболее рациональные параметры находятся в диапазоне:

- рабочая скорость от 6 до 12 км/ч;
- число оборотов ротора от 50 до 70 об/мин;

После преобразований и с учетом принятых ограничений получим:

$$B = (1,2 \dots 1,4 - 0,12 \dots 0,14) / 2 = 0,54 \dots 0,64 \text{ м};$$

$$D = (6,3 \dots 6,8 - 0,12 \dots 0,14) / 2 = 3,08 \dots 3,34 \text{ м}.$$

Установлено, что для снижения потерь и эффективности работы граблей линейная скорость граблин ( $0,5\omega D$ ) при сгребании не должна превышать 11 м/с [3].

Тогда частота вращения ротора должна быть

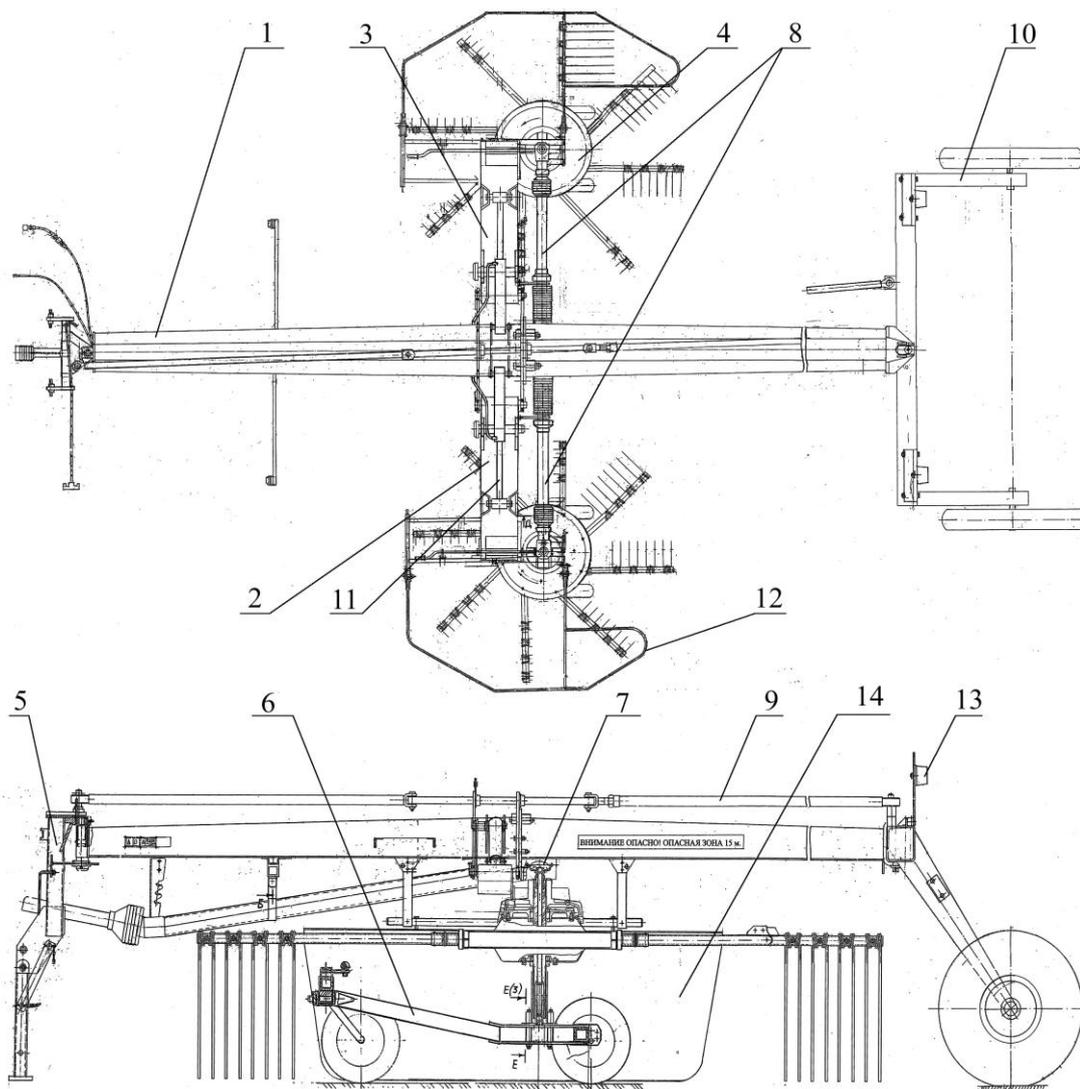
Таблица 3 – Расчетные значения числа граблин ( $z$ )

Обороты ротора ( $n$ ), об/мин.	Скорость агрегата ( $v$ ), км/ч					
	7	9	11	12	13	15
<b><math>B = 0,54 \text{ м}; R = 1,54 \text{ м}</math></b>						
45	5,1	6,8	8,9	10,0	11,4	14,8
50	4,5	6,0	7,7	8,6	9,7	12,1
55	4,1	5,4	6,8	7,6	8,5	10,4
60	3,7	4,9	6,2	6,8	7,6	9,1
62	3,6	4,7	5,9	6,6	7,2	8,7
64	3,5	4,6	5,7	6,3	7,0	8,4
66	3,4	4,4	5,5	6,1	6,7	8,0
68	3,3	4,3	5,3	5,9	6,5	7,7
70	3,2	4,1	5,2	5,7	6,3	7,4
<b><math>B = 0,64 \text{ м}; R = 1,67 \text{ м}</math></b>						
45	4,3	5,7	7,3	8,3	9,3	11,8
50	3,8	5,0	6,4	7,2	8,0	9,9
55	3,4	4,5	5,7	6,3	7,0	8,5
60	3,1	4,1	5,1	5,7	6,3	7,6
62	3,0	4,0	5,0	5,5	6,0	7,2
64	2,9	3,8	4,8	5,3	5,8	6,9
66	2,8	3,7	4,6	5,1	5,6	6,7
68	2,7	3,6	4,5	4,9	5,4	6,4
70	2,7	3,5	4,3	4,8	5,2	6,2

- число граблин на каждом роторе 8...10 шт;
- ширина захвата 6,3...6,8 м;
- диаметр ротора 3,2...3,4 м;
- ширина граблины 0,45...0,55 м.

На основании полученных расчетов и с учетом тенденций развития кормоуборочной техники созданы грабли-валкователь с центральным формированием валка.

Грабли (рисунок 4 и 5) состоят из рамы, левой и правой поворотных бабкок, двух роторов с граблинами, прицепного устройства, копирующего колесного хода, конического редуктора, карданных валов, продольной тяги управления опорным колесным ходом, опорного колесного хода, гидросистемы подъема роторов, защитных устройств и ограждений, светосигнального оборудования, фартука-экрана. Грабли оснащены механизмами, позволяющими производить регулировку зазора между концами зубьев граблин и почвой, регулировку бокового наклона ходовых механизмов роторов, стабилизацию от раскачивания роторов, регулировку подшипников ступиц колес. Роторы граблей защищены от перегрузок храповой муфтой. Механизм подъема ротора расположен на копирующем колесном ходу ротора. Кривошипная рукоятка управления выведена выше граблин вдоль рамы. Зазор между почвой и зубьями впереди роторов должен быть 20...30 мм. На высокоурожайных травах с тяжелой массой необходимо работать с зазором 50...100 мм, контролируя



1 – рама; 2 – поворотная балка левая; 3 – поворотная балка правая; 4 – ротор с граблинами; 5 – прицепное устройство; 6 – копирующий колесный ход; 7 – конический редуктор; 8 – карданные валы; 9 – продольная тяга; 10 – опорный колесный ход; 11 – гидросистема подъема роторов; 12 – ограждения; 13 – светосигнальное оборудование; 14 – фартук-щиток

**Рисунок 4 – Схема граблей-валкователя ГВЦ-6,6**



**Рисунок 5 – Грабли-валкователь ГВЦ-6,6 в рабочем положении**

качество выполнения технологического процесса. Во избежание поломок граблей при крутых поворотах, разворотах в конце гона, а также при переездах по полю роторы приподнимаются до специальных упоров.

В соответствии с микрорельефом поля, состоянием и количеством травы необходимо подобрать такую скорость движения, при которой обеспечивается сгребание с минимальными потерями. Установлено, что эта скорость не должна превышать 12 км/ч.

По техническим и эксплуатационным характеристикам (таблица 4), техническим возможностям грабли-валкователь ГВЦ–6,6 не уступают зарубежным аналогам.

По данным испытаний, удельный расход топлива не превышает значения, указанного в технической характеристике, а потери массы составили 1,6% (по ТЗ < 2%).

Таблица 4 – Технические и эксплуатационные характеристики граблей-валкователя ГВЦ–6,6

Показатели	Значения показателей
Тип	полунавесной
Агрегатирование	класс трактора 1,4
Производительность за 1 ч времени, га	
– основного	4,0...8,0
– сменного	2,8...5,6
– эксплуатационного	2,7...5,3
Ширина захвата, м	6,6
Рабочая скорость, км/ч	до 12,0
Транспортная скорость, км/ч	20
Количество роторов, шт.	2
Количество граблин на одном роторе, шт.	10
Количество двойных зубьев на одной граблине, шт.	4
Ширина сформированного валка, м	не более 1,4
Масса, кг	1750
Удельный расход топлива, кг/га	1,4
Срок службы, лет	6

Использование граблей-валкователя ГВЦ–6,6 обеспечит снижение приведенных затрат на 8,3%, прямых эксплуатационных – на 6,31%. Годовой экономический эффект составляет 1291,06 тыс. руб. Грабли-валкователь с центральным формированием валка ГВЦ–6,6 освоены в производстве с 2008 года на ОАО «Лидагропроммаш». Выпущена опытно-промышленная партия 20 штук для подконтрольной эксплуатации.

#### Заключение

1. Для уборки высокоурожайных трав разработаны и освоены в производстве грабли-валкователь с центральным формированием валка с независимой подвеской роторов к раме и четырехколесным ходом, обеспечивающим эффективное копирование поля и снижение потерь.

2. В отличие от своего аналога (граблей-ворошилки ГВР–630) на сгребających роторах установлено по 10 граблин, что позволило снизить обороты ротора на 25% и тем самым обеспечить более качественную работу граблей на бобовых и бобово-злаковых смесях.

3. Применение разработанных граблей-валкователя ГВЦ–6,6 позволит получить снижение себестоимости кормов и затрат труда, улучшить их качество при закладке на хранение.

### Литература

1. Особов, В.И. Тенденции развития конструкций зарубежных граблей-ворошилок / В.И. Особов, В.Е. Карасевич, И.Э. Демишкевич // Комплекс проблем машиностроения для животноводства и кормопроизводства: труды ВНИИКОМЖ. – 1989. – Т.14. – С. 9-19.
2. Буклагин, Д.С. Тенденции развития кормоуборочной техники за рубежом / Д.С. Буклагин // Техника и оборудование для села – 2000. – №5. – С. 5-7.
3. Пиуновский, И.И. Совершенствование машин для ворошения и сгребания скошенной травы / И.И. Пиуновский, А.А. Шупилов, П.В. Яровенко // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. – №3. – С.17-19.
4. Баранов, А.А. Семейство ротационных граблей-ворошилок «Простор» / А.А. Баранов [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства – 2000. – №11. – С. 10-13.

УДК 631.352

**И.М. Лабоцкий, А.В. Наумик**  
(*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь*)

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПЛЮЩЕНИЯ ТРАВ

### Введение

Основное требование к машинам, используемым при заготовке кормов из трав, – выполнение процесса заготовки с наименьшими потерями. Одним из способов является ускорение полевой сушки, обеспечиваемое дополнительной обработкой трав специальными устройствами, которые нарушают целостность стеблей растений путем расплющивания или удаления с их поверхности воскового защитного покрытия. Такая обработка способствует ускорению влагоотдачи при сушке [1,3].

Известны бильно-дековые устройства, которые нарушают или удаляют с поверхности растений восковое покрытие вращающимися на роторе бичами. Они применяются для обработки злаковых видов трав.

Для бобовых трав характерны специфические технологические особенности. В стадии бутонизации и начала цветения стебли имеют влажность до 85%, а листья и соцветия хрупки. При обработке бильными устройствами обрываются бутоны, соцветия и ветки растений. Образовавшиеся мелкие частицы при последующем ворошении, сгребании и подборе валков безвозвратно теряются. Более щадящий режим обработки бобовых трав обеспечивают вальцевые плющильные устройства, в которых стебли травы подвергаются раздавливанию и смятию вращающимися вальцами.

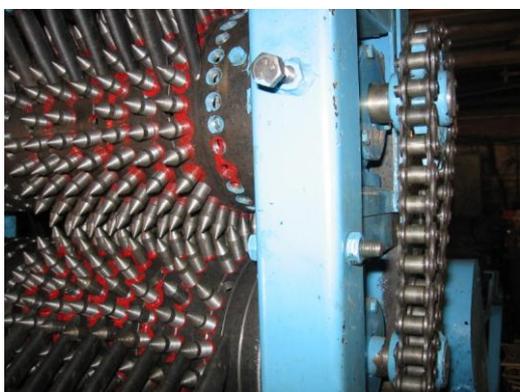
Конструктивно валцы изготавливают гладкими или со штифтами, зубчатыми с прямыми или шевронными зубьями. Валцы, покрытые резиной или полиуретаном, обеспечивают более щадящий режим обработки.

Применение названных устройств в конструкциях косилок сдерживается из-за отсутствия рекомендации по выбору и определению их параметров. Необходимы исследования по обоснованию основных параметров и режимов работы валцевых плющильных аппаратов для обработки бобовых трав.

### **Объекты и методика исследований**

Объектом исследований были устройства для плющения трав, выполненные в виде валцов со смонтированными штифтами, валцы с шевронными зубьями, покрытыми резиной, и бобовые травы (клевер красный).

Общий вид экспериментальных рабочих органов представлен на рисунках 6 и 7.



**Рисунок 6 – Валцы со штифтами**

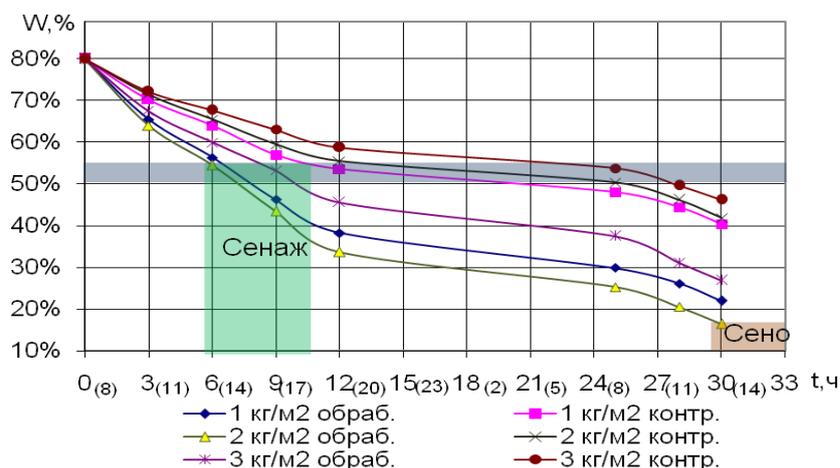


**Рисунок 7 – Валцы с шевронными  
обрезиненными зубьями**

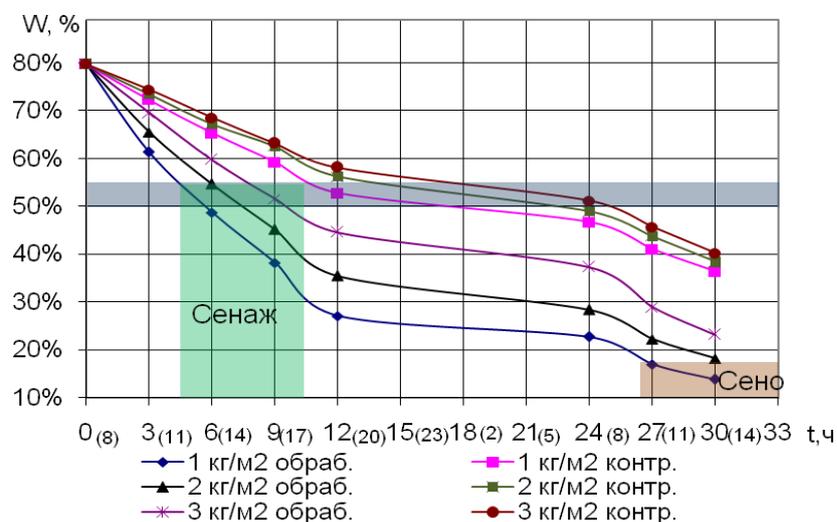
Исследования проводились в лабораторных условиях с применением экспериментальной установки, выполненной по типу валцевого плющильного аппарата косилки, при этом частота вращения валцов варьировала в пределах  $300\text{--}1000 \text{ мин}^{-1}$ . В реальных условиях урожайность клевера колеблется от 100 до 300  $\text{ц/га}$ . С учетом этого фактора осуществлялась обработка трав плотностью  $1 \text{ кг/м}^2$ , что соответствовало урожайности 100  $\text{ц/га}$ ;  $2 \text{ кг/м}^2$  – урожайности 200  $\text{ц/га}$  и  $3 \text{ кг/м}^2$  – 300  $\text{ц/га}$ . Исследования проводили при исходной влажности травяной массы 80%. Обработанная масса высушивалась в условиях полевой сушки до кондиционной влажности сена, при этом через равные промежутки времени фиксировалась влажность массы. Также при каждой обработке определяли наличие мелких частиц, образующих невозвратные потери корма.

### **Результаты исследований**

Изменение влажности клевера красного после обработки валцевыми плющильными аппаратами со штифтами и с шевронными зубьями, покрытыми резиной, представлены на рисунках 8 и 9.



**Рисунок 8 – Изменение влажности клевера красного после обработки вальцами со штифтами**



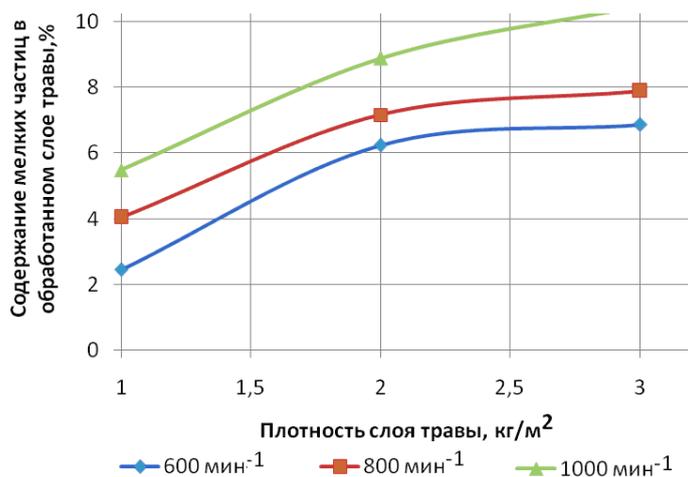
**Рисунок 9 – Изменение влажности клевера красного после обработки вальцами с шевронными обрезаемыми зубьями**

Анализ результатов показывает, что влажность обработанного экспериментальными устройствами клевера во всех случаях снижается быстрее, чем необработанного. Несмотря на то, что устройствами стебли почти одинаково повреждаются в слоях разной плотности, влажность медленнее снижается в более плотных слоях – плотностью 2 и 3 кг/м<sup>2</sup>.

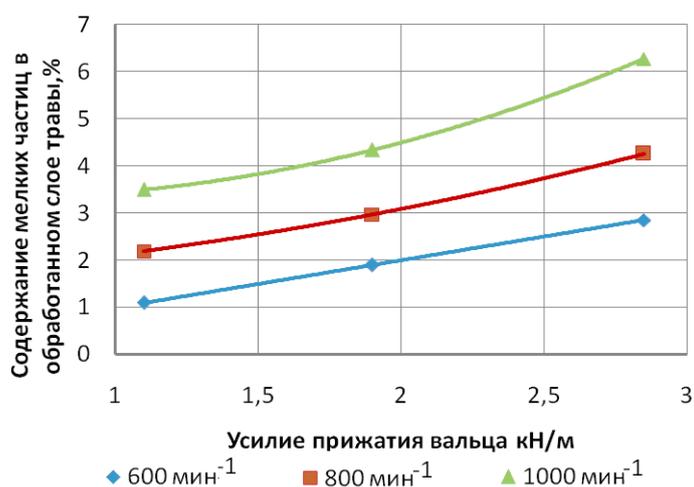
Важно отметить, что обработанный вальцами со штифтами клевер высыхает за 6 часов до влажности 50–55% при плотности 1 кг/м<sup>2</sup> и в пределах 10 часов – при плотности 2 и 3 кг/м<sup>2</sup>. При обработке вальцами с шевронными зубьями, покрытыми резиной, клевер при плотности 1 кг/м<sup>2</sup> высыхает за 4 часа и в пределах 8 часов – при плотности 2 и 3 кг/м<sup>2</sup>. Это важные для практики результаты, показывающие, что скошенный и обработанный плющением в 8 часов утра клевер с урожайностью до 200 ц/га в пределах одного светового дня, а именно после 16 часов дня, высыхает до влажности 50–55% и пригоден для

уборки на сенаж. До влажности сена 17% клевер красный урожайностью 100 ц/га высыхает за 30 часов.

Установлено, что вальцы со штифтами интенсивно измельчают травяную массу на всех исследуемых уровнях изменения частоты вращения и длины штифтов. В исследуемых образцах количество частиц длиной до 100 мм превышало 10%, что недопустимо. По этой причине дальнейшее использование данного устройства было прекращено. Влияние усилия прижатия вальцов с шевронными зубьями и их частоты вращения на содержание мелких частиц представлено на рисунках 10 и 11.



**Рисунок 10 – Содержание мелких частиц в зависимости от массы слоя и частоты вращения вальцов (мин⁻¹) при длине штифтов 25 мм**



**Рисунок 11 – Содержание мелких частиц в зависимости от усилия прижатия верхнего вальца и частоты вращения вальцов (мин⁻¹) при массе слоя 2 кг/м²**

Так, после обработки в исследуемых образцах при увеличении усилия прижатия вальцов содержание мелких частиц хотя и возрастает, но не превышает допустимого уровня, то есть 10%. В пределах фиксированных значений частоты вращения вальцов имеет место небольшое содержание мелких частиц

при частоте вращения  $1000 \text{ мин}^{-1}$ , однако и в этом случае не достигается недопустимый уровень. Увеличение плотности обрабатываемой растительной массы также незначительно увеличивает содержание мелких частиц.

Полученные результаты имеют практическую ценность. Они показывают, что, независимо от урожайности бобовых, трав шевронные обрезиненные вальцы не приводят к недопустимым потерям растительной массы.



**Рисунок 12 – Косилка-плющилка прицепная с плющильными шевронными обрезиненными вальцами**

На основании проведенных исследований и полученных результатов разработан экспериментальный образец прицепной косилки-плющилки. Эта косилка оснащена плющильными шевронными обрезиненными вальцами. Общий вид косилки представлен на рисунке 12.

Проведены исследовательские испытания экспериментального образца косилки-плющилки, технические характеристики косилки представлены в таблице 5.

**Таблица 5 – Техническая характеристика прицепной косилки-плющилки с шевронными обрезиненными вальцами**

<b>Наименование показателей</b>	<b>Значения показателей</b>
<b>1. Тип машины</b>	<b>полуприцепной</b>
<b>2. Производительность за 1 ч основного времени (при урожайности до 20 т/га), га/ч</b>	<b>1,89...3,2</b>
<b>3. Рабочая скорость, км/ч</b>	<b>6,6...11,25</b>
<b>4. Конструкционная ширина захвата, м</b>	<b>3,165</b>
<b>5. Установочная высота среза, мм</b>	<b>50-150</b>
<b>6. Габаритные размеры в рабочем положении</b>	
длина	<b>6,45</b>
ширина	<b>3,55</b>
высота	<b>1,8</b>
<b>в транспортном положении</b>	
длина	<b>7</b>
ширина	<b>3,27</b>
высота	<b>1,75</b>
<b>8. Радиус поворота агрегата, мм</b>	<b>5540</b>
<b>12. Масса косилки, кг</b>	
с аппаратом вальцевым	<b>не более 2125</b>
с активатором	<b>не более 2000</b>
<b>13. Масса сменных адаптеров, кг</b>	
аппарата вальцевого	<b>440</b>
активатора	<b>310</b>

Установлено, что обеспечивается до 80% полноты обработки, травы высушаются до 50–55% за 5–6 часов, масса мелких фракций не превышает 5%.

### Заключение

1. Вальцы со штифтами удовлетворяют агротребованиям только при низкой плотности обрабатываемого слоя трав. Данная конструкция вальцов трудоемка в изготовлении, при большой массе слоя они забиваются травой. Это не позволяет рекомендовать вальцы со штифтами для применения в производстве.

2. Вальцы с шевронными обрешиненными зубьями бережно обрабатывают бобовые травы. С увеличением частоты вращения вальцов увеличивается их пропускная способность, но за счет более интенсивного растягивания слоя растительной массы возрастают потери. Основными значениями параметров работы вальцевого плющильного аппарата являются: частота вращения вальцов –  $800 \text{ мин}^{-1}$ , усилие прижатия вальца – до  $3 \text{ кН/м}$ .

3. Полученные результаты использованы при разработке экспериментального образца косилки-плющилки с шевронными обрешиненными вальцами, испытания которого показали, что при использовании вальцов данной конструкции процесс сушки ускоряется с минимальными потерями мелких частиц.

### Литература

1. Зафрен, С.Я. Технология приготовления кормов / С.Я. Зафрен. – М.: Колос, 1977. – 240 с.
2. Испытания сельскохозяйственной техники. Косилки, косилки-плющилки и косилки с порционным сбросом. Программа и методы испытаний: ОСТ 70.8.2–82. – Введ. 01.06.1983. – М.: Гос. комитет СССР по производственно-техническому обеспечению сельского хозяйства, 1983. – 60 с.
3. Кузьмин, Н.А. Кормопроизводство / Н.А. Кузьмин [и др.]. – М.: КолосС, 2004. – 280 с.

УДК 631.171:633/635

**В.Н. Савиных, А.В. Ленский,  
Д.И. Романчук**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ  
ОЦЕНКА КОМПЛЕКТА  
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ  
ПЛОЩЕНИЯ ВЛАЖНОГО  
ЗЕРНА**

### Введение

В настоящее время для хранения плющеного консервированного зерна используются закрытые хранилища, наземные бетонные траншеи и полимерные рукава. Возникает закономерный вопрос об экономической эффективности применения различных технологических схем заготовки плющеной массы зерна, в связи с чем профильными лабораториями РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» проведена оценка соответствующих комплектов отечественного и импортного оборудования, предназначенных для выполнения данного технологического процесса. На первом этапе выпол-

нен сравнительный анализ оборудования, необходимого для реализации наиболее прогрессивного способа заготовки плющеного зерна, получившего широкое распространение в последние годы – плющения массы с одновременным вводом консерванта в полимерный рукав. На втором этапе проведена оценка экономической эффективности использования плющилки ПВЗ–30 из состава комплекта оборудования плющения зерна (далее – КОПЗ), а также самого комплекта оборудования КОПЗ при заготовке плющеного зерна с вводом консерванта в открытом и крытом наземных траншейных хранилищах. При этом в строительную часть включено обустройство пандуса для разгрузки автотранспорта непосредственно в приемник-загрузчик.

### Результаты исследований

В качестве базового варианта для сравнения принята плющилка «Murska–1400S2x2» (Финляндия) (вариант 1). Цена плющилки «Murska–1400S2x2» взята из каталожного листа «Вальцевые мельницы Murska» ОАО «Автопарк №1 «Спецтранс» – официального дилера финской компании в России, Санкт-Петербург.

В качестве сравниваемого варианта взята плющилка ПВЗ–30, выпускаемая ДП «Щучинский РЗ» (вариант 2).

В базовом и сравниваемом вариантах привод плющилок осуществляется от ВОМ трактора «Беларус–1221», для загрузки плющилок используется погрузчик «Амкодор–332С2».

На основании экспериментальных данных, полученных в 2008 году при испытаниях плющилок в процессе закладки рукава диаметром 1,5 м и длиной 65 м, коэффициенты сменного и эксплуатационного времени приняты соответственно равными 0,86 и 0,85. Испытания плющилки «Murska» показали, что ее максимальная производительность при плющении зерна тритикале влажностью 33,5% для закладки его в полимерный рукав составила 17,2 т/ч. В аналогичных испытаниях плющилки ПВЗ–30 отмечена максимальная производительность 19,6 т/ч по основному времени при плющении зерна тритикале влажностью 32,6%.

Расход консерванта АIV–3+ принят в объеме 3 л на тонну зерна, что в денежном эквиваленте соответствует 7 тыс. руб./т (по данным ООО «Польмя») [1].

Предложенная Борисовским пластмассовым заводом стоимость полимерного рукава диаметром 1,5 м, длиной 30 м и емкостью 45 т составляет 560 тыс. руб., в удельном исчислении – 12,5 тыс. руб./т.

Исходные данные для расчета экономических показателей представлены в таблице 6.

Закладка плющеной массы зерна в траншейное наземное хранилище плющилкой ПВЗ–30 приведена в варианте 3.

Закладка плющеной массы зерна в траншейное наземное хранилище комплектом оборудования КОПЗ приведена в варианте 4.

Таблица 6 – Исходные данные

Наименование	Единица измерения	Значение показателей по вариантам			
		1	2	3	4
1	2	3	4	5	6
Обслуживающий персонал: основной подсобные рабочие	чел./разряд	3/V –	3/V –	4/V	3/V 9/II
Часовая ставка		V разряд – 2,6 тыс. руб., II разряд – 2,1 тыс. руб.			
Производительность при плю- щении зерна: сменная эксплуатационная	т/ч	14,8 14,6	16,8 16,7	16,8 16,7	16,8 16,7
Расход топлива: при плющении при погрузке при транспортировке при трамбовке	кг/т	0,94 0,85 2,2 –	0,81 0,74 2,2 –	0,81 0,74 2,2 0,74	0,81 – 2,2 0,74
Цена топлива	тыс. руб./т	2,02	2,02	2,02	2,02
Балансовая цена: приемника-загрузчика плющилки погрузчика «Амкодор 332С2» трактора «Беларус 1221»	тыс. руб.	– 158857 208800 97000	– 84375 208800 97000	– 84375 208800 97000	15000 84375 208800 97000
Стоимость строительной части: открытой наземной траншеи закрытой наземной траншеи	тыс. руб.	–	–	203600 360700	216000 373100
Норматив отчислений на амортизацию: приемника-загрузчика плющилки погрузчика «Амкодор 332С2» трактора «Беларус 1221» траншейного хранилища	%	– – 10 10 10 –	– – 10 10 10 –	– – 10 10 10 4	– 10 10 10 10 4
Норматив отчислений на теку- щий ремонт, ТО и хранение: приемника-загрузчика плющилки погрузчика «Амкодор 332С2» трактора «Беларус 1221» траншейного хранилища	%	– 9,8 16,8 16,8 –	– 9,8 16,8 16,8 –	– 9,8 16,8 16,8 2,7	9,8 9,8 16,8 16,8 2,7
Годовая загрузка: приемника-загрузчика плющилки погрузчика «Амкодор 332С2» трактора «Беларус 1221»	ч	– 200 600 1300	– 200 600 1300	– 200 600 1300	200 200 600 1300
Коэффициент эффективности капвложений: оборудование траншейное хранилище		0,2 –	0,2 –	0,2 0,08	0,2 0,08

Балансовая стоимость оборудования, затраты на строительную часть и расходные материалы указаны в ценах 2009 года.

Нормативы по использованию техники приняты в соответствии с рекомендациями [2].

При сравнении плющилок ПВЗ–30 и Murska «1400S2x2» на закладке зерна в полимерный рукав получены следующие экономические показатели [2].

Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб.:

$$\mathcal{E}_c = (I_{\bar{o}} - I_n) \cdot T_3 \cdot W_n,$$

где  $I_{\bar{o}}$ ,  $I_n$  – удельная себестоимость механизированных работ по базовой и новой технике, руб./ед. наработки;

$T_3$  – зональная годовая загрузка машины, ч;

$W_n$  – производительность новой машины за час эксплуатационного времени, ед. наработки/ч.

$$\mathcal{E}_c = (42,17 - 34,86) \cdot 16,7 \cdot 200 = 24415 \text{ тыс. руб.}$$

Годовой приведенный экономический эффект, тыс. руб.:

$$\mathcal{E}_2 = (P_{\bar{o}} - P_n) \cdot T_3 \cdot W_n,$$

где  $P_{\bar{o}}$ ,  $P_n$  – приведенные затраты по базовой и новой технике, руб./ед. наработки.

$$\mathcal{E}_2 = (68,83 - 44,9) \cdot 16,7 \cdot 200 = 46526 \text{ тыс. руб.}$$

Годовая экономия затрат труда, чел.-ч:

$$Z_{mz} = (Z_{m\bar{o}} - Z_{mn}) \cdot T_3 \cdot W_n,$$

где  $Z_{m\bar{o}}$ ,  $Z_{mn}$  – трудоемкость выполнения механизированных работ по базовой и новой машине соответственно, руб./ед. наработки.

$$Z_{mz} = (0,2 - 0,18) \cdot 16,7 \cdot 200 = 66,8 \text{ чел.-ч.}$$

Коэффициент эффективности снижения себестоимости механизированных работ, %:

$$P = \frac{\mathcal{E}_c}{I_{\bar{o}} \cdot T_3 \cdot W_n} \cdot 100;$$

$$P = \frac{24415}{42,17 \cdot 16,7 \cdot 200} \cdot 100 = 17,3\%.$$

Степень изменения затрат труда, %:

$$C = \frac{Z_{m\bar{o}} - Z_{mn}}{Z_{m\bar{o}}} \cdot 100;$$

$$C = \frac{0,2 - 0,18}{0,2} \cdot 100 = 10\%.$$

Капитализированная стоимость новой техники, тыс. руб.:

$$Ц_n = \frac{\mathcal{E}_2}{a_n + E_n} + B_n,$$

где  $a_n$  – коэффициент отчислений на амортизацию по новой технике;

$E_n$  – коэффициент эффективности капиталовложений;

$B_n$  – балансовая цена новой техники.

$$Ц_n = \frac{46526}{0,3} + 84375 = 239461 \text{ тыс. руб.}$$

Срок окупаемости абсолютных капиталовложений, лет:

$$T = \frac{B_n}{(I_{\sigma} - I_n) \cdot T_z \cdot W_n};$$

$$T = \frac{84375}{(42,17 - 34,86) \cdot 16,7 \cdot 200} = 3,45 \text{ лет.}$$

Сводные показатели сравнительной экономической эффективности плющилок при закладке зерна в полимерный рукав представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Показатели сравнительной экономической эффективности плющилок

Показатели	Машины		Степень изменения, %
	Базовый вариант – «Murska 1400S2x2»	Предлагаемый вариант – ПВЗ–30	
Годовая экономия затрат труда, чел.-ч	–	67	–
Годовая экономия топлива, кг	–	801	–
Капитализированная стоимость техники, тыс. руб.	–	239 461	–
Себестоимость механизированных работ, тыс. руб./т	42,17	34,86	17,3
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб.	–	24 415	–
Годовой приведенный экономический эффект, тыс. руб.	–	46 526	–
Срок окупаемости абсолютных капиталовложений, лет	–	3,45	–
Затраты труда, чел.-ч/т	0,2	0,18	10

Применение плющилки ПВЗ–30 обеспечивает снижение себестоимости механизированных работ на 17,3% в сравнении с импортной плющилкой «Murska 1400S2x2», что соответствует годовой экономии себестоимости механизированных работ на уровне 24 млн. руб. Срок окупаемости машины составляет 3,45 года.

Сводные показатели экономической эффективности работы плющилки ПВЗ–30 при закладке плющеной массы в полимерный рукав свидетельствуют о преимуществе подобной технологии по отношению к технологии наземного траншейного хранения (таблица 8). Затраты труда могут быть снижены более чем на 40%, экономия топлива составляет 2471 кг. В сравнении с заготовкой в открытые траншеи себестоимость механизированных работ ниже на 20% при заготовке массы в рукав и на 36% – при хранении, что обусловлено значительными капитальными вложениями в строительную часть.

Сводные показатели экономической эффективности работы оборудования КОПЗ в сравнении с аналогичными показателями при закладке в рукав представлены в таблице 9. При заготовке плющеного зерна в полимерный рукав затраты труда снижаются на 28,6%, себестоимость механизированных работ уменьшается соответственно на 9,6% и на 29% относительно открытого и закрытого траншейных способов хранения.

Хозяйства, имеющие наземные траншейные бетонные хранилища, могут с успехом проводить заготовку плющеного консервированного зерна в них как с использованием плющилок типа ПВЗ, так и комплекта оборудования КОПЗ.

Таблица 8 – Показатели сравнительной экономической эффективности плющилки ПВЗ–30 при закладке зерна для хранения

Показатели	Тип хранения			Степень изменения показателя, %
	открытая траншея	закрытая траншея	рукав	
Затраты труда, чел.-ч	0,312	0,312	0,18	42
Годовая экономия затрат труда, чел.-ч			440	–
Себестоимость механизированных работ, тыс. руб./т:				
при закладке в открытую траншею	44,1		34,86	20
при закладке в закрытую траншею		54,6		36
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб.:				
в сравнении с закладкой в открытую траншею			30861	
в сравнении с закладкой в закрытую траншею			65931	
Годовой приведенный экономический эффект, тыс.руб.:				
в сравнении с закладкой в открытую траншею			70808	
в сравнении с закладкой в закрытую траншею			147628	
Годовая экономия топлива, кг			2471	

Таблица 9 – Показатели сравнительной экономической эффективности комплекта оборудования КОПЗ при закладке зерна для хранения

Показатели	Тип хранения			Степень изменения показателя, %
	открытая траншея	закрытая траншея	рукав	
Затраты труда, чел.-ч	0,252	0,252	0,18	28,6
Годовая экономия затрат труда, чел.-ч		–	440	–
Себестоимость механизированных работ, тыс. руб./т	–	–	240	–
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб.:				
при закладке в открытую траншею	38,6		34,86	9,6
при закладке в закрытую траншею		49,1	34,86	29,0
Годовой приведенный экономический эффект, тыс.руб.:				
в сравнении с закладкой в открытую траншею			12491	
в сравнении с закладкой в закрытую траншею			47561	
Годовая экономия топлива, кг:				
– в сравнении с закладкой в открытую траншею			73480	
– в сравнении с закладкой в закрытую траншею			150968	

с обустройством пандуса для разгрузки машин непосредственно в приемник-загрузчик. Траншеи должны быть обустроены так, чтобы грунтовые, дождевые и талые воды не попадали в хранилище. При закладке зерна стены должны быть покрыты пленкой. Заполнение траншеи необходимо начинать от дальней стенки и проводить на 20–30 см выше уровня стенок. Трамбовка массы выполняется до достижения плотности не менее  $0,75 \text{ т/м}^3$ . При этом не допускается наличие «воздушных мешков» в зерновой массе, чтобы исключить очаги образования плесени. После заполнения и трамбования производится укрытие зерновой массы пленкой (по возможности в два слоя): для

плотного прилегания к зерну нижний слой пленки – более тонкий, верхний – более толстый. Пленка должна быть сварена по всему периметру хранилища. В крытых траншеях пленку засыпают слоем соли 1–2 см, а затем так же, как и в открытых траншеях, укладывают мешки с песком или шины от автомобилей из расчета 100–150 кг/м<sup>2</sup>. Это требует увеличения трудозатрат почти в два раза, но прямые затраты в данном случае сопоставимы с затратами при заготовке массы в полимерный рукав, а при применении оборудования КОПЗ они даже несколько ниже.

Процесс сушки зерна требует очень высоких затрат энергоресурсов и становится рентабельным при исходной влажности зерна не более 18–20%.

### **Заключение**

Расчеты показывают, что с учетом стоимости строительной части хранилищ технология заготовки плющеного консервированного зерна в полимерный рукав при использовании плющилок типа ПВЗ–30 экономически выгодна. В полимерном рукаве обеспечиваются лучшие анаэробные условия хранения, потери не превышают биологически обусловленного минимума. Хранение массы в полимерном рукаве может осуществляться в том месте, где производится ее скармливание. Недостатком является высокая доля прямых затрат на сам рукав – более 30%, что свидетельствует о необходимости налаживания отечественного производства полимерных рукавов.

### **Литература**

1. Организационно-технологические нормативы производства продукции животноводства и заготовки кормов: сб. отраслевых регламентов. – Минск: Белорус. наука, 2007 – 283 с.
2. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей: ТКП 151–2008 (02150) (ОСТ 10.2.18–2001). – Введ. 02.01.2009. – Минск: Минсельхозпрод, 2009. – 14 с.

УДК 631.353

**Ю.М. Урамовский, А.Д. Макуть**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

### **СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНИКА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ПОЖНИВНЫХ ОСТАТКОВ**

### **Введение**

Стремление к снижению приведенных затрат и себестоимости продукции растениеводства и животноводства, а также жесткие ограничения экологического характера в последние годы привели к заметным изменениям традиционных технологий в земледелии и кормопроизводстве. Прежде всего, сокращаются количество и объемы операций почвообработки. Во все больших объемах, особенно на почвах, склонных к водной или ветровой эрозии, применяется бесплужная обработка с сохранением или заделкой в верхний слой почвы стерни предшествующих культур.

Для поддержания баланса гумуса, частичной компенсации сократившихся объемов внесения органики, устранения затрат на сбор и утилизацию незерновой части урожая (соломы, половы и т.п.) широко применяются измельчение и заправка пожнивных остатков зерновых культур и убранной на зерно кукурузы [1].

Наилучшие условия разложения пожнивных остатков в почве обеспечиваются [2,3] при их измельчении на отрезки не более 5–10 см. Скорость разложения таких частиц в осенне-зимний период в 5–7 раз выше, чем неизмельченных (3–4 месяца против 20–25). Медленно разлагающиеся пожневные остатки ухудшают азотное питание растений и могут являться источником распространения вредителей и болезней возделываемых культур.

После пропашных предшественников обработка почвы должна обеспечивать предварительное измельчение крупностебельных растительных остатков с равномерным распределением их по поверхности для последующей заправки.

Попытки совместить процесс измельчения крупностебельных остатков с заделкой их в верхний слой почвы с использованием дисковых орудий не дали пока существенного эффекта из-за необходимости обеспечения 3-4-кратного прохода этих машин по поверхности поля во взаимно перпендикулярном направлении. Дело в том, что в одно- или многорядных дисковых орудиях диски первого ряда, разрезая часть поперечно лежащих стеблей, сдвигают их и ориентируют в продольном направлении, выводя из-под воздействия дисков второго и последующих рядов.

Наиболее эффективное измельчение пожнивных остатков достигается [4] при использовании машин с активными рабочими органами ротационного типа.

### **Основная часть**

За рубежом [5] разработан и выпускается известными фирмами («Кюн», «Спирхед», «Клаас» и др.) широкий перечень мульчировщиков с горизонтальными или вертикальными осями вращения рабочих органов. Эти машины используются для измельчения пожнивных остатков кукурузы, подсолнечника, сорго и других крупностебельных культур, ухода за лугопастбищными угодьями (измельчение сорной растительности и растительных остатков после стравливания их животными), подкашивания разворотных полос, обочин полевых дорог, выгонов и пустошей.

Мульчировщик с горизонтальной осью вращения, или фрезерный, представляет собой металлический барабан с установленными по его периметру (в шахматном порядке или по спиральной образующей) ножами-швырялками. Ножи работают по тангенциальному принципу – направление движения машины совпадает с направлением вращения рабочих органов. Линейная скорость по концам ножей колеблется от 35 до 70 м/с в зависимости от модели.

Исходя из условий приемлемого качества копирования микрорельефа поля ширина захвата фрезерных мульчировщиков не превышает 3,0...3,5 метров (рисунок 13). Для увеличения ширины захвата применяется секционирование

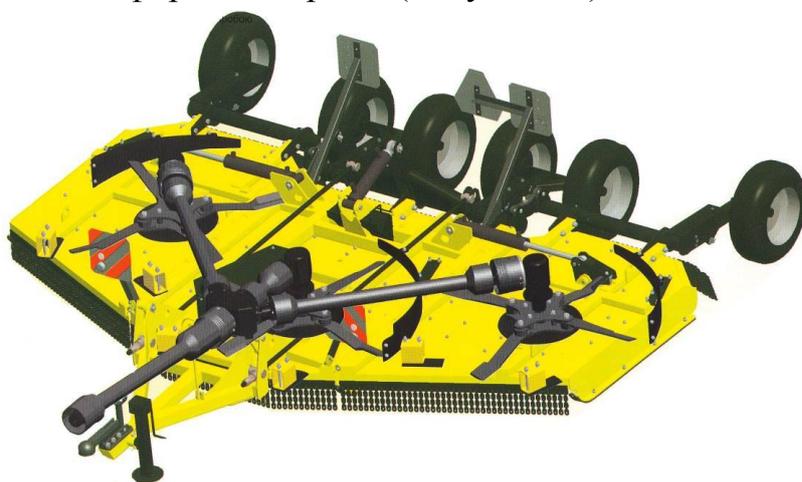
рабочих органов (обычно не более 3 секций), что позволяет довести этот показатель до 9...10 метров («Пегасус» фирмы «Зауербургер»).



**Рисунок 13 – Измельчитель пожнивных остатков ВК320 фирмы «Кюн» (ширина захвата 3,2 м)**

скорость по концам ножей доходит до 90 м/с. Рабочая ширина захвата зависит от количества роторов и колеблется от 1,5 до 8,2 метра.

Типичным представителем роторных мульчировщиков является агрегат чешской фирмы «Стром» (Рисунок 14).



**Рисунок 14 – Роторный мульчировщик фирмы «Стром» (ширина захвата 6 метров)**

Машина состоит из трех шарнирно соединенных рабочих секций. Рабочая зона защищена сплошным металлическим ограничителем, а в зоне выброса растительной массы установлены металлические цепи для защиты от выброса посторонних предметов (камни, металлические детали, древесные остатки).

Рабочая скорость в зависимости от условий работы может достигать 13...15 км/ч, что существенно выше, чем у фрезерных мульчировщиков, соответственно, выше и производительность на единицу ширины захвата.

Представление о предложении на мировом рынке и ассортименте техники для измельчения пожнивных остатков дает таблица 10.

Таблица 10 – Роторные и фрезерные мульчировщики с шириной захвата более 4 метров

Фирма	Марка машины	Ширина захвата, м	Потребляемая мощность, л.с.	Число роторов/ножей	Вес, кг
Spearhead	Multi Cut 460	4,60	90	3/9	2140
Spearhead	Multi Cut 620	6,20	130	5/15	2590
Schulte	S150	4,57	65(85)	3/6	2000
Schulte	FX520	6,10	100	5/10	2960
Bomford	Cutlass 460	4,60	80	3/6	2300
Bomford	Cutlass 600	6,00	80	3/6	3100
Sauerburger	Condor 4700/3	4,55	–	3/9	2300
Sauerburger	Condor 6200/5	6,00	–	5/15	3000
Kuhn	BNG 450	4,40	120	1/112	1957
Kuhn	NK 4001	4,05	115	1/88	2300
Strom Export	MC 4500	4,50	120–140	3/12	2500
Strom Export	MC 6000	6,00	150–200	3/12	3000

#### Результаты исследований

Лабораторией механизации заготовки кормов РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в содружестве с Гомельским областным управлением по сельскому хозяйству и продовольствию и ОАО «Гомельский мотороремонтный завод» для оценки эффективности применения измельчителей пожнивных остатков с активными рабочими органами разработана, изготовлена и испытана ротационная косилка-измельчитель КРУ–1500.



Рисунок 15 – Экспериментальный образец косилки-измельчителя КРУ–1500

Косилка-измельчитель (рисунок 15) представляет собой прицепную машину с боковым агрегатированием к трактору класса 1,4. Специальная навесная сцепка устанавливается на заднюю навеску трактора и обеспечивает возможность бокового агрегатирования косилки-измельчителя и заднего прицепа-емкости (типа КТУ–10). Скашиваемая масса кормовых культур, ботва корнеклубнеплодов, пожнивные остатки зерновых и силосных культур в зависимости от необходимости мо-

гут подаваться в кузов прицепа-емкости либо с помощью сменного козырька-дефлектора распределяться по поверхности поля.

Устройство системы агрегатирования обеспечивает после заполнения прицепа-емкости возможность отсоединения косилки-измельчителя с рабочего места тракториста и оставления ее на скашиваемой загонке.

Трактор транспортирует прицеп-емкость к месту разгрузки. По возвращению на место работы тракторист подводит трактор к косилке до контакта системы боковой навески с дышлом косилки. Автоматическая система сцепки фиксирует косилку в рабочем положении, трактористу остается только соединить карданную передачу.

В ходе испытаний были определены следующие технические характеристики косилки-измельчителя:

Ширина захвата, <i>м</i> .....	1,5
Производительность, <i>га/ч (т/ч)</i> .....	1,0 (до 20)
Потребляемая мощность, <i>кВт</i> .....	до 50
Масса, <i>кг</i> .....	750

### Заключение

Косилка прошла исследовательские испытания, в ходе которых было установлено, что роторный рабочий орган с подвесными S-образными ножами обеспечивает скашивание и измельчение на частицы 50...100 мм бобовых и злаковых травостоев, стеблей кукурузы высотой до 1500 мм, ботвы свеклы и картофеля.

Преимущества косилки в сравнении с зарубежными аналогами заключаются в том, что она подбирает и измельчает валки соломы, остающиеся после зерноуборочных комбайнов, пожнивные остатки кукурузы, подсолнечника, рапса, а также способна при необходимости измельченную массу загружать в прицеп-емкость.

Машина может с успехом применяться для подкашивания культурных пастбищ с разравниванием кочек, кротовин и других объектов органического происхождения. Пригодна косилка для обкашивания разворотных полос, обочин дорог, выгонов и т.п.

Очевидно, что такое многоцелевое использование машины положительно скажется на экономической целесообразности ее применения.

Вместе с тем для завершения технологического цикла необходима еще одна операция по заделке измельченных пожнивных остатков запашкой или дискованием. Очевидно, что дальнейшие исследования должны вестись в направлении совмещения обеих операций, то есть операции измельчения с одновременной заделкой в почву.

### Литература

1. Способы заделки пожнивных остатков кукурузы в почву // Земледелие. – 1978. – № 12. – С. 56.

2. Канивец, И.Д. Комбинированный агрегат для измельчения и заделки пожнивно-корневых остатков / И.Д. Канивец [и др.] // Кукуруза. – 1973. – № 10. – С. 12-14.
3. Михновская, А. Заделка пожнивных остатков / А. Михновская [и др.] // Земледелие. – 1972. – № 8. – С. 29.
4. Смирин, А.П. Полевой стеблеизмельчитель / А.П. Смирин // Техника в сельском хозяйстве. – 1981. – № 8. – С. 58-59.
5. Бель, К. Начать с чистого листа: обзор рынка мульчирующей техники / К. Бель, Т. Танненберг // Новое сельское хозяйство. – 2007. – № 2. – С. 104-110.

УДК 631.3:005.93

**В.П. Чеботарев, В.К. Клыбик**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**А.В. Новиков**

*(УО «БГАТУ»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

### **Введение**

Одним из главных направлений повышения эффективности сельского хозяйства Республики Беларусь является создание современной технической базы для внедрения эффективных технологий производства сельскохозяйственной продукции. Это позволит в агрозоотехнические сроки выполнить весь комплекс работ как в растениеводстве, так и в животноводстве.

### **Основная часть**

В сфере производства сельскохозяйственной продукции республики занято около 50,9 тыс. тракторов, в том числе более 16 тысяч – тягового класса 20 кН и выше, 12,9 тыс. зерноуборочных комбайнов, 2,0 тыс. кормоуборочных комбайнов и десятки тысяч единиц другой сельскохозяйственной техники, машин и оборудования.

Только за 2005–2008 гг. на техническое переоснащение сельского хозяйства было направлено более 5 трлн. руб. Это позволило поставить в сельскохозяйственные организации республики более 5500 зерноуборочных и 1000 кормоуборочных комбайнов, 3200 тракторов «Беларус» с мощностью двигателя 100–300 л.с., 4200 автомобилей, более 1700 комбинированных почвообрабатывающих и почвообрабатывающе-посевных агрегатов, 1800 машин для внесения минеральных и органических удобрений, 800 машин для химической защиты растений и семян, более 2300 пресс-подборщиков, почти 2000 сеялок и более 12000 единиц другой сельскохозяйственной техники. В 2009 г. хозяйствам республики на приобретение техники отечественного производства будет выделено 3,7 трлн. рублей.

Однако, несмотря на это, техническая оснащенность отрасли не отвечает необходимому нормативному уровню. По расчетам, проведенным в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», средняя обеспе-

ченность основными видами технических средств без учета коэффициента технической готовности находится на уровне 70%.

Как показывает практика, решение данной проблемы заключается не только в простом обеспечении сельскохозяйственных потребителей средствами механизации, в большей мере оно зависит от уровня поддержания машин в работоспособном состоянии на протяжении всего периода их эксплуатации. Так, проведенный анализ готовности тракторов и самоходной сельскохозяйственной техники показал, что в 2008 г. она находилась в пределах от 75% до 90%. То есть для выполнения запланированного объема механизированных работ, рассчитанного на 100% готовности машинно-тракторного парка, дополнительно в резерве должно находиться еще от 10 до 25% техники, что требует существенных финансовых затрат.

Значительные резервы экономии кроются в продлении сроков службы сельскохозяйственной техники, в первую очередь за счет повышения надежности, расширения и совершенствования системы сервисного обслуживания и ремонта техники в соответствии с действующими стандартами.

Основные функции системы технического сервиса АПК представлены на рисунке 16.



**Рисунок 16 – Основные функции технического сервиса**

Анализ функций системы технического сервиса АПК показывает, что ее роль заключается не только в обеспечении сельскохозяйственных производи-

телей средствами механизации и запасными частями, организации гарантийного и послегарантийного обслуживания технических средств, но и в информационно-консультативном обеспечении эффективного использования сельскохозяйственной техники. В итоге это определяет конечные результаты сельскохозяйственного производства, такие, как номенклатура и объем производства, а также качество и себестоимость сельскохозяйственной продукции, ее рыночная цена, прибыль товаропроизводителей и др. В этой связи к оценке, а также выработке перспективных направлений совершенствования системы технического сервиса необходимо подходить комплексно и с учетом опыта организации технического сервиса в СНГ и зарубежных странах, их практической значимости для современных условий функционирования АПК Беларуси.

Стратегия развития технического сервиса должна иметь поэтапное построение и конечную цель – организацию высокоэффективной комплексной системы технической эксплуатации машин. С учетом современных экономических условий для создания в Беларуси эффективной системы сервисного обслуживания сельскохозяйственной техники следует акцентировать внимание на следующих основных приоритетах.

1. Становление системы технического сервиса как единой и целостной интеграционной структуры должно идти одновременно по трем основным направлениям, предусматривающим фирменный сервис заводоизготовителей, технический сервис на районном уровне с участием предприятий РО «Белагросервис», а также сервис силами самого потребителя техники.

2. В целях проведения единой технической, технологической и экономической политики в сфере производственно-технического обслуживания сельскохозяйственного производства и повышения его эффективности важно обеспечить четкую координацию деятельности по данным направлениям в решении вопросов маркетинга, модернизации ремонтно-технологического оборудования, разработки при необходимости нормативно-технической документации, обучения кадров, аудита и др.

3. При формировании системы фирменного технического сервиса, где в качестве головного центра выступает непосредственно завод-изготовитель, функции регионального центра (как правило, одного на область) должны осуществлять существующие ремонтно-технические предприятия, имеющие специализацию по ремонту машин данной марки или вновь созданные, например, на базе агросервисных организаций, укомплектованные необходимым оборудованием и обслуживающим персоналом.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь № 186 от 27.03.2008 г. для заводов-изготовителей установлены обязательства по организации системы гарантийного и послегарантийного обслуживания выпускаемых ими машин сельскохозяйственного назначения. Создание сети фирменных технических центров (дилеров и дистрибьюторов) возможно осуществить путем прямого инвестирования или стимулирования развития независимых

дилерских пунктов технического сервиса, предоставления последним установленных скидок с розничной цены выпускаемых машин, рассчитанных на покрытие затрат на предпродажное и гарантийное обслуживание. При этом производители сельскохозяйственной техники должны обеспечивать сервисные центры необходимыми запчастями и узлами в гарантийный и послегарантийный периоды, а также необходимой оснасткой, оборудованием, нормативно-технической документацией, одновременно оказывать помощь в обучении кадров дилерских предприятий.

На основании опыта зарубежных стран рекомендуется законодательно запретить торговым фирмам продажу техники, в том числе в лизинг, без организации ее технического сервиса. В то же время на первоначальном этапе целесообразно обозначить минимальный перечень услуг, который обязаны предоставлять официальные сервисные технические центры и дилеры потребителям реализуемой ими техники.

Организация сервисных услуг на принципах фирменного технического обслуживания позволяет достичь высоких технико-эксплуатационных показателей использования машин потребителями, однако она является более затратной формой технического сервиса из-за узкой специализации объектов обслуживания. Развитие сети официальных дилеров заводов-изготовителей должно осуществляться со строгим учетом количества потребителей услуг фирменного сервиса, расходов на содержание ремонтно-обслуживающей базы, издержек, связанных с управлением системой, а также с учетом удаленного расстояния от дилера до потребителя.

Наиболее приемлемой формой организации технического сервиса на районном уровне является создание дилерских пунктов на базе существующих предприятий РО «Белагросервис», которые одновременно могут работать на взаимовыгодных договорных условиях с несколькими заводами-изготовителями, что позволяет сократить их прямые расходы в сравнении с сервисными участками заводов-изготовителей, а следовательно повысить спрос на качественное техническое обслуживание и ремонт машин.

Дилерские пункты могут осуществлять:

- техническое обслуживание и текущий ремонт наиболее сложной техники, например ТО–3 для тракторов «Беларус–2022», «Беларус–2522/3022» и др., обслуживание и ремонт электрооборудования, гидравлических устройств высокого давления, автомобилей, оборудования животноводческих ферм с помощью передвижных средств;
- обеспечение хозяйств запасными частями и ремонтно-эксплуатационными материалами;
- организацию диагностирования, досборки и доставки машин в хозяйство, наладку и пуск в работу;
- ремонт по заказу хозяйств наиболее сложной техники, узлов и агрегатов как собственными силами, так и путем доставки их на специализированные

ремонтные предприятия с выдачей заказчику готовых изделий из обменного фонда.

Районные сервисные предприятия в зависимости от производственных возможностей могут предоставлять услуги в размере 10–30% от общих объемов по выполнению наиболее сложных ремонтно-обслуживающих работ.

Становление технического сервиса на уровне хозяйств – это, главным образом, организация эффективного использования, хранения, обслуживания и ремонта техники. Проведенные исследования показали, что в ближайшей перспективе основной объем работ по техническому обслуживанию и ремонту техники будет, как и сейчас, выполняться непосредственно на месте ее эксплуатации у потребителя силами специализированных групп ремонтников с участием механизаторов. В зависимости от производственной возможности своей базы сельскохозяйственные организации способны выполнять порядка 50–90% от общего объема ремонтно-обслуживающих работ.

Для повышения качества услуг технического сервиса, снижения себестоимости ремонтных работ до нормативных значений необходимо лицензирование всех ремонтно-обслуживающих предприятий, сертификация выполняемых ими работ и услуг. Это позволит значительно повысить качество работ, выполняемых агросервисными предприятиями в рамках определенной технологической дисциплины, действующих стандартов. При этом важно постоянно и направленно информировать о результатах сертификации, случаях применения соответствующих штрафных санкций для производителей услуг без сертификата. Систематический мониторинг деятельности аттестованных предприятий, информация о сертифицированных услугах придаст этой работе стабильный характер, окажет решающее влияние на качество техобслуживания, эксплуатации и ремонта, обеспечит экологическую и техническую безопасность обслуживаемых машин и производства в целом.

Для повышения эксплуатационных показателей новой продукции необходимо внедрение систем управления качеством, соответствующих международным стандартам ИСО серии 9000, при разработке сельскохозяйственной техники, постановке ее на производство, техническом сервисе и организации ремонтных производств.

Одним из важных направлений повышения технической оснащенности сельскохозяйственных товаропроизводителей, а также загрузки ремонтных и других агросервисных предприятий является развитие вторичного рынка машин и оборудования для АПК, который позволит в значительной степени ускорить обновление и улучшить количественный и качественный состав машинно-тракторного парка. Экономическая целесообразность вторичного рынка машин заключается в том, что стоимость подержанной техники с восстановлением ресурса до уровня 80–90% составляет 40–60% от стоимости новой. С учетом же уменьшения выбраковки деталей с недоиспользованным ресурсом и увеличения в настоящее время доли ремонтных работ, выполняемых

владельцами техники, на средства, затрачиваемые на приобретение одной новой машины, можно отремонтировать 4–5 неисправных машин. Это свидетельствует о народнохозяйственной эффективности вовлечения отремонтированной техники через систему вторичного рынка в обеспечение пользователей исправной техникой.

Ключевым звеном технического сервиса является система технического обслуживания и ремонта, направленная на поддержание техники в работоспособном состоянии, обеспечение высокой степени технической готовности МТП к выполнению сельскохозяйственных работ, на снижение доли приведенных затрат в себестоимости производимой продукции. Ее совершенствование является одним из наиболее важных элементов развития технического сервиса АПК Республики Беларусь, способным обеспечить поддержание исправного состояния имеющегося парка машин и подготовить условия для рационального использования поступающей техники.

В настоящее время наиболее перспективным направлением для организации рационального использования машинно-тракторного парка является применение новой стратегии ремонтно-обслуживающих работ, определяемой состоянием машин, требующей совершенствования методов контроля технических параметров машин и оборудования, оснащения хозяйств и служб технического сервиса электронными средствами, подготовки квалифицированных кадров и рационального использования рабочего времени мастеров-наладчиков, использования ряда других факторов.

Для ее широкого использования требуется создание новых недорогих и простых в эксплуатации диагностических средств, обеспечивающих контроль всех нормируемых показателей потребительских свойств эксплуатируемых машин и позволяющих предупредить наиболее часто возникающие отказы и неисправности (топливной аппаратуры, цилиндропоршневой группы, гидропривода, электрооборудования, рабочих органов комбайнов и др.). Регулярное проведение технического обслуживания техники совместно с диагностированием технического состояния ее основных узлов позволит уменьшить ремонтные издержки на 35–40%.

В настоящее время необходимо осуществить переход к более совершенной схеме управления процессами технического сервиса, предусматривающей внедрение современных информационных технологий на всех уровнях структуры АПК, начиная с бортовой электроники машин и заканчивая информационной системой, состоящей из трех уровней:

- сбор и хранение данных;
- аналитическая обработка данных;
- управление и работа с информацией.

Наличие информационно-аналитической системы, например на базе самостоятельного информационного агентства или в составе Минсельхозпрода, которая бы постоянно пополнялась исходящей от хозяйств, дилерской сети

заводов-изготовителей статистической информацией о численности техники, ее наработке, потреблении топлива и об отказах машин, а также дополнялась рекомендациями научно-практических центров, позволило бы большинству организаций АПК, обращаясь к информационно-аналитической системе, оперативно решать свои тактические и стратегические задачи по поддержанию машинно-тракторного парка в работоспособном состоянии. Такая система позволила бы дилерам оптимизировать складское хозяйство, заводам-изготовителям – повысить надежность выпускаемой техники, наладить оптимальное производство запчастей и в итоге повысить качество работ по техническому обслуживанию, ремонту и сократить расходы на их проведение.

Реализация мероприятий по совершенствованию системы технического сервиса сельскохозяйственного производства позволит увеличить показатель готовности машинно-тракторного парка на 10–15%, снизить удельный расход материальных и энергетических ресурсов в 1,1–1,15 раза, существенно повысить производительность агрегатов и комфортность работы механизаторов.

### **Заключение**

1. Становление системы технического сервиса как единой и целостной интеграционной структуры в современных условиях развития Республики Беларусь должно идти одновременно по трем основным направлениям, включающим фирменный сервис заводов-изготовителей, технический сервис на районном уровне с участием предприятий РО «Белагросервис», а также сервис силами самого потребителя техники.

2. Совершенствование системы технического сервиса позволит повысить показатель готовности машинно-тракторного парка на 10–15% и уменьшить расход средств в 1,1–1,15 раза.

### **Литература**

1. Государственная программа возрождения и развития села на 2005–2010 годы. – Минск: РУП «Издательство «Беларусь», 2005. – 96 с.
2. Указ Президента Респ. Беларусь №139 от 28.02.2008 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Минск, 2008. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 15.04.2009.
3. Указ Президента Респ. Беларусь №186 от 27.03.2008 г. // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Минск, 2008. – Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 15.04.2009.
4. Шило, И.Н. Технический сервис в агропромышленном комплексе Республики Беларусь: состояние, опыт, перспективы / И.Н. Шило, В.П. Миклуш, И.М. Морозов. – Минск: Хозпрод, 2004. – 47 с.

УДК 636.083

**В.О. Китиков, А.Л. Тимошук,  
С.Л. Романов**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ОБОСНОВАНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ЭКСПРЕСС-МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КОРМОВ**

### **Введение**

Полноценным считается кормление, при котором животные получают питательные и биологически активные вещества в соответствии с их потребностями. Полноценное кормление способствует нормальному течению всех физиологических процессов в организме и производству продукции высокого качества при минимальных затратах кормов.

Анализ кормов и рационов – один из основных приемов зоотехнического контроля полноценности кормления. При неполноценном кормлении у самок животных бывает слабо выражена течка, иногда они вообще не приходят в состояние охоты. У новорожденных с первых дней отмечается расстройство пищеварения. Недостаток в рационах маток протеина, кальция, фосфора, витаминов А, Д, Е и группы В, а также некоторых микроэлементов может быть причиной яловости, аборт, рождения слабого или мертвого приплода. При недостатке в рационах коров клетчатки, протеина, растворимых углеводов, неправильном соотношении сахаров и протеина нарушаются процессы брожения в рубце, в молоке увеличивается количество кетоновых тел.

Общий недокорм животных на практике может определяться неполноценностью рационов по протеину, углеводам, жиру, витаминам и минеральным веществам даже при достаточном количестве корма. Однако и избыток отдельных компонентов корма, возможный при необдуманном использовании комбикормов, приводит к ухудшению воспроизводства, выбытию животных по причине заболевания кетозами и ацидозами, жировой дистрофией печени.

### **Состояние вопроса**

Основным методом организации питания является регулирование рационов в соответствии с нормами кормления сельскохозяйственных животных. Государственный контроль кормов направлен на обеспечение их безопасности. Так, в соответствии с «Ветеринарно-санитарными правилами для молочно-товарных ферм организаций, осуществляющих деятельность по производству молока» (утверждены 17.03.2005 г.), «каждая партия комбикормов, а также сенаж и силос при закладке и перед скармливанием подвергаются биохимическому, санитарно-микробиологическому и токсикологическому исследованиям в ветеринарных лабораториях». «Показатели безопасности кормов» (утверждены 06.09.2005 г.) определяют предельно допустимый уровень содержания в кормах токсичных компонентов, патогенных микроорганизмов, но не требуют определения показателей кормовой ценности: сырого и перевари-

мого протеина, жира, клетчатки, безазотистых экстрактивных веществ, крахмалистых эквивалентов, кормовых единиц.

Расчет питательной ценности кормов по табличным данным приемлем для животных средней продуктивности [1]. Однако для высокоэффективного сельскохозяйственного производства необходимо знание реальных показателей содержания питательных компонентов в кормах.

В настоящее время анализ кормов на кормовую ценность осуществляется:

- в испытательных лабораториях, аккредитованных при Госстандарте;
- в областных, районных и межрайонных ветеринарных и агрохимлабораториях;
- в производственных лабораториях комбинатов хлебопродуктов Департамента по хлебопродуктам Минсельхозпрода;
- в лабораториях РУ «Государственная хлебная инспекция»;
- в ГУ «Центральная научно-исследовательская лаборатория хлебопродуктов»;
- в лабораториях НИИ, высших и средних учебных заведений сельскохозяйственного профиля;
- в производственных лабораториях крупных сельскохозяйственных предприятий.

Специализированные аккредитованные аналитические лаборатории, за исключением лабораторий сельхозпредприятий, обеспечивают недостаточно высокую оперативность анализа. При этом в образце корма за время доставки происходят биохимические изменения, как правило, снижающие содержание анализируемых компонентов. Необходимость индивидуального анализа каждой поступившей в лабораторию пробы уменьшает число исследований (производительность) в лаборатории. По разработанному в ЦИНАО (Центральный научно-исследовательский институт агрохимического обслуживания сельского хозяйства, Россия) поточному методу определения минерального состава почвы и кормов вместо химической посуды применяют пластмассовые технологические 10-позиционные кассеты и автоматическое измерительное оборудование, позволяющее работать сразу с 20–40 образцами. Однако такой подход неприемлем для оценки кормов, подвергающихся микробной и биохимической порче, по показателям: белок, каротин, витамины, жир, клетчатка, зола и др. Лабораторное оборудование агрохимических служб и отраслевых лабораторий позволяет проводить определение компонентов корма с высокой точностью, однако требует:

- доставки образца в лабораторию, что не всегда позволяет сохранить его в нативном состоянии;
- как правило, сложной пробоподготовки, специфической для каждого прибора.

## Варианты решения проблемы

Приблизить аналитические приборы к объекту исследования возможно путем создания передвижных агрохимических лабораторий. Такая лаборатория ЛПК–3 на базе автомобиля УАЗ–452 создана в Центральном научно-исследовательском институте агрохимического обслуживания (Россия) совместно с НПО «Агроприбор». Передвижная лаборатория позволяет оперативно отбирать пробы кормов в полевых условиях, первично подготавливать их к анализу и доставлять в стационарную лабораторию. Смонтированный в кузове бензоэлектрический агрегат обеспечивает энергией пробоотборники с электрическим приводом рабочего органа [2].

Для решения прикладных задач по контролю качества нет необходимости в высокой точности измерений, осуществляемых аналитическими приборами прямого действия. В настоящее время существенное значение приобрели методы косвенного анализа путем оценки диэлектрических свойств образца, методом спектроскопии в различных областях спектра. Наибольший интерес представляет спектроскопия в ближней инфракрасной области. Метод исключает сложную пробоподготовку, но требует одинаковой степени измельчения образцов. Время анализа составляет 2–5 минут и включает снятие спектра встроенного в прибор эталона (образца сравнения, предварительно проанализированного классическими методами), снятие спектра анализируемого образца и обработку полученных данных при помощи встроенного или внешнего компьютера. Вместо встроенного эталона могут использоваться стандартные калибровки.

Руководство по анализу кормов этим методом выпущено Департаментом сельского хозяйства США [3].

ИК-спектроскопия проста в практическом использовании, но требует квалифицированных методологических исследований для разработки методик выполнения измерений применительно к конкретным видам кормов. В качестве ИК-анализаторов кормов используются различные приборы: «Инфрарапид–61», «Инфраксакт», «Инфралюм» и др. Используются программные продукты различных производителей, например фирмы Infracsoft International.

Фирма «Провилаб» (Москва) – подразделение международной корпорации «PROVIMI» – реализует программу развития сети ИК-анализаторов NIR-FLEX N500, установленных на всех заводах компании «PROVIMI», для которых в «Провилаб» строятся калибровки и передаются на сервер центрального офиса. Калибровки компании «PROVIMI» на пшеницу, ячмень, отруби, рыбную и мясную муку, подсолнечный и соевый жмыхи и шрот, комбикорма готовы к работе. Для повышения точности результатов калибровки будут обновляться в зависимости от частоты их использования. Фирма планирует построить калибровки на силос и сенаж, разработать методику их экспресс-анализа на ИК-анализаторе в сыром виде без предварительной сушки. В настоящее время образцы этих видов кормов высушиваются до воздушно-

сухого состояния. В «Провилаб» закончены работы по созданию систем удаленного доступа к приложениям с калибровками на ИК-анализатор. Любое предприятие, имеющее ИК-анализатор NIRFLEX N500 и спутниковую связь, после настройки удаленного доступа и урегулирования юридических вопросов сможет on-line зайти на сервер компании, выбрать необходимую калибровку и произвести измерение своего образца сырья или корма. Время анализа 5–10 минут [4].

Экономическая эффективность экспресс-анализа кормов заключается:

а) в сокращении сроков хранения сырья при изготовлении комбинированных кормов, недопущении передозировки, сокращении или ликвидации брака, сокращении складских расходов;

б) в недопущении порчи корма при хранении путем определения начала процесса порчи и первоочередного скармливания этой партии корма (силоса, сенажа, сена);

в) в повышении продуктивности животных и сокращении потребления кормов при использовании полученных данных для оптимизации рационов кормления животных.

В «Научно-практическом центре НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» осуществляется разработка мобильной лаборатории (на автомобильном шасси) для оперативного анализа кормов методом ИК-спектроскопии, которая будет способна в реальном времени контролировать состояние кормов на сельскохозяйственных предприятиях республики, осуществлять контроль качества комбинированных кормов и зернофуража, поступающих в кормоприготовительные цеха предприятий.

### **Выводы**

Оперативный анализ заготавливаемых и комбинированных кормов позволит:

- обеспечить высокий уровень качества при их заготовке, мониторинг состояния кормов при хранении;
- не допустить порчи кормов и повысить эффективность их скармливания и, соответственно, продуктивность животных, снизить затраты на единицу продукции;
- оптимизировать рационы кормления животных, в том числе с использованием компьютерных программ;
- условно сэкономить 7–8% травяных кормов и исключить нерациональное использование 5–6% комбикормов.

### **Литература**

1. Калашников, К.Г. Пригодны ли средние показатели питательности кормов при составлении рационов для высокопродуктивных животных? / К.Г. Калашников, А.Н. Пикуль, В.Д. Руднев // Кормопроизводство. – 2008. – №4. – С. 2-4.
2. Логинов, Ю.М. Оснащение агрохимической службы аналитической техникой, лабораторно-полевым оборудованием и внедрение технологий массовых анализов / Ю.М. Логинов, В.А. Гарнецкий, С.Г. Самохвалов // М., ЦИНАО, 1999. – 8 с.

3. Сазонов, Ю.Г. Перспективы метода спектроскопии в ближней инфракрасной области для анализа сельскохозяйственных объектов / Ю.Г. Сазонов, К.Г. Панкратова, В.И. Щелоков. – М., ЦИНАО, 1999. – 3 с.
4. На основе инноваций // Комбикорма. – 2008. – №7. – С. 22-23.

УДК [(636.083.312.3+631.171):004.45]

**В.О. Китиков, Е.В. Тернов**  
 (РУП «НПЦ НАН Беларуси  
 по механизации сельского хозяйства»,  
 г. Минск, Республика Беларусь)

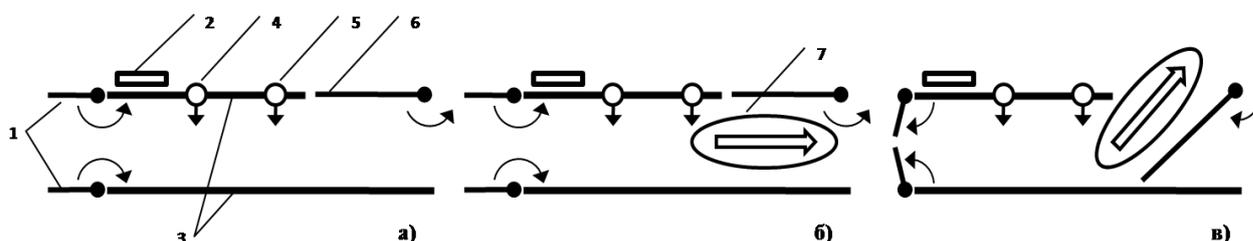
## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ КОРОВ ИЗ СТАДА

### Введение

В рамках создания отечественной автоматизированной системы оперативного управления дойным стадом КРС для молочно-товарных ферм и комплексов разработана система автоматизированного выделения коров из стада для индивидуального зооветеринарного обслуживания [1,2]. С декабря 2008 года система эксплуатируется в доильном зале МТФ беспривязного содержания на 600 голов в РСУП «Бобовский» Жлобинского района Гомельской области. С начала эксплуатации накоплены сведения о работе системы в производственных условиях. Исследованы методика анализа технологических данных и критерии производственной оценки эффективности системы.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследований является автоматизированная система управления стадом и ее механическая составляющая – двухпроходные разделительные станки (рисунок 17). Продолжительность процесса от начала перевода входных ворот 1 и калитки 6 из исходного состояния (рисунок 17а) в положение, закрывающее прямой проход (рисунок 17в), до их возврата в исходное состояние составляет рабочий цикл разделительного станка.



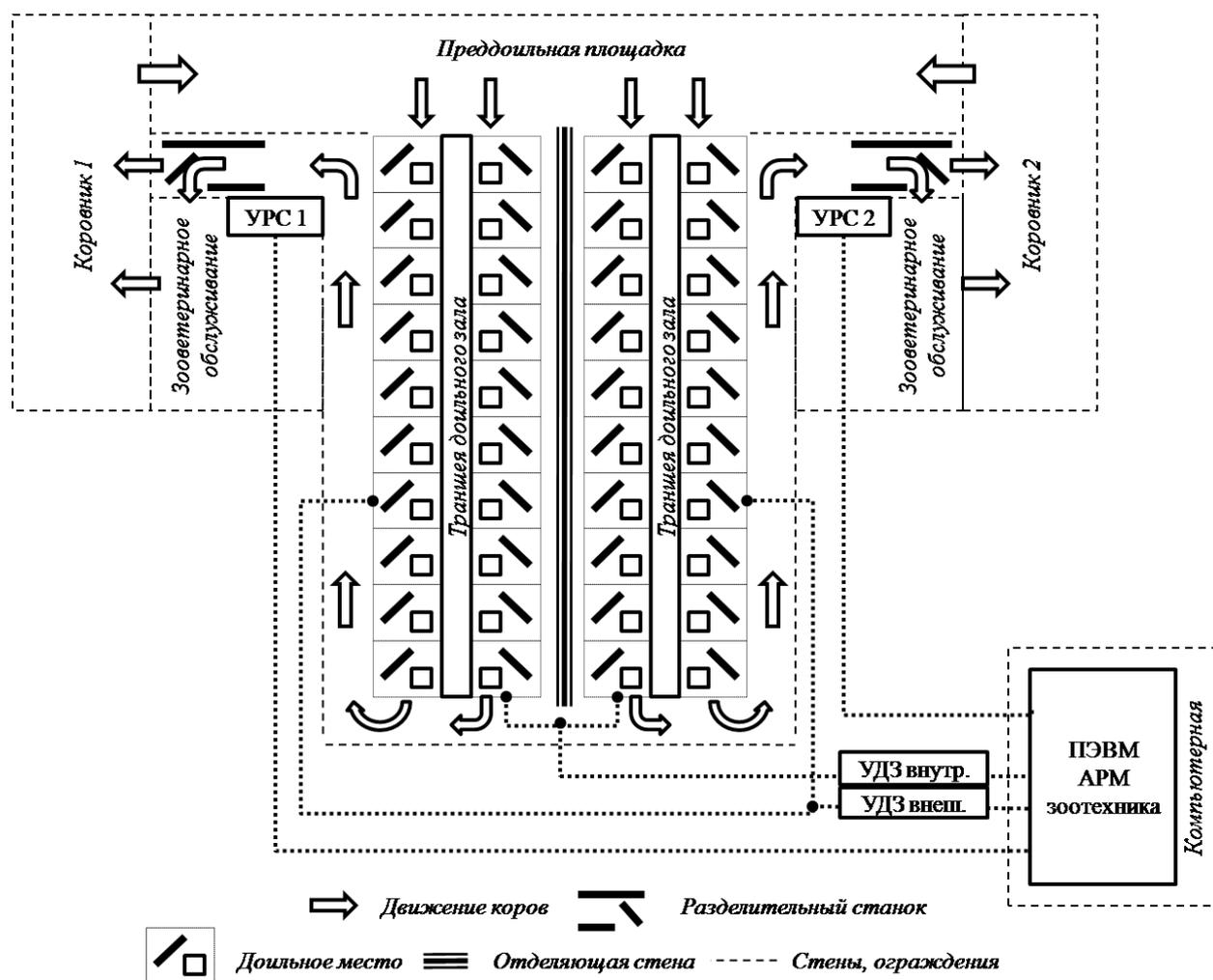
а) исходное состояние; б) прохождение коровы через прямой проход;  
 в) прохождение коровы через боковой проход (выделение из стада)

1 – входные ворота; 2 – антенна радиочастотной идентификации; 3 – боковое ограждение; 4 – фотодатчик ФД1; 5 – фотодатчик ФД2; 6 – калитка; 7 – корова

**Рисунок 17 – Основные элементы и работа разделительного станка**

Полная длина бокового ограждения прямого прохода разделительного станка 3 (рисунок 17а) составляла 3,2 м, в том числе ширина бокового прохо-

да – 1,4 м. Время поворота входных ворот 1 и калитки 6 в положение, закрывающее прямой проход (рисунок 17в), равнялось 0,9 с. Рабочий цикл при безуспешной попытке выделения коровы из стада составлял 4 с. Идентификация животных осуществлялась радиочастотным методом антенной 2 в зоне 0,5 м, пространственное положение коровы в разделительном станке фиксировалось парой оптических датчиков 4 и 5. Станки размещались на выходах из доильного зала МТФ на 600 голов, оснащенного двумя автоматизированными доильными установками «Елочка» 2х10, и управлялись от ПЭВМ АРМ зоотехника (рисунок 18). Пневмоцилиндры входных ворот и калиток разделительных станков подключены к вакуумной системе доильного зала.



**Рисунок 18 – Размещение разделительных станков в помещении молочно-товарной фермы**

Факты прохождения коров через разделительные станки фиксировались в устройствах управления разделительных станков (УРС) методом цифровой регистрации и передавались в ПЭВМ АРМ зоотехника, где сохранялись в базе данных. Сведения о единичном прохождении включают:

- номера УРС и ошейника коровы;
- наличие ошейника в задании на отделение в памяти УРС;
- состояние признака отделения неопознанных коров;

- время и дату прохождения: для коровы, не выделяемой из стада, – время фиксации коровы антенной 2 (рисунок 17а,б), для коровы, выделяемой из стада, – время завершения рабочего цикла разделительного станка (рисунок 17а,в);

- состояние задания в памяти УРС в момент прохождения, состояние фотодатчиков, датчиков открытия/закрытия входных ворот и калитки, связи УРС со считывателем транспондеров;

- признак фактического отделения коровы в боковой проход.

Обработка технологических данных осуществлялась средствами диалекта языка SQL СУБД MS Access и электронных таблиц Excel с применением методов математической статистики [3]. Всего было проанализировано 17525 прохождений через 2 разделительных станка на протяжении 98 доек, проведенных в течение 52 дней. Исследуемый отрезок времени составлял 96 дней, с 22.12.2008 по 27.03.2009 г.

Хронометраж прохождения коров через разделительный станок проводился по видеоматериалу, снятому цифровым фотоаппаратом «Canon» Power Shot S5 IS. Всего было снято 29 прохождений коров через разделительный станок под наблюдением зоотехника, в том числе 8 (5 успешных и 3 безуспешных) попыток выделения коров из стада в 3 фрагментах:

- 19 последовательных прохождений на протяжении 1 мин 42 с, содержащих 4 попытки выделения коров из стада, в том числе 2 последовательных;
- 3 последовательных прохождения на протяжении 44 с, в том числе 2 успешных последовательных попытки выделения коров из стада;
- 7 последовательных прохождений на протяжении 52 с, включающих 2 последовательных попытки выделения коров из стада.

Длина туловища коровы черно-пестрой породы в расчетах скорости движения принята 1,65 м [4].

### Результаты исследований

Визуальная характеристика скорости движения коров через разделительный станок представлена в таблице 11.

Таблица 11 – Характер скорости движения и поведения коров

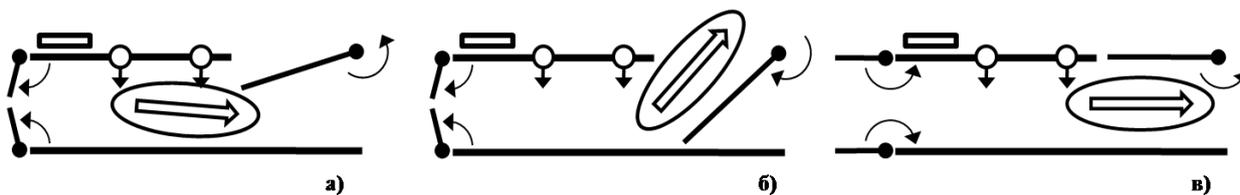
Скорость движения, <i>м/с</i>	Характеристика движения	Характеристика поведения
до 0,6	размеренный ход	самодостаточное
0,6–1,0	умеренный ход	уверенно-спокойное
1,0–1,5	ускоренный ход	настороженное
свыше 1,5	легкий бег	легкое возбуждение

Статистический ряд 29 значений скорости показан на рисунке 19.



**Рисунок 19 – Статистический ряд скорости движения коров через разделительный станок**

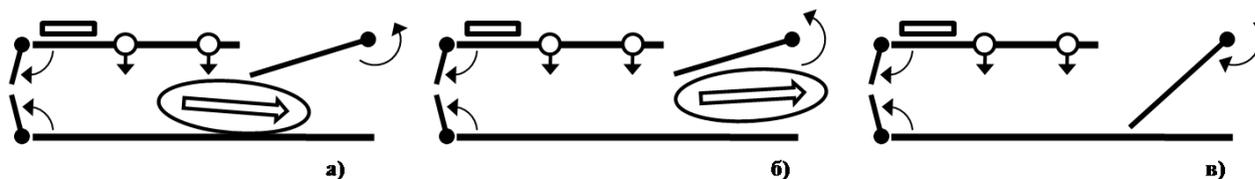
По итогам наблюдений безуспешные попытки представлены событиями двух видов. В первом случае (событие 1) при ускоренном движении коровы (1,0–1,5 м/с) калитка не успевает открыть боковой проход, как это происходит при умеренном движении (рисунок 17в). Шея коровы оказывается прижатой калиткой к боковому ограждению станка, оба фотодатчика надолго перекрываются туловищем коровы (рисунок 20а), УРС отсчитывает задержку перед возвратом калитки и ворот в исходное состояние (рисунок 17а). Усилия коровы достаточны для преодоления сопротивления пневмоцилиндра калитки и освобождения шеи. При освобождении шеи до окончания задержки возврата калитки (1,0–1,5 с) корова обычно без промедления следует в боковой проход и успешно выделяется из стада (рисунок 20б). Если корова останавливается либо освобождение затягивается, калитка с воротами возвращаются в исходное состояние, и корова следует в прямой проход (рисунок 20в).



**а) начальное взаимное положение коровы и калитки; б) благоприятный исход; в) неблагоприятный исход**

**Рисунок 20 – Задержка коровы в разделительном станке**

Во втором случае, достаточно редком (событие 2), корова при движении со скоростью около 2 м/с успевает пробежать прямой проход до момента его перекрытия калиткой (рисунок 21а,б). При этом соприкосновение с калиткой происходит в области середины туловища (рисунок 21а). Прямой проход в этом случае на 2 с перекрывается (рисунок 21в), после чего входные ворота и калитка возвращаются в исходное состояние (рисунок 17а). Исход события 2 всегда неблагоприятный.

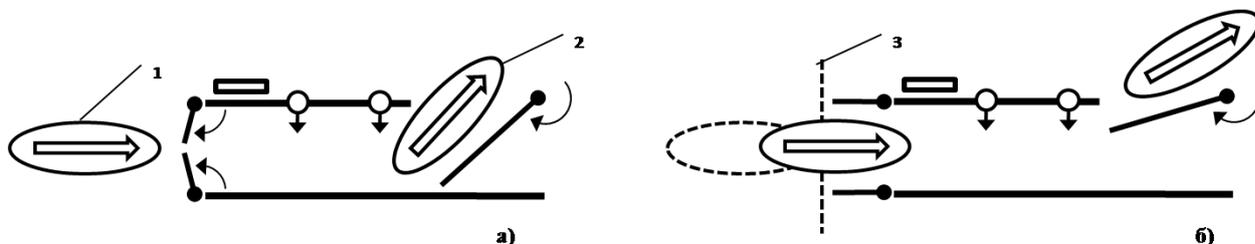


а) начальное взаимное положение коровы и калитки; б) корова покидает разделительный станок; в) пустой станок перед возвратом входных ворот и калитки в исходное состояние

**Рисунок 21 – Опережающее движение отделяемой коровы**

Событие 2 произошло однократно. Расстояние до передней коровы составляло около 6,5 м. Выделяемая корова на половину длины туловища зашла в станок (рисунок 22б) и ускорила движение. Причиной мог быть звук от удара калитки о боковое ограждение, вызванный вибрацией в начале движения калитки (рисунок 21а).

В 6 из 8 попыток выделения коров из стада наблюдались 3 случая последовательного выделения из стада 2 коров. В 2 из 3 случаев успешной была попытка выделения только первой коровы. В первом случае вторая корова ожидала открытия входных ворот в непосредственной близости перед ними (рисунок 22а) и с места вбежала в станок со скоростью, близкой к 1,5 м/с. Во втором случае вторая корова преждевременно зашла во входные ворота, полностью открывшиеся перед полным открытием калитки при отделении первой коровы (рисунок 22б). Одновременно имело место резкое увеличение скорости при команде зоотехника замедлить движение. В обоих случаях наблюдалось событие 1 с неблагоприятным исходом.



а) ожидание открытия входных ворот в непосредственной близости перед ними;  
 б) преждевременный заход коровы в ворота  
 1 – вторая выделяемая корова; 2 – первая выделяемая корова; 3 – желательное предельно близкое положение головы второй коровы при завершении выхода первой коровы через боковой проход

**Рисунок 22 – Предпосылки к невыделению второй коровы из двух после выделения первой коровы**

В единственном случае двух успешных последовательных попыток выделения коровы двигались со скоростью около 0,6 м/с на дистанции 5–7,5 м. Рабочий цикл разделительного станка длился соответственно 7 и 8 с.

В 3 из 5 успешных попыток передняя корова свободно следовала через прямой проход. При этом коровы двигались со скоростью около 0,5–0,75 м/с, соблюдая дистанцию 0,2–2 м. В 1 из 3 случаев наблюдалось событие 1 с бла-

гоприятным исходом. При этом скорость движения коровы была близкой к  $0,75 \text{ м/с}$ , дистанция между коровами составляла около  $0,2 \text{ м}$ . Рабочий цикл разделительного станка продолжался  $4 \text{ с}$ .

Статистический ряд дистанций между коровами показан на рисунке 23. Предположительно, значения свыше  $6,5 \text{ м}$  связаны с разницей во времени завершения доения групп из 10 коров на отдельных сторонах доильной установки (рисунок 18) и, соответственно, перерывами в движении коров через разделительные станки.

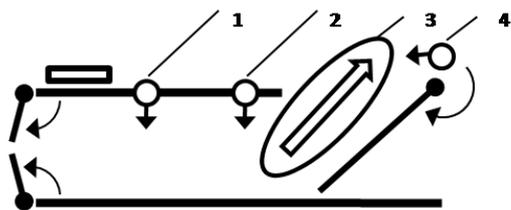


**Рисунок 23 – Статистический ряд дистанций между коровами, следующими через разделительный станок**

Представленных статистических данных достаточно для вычисления вероятности успешного автоматизированного выделения коровы из стада. Без количественной оценки из всего изложенного можно заключить, что успешное выделение коровы из стада через разделительный станок зависит от сочетания следующих факторов:

- открытия входных ворот разделительного станка после выделения коровы в боковой проход для прохода следующей коровы только после того, как калитка полностью закроет боковой проход (рисунок 17);
- скорости движения коров  $0,75\text{--}1 \text{ м/с}$ ;
- дистанции между коровами не менее  $3\text{--}3,5 \text{ м}$ ;
- отсутствия лишних резких звуков при приближении к разделительному станку и при прохождении через него;
- чередования в потоке коров, требующих и не требующих выделения из стада.

Анализ соответствия состояния фотодатчиков и датчиков положения ворот и калитки признаку действительного отделения коровы при сравнении соответствующих записей в базе данных с видеосъемкой тех же прохождений дал ошибочное заключение в 3 случаях из 5. Для корректной установки данного признака недостаточно двух фотодатчиков положения коровы. Добавление третьего датчика положения коровы, фиксирующего вместе с двумя уже существующими выход коровы из разделительного станка в боковой проход, повысило бы достоверность результата попытки выделения коровы из стада практически до единицы (рисунок 24).



1 – существующий фотодатчик ФД1;  
 2 – существующий фотодатчик ФД2;  
 3 – корова; 4 – дополнительный фотодатчик ФД3 для фиксации выхода коровы через боковой проход

**Рисунок 24 – Усовершенствованная схема определения направления выхода коровы из разделительного станка**

Статистический ряд количества выделенных коров в смену (668 попыток выделения) и соответствующий средний процент безуспешных попыток выделения коров из стада показаны на рисунке 25.

Ориентировочное соответствие числа выделенных за смену коров производственной задаче выделения, а также процентная доля задачи в общем числе выделенных коров и безуспешных попыток выделения представлены в таблице 12.

успешных попыток выделения представлены в таблице 12.



**Рисунок 25 – Статистический ряд числа коров, выделяемых в смену**

**Таблица 12 – Производственные задачи, связанные с выделением коров из стада**

Производственная задача	Число выделенных в смену коров, голов	Доля задачи в общем числе выделенных коров, %	Доля задачи в общем числе безуспешных попыток, %
Осеменение	до 10	14	23
Ректальное исследование	10–50	62	49
Перегруппировка секций или запланированное массовое осеменение	свыше 50	24	28

Статистический ряд количества безуспешных попыток выделения в смену (83 попытки) показан на рисунке 26.



**Рисунок 26 – Статистический ряд числа безуспешных попыток выделения в смену**

Предположительно, при большом числе выделяемых коров процент безуспешных попыток стабилизируется на уровне 15–17%. Если безуспешные попытки выделения коров для перераспределения секций или ректального исследования можно повторить во время очередной смены, то надежность автоматизированного выделения из стада более 5 коров в смену с целью осеменения должна быть повышена. Достаточными основаниями для этого являются как необходимость рациональной организации трудового процесса техника-осеменатора, так и трудоемкость поиска единичных коров в секциях коровника беспривязного содержания.

Дневное количество коров, выделенных по командам с доильных мест и по заданиям от АРМ зоотехника, показано на рисунке 27. Единичные случаи выделения большого числа коров по командам с доильных мест, вероятно, связаны с неизбежным периодом обучения зоотехника работе с программным обеспечением системы управления стадом.



**Рисунок 27 – Количество коров, выделенных из стада по заданиям АРМ зоотехника и по командам с доильных мест**

## Заключение

1. Надежность определения выхода коровы из разделительного станка через боковой проход может повышаться за счет применения дополнительных датчиков положения, устанавливаемых в соответствии с предложенной методикой.

2. Повышение надежности последовательного выделения двух и более коров из стада может быть достигнуто путем поддержания скорости потока коров, следующих через разделительный станок, на уровне 0,75–1 м/с и дистанции между коровами 3–3,5 м.

3. Представляется целесообразным в сведениях о прохождении вне зависимости от факта выделения коровы применять единое время прохождения, соответствующее моменту идентификации транспондера антенной (для неопознанной коровы – время пересечения фотодатчика ФД1 (на рисунке 17)). Сведения о прохождении должны быть дополнены информацией о времени выхода из разделительного станка или о фактической продолжительности рабочего цикла разделительного станка для сравнения с оптимальным значением 4 секунды.

4. Требуется произвести оценку пропускной способности доильного зала (рисунок 18) на основе сведений о прохождении коров через разделительные станки и о временных границах доения групп коров из 10 голов на отдельных сторонах каждой из доильных установок.

## Литература

1. Тернов, Е.В. Программно-техническая реализация выделения коров из стада в компьютерной системе управления / Е.В. Тернов // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Межд. науч.-практич. конф., Минск, 17–19 октября 2007 г. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; под общ. ред. В.Н. Дашкова. – Минск, 2007. – В 2 т.: Т. 2. – С. 106–109.
2. ТУ ВУ 100230575.262-2008. Система компьютерная управления стадом СУС–1000: технические условия. – Введены с 25.11.2008.
3. Гурский, Е.И. Теория вероятностей с элементами математической статистики. Учеб. пособие для вузов / Е.И. Гурский. – М.: Высшая школа, 1971. – 328 с.
4. Тип «Непечинский» черно-пестрой породы КРС: цветная вкладка // Молочное и мясное скотоводство. – 2007. – № 8. – С. 19.

УДК 637.116

**В.О. Китиков**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ  
К СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ  
ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО  
ДОЕНИЯ КОРОВ**

## Введение

Одной из основных тенденций в агропромышленном комплексе является внедрение интенсивных технологий производства продуктов питания. В связи с этим существовавшая ранее система машин, опиравшаяся на «научный про-

гноз развития механизации отраслей агропромышленного комплекса с учетом выхода на планируемые показатели по производительности труда, затратам и объемам производства при заданных ограничениях на материальные, трудовые и энергетические ресурсы» [1, с. 3], не соответствует современным условиям хозяйствования.

Развитие новой системы машин, в том числе и для молочного животноводства, должно идти по пути обеспечения интенсивных технологий техническими средствами.

Государственной программой возрождения и развития села [2] в части производства молочного сырья принят курс на развитие интенсивных промышленных технологий, основывающихся на снижении энергоемкости продукции при сохранении ее высокого качества. Поставлена задача обеспечить порядка 80% валового производства молока на крупных (более 400 голов) фермах и комплексах, оснащенных современным оборудованием.

### **Планирование эффективного модельного ряда доильных установок**

В результате анализа способов содержания и доения коров [3] установлено, что современным перспективным технологиям производства молока с уровнем интенсификации не менее 20% соответствуют доильные установки нового поколения, которые не только качественно обеспечивают процесс доения, но и, благодаря высокому уровню автоматизации, обеспечивают управление сопряженными технологическими процессами, включая первичную обработку молока, кормораздачу, навозоудаление, отделение от стада животных, выпойку телят, микроклимат в коровнике и доильном зале.

В связи с этим модельный ряд доильных установок, на наш взгляд, должен формироваться с учетом следующих основных факторов: физиологичности рабочих органов и режимов доения, уровня автоматизации и принципа контроля процесса доения и сопряженных технологических процессов.

Проблема физиологичности подвесной части доильного аппарата, взаимодействующей с выменем животного, была остро обозначена учеными во второй половине XX века в связи с разнообразием технических подходов в доении, а также в связи с развитием интенсивных технологий промышленного производства молока, эффективность внедрения которых также зависит и от сохранения здоровья и стабильной продуктивности животных на протяжении не менее пяти периодов лактации.

Многочисленными исследованиями, в том числе известного физиолога Н.Е. Введенского, профессора Л.П. Карташова, установлено, что «максимальная молокоотдача возможна только при условии возбуждения полноценного рефлекса, являющегося результатом условных и безусловных рефлекторных реакций организма на определенные виды раздражения» [4, с. 23].

Для всех типов доильных установок, за исключением доильных роботов, обязательным требованием является проведение ручных подготовительных операций с целью стимуляции рефлекса молокоотдачи, очистки вымени, а

также выявления заболеваний молочной железы. При этом оператор обязан обмыть вымя чистой теплой водой при помощи разбрызгивателя (на станочных установках) или из специального ведра (при доении в стойлах), вытереть его насухо полотенцем, одновременно массируя. Подготовка вымени к доению от начала обмывания до надевания доильных стаканов на соски должна составлять не менее 40 и не более 60 секунд в зависимости от индивидуальных особенностей животных (тугодойные, стадия лактации). Надевать доильные стаканы необходимо с наступлением «припуска» молока, о чем свидетельствуют порозовевшие упругие соски.

С появлением автоматизированных доильных установок в 70–80-х годах прошлого столетия возникает целый ряд научно-технических задач, связанных с определением эффективных режимов доения, включая процессы автоматической стимуляции молокоотдачи, автоматического регулирования пульсометрических характеристик в основной фазе доения, автоматического додаивания, автоматического съема подвесной части с вымени и другие процессы.

В соответствии с методологией советской школы физиологов, ученых и практиков молочного дела эти задачи объединены в комплексную проблему оптимизации биотехнической системы «человек–машина–животное».

Вместе с тем в решении проблемы адекватности воздействия звена «машина» на органы животного нет четкого ответа на вопрос: кто управляет доением – человек или животное.

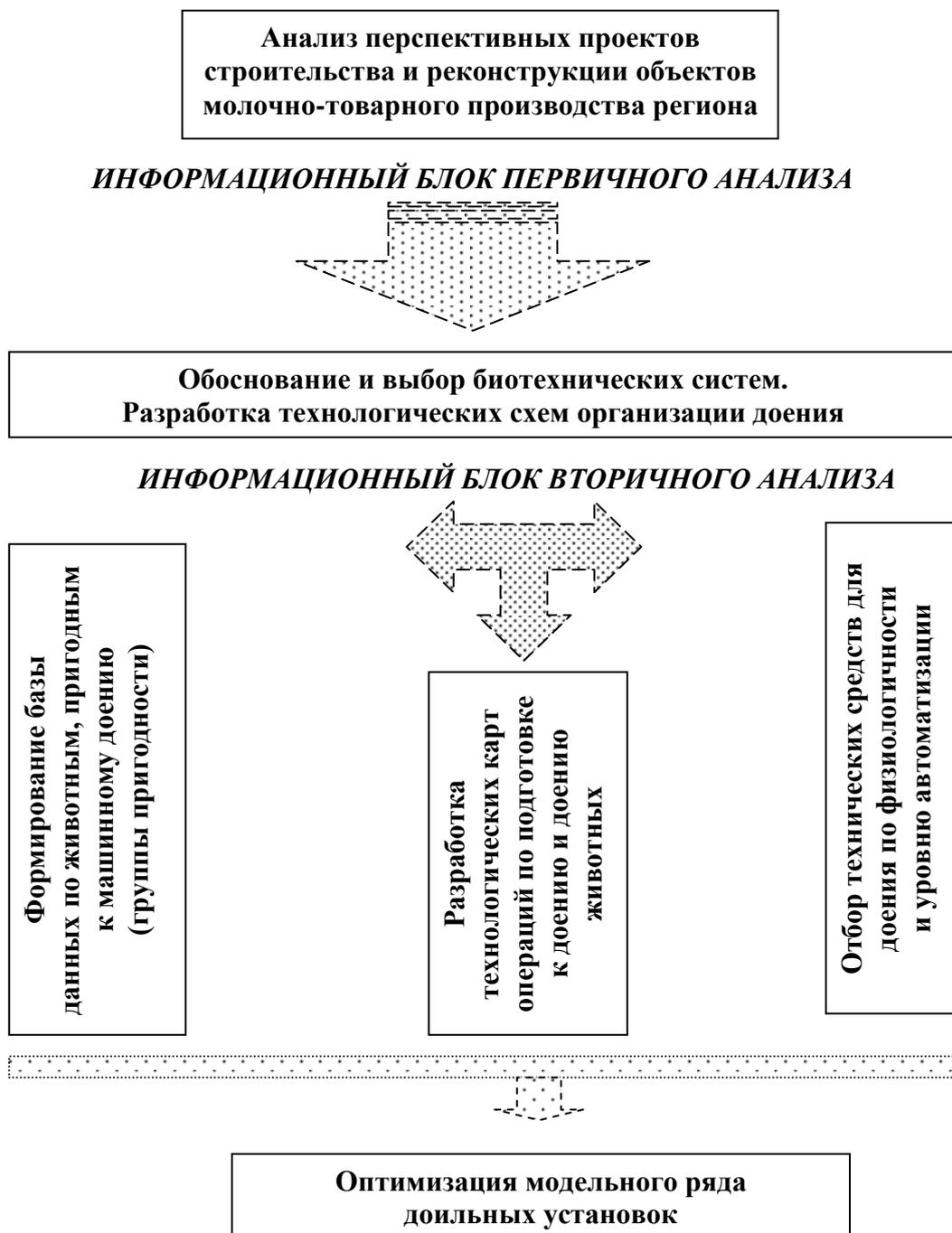
Развитие новой двухзвенной биотехнической системы «робот–животное» позволяет значительно упростить функционально-технологические связи и обеспечивает ряд преимуществ в выполнении процесса.

Модельный ряд современных доильных установок формируется для определенных производственно-климатических условий исходя из принципа «открытых систем» [5]. Критериями отбора технических средств являются физиологичность и уровень автоматизации. При этом для каждой биотехнической системы должны быть разработаны четкие технологические требования в виде операционных технологических карт, учитывающие необходимые и правильные с точки зрения физиологии животного мероприятия.

Совершенствование модельного ряда доильных установок заключается в постоянной замене и добавлении содержимого информационных блоков (рисунков 28) в процессе развития научно-технического прогресса в отрасли.

Физиологичность технических средств, взаимодействующих с органами животного, должна быть подтверждена не только плановыми испытаниями в ходе НИОКТР, но и масштабной апробацией в производственном процессе. Результаты такой апробации оцениваются специалистами-разработчиками, а также учеными-зоотехниками и физиологами. Для анализа применима методика экспертных оценок и методы инженерного прогнозирования.

В зависимости от степени влияния режимов работы доильной установки и материалов рабочих органов на состояние животного во время и после доения определяется уровень физиологичности оборудования (рисунок 29). Длительность проведения исследований по данной методике составляет один лактационный период для первотелок и один-два лактационных периода для коров при переходе с одного стереотипа машинного доения на другой.



**Рисунок 28 – Методика оптимизации модельного ряда как элемент совершенствования доильных установок**

# Оценка физиологичности рабочих органов и режимов работы доильных установок

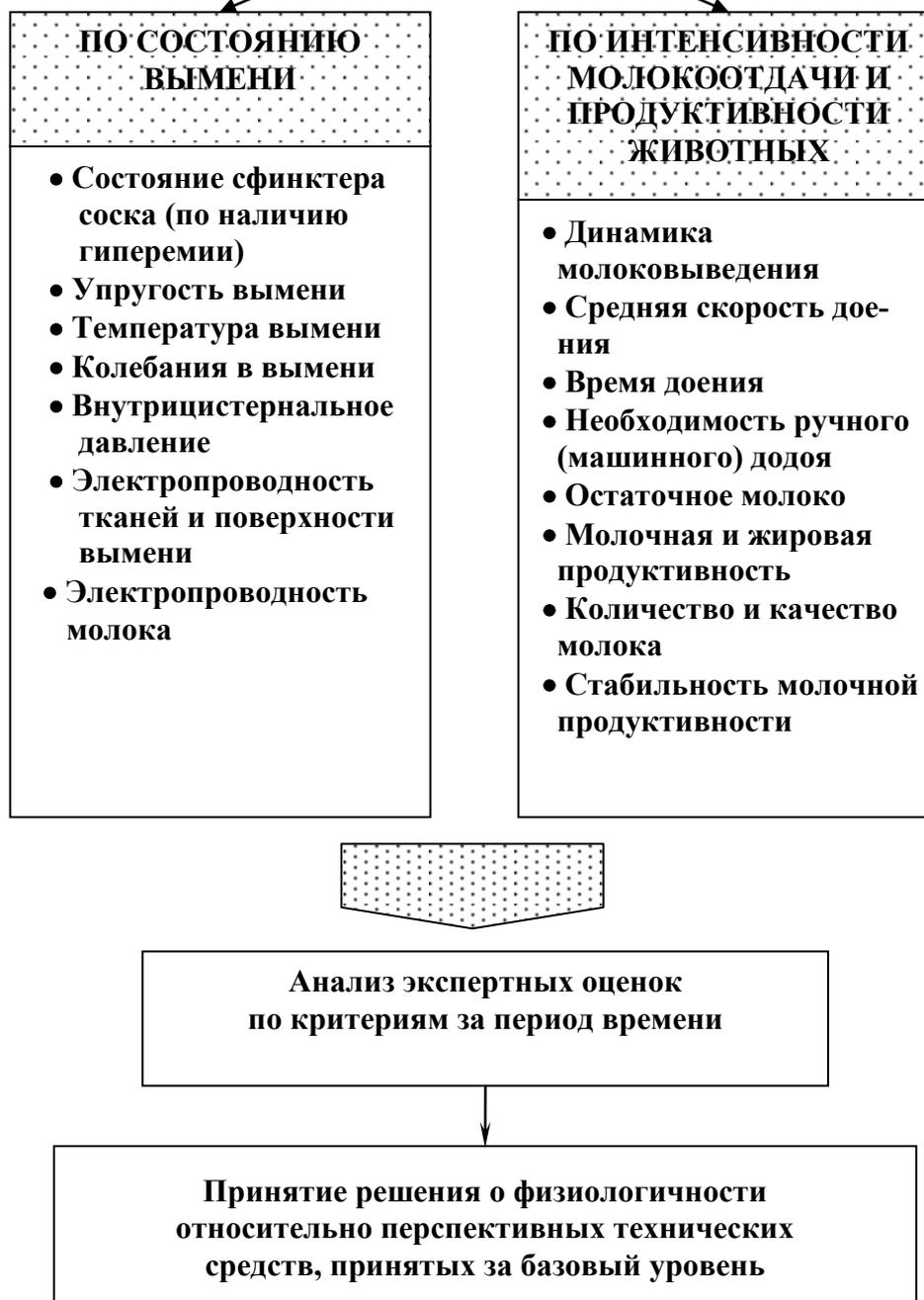


Рисунок 29 – Методика оценки физиологичности рабочих органов и режимов работы как элемент совершенствования доильных установок

Доильные установки и оборудование, входящие в состав модельного ряда, должны быть унифицированы в пределах исполнений и модификаций.

Оценка уровня технической унификации может быть проведена с использованием выражения, полученного на основе известной методики [6]:

$$i_{un} = (1 - n_o/n) 100\%, \quad (1)$$

где  $n$  – общее количество типоразмеров узлов и деталей в изделии;

$n_o$  – количество типоразмеров оригинальных узлов и деталей.

На этапе оптимизации модельного ряда доильных установок (рисунок 28) может быть применен метод линейного программирования, описанный Е.Г. Родовым для условий оптимизации состава машинно-тракторного парка [6]:

$$\sum_{j=1}^J \sum_{t=t_0}^{t'} \sum_{S=1}^S C_{jt}^S X_{jt}^S + E \sum_{i=1}^I C_i Z_i \rightarrow \min, \quad (2)$$

при ограничениях:

$$\sum_{t=t_0}^{t'} \sum_{S=1}^S W_j^S X_{jt}^S = F_j, \quad \sum_{j=1}^{t'} X_{jt}^S - Z_i \leq 0; \quad X_{jt}^S \geq 0; \quad Z_i \geq 0,$$

где  $X_{jt}^S$  – искомая интенсивность использования доильных установок в  $j$ -ой технологической схеме в  $t$ -й период;

$F_j$  – объем работы  $j$ -го вида;

$W_j^S$  – производительность установок  $S$ -го типа на  $j$ -ой операции;

$Z_i$  – общее количество доильных аппаратов  $i$ -го вида;

$C_{jt}^S$  – стоимость выполнения  $j$ -ой работы установкой  $S$ -го типа;

$C_i$  – стоимость  $i$ -го доильного аппарата.

Как указывалось выше, интенсивное промышленное производство молока предполагает наличие эффективного модельного ряда доильных установок, сформированного для конкретных производственно-климатических условий. Вместе с тем доение в интенсивных технологиях рассматривается в общем контексте комплексной механизации-автоматизации взаимосвязанных процессов, обеспечивающих получение качественного молочного сырья. Поэтому выбор технических средств для промышленных объектов молочно-товарного производства должен сводиться к комплексному обоснованию соответствующих технологических комплектов машин и оборудования

### Выводы

1. Механизированный технологический процесс доения должен рассматриваться как сложная биотехническая система, в которой животное и оператор являются активными управляющими звеньями.

2. Эффективность доения определяется исходя из уровня технологической интенсификации и зависит от трех основных факторов – энергоемкости,

физиологичности, а также уровня автоматизации оборудования и самого процесса.

3. Методология совершенствования оборудования для доения коров на современном этапе должна включать методы оптимизации соответствующего раздела системы машин с учетом формирования эффективного модельного ряда доильных установок.

4. Система машин в молочном животноводстве должна опираться на реестр передовых технологий при формировании эффективного модельного ряда доильных установок и технологических комплектов оборудования МТФ.

5. Эффективный модельный ряд доильных установок для региона формируется исходя из условий пригодности поголовья коров к машинному доению с учетом уровня физиологичности рабочих органов и установленных режимов доения, а также уровня автоматизации процесса.

### Литература

1. Интенсификация сельскохозяйственного производства и формирование системы машин: сб. материалов Всесоюзного совещания по вопросам совершенствования системы машин / ВАСХНИЛ, НПО «Белсельхозмеханизация». – Минск, 1989. – 105 с.
2. Государственная программа возрождения и развития села на 2005–2010 годы: утвержд. Указом Президента Республики Беларусь 25.03.2005, № 150 // Белорусская Нива. – 2005. – 28 янв. – С. 1-5.
3. Китиков, В.О. Технологические тенденции и энергоэффективность в молочно-товарном производстве / В.О. Китиков // Инженерный вестник. – 2008. – №1. – С. 35-37.
4. Карташов, Л.П. Машинное доение коров / Л.П. Карташов. – М.: Колос, 1982. – 301 с.
5. Карташов, Л.П. О проектировании физиологичной доильной техники с точки зрения открытых систем / Л.П. Карташов, З.В. Макаровская // XI Международный симпозиум по машинному доению коров: сб. науч. тр. / Россельхозакадемия. – Казань, 2003. – С. 23-36.
6. Родов, Е.Г. Оптимизация системы машин для мелкотоварного производства в сельском хозяйстве: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Е.Г. Родов. – Минск, 1994. – 110 с.

УДК 621.521:664

**В.И. Передня, С.В. Лосик**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**Н.Н. Дедок, М.В. Колончук**

*(УО «БГАТУ», г. Минск, Республика Беларусь)*

**КОЛЕБАНИЯ  
ДОИЛЬНЫХ  
АППАРАТОВ**

### Введение

Завершающим этапом доения коров в доильных установках в залах является процесс автоматического снятия доильного аппарата с вымени коровы. После съема доильные стаканы совершают колебания относительно коллектора и точки подвеса – пневматического цилиндра съемного механизма. Решение проблемы – уменьшение амплитуды колебаний подвесной части доильного аппарата.

## Объект исследований

В настоящее время приняты два типа схемных решений съема доильных аппаратов в конструкциях доильных установок с доением в залах (рисунок 30). В одних конструкциях автоматизированных доильных установок пневматические цилиндры съема располагают горизонтально в зоне магистрального вакуумного трубопровода. В других эти пневматические цилиндры располагают вертикально (рисунок 30а,б).



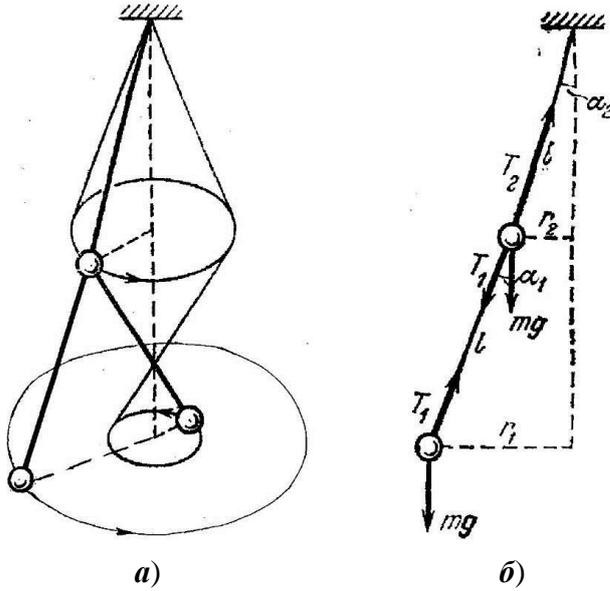
Целью данной работы является оценка колебаний применяемых физических моделей съема доильных аппаратов на вертикальном и горизонтальном съемниках.

## Результаты исследований

Физическая модель подвесной части доильных аппаратов со съемниками представлена в виде двойного маятника (рисунок 31). Гильзы доильных стаканов подвесной части доильного аппарата соединены с помощью гибких совмещенных сосковых резин с коллектором. Коллектор соединен с пневмоцилиндром съемного механизма шнуром, длина которого в  $n$  раз больше длины доильного стакана.

Если такие системы вывести из равновесия, то каждый из элементов двойного маятника (гильзы доильных стаканов и коллектор) будет совершать колебательное движение. Движение такого маятника принято простым: гильзы доильных стаканов и коллектор совершают гармоническое колебание с одной и той же частотой, причем амплитуды и фазы этих колебаний находятся в определенном соотношении друг с другом.

Гармонические колебания доильного аппарата представлены как проекция кругового движения. Сила натяжения доильных стаканов  $T_1$  принята равной  $mg$ , а сила натяжения  $T_2$  шнура равна  $2mg$ . Проекция силы  $T_1$  на горизонтальное направление равна  $T_1 \sin \alpha_1 \approx mg \alpha_1$ . Аналогично проекция сил натяжения шнура пневматического цилиндра равна  $T_2 \sin \alpha_2 - T_1 \sin \alpha_1 \approx mg(2\alpha_2 - \alpha_1)$ .



а) возможные формы колебаний подвешенной части доильного аппарата  
 б) силы, действующие на доильные стаканы и коллектор ( $l_{ш}$  – длина шнура;  $l$  – длина доильного стакана)

**Рисунок 31 – Физические модели съемного доильного аппарата**

Поэтому, связав радиусы окружностей  $r_1$  и  $r_2$ , по которым движутся доильные стаканы и коллектор, с углами  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , уравнения второго закона Ньютона для доильных стаканов и коллектора в проекции на радиальное направление имеют вид:

$$\begin{cases} m\omega^2 r_1 = mg\alpha_1; \\ m\omega^2 r_2 = mg(2\alpha_2 - \alpha_1); \\ r_1 = l(\alpha_1 + n\alpha_2); \\ r_2 = l_{ш}\alpha_2 \rightarrow r_2 = nl\alpha_2; \\ \frac{l_{ш}}{l} = n. \end{cases} \quad (1)$$

Вводя обозначение  $\omega_0^2 = g/l$ , получают систему уравнений для определения  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ :

$$\begin{cases} \omega^2 l(\alpha_1 + n\alpha_2) = g\alpha_1 \\ \omega^2 nl\alpha_2 = g(2\alpha_2 - \alpha_1) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} \omega^2(\alpha_1 + n\alpha_2) = \omega_0^2\alpha_1 \\ \omega^2 n\alpha_2 = \omega_0^2(2\alpha_2 - \alpha_1) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} (\omega^2 - \omega_0^2)\alpha_1 + n\omega^2\alpha_2 = 0 \\ \omega_0^2\alpha_1 + (n\omega^2 - 2\omega_0^2)\alpha_2 = 0 \end{cases} \quad (2)$$

Система уравнений (2) имеет решение  $\alpha_1 = 0$  и  $\alpha_2 = 0$ , которое соответствует маятнику в положении равновесия. Но эта система имеет и ненулевые решения. Исключая  $\alpha_1$ , получим:

$$(n\omega^2 - 2\omega_0^2)\alpha_2 - \omega_0^2 \frac{n\omega^2\alpha_2}{(\omega^2 - \omega_0^2)} = 0 \rightarrow (\omega^2 - \omega_0^2)(n\omega^2 - 2\omega_0^2)\alpha_2 - n\omega_0^2\omega^2\alpha_2 = 0 \rightarrow \quad (3)$$

$$\left[ (\omega^2 - \omega_0^2)(n\omega^2 - 2\omega_0^2) - n\omega_0^2\omega^2 \right] \alpha_2 = 0 \rightarrow n\omega^4 - 2(n+1)\omega_0^2\omega^2 + 2\omega_0^4 = 0.$$

При равенстве длин доильного стакана и шнура ( $n = 1$ ) пневматического цилиндра решению этой системы удовлетворяет уравнение

$$\omega^4 - 4\omega_0^2\omega^2 + 2\omega_0^4 = 0. \quad (4)$$

Частоты возможных колебаний съемного доильного аппарата равны

$$\omega_{1,2}^2 = \omega_0^2(2 \pm \sqrt{2}). \quad (5)$$

Колебания системы «пневматический цилиндр–коллектор–доильные стаканы» могут происходить с двумя разными частотами. Подставив сначала в первое из уравнений системы (2) при  $n = 1$  корень  $\omega = \omega_0\sqrt{2 - \sqrt{2}}$ , после приведения подобных членов получим  $\alpha_1/\alpha_2 = \sqrt{2}$ . При колебании доильного

аппарата с этой частотой движение доильных стаканов и коллектора происходит в одинаковой фазе. Причем отношение их амплитуд равно 2,41:

$$r_1/r_2 = 1 + \alpha_1/\alpha_2 = 1 + \sqrt{2} = 2,41.$$

Подставив же в первое из уравнений (2) другой корень  $\omega = \omega_0 \sqrt{2 + \sqrt{2}}$  и приведя подобные члены, получим  $\alpha_1/\alpha_2 = -\sqrt{2}$ . При колебании с частотой  $\omega = \omega_0 \sqrt{2 + \sqrt{2}}$  доильные стаканы и коллектор совершают колебания в противофазе, а отношение их амплитуд равно 0,41:

$$|r_1/r_2| = \sqrt{2} - 1 = 0,41.$$

Если же соотношение длин шнура и доильного стакана равно 6, то решение находится из уравнения:

$$6\omega^4 - 14\omega_0^2\omega^2 + 2\omega_0^4 = 0. \quad (6)$$

Частоты возможных круговых движений съемного доильного аппарата

$$\begin{cases} \omega_1^2 \approx \frac{1}{6}\omega_0^2; \\ \omega_2^2 \approx \frac{13}{6}\omega_0^2. \end{cases} \quad (7)$$

При колебании подвесной части доильного аппарата с частотой  $\omega_1^2 = \frac{1}{6}\omega_0^2$  получаем  $\alpha_1/\alpha_2 = \frac{6}{5}$ . Движение доильных стаканов и коллектора происходит в одинаковой фазе, причем отношение их амплитуд равно 1,2:

$$\frac{r_1}{r_2} = \frac{\alpha_1 + 6\alpha_2}{6\alpha_2} \rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \frac{\alpha_1/\alpha_2 + 6}{6} \rightarrow \frac{r_1}{r_2} = \frac{\frac{6}{5} + 6}{6} \approx 1,2.$$

При колебании с частотой  $\omega_2^2 = \frac{13}{6}\omega_0^2$  получаем  $\alpha_1/\alpha_2 = -\frac{78}{7}$ . Доильные стаканы и коллектор совершают колебания в противофазе, а отношение их амплитуд равно 0,8:

$$\left| \frac{r_1}{r_2} \right| = \frac{\alpha_1 + 6\alpha_2}{6\alpha_2} \rightarrow \left| \frac{r_1}{r_2} \right| = \frac{\alpha_1/\alpha_2 + 6}{6} \rightarrow \left| \frac{r_1}{r_2} \right| = \frac{\left| -\frac{78}{7} + 6 \right|}{6} \approx 0,8.$$

Рациональные соотношения длины шнура и длины доильного стакана находятся в пределах 6–8 (рисунок 32).

Период колебаний подвесной части на горизонтальном пневмоцилиндре доильного автомата в 2–4 раза больше периода колебаний подвесной части на вертикальном пневмоцилиндре. Гашение колебаний доильного аппарата возможно путем изменения длины шнура (рисунок 33).

Если математический маятник массой  $m$  и длиной  $l$  отклонен на угол  $\alpha_0$  (положение 1) и начинает двигаться, то через положение равновесия 2 он проходит со скоростью  $\mathcal{G}_0$ . Удлиним маятник на  $\Delta l$ , опустив его в положение 3. На скорости это не отразится. Поэтому, двигаясь дальше по дуге большего ра-

диуса, маятник остановится в положении 4, поднявшись на прежнюю высоту  $h_0$  относительно положения 3, но отклонившись на угол  $\alpha < \alpha_0$ . В этот момент быстро восстановим первоначальную длину маятника. Он займет положение 5.

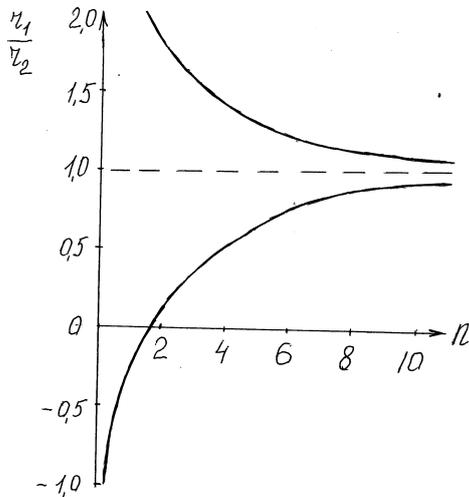


Рисунок 32 – Параметры колебаний доильного аппарата

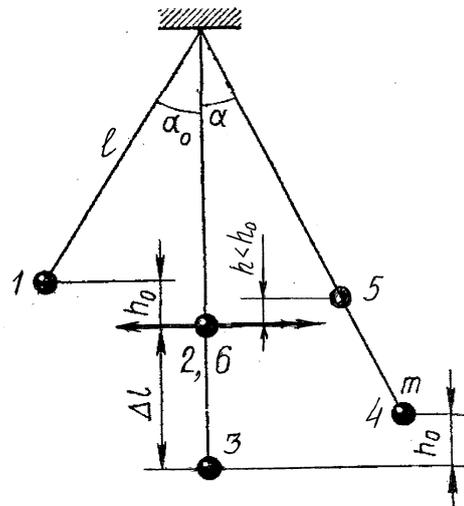


Рисунок 33 – Энергетика гашения колебаний маятника

При этом он окажется над положением равновесия на высоте  $h < h_0$ , то есть будет обладать недостаточной энергией в сравнении с положением 1. Возвращаясь в положение равновесия, маятник пройдет его со скоростью  $\mathcal{G}_1 < \mathcal{G}_0$  (положение 6, совпадающее пространственно с положением 2). Рассмотренную операцию можно совершать дважды за период колебаний маятника. При этом он будет раскачиваться слабее.

Физическая суть процесса заключается в том, что энергия, теряемая маятником при его опускании, больше энергии, сообщаемой маятнику при поднятии его на меньшую высоту:

$$\Delta l_1 = \Delta l \cos \alpha.$$

Так как в положении 2 натяжение нити определяется суммой веса маятника и силы реакции шарика  $m\mathcal{G}_0^2/l$ , то работа, совершаемая при удлинении нити, равна:

$$\Delta A_1 = -mg\Delta l - \frac{m\mathcal{G}_0^2}{l}\Delta l.$$

Работа же при укорочении маятника:

$$\Delta A_2 = mg\Delta l \cos \alpha = mg\Delta l \left(1 - \frac{h}{l}\right).$$

Поэтому снижение энергии маятника за половину периода его движения составляет:

$$\Delta W = \Delta A_1 + \Delta A_2 = -2\frac{\Delta l}{l}W_0 \left(1 + \frac{h}{2h_0}\right) \approx -3\frac{\Delta l}{l}W_0,$$

так как

$$g_0^2 = 2gh_0, W_0 = \frac{1}{2}mg_0^2, h \approx h_0.$$

### Заключение

Для снижения амплитуды колебаний подвесной части доильного аппарата при его снятии пневматический цилиндр съема следует располагать в горизонтальном верхнем положении. С целью гашения колебаний подвесной части доильного автомата при снятии доильных стаканов необходим реверс поршня доильного автомата с вертикальным пневмоцилиндром.

### Литература

1. Игнатищев, Р.М. Курс теоретической механики / Р.М. Игнатищев, П.Н. Громыко, С.Н. Хатетовский. – Минск: Технопринт, 2004. – С. 361.

УДК [637.116:543]:614

**Д.В. Зимницкий**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬ- НЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТРОЙСТВА ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОЧИСТКИ ДОИЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

### Введение

Снижение обсемененности молока, производимого на молочно-товарных фермах, имеет большое значение и непосредственно зависит от качества очистки внутренних поверхностей доильного оборудования. Для очистки доильного оборудования используются растворы таких сильнодействующих ядовитых веществ, как гипохлорит натрия, дезмол и збруч. Эти вещества являются сильными окислителями, которые не только стерилизуют оборудование, но также приводят к его постепенному разрушению. Не менее разрушительное действие, особенно на сосковую резину, оказывают растворы традиционно применяемых на молочно-товарных фермах моющих порошков, приводящих к быстрому изнашиванию оборудования. Еще одной острой проблемой, возникающей при очистке доильного оборудования, являются твердые загрязнения. К ним относятся отложения жира и белка, биологические пленки, возникающие в результате жизнедеятельности микроорганизмов, а также скопления катионов кальция и магния, называемые молочным камнем. Для их удаления используют длительное химическое воздействие щелочными и кислотными растворами, а также механическое воздействие потоком промывающей воды. Очевидно, что вода не обладает необходимой механической твердостью для удаления этих загрязнений, а химические растворы не обеспечивают полного их разрушения, оказывая при этом воздействие не только на загрязнения, но и на все доильное оборудование и вызывая его

быстрый износ. Существенному износу подвергается сосковая резина, которая является наиболее значимой частью доильной установки, поскольку она непосредственно контактирует с выменем коровы. Поэтому к ее состоянию, степени эластичности предъявляются наиболее высокие требования. Также установлено, что по мере износа на поверхности сосковой резины увеличивается количество микроорганизмов, способных вызывать различные поражения вымени.

### Обоснование актуальности исследований

Проведенная совместно с РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» проверка бактериальной обсемененности в ряде хозяйств Минской области показала наличие значительного бактериального загрязнения поверхности в некоторых труднодоступных местах доильного аппарата. Например, обсемененность на внутренней поверхности молочного шланга, привезенного с пастбища, составила 400000 микроорганизмов на  $1 \text{ см}^2$  ( $\text{м.к./см}^2$ ) при желаемой норме  $500 \text{ м.к./см}^2$ . Это приводит к высокой бактериальной обсемененности молока, потере в качестве и переводу молока из первого сорта во второй, что приносит экономические потери хозяйству. В работе [1] сообщается, что при содержании микроорганизмов в сосковом молоке 4400–4700  $\text{КОЕ/см}^3$  за время прохождения по молокопроводящим путям до сборного резервуара количество микроорганизмов вырастает до 613000  $\text{КОЕ/см}^3$ . Измеренная величина бактериальной обсемененности поверхностей доильного оборудования после горячей промывки представлена в таблице 13 [1].

Таблица 13 – Общая бактериальная обсемененность молочно-доильного оборудования и молочной посуды на животноводческих фермах

Объект исследований	$\text{КОЕ/см}^2$ или $\text{см}^3$
Молокопровод	13000 – 120000
Доильная установка «Елочка»	33400 – 37300
Молочный танк	6166 – 250000
Сосковая резина	18833 – 270000
Коллектор	22300 – 235000
Молочный шланг	43000 – 684833
Молочный бидон	65500 – 798100
Молочное ведро	11000 – 32000

Повышение культуры доения и хранения молока до переработки может значительно снизить общую обсемененность. Технический прогресс требует полной автоматизации и механизации работ по производству молока и освобождения производства от воздействия человеческого фактора на технологический процесс. В настоящее время для очистки доильного оборудования используются автоматические и полуавтоматические устройства промывки. Несмотря на некоторые удобства их использования (малый объем работы оператора, очистка доильного оборудования без разбора оборудования на детали),

все устройства промывки имеют один существенный недостаток, заключающийся в том, что моющий и дезинфицирующий растворы не способны полностью разрушать твердые и пленочные загрязнения. Для разрушения такого рода загрязнений необходимо механическое воздействие. Кроме отсутствия механического воздействия технология очистки, используемая в устройствах автоматической промывки, обладает всеми вышеописанными недостатками химической очистки. Анализ известных способов механического воздействия на загрязнения показал, что наиболее удобным для механизации и автоматизации процесса механического воздействия является ультразвук. В этой связи в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» было разработано устройство для ультразвуковой очистки деталей доильного оборудования УУД–40 (рисунок 34).



**Рисунок 34 – Общий вид устройства ультразвуковой очистки доильных аппаратов УУД–40**

В устройстве УУД–40 впервые для очистки от молочных наслоений и дезинфекции был использован ультразвук. Ультразвук – упругие колебания и волны с частотами от  $1,5-2 \cdot 10^4$  Гц до  $10^9$  Гц. Очищающее воздействие основано на том, что в кавитационную область вводится мощное ультразвуковое излучение, создающее переменные ускорения с частотой до  $10^6$  Гц, и схлопывающиеся кавитационные пузырьки срывают с обрабатываемой поверхности нежелательные частицы.

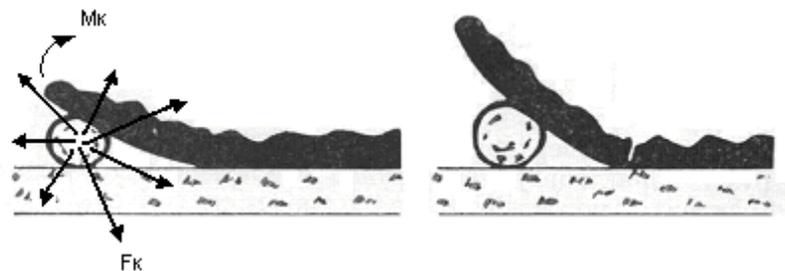
Дополнительными эффектами, влияющими на степень очистки, являются микроударные воздействия, микропотоки и нагревание. Известны три основных механизма воздействия кавитации на пленочные загрязнения: отслоение, струйная очистка и эмульгирование [2]. Механизм отслоения возникает в микротрещинах и промежуточных слоях пленки загрязнения. Кавитационный пузырек, возникающий в микротрещине или жидком слое загрязнения или «прилипающий» к микротрещине, по мере роста или в результате пульсации разрушает пленочное загрязнение (рисунок 35а,б). При этом возможны разные направления развития процесса удаления загрязнения. Если сила сцепления загрязнения с очищаемой поверхностью превосходит прочность пленки загрязнения, происходит отрыв части загрязнения от очищаемой поверхности (рисунок 35б). Если прочность пленки превышает силы сцепления, то пленка отслаивается с поверхности (рисунок 35а).

Механизм разрушающего воздействия струйной очистки основан на ударах струек жидкости о поверхность образца при делении крупных, и поэтому

ставших неустойчивыми, пузырьков на множество мелких. Такой механизм наиболее эффективен при удалении тонких пленок, имеющих слабую адгезию к поверхности. Пульсирующие пузырьки, перемещаясь по очищаемой поверхности, способны вырывать в такой пленке «расчищенные дорожки».

а)

б)



$M_k$  – момент, действующий на пленочное загрязнение;  
 $F_k$  – силы, действующие на рост и пульсацию кавитационного пузырька

**Рисунок 35 – Схема отслоения загрязнения под действием кавитации**

Эмульгирование имеет особенное значение в том случае, если в состав загрязняющей пленки входят жиры. Это имеет непосредственное отношение к очистке доильных установок, так как молоко образует жировые пленки на доильном оборудовании. Образующиеся в результате кавитации газовые пузырьки, перемещаясь под действием акустических течений и пульсируя, растворяют некоторую часть жировых отложений в рабочей жидкости. Установлено, что газовый пузырек при этом обволакивается жировой пленкой и под действием акустических течений транспортирует некоторое количество жира во внутренний объем рабочего вещества. Пульсирующий пузырек исполняет роль ультразвукового излучателя, поэтому на его поверхности происходит процесс гомогенизации жировой пленки с водой, что приводит к дополнительному растворению и удалению жира с очищаемой поверхности.

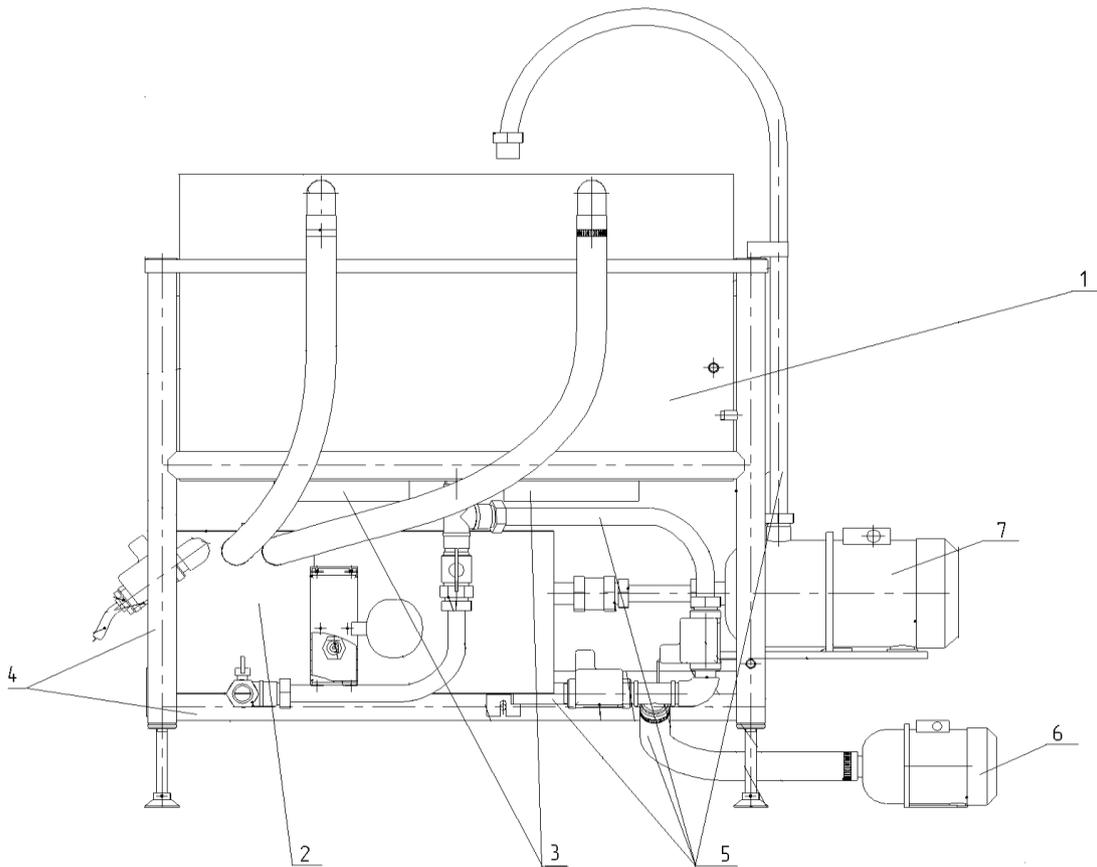
При удалении труднорастворимых загрязнений, к которым относятся молочный камень и биологические пленки, главную роль играют акустические течения, возникающие в пограничном слое. Они способны интенсифицировать поступление растворителя к поверхности загрязнения, это достигается за счет снижения толщины ламинарного слоя у границы загрязнения. Установлено, что эффективность такого способа очистки выше, чем при механическом перемешивании раствора.

Важными факторами, влияющими на процессы очистки, являются давление и температура, позволяющие при определенных видах загрязнений эти процессы интенсифицировать. В случае применения моющих веществ ультразвук разрушает слой насыщенного моющего раствора и улучшает доступ неотработанного раствора к загрязнению.

## Объекты и методы исследований

Объектом исследований являются технология и устройство механической очистки деталей доильного аппарата УУД–40. В устройстве применены средства воздействия на загрязнения с использованием ультразвука для очистки внутренней поверхности коллектора доильного аппарата и молочного крана, а также метод смывания загрязнений внутренней поверхности молочного шланга направленной струей моющего раствора под давлением 60 атм.

УУД–40 состоит из ванны промывки доильных аппаратов 1 (рисунок 36), бака приготовления моющего раствора 2, блока ультразвуковых излучателей 3, а также рамы 4 трубопроводов 5, насосов слива 6, залива 7 и щита управления.



**1 – ванна промывки; 2 – бак приготовления моющего раствора; 3 – ультразвуковые излучатели; 4 – рама; 5 – трубопроводы; 6 – насос слива; 7 – насос залива**

**Рисунок 36 – Устройство ультразвуковой очистки УУД–40 (общий вид)**

Процесс мойки осуществляется под управлением алгоритма, заложенного в контроллер, встроенный в щит управления, и состоит из операций приготовления моющего раствора в баке приготовления моющего раствора, подачи моющего раствора в ванну промывки, ультразвуковой обработки и слива отработанного раствора. Доильные аппараты раскладываются на детали, которые насаживаются или укладываются на специальные насадки. Насадки располагаются в ванне промывки. Загрузка деталей осуществляется тремя порци-

ями. Первая порция деталей состоит из насадок с коллекторами. От коллекторов отсоединяются вакуумные трубки и сосковая резина. Коллекторы раскручиваются и укладываются внутренней частью вниз по направлению к излучателям. Вторая порция деталей состоит из молочных кранов, которые после отделения молочного и вакуумного шлангов вставляются в насадки и фиксируются грузами для предотвращения всплывания. Третья порция состоит из насадок для доильных стаканов с сосковой резиной.

В процессе разработки устройства отдельное внимание уделялось очистке молочного шланга. Трудности очистки внутренней поверхности шланга были связаны с малой эффективностью примененного для этой цели ультразвука. Материалы, используемые для изготовления молочных шлангов, имеют низкую проницаемость ультразвука. Поэтому для очистки молочных шлангов была разработана насадка в виде трубки с форсункой. Насадка для молочного шланга подключается к насосу высокого давления. При этом используется насос бытового моющего аппарата высокого давления.

Методом исследования качества обработки узлов и деталей доильных аппаратов являлся подсчет общего количества микробных клеток в смывах с поверхностей, контактирующих с молоком. Взятие смыва проводилось стерильным ватным тампоном путем двукратного протирания во взаимно перпендикулярных направлениях со  $100 \text{ см}^2$  площади обследуемого объекта. Смывы с некоторых узлов доильных аппаратов брались без учета площади (со всей поверхности коллектора) или по длине стерженька-держателя тампона (12 см) при обследовании трубопроводов, резиновых шлангов и сосковой резины. Для контроля бралось общее количество микробных клеток в смывах с поверхностей до их обработки, а также общее количество микробных клеток в  $1 \text{ см}^3$  молока.

### Результаты исследований

В первой серии исследований проводилась однократная ультразвуковая обработка узлов и деталей доильных аппаратов, длительное время бывших в эксплуатации, с частотой  $40 \text{ кГц}$ , экспозицией 15 мин., при температуре воды  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ , с использованием 0,5% концентрации дезсредства «Инкрасепт–10А». Бактериальная обсемененность снизилась с 2,0–4,0 тыс/см<sup>2</sup> микробных клеток до 100–1000 микробных клеток.

Во второй серии исследований ультразвуковая обработка узлов и деталей доильных аппаратов проводилась в следующем режиме: частота  $40 \text{ кГц}$ , экспозиция 15 мин., температура воды  $35 \pm 1^\circ\text{C}$ , 0,5% – концентрация дезсредства «Инкрасепт–10А». Для усиления saniрующего эффекта проведена двукратная обработка узлов и деталей доильных аппаратов в том же режиме.

Данный способ обработки бывших длительное время в эксплуатации узлов и деталей доильных аппаратов позволил заметно снизить бактериальную обсемененность молокопроводящих путей: сосковой резины – с 3000 до 80 микробных клеток на  $1 \text{ см}^2$ , полистироловой молокоборной камеры коллек-

тора – с 2000 до 60 м.к на 1 см<sup>2</sup>, металлической крышки коллектора – с 6000 до 120 м.к. на 1 см<sup>2</sup> и молочного крана – с 2000 до 50 м.к. на 1 см<sup>2</sup> поверхности, контактируемой с молоком.

Существенно улучшилось санитарное состояние молочного шланга. До обработки на 1 см<sup>2</sup> внутренней поверхности содержалось 14000 м.к., после – 100 м.к.

Санитарное состояние молокопроводящих путей после их обработки положительно отразилось на гигиеническом качестве молока – в 1 см<sup>3</sup> содержалось 50000 м.к. (по СТБ 15.98–2006 «Молоко коровье. Требования при закупках» – до 100000 м.к./см<sup>3</sup> для сорта «Экстра»).

### **Заключение**

В результате исследований на основании визуального и микробиологического контроля установлено, что устройство УУД–40 позволяет существенно снизить бактериальную обсемененность молокопроводящих путей: сосковой резины с 3000 до 80 микробных клеток на 1 см<sup>2</sup>, полистироловой молокосборной камеры коллектора – с 2000 до 60 м.к на 1 см<sup>2</sup>, металлической крышки коллектора с 6000 до 120 м.к. на 1 см<sup>2</sup> и молочного крана с 2000 до 50 м.к. на 1 см<sup>2</sup> контактируемой с молоком поверхности. Дополнительное устройство для очистки молочных шлангов позволило существенно улучшить их санитарное состояние. До обработки молочного шланга на 1 см<sup>2</sup> внутренней поверхности содержалось 14000 м.к., после – 100 м.к. Достигнутая обсемененность соответствует норме обсемененности поверхности молокопроводящих путей и способствует снижению общей обсемененности молока в пределах, установленных нормами для молока первого сорта.

### **Литература**

1. Богуш, А.А. Актуальные проблемы санитарии молока на животноводческих фермах / А.А. Богуш [и др.] // Эпизоотология, иммунобиология, фармакология и санитария. – 2004. – №1 – С. 44-48.
2. Ультразвуковая технология / Б. А. Агранат [и др.]; под общ. ред. Б.А. Агранат. – М.: Металлургия, 1974. – 504 с.

УДК 637.112

**В.О. Китиков, Э.П. Сорокин,  
И.А. Бровко**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

**АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ  
ЭФФЕКТИВНОСТИ В  
ТЕХНОЛОГИЯХ  
ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА**

### **Введение**

Увеличение производства продуктов животноводства в республике в последнее время достигалось за счет эксплуатации более мощного оборудования, роста потребления электроэнергии, топлива, металла, использования

строительных конструкций. Применение энергозатратных технологий привело к тому, что энергоемкость отечественной продукции сейчас в 2–3 раза выше, чем аналогичные показатели у стран с развитым молочным животноводством [1]. Так, для государств-членов ЕС средний показатель трудозатрат 3–4 чел.-ч на центнер молока. Вместе с тем увеличение объемов производства животноводческой продукции должно сопровождаться снижением удельных затрат ресурсов за счет применения интенсивных ресурсосберегающих технологий. Поэтому с целью совершенствования технологии производства молока необходимо рассматривать каждую технологическую операцию с позиции энергосбережения.

### **Объекты и методы исследований**

Объектом исследований являлись технологии и средства механизации, которые изучали с позиции затрат ресурсов на производство молока на фермах. При исследовании применялся расчетный метод. Исходные данные получены на основе многовариантных технологических карт.

### **Результаты исследований**

Расчеты проводились для технологий и оборудования, применяемых при привязном и беспривязном способах содержания животных. В обоих случаях в технологических процессах получения молока учитывались как прямые энергозатраты, так и овеществленные в металле, используемом в оборудовании, а также в зданиях и сооружениях для содержания и доения животных. Для выполнения операций по определенной технологии получения молока учитывались необходимые затраты живого труда. Все энергозатраты определялись за год, на 1 т молока и на 1 голову. В расчетах определялась энергоемкость получения молока на ферме из 200 голов КРС.

Расчеты проводились для различных вариантов использования оборудования: содержания животных – ОСК–25, ОС–200; кормления коров – раздатчики-смесители РСК–12, СРК–10, ИСРВ–12, а также погрузчики-раздатчики-смесители ПРСК–12, ЗРП–12; поения – индивидуальные и групповые автоматические поилки, водоподъемные установки ВУ–7–65; доения коров – доильные установки УДС–В, АДС–А, УМД–200, УДА–12Е, УДА–16Е, УДА–24Е, УДА–8Т, УДП–24; охлаждения молока – ОМП–1,6, УЗМ–2, УМ–3, ОМЗ–5, УЗМ–8; доставки молока на реализацию – автоцистерны АЦПТ–3,3, АЦМ–2,3, АЦМ–2,8, АВЦ–15–63, АЦПТ–62, АЦПТ–11; уборки навоза – скреперное оборудование ОНС–1, бульдозер БН–1, транспортеры ТСН–3,0Б и ТСН–160; обеспечения микроклимата с автоматическим управлением и без него. В таблице 14 приведены данные расчета с применением стойлового оборудования ОСК–25, доильной установки АДС–А, навозоуборочного транспортера ТСН–160 для привязного способа содержания, а в таблице 15 – с применением стойлового оборудования ОС–200, доильной установки УДА–16, скреперного

Таблица 14 – Энергоемкость получения молока на ферме из 200 голов с привязным содержанием при использовании оборудования стойлового ОСК–25, доильной установки АДС–А, охладителя молока УМ–3, автоцистерны АЦМ–2,3, погрузчика-раздатчика-смесителя кормов ПРСК–12, навозоуборочного транспортера ТСН–160

Технологический процесс	Энергозатраты, ГДж							
	прямые	труда	ове- ществ- ленные	полные				
				за год	на 1 т молока	на 1 гол.	затраты труда	
							на 1 т молока	на 1 гол.
Содержание коров	–	44,6	603,53	603,53	0,60	3,02	0,04	0,22
Доеение коров	402,8	561	116,2	520,0	0,52	2,6	0,56	2,8
Охлаждение молока	64,8	5,2	27,6	92,4	0,09	0,46	0,005	0,026
Доставка молока для реализации	390,5	123,6	129,7	520,2	0,52	2,6	0,12	0,62
Приготовление и раздача кормов	409	35,0	253,0	662,0	0,66	3,31	0,035	0,18
Корма	–	–	11730	11730	11,73	58,65	–	–
Поение коров	10	7,4	281,49	291,49	0,29	1,46	0,007	0,037
Вентиляция помещений	4	3,35	50,2	54,2	0,054	0,27	0,003	0,016
Уборка навоза из помещений	14,4	30,0	163,2	177,6	0,18	0,88	0,03	0,15
<b>Всего:</b>	<b>1295,5</b>	<b>810,1</b>	<b>13354,9</b>	<b>14651,2</b>	<b>14,56</b>	<b>72,8</b>	<b>0,79</b>	<b>4,0</b>

Таблица 15 – Энергоемкость получения молока на ферме из 200 голов с беспривязным содержанием при использовании оборудования стойлового ОС–200, доильной установки УДА–16, охладителя молока УМ–3, автоцистерны АЦМ–2,3, погрузчика-раздатчика-смесителя кормов ПРСК–12, скреперного оборудования для уборки навоза ОНС–1

Технологический процесс	Энергозатраты, ГДж							
	прямые	труда	ове- ществ- ленные	полные				
				за год	на 1 т молока	на 1 гол.	затраты труда	
							на 1 т молока	на 1 гол.
Содержание коров	–	30,1	742,83	742,83	0,73	3,71	0,03	0,15
Доеение коров	478,2	295,2	149,1	627,3	0,63	3,13	0,29	1,47
Охлаждение молока	64,8	5,2	27,6	92,4	0,09	0,46	0,005	0,026
Доставка молока для реализации	390,5	123,6	129,7	520,2	0,52	2,6	0,12	0,62
Кормление	409	35,0	253,0	662,0	0,66	3,31	0,035	0,18
Корма	–	–	11730	11730	11,73	58,65	–	–
Поение коров	10	7,4	254,79	264,79	0,26	1,32	0,007	0,37
Вентиляция помещений	4,0	3,35	50,2	54,2	0,054	0,27	0,003	0,016
Уборка навоза из помещений	5,8	7,2	74,2	80	0,08	0,4	0,072	0,036
<b>Всего:</b>	<b>1033,95</b>	<b>507,0</b>	<b>13411,4</b>	<b>14773,7</b>	<b>14,75</b>	<b>73,85</b>	<b>0,508</b>	<b>2,868</b>

оборудования для уборки навоза ОНС–1 для беспривязного содержания животных. Остальное оборудование – охладитель молока УМ–3, автоцистерна АЦМ–2,3, погрузчик-раздатчик-смеситель ПРСК–12, система управления микроклиматом СУМ в обоих вариантах принято одно и то же.

Из данных таблиц 14 и 15 видно, что основная доля энергозатрат приходится на корма (80%), приготовление и раздачу корма (5%), доение (4%), доставку молока для реализации (3%), уборку навоза (1%). Из них 7–9% приходится на прямые энергозатраты, то есть на электроэнергию и топливо. Полные энергозатраты на топливо, электроэнергию, корма, здания, машины и оборудование, воду в расчете на 1 голову в год в зависимости от способа содержания составляют 73–74 ГДж, а на 1 т молока – около 14–15 ГДж.

Одним из основных направлений сокращения энергоемкости в производстве животноводческой продукции является разработка и внедрение энергосберегающих технологий в кормопроизводстве, приготовлении и раздаче кормов.

С внедрением интенсивных технологий некоторые хозяйства перешли на круглогодичное стойловое содержание коров с силосно-концентратным типом кормления. Но преимущество лучшего использования доильных залов может обернуться существенными потерями, так как пастбища – значительный резерв снижения себестоимости молока. Растущие травы в 2–3 раза дешевле любого другого корма. Если питательность зеленой массы принять за 100%, то у сена она составляет 50%, у силоса – 60–70%. Зеленый корм отличается высокой поедаемостью и перевариваемостью (80–90%). Кроме того, при пастбищной системе содержания корова на 70% (доля зеленой массы) добывает корм сама, таким образом снижаются общие энергозатраты на его получение.

Для выбора кормораздатчиков исходными данными являются: количество и размер ферм, способ содержания животных, состав кормосмеси, размеры проема въездных ворот на ферму, расстояние от фермы до зоны для приготовления кормосмеси, максимальный перспективный среднесуточный надой по группам животных, состояние дорожного покрытия на территории фермы [3].

Тип кормораздатчика-смесителя – с горизонтальным или вертикальным расположением шнеков – выбирается в зависимости от состава кормосмеси. При наличии в ней корнеклубнеплодов необходимо выбирать кормораздатчики с горизонтальным расположением шнеков, на которых, как правило, имеются ножи для измельчения корма. Однако эти раздатчики-смесители подвержены частым поломкам из-за попадания в бункер камней и металлических предметов. Если в хозяйствах не используют в рационе животных корнеклубнеплоды, то целесообразно выбрать кормораздатчик с вертикальными рабочими органами. В таких кормораздатчиках-смесителях вероятность заклинивания шнеков меньше, так как посторонние предметы при перемешивании корма отбрасываются к стенкам бункера, что увеличивает надежность вертикальных кормораздатчиков-смесителей.

Немаловажное значение при выборе кормораздатчиков имеют их габаритные размеры и технологические возможности.

Минимальные размеры ворот и кормовых проездов помещений при использовании в них мобильных кормораздатчиков, а также максимальная высота кормушки, в которую может выдать корм выгрузной конвейер кормораздатчика, приведены в таблице 16 и на рисунке 37.

Таблица 16 – Минимальные размеры ворот и кормовых проездов для мобильных раздатчиков корма

Марка кормораздатчика	Размеры						
	А	Б	В	Н	а	б	Н
ПРСК-12	3000	2500	2500	2700	2000	2200	750
ЗРП-12	2700	2200	2450	2700	2000	2200	750
СРК-10	2800	2300	2600	2800	2000	2200	700
ИСРК-12	2700	2000	2500	2700	2000	2200	700
ИСРК-12Ф	2700	2000	2500	2700	2000	2200	700
ИСРК-12Г	2700	2000	2530	2700	2000	2200	700
РСК-12	3200	2500	2500	2700	2000	2200	750
ИСРВ-12	2800	2300	2600	2700	2000	2400	750
СРК-11В	3000	2500	2800	3000	1500	1700	500

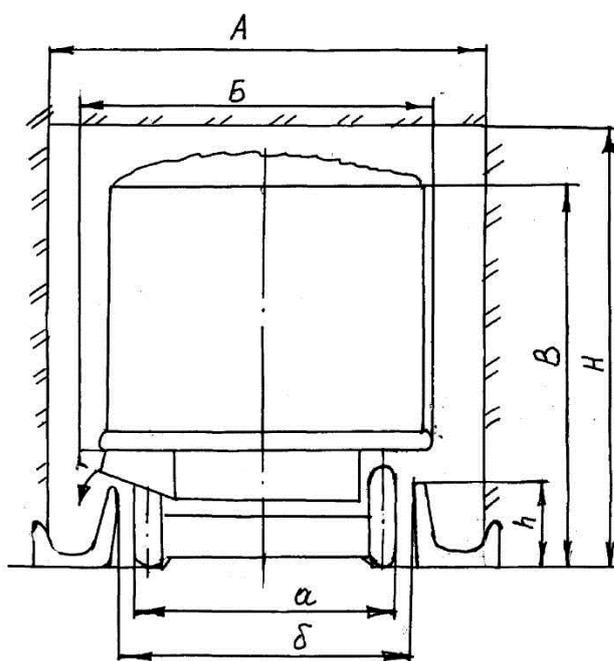


Рисунок 37 – Габаритные размеры кормораздатчиков и минимальные размеры ворот и кормовых проездов для их использования в соответствии с таблицей 16

Основными технологическими показателями, характеризующими кормораздатчики, являются степень измельчения, равномерность смешивания и равномерность раздачи кормосмеси животным. Степень измельчения кормов характеризуется наличием частиц кормов по массе и размерам. Для грубых кормов размером до 50 мм она составляет до 90%, корнеклубнеплодов размером до 15 мм – 70%. Неравномерность смешивания и раздачи для всех кормораздатчиков составляет примерно 20%.

При выборе объема бункера кормораздатчика исходят из суточной массы рациона, количества выдач корма в сутки. Суточная масса кормосмеси для животного с удоем 5000–6000 кг за лактацию составляет до 55 кг. Учитывая то, что

Учитывая то, что

животным утром должно выдаваться до 60% корма, а вечером – 40%, что заполняемость объема бункера во избежание выброса из него корма при смешивании компонентов должна составлять 75–80%, средняя объемная масса кормовых компонентов –  $0,6 \text{ т/м}^3$ , на 100 голов КРС необходим бункер объемом  $12 \text{ м}^3$ , время на раздачу корма 100 животным – 30–45 мин., для коровника в 200 голов – 1–1,5 ч. Если продолжительность времени утреннего кормления составляет до 3–3,5 ч, то можно определить, что на ферму 400 коров нужен 1 кормораздатчик.

Традиционными кормами для крупного рогатого скота являются силос, сенаж, сено, солома, зеленая масса, корнеклубнеплоды и комбикорм. Они могут выдаваться животным отдельно или в виде смеси. Выдача кормов в виде смеси благоприятно сказывается не только на их поедаемости и использовании питательных веществ, но и на снижении энергозатрат на эту операцию, выполняемую за один проход кормораздатчика.

На величину энергозатрат при выдаче корма животным определенное влияние оказывает и количество выполняемых кормораздатчиком операций, например с самозагрузкой грубых кормов или без нее. Так, масса погрузчика-раздатчика-смесителя ПРСК–12 составляет 5300 кг, в том числе масса узлов – 1000 кг. При этом энергозатраты на обслуживание молочно-товарной фермы из 200 голов КРС этой самозагружающейся машиной составляют 662 ГДж в год. Поскольку для загрузки в кормораздатчик с функцией самозагрузки грубых кормов не требуется дополнительных технологических средств, то следует предположить, что его использование в пределах одной фермы всегда выгодно.

При выборе раздатчика-смесителя также необходимо обратить внимание на технологический процесс смешивания. У раздатчиков-смесителей, например РСК–12, для перемешивания корма имеются шнеки, которые должны работать во время загрузки и 5–7 минут после загрузки последнего вида корма. У раздатчика-смесителя СРК–10 вместо шнеков внизу бункера установлен транспортер, который приводится в работу только при выдаче корма, а концентрированный корм в процессе смешивания посыпается на грубый, на что тратится значительно меньше энергии. Удельный расход топлива на основные операции по смешиванию и выдаче 1 т корма у РСК–12 составляет 2 кг, у СРК–10 – 0,35 кг. В результате на ферме из 400 голов КРС, потребляющих в год 8 тыс. т. корма, экономия топлива может достичь 3 т или 100 ГДж.

Значительная часть энергозатрат приходится на операцию доения, поэтому к выбору пропускной способности доильной установки также необходимо подходить, учитывая условия работы хозяйства. Пропускная способность доильной установки выбирается исходя из количества дойных коров и планируемой продолжительности разового доения стада.

При пастбищной системе содержания доить коров необходимо быстро, для чего нужна высокопроизводительная установка, при беспастбищной си-

стеме доить коров можно в течение всей смены по смещенному графику. В этом случае доильная установка может быть выбрана меньшей производительности, с меньшими энергозатратами. Так, для доения стада в 400 голов за 2 часа необходима установка производительностью не менее 200 гол./ч и два оператора. Это может быть установка типа «Параллель 2x20» с двумя операторами, а для доения этого же поголовья по смещенному графику с разбежкой в 5 часов нужна установка «Елочка» УДА–16 с одним оператором, при использовании которой энергозатраты на 47% ниже, чем у «Параллели 2x20».

При выборе технологии уборки навоза исходят из принятого метода содержания животных – подстилочного или бесподстилочного.

Подстилочный метод более предпочтителен для животных. Теплая сухая подстилка положительно влияет на здоровье животных, улучшает микроклимат в помещении, уменьшает непроизводительные потери тепла в помещении и повышает качество навоза. Однако эта технология имеет более высокую трудоемкость.

Бесподстилочный метод содержания животных ухудшает условия их содержания, требует увеличения вместимости навозохранилищ, но уменьшает трудозатраты, что приводит к большей его распространенности. В случае выбора бесподстилочного метода содержания животных должна быть проведена дальнейшая работа по подбору оборудования для уборки навоза. Так, например, для уборки полужидкого или жидкого навоза из коровников с беспривязным содержанием используют как бульдозеры, так и скреперы.

При уборке навоза бульдозером необходимо раскрывать ворота коровника для его заезда и выезда, при этом помещение в зимнее время охлаждается, что приводит к увеличению расхода корма, дополнительным трудозатратам на открывание и закрывание ворот, стрессам у животных, ухудшению микроклимата помещения за счет выхлопных газов и шума.

Скрепер таких недостатков не имеет. Если бульдозер может производить уборку навоза 1–3 раза в сутки, то скрепер – до 6 раз. В результате микроклимат в помещении, где работает скрепер, будет лучше, снижается уровень заболеваний копыт животных.

Кроме того, велика разница энергозатрат при выполнении этой операции бульдозером и скрепером. Полные энергозатраты (без учета затрат труда) при уборке навоза в коровнике на 200 голов двумя скреперами составляют 80 ГДж за год, бульдозером – 438 ГДж, что в 5,5 раз больше. Сравнив затраты труда слесаря (175 чел.-ч) и водителя бульдозера (408 чел.-ч) и переведя их в ГДж, получим, что годовые энергозатраты труда слесаря составляют 7,2 ГДж, а водителя бульдозера в 2,5 раза больше – 17,7 ГДж в год. То есть при уборке навоза с помощью двух скреперов вместо бульдозера условно экономится 8395 кг дизельного топлива в год, а с учетом экономии трудозатрат получаем около 20 млн. рублей экономии.

## Заключение

1. Интенсификация производства молока, для которой характерными признаками являются высокий уровень автоматизации процессов и снижение влияния малоквалифицированного труда, должна обеспечивать минимальные удельные затраты энергии на производство молочного сырья менее 14 ГДж на условную голову.

2. Одним из основных путей снижения энергозатрат при производстве молока на современных фермах является перевод животных на беспривязное содержание, что обеспечивает минимальный уровень удельных трудозатрат – 3–4 чел.-ч на центнер молока.

## Литература

1. Скоркин, В.К. Направление ресурсосбережения при производстве молока / В.К. Скоркин // Научно-технический прогресс в животноводстве – ресурсосбережение на основе создания и применения инновационных технологий и техники: сб. науч. тр. – Т.18, ч.2. – Подольск, 2008.
2. Севернев, М.М. Энергосберегающие технологии в сельскохозяйственном производстве / М.М. Севернев. – Минск: Ураджай, 1994. – 221 с.
3. Иванов, Ю.Г. Обоснование выбора измельчителей-смесителей-раздатчиков кормовых смесей для молочных ферм / Ю.Г. Иванов, И.Л. Буряков // Научно-технический прогресс в животноводстве – ресурсосбережение на основе создания и применения инновационных технологий и техники: сб. науч. тр. – Т.18, ч.2. – Подольск, 2008.

УДК 631.22:621.565

**А.М. Литовский, О.Н. Буляк,  
Д.А. Зуйкевич**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ПЕРВИЧНОГО  
ОХЛАЖДЕНИЯ  
МОЛОКА**

## Введение

Молоко, производимое на молочно-товарных фермах (далее – МТФ), для избежания потерь и сохранения ценных питательных свойств подвергают охлаждению. Для сохранения качества молока, полученное с соблюдением санитарно-гигиенических требований, в течение 24 часов (с учетом того, что молоко сдается на молзавод один раз в сутки) должно быть охлаждено после окончания дойки и храниться при температуре 4–6°C. При сдаче-приемке на молокоперерабатывающие предприятия в соответствии с требованиями СТБ 1598–2006 температура молока не должна превышать 10°C.

Для этого в хозяйствах широко применяются молокоохладительные установки различных конструкций. По способу отвода тепла от охлаждаемого продукта принято различать установки с непосредственным охлаждением и установки с промежуточным охлаждением молока. В первых охлаждение молока происходит через стенки молочной емкости, омываемые непосредственно кипящим хладагентом. Днище молочной емкости таких установок работает

как испаритель холодильного агента. В установках промежуточного охлаждения стенки молочной емкости омываются ледяной водой, предварительно охлажденной в испарителе. При этом процесс охлаждения молока является одним из наиболее энергоемких на МТФ, так как удельный расход электроэнергии на тонну охлаждаемого молока достигает  $40 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ .

В климатических условиях Республики Беларусь представляет интерес возможность использования естественного холода атмосферного воздуха в зимнее время. Комбинированное использование естественного холода и холодильных агрегатов в целях охлаждения молока позволило бы достичь значительной экономии энергоресурсов.

Еще одним энергоемким процессом является подогрев воды на МТФ. В настоящее время для подогрева воды на молочных комплексах используются электрические водоподогреватели типа САЗС–400, САЗС–800, САОС–400 и САОС–800 вместимостью 400 и 800 л. На промывку вымени перед дойкой, промывку молокопровода, контрольных фляг, посуды и молочных емкостей, подогрев воды для хозяйственных нужд за год расходуется до  $0,443 \text{ ГДж}$  тепла на одну голову [1]. Количество израсходованного на указанные цели тепла для молочного комплекса на 200 коров в год составит  $88,6 \text{ ГДж}$  ( $24600 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ ). В то же время при охлаждении  $1 \text{ т}$  молока установкой непосредственного охлаждения от конденсатора холодильного агрегата отводится около  $15 \text{ кВт}$  тепла, которые возможно использовать для подогрева воды.

Целью данной работы явилось исследование возможностей энергосбережения в первичной обработке молока при использовании различных типов охладителей молока.

### **Объекты и методы исследований**

Объектом исследований являлось оборудование и технологии, используемые в процессе первичной обработки молока, с точки зрения возможности снижения затрат энергии на процессы охлаждения молока и санитарно-гигиеническую обработку молочного оборудования.

Рассматривали два основных способа энергосбережения:

- использование рекуперации тепла в составе молокоохладительных установок с непосредственным охлаждением молока;
- использование естественного холода атмосферного воздуха в составе установок с промежуточным охлаждением молока.

Расчеты приводили с использованием стандартных методик определения холодо- и теплопроизводительности.

Молокоохладительная установка (рисунок 38) работает в нестационарном режиме. Поскольку при работе холодильного агрегата температура молока в молочной емкости снижается, уменьшается с течением времени и тепловая нагрузка на испаритель и конденсатор.

Холодопроизводительность молокоохладительной установки определяется методом В по ГОСТ 28564–90 на основе измерения тепловой нагрузки на испаритель. Метод заключается в замене нормальной нагрузки испарителя другим, легко поддающимся измерению источником теплоты, способным обеспечить установившийся рабочий режим машины. В качестве теплового источника используется питьевая вода, соответствующая СанПиН 10–124 РБ 99, нагретая до температуры 35°C. Холодопроизводительность установки определяется как среднее значение холодопроизводительности при охлаждении объема воды, соответствующего количеству молока, согласно технической характеристике охлаждаемого за один цикл от температуры 35°C до температуры 4°C.

Холодопроизводительность установки  $Q$  определяется по формуле:

$$Q = (V \cdot \rho \cdot c \cdot (T_1 - T_2)) / t,$$

где  $V$  – объем воды, л;

$\rho$  – плотность воды, кг/л;

$c$  – теплоемкость воды, кДж/(кг·°C);

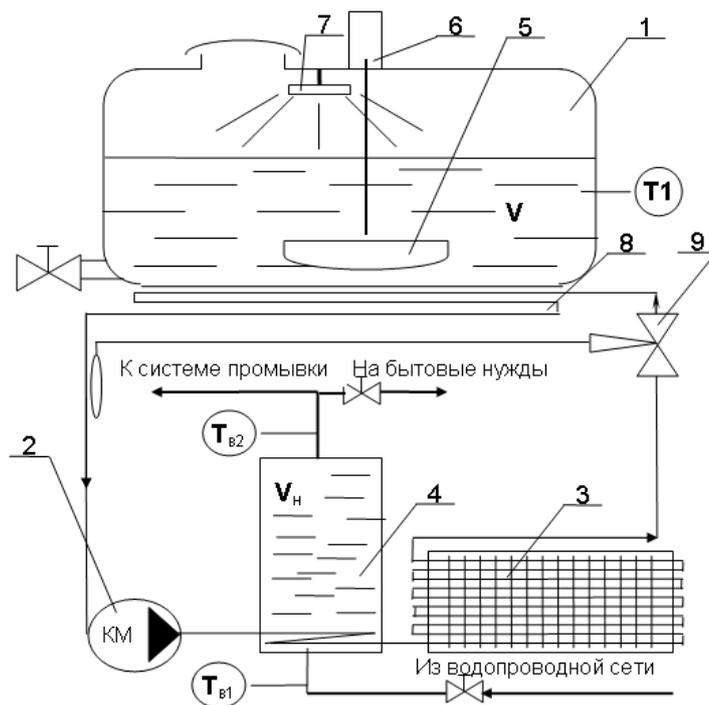
$T_1$  – первоначальная температура воды, °C;

$T_2$  – конечная температура воды, °C;

$t$  – продолжительность охлаждения воды от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2$ , с.

При исследовании установок с промежуточным охлаждением время  $t$  включает и продолжительность аккумуляции холода. При этом температура хладоносителя в начале и конце отсчета времени  $t$  должна быть одинаковой, а в конце отсчета времени лед на трубах испарителя должен отсутствовать.

Холодопроизводительность и холодильный коэффициент увеличиваются при повышении температуры кипения холодильного агента. В установках с непосредственным охлаждением молока применяются компрессорно-конденсаторные агрегаты, работающие в высокотемпературном режиме, при этом обеспечивается удельный расход электроэнергии до 18 кВт·ч/м<sup>3</sup> при охлаждении молока от 35 до 4°C и температуре окружающего воздуха 32°C. В установках с промежуточным охлаждением применяются компрессорно-конденсаторные агрегаты, работающие в среднетемпературном режиме. По-



1 – молочная емкость; 2 – компрессор; 3 – конденсатор; 4 – рекуператор; 5 – мешалка молока; 6 – мотор-редуктор; 7 – моющая головка; 8 – испаритель; 9 – терморегулирующий вентиль

**Рисунок 38 – Схема молокоохладительной установки с рекуператором тепла**

нижение температуры кипения холодильного агента, а также дополнительные теплопритоки, связанные с использованием промежуточного хладоносителя, приводят к увеличению энергопотребления до 21–24 кВт·ч/м<sup>3</sup>.

Удельный расход электроэнергии ( $q$ ) на охлаждение в процессе испытаний определяют по измерениям потребляемой электроэнергии и объема охлаждаемого молока:

$$q = W/V ,$$

где  $W$  – электроэнергия, потребленная из сети установкой при охлаждении, кВт·ч;

$V$  – объем охлажденного молока, м<sup>3</sup>.

Использование тепла, выделяемого конденсатором холодильного агрегата для подогрева воды, может осуществляться по принципу «полной рекуперации», то есть применяется конденсатор с водяным охлаждением, либо «частичной рекуперации», когда для нагрева воды используется только теплота перегретых паров холодильного агента, а дальнейшая конденсация осуществляется в конденсаторе воздушного охлаждения. Конструктивно система рекуперации тепла представляет собой проточный теплообменник, в котором вода нагревается за счет контакта с трубопроводами холодильного агента, а затем поступает в теплоизолированный бак-аккумулятор. В простейшем случае спиралевидный теплообменник-рекуператор расположен прямо в нижней части бака горячей воды.

Среднюю теплопроизводительность установки для охлаждения молока, оснащенной системой рекуперации тепла, на номинальном режиме работы определяют методом измерения тепловой нагрузки на конденсатор одновременно с измерением холодопроизводительности.

Теплопроизводительность  $Q_m$  определяют по формуле:

$$Q_m = (V_n \cdot \rho \cdot c \cdot (T_{e2} - T_{e1}))/t ,$$

где  $V_n$  – объем нагретой воды, л;

$\rho$  – плотность воды, кг/л;

$c$  – теплоемкость воды, кДж/(кг·°С);

$T_{e1}$  – средняя температура воды на входе в конденсатор-рекуператор тепла, °С;

$T_{e2}$  – средняя температура воды на выходе из конденсатора-рекуператора тепла или температура воды в баке-аккумуляторе, °С;

$t$  – продолжительность измерений, с.

Холодопроизводительность молокоохладительной установки определяется методом В по ГОСТ 28564–90 на основе измерения тепловой нагрузки на испаритель. Метод заключается в замене нормальной нагрузки испарителя другим, легко поддающимся измерению источником теплоты, способным обеспечить установившийся рабочий режим машины. В качестве теплового источника используется питьевая вода, соответствующая СанПиН 10–124 РБ 99, нагретая до температуры 35°С. Холодопроизводительность установки определяется как среднее значение холодопроизводительности при охлажде-

нии объема воды, соответствующего количеству молока, согласно технической характеристике охлаждаемого за один цикл от температуры 35°C до температуры 4°C.

Для сравнительной оценки используемого (базового) и нового оборудования с точки зрения ресурсо- и энергоэкономичности целесообразно применять критерий энергетической эффективности и уровень интенсификации процесса.

Расчет энергетической эффективности проведем по методике, приведенной в [2].

Основными критериями энергетической эффективности технологического процесса приняты коэффициент  $K_э$  и показатель уровня интенсификации  $I_э$ .

Коэффициент энергетической эффективности

$$K_э = \frac{\mathcal{E}_{\Sigma н}}{\mathcal{E}_{\Sigma б}},$$

где  $\mathcal{E}_{\Sigma н}$ ,  $\mathcal{E}_{\Sigma б}$  – полная энергоемкость нового и базового образцов, *МДж/т*.

Уровень интенсификации ( $I_э$ ):

$$I_э = (1 - K_э) \cdot 100\%.$$

Полная энергоемкость  $\mathcal{E}_{\Sigma}$ :

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = \sum \mathcal{E}_{np} + \sum \mathcal{E}_о,$$

где  $\mathcal{E}_{np}$  – прямые удельные затраты энергии, *МДж/т*;

$\mathcal{E}_о$  – затраты, овеществленные при производстве энергоносителей и других ресурсов (энергетических средств, технологического оборудования, производственных зданий и сооружений и т.д.), *МДж/т*.

### Результаты исследований

При использовании противоточного теплообменника с полной рекуперацией тепла, выделяемого в процессе конденсации холодильного агента, возможен подогрев воды до 55°C, при этом температура конденсации не превысит 50°C. Минимальная температура кипения холодильного агента в испарителе установок с непосредственным охлаждением молока в конце цикла охлаждения, как правило, не ниже минус 10°C. С указанным сочетанием температур конденсации и кипения холодильного агента возможна длительная работа ряда герметичных компрессоров, например компрессора ХГВ–14, выпускаемого в республике.

Конденсатор-рекуператор с полной рекуперацией тепла, конструкция которого защищена патентом [3], в составе молокоохладительной установки УМЗ–2, прошедшей приемочные испытания, при охлаждении 1000 л молока от 35 до 4°C обеспечивает подогрев 800 л воды от 10 до 55°C. Экономия электроэнергии на подогрев воды для технологических нужд МТФ составляет до 17000 *кВт·ч* ежегодно.

В установках с промежуточным охлаждением температура кипения холодильного агента в конце цикла охлаждения может опускаться до минус

15°C, при этом повышение температуры конденсации недопустимо. Для нагрева воды в таких установках используют теплоту перегретых паров хладагента после сжатия в компрессоре, а дальнейшая конденсация паров происходит в конденсаторе воздушного охлаждения. Тепловая мощность таких устройств невелика, однако они позволяют производить нагрев воды до более высокой температуры.

В процессе испытаний опытного образца молокоохладительной установки УОМ–1250 с компрессорно-конденсаторным агрегатом с частичной рекуперацией тепла производился подогрев воды от 8 до 70°C, при этом средняя теплопроизводительность рекуператора составила 6 кВт.

В целях снижения энергопотребления в конструкции молокоохладительных установок с промежуточным охлаждением целесообразно применять сезоннодействующие устройства (градирни). Такие устройства позволяют в холодный период года использовать для охлаждения промежуточного хладоносителя естественный холод атмосферного воздуха. Компрессорно-конденсаторный агрегат при этом не эксплуатируется. В характерных для Республики Беларусь климатических условиях такие устройства могут работать до 180 дней в году [2]. В технологическом процессе охлаждения молока с использованием сезоннодействующего устройства электроэнергия затрачивается только на привод насоса подачи промежуточного хладоносителя и мешалки молока. При этом среднегодовое значение удельного энергопотребления молокоохладительной установкой с промежуточным хладоносителем не превышает значения, характерного для установок с непосредственным охлаждением. Так, по результатам приемочных испытаний установки молокоохладительной УМП–1,6, оснащенной сезоннодействующим устройством, конструкция которого защищена патентом [4], среднегодовое значение удельного расхода электроэнергии составило 15,9 кВт·ч/т.

Результаты сравнения энергетической эффективности применения установки УМП–1,6, в состав которой входит сезоннодействующее устройство, с базовым вариантом (СЛ–1600) приведены в таблице 17.

Таблица 17 – Энергетические показатели базового и нового вариантов

Элементы энергозатрат	Варианты		Коэффициент энергозатрат	Уровень интенсификации
	Базовый <i>Э<sub>б</sub>, МДж/т</i>	Новый <i>Э<sub>н</sub>, МДж/т</i>		
Прямые	103,68	57,24	0,552	44,8
Овеществленные	277,02	202,6	0,730	27
Полные	380,7	260,1	0,683	31,7

### Заключение

1. Использование рекуператора тепла в составе молокоохладительных установок может обеспечить подогрев до 800 л воды от 10 до 55°C при охла-

ждении 1000 л молока. Экономия электроэнергии на подогрев воды для технологических нужд МТФ составит до 17000 кВт·ч ежегодно.

2. Применение сезоннодействующих устройств в составе молокоохладительных установок с промежуточным охлаждением позволяет: снизить расход электроэнергии в 1,8 раза, достигнуть уровня интенсификации 31,7% по полным энергозатратам и 44,8% – по прямым затратам.

3. Вышеприведенное свидетельствует о том, что существуют многочисленные возможности применения в сельскохозяйственном производстве Республики Беларусь энергосберегающих технологий и возобновляемых источников энергии, что указывает на необходимость дальнейших исследований в этом направлении.

### Литература

1. Рыбкин, Е.Д. Устойчивость энерговодоснабжения механизированных животноводческих ферм / Е.Д. Рыбкин, Н.И. Щербинин, А.И. Индейкин. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 127 с.
2. Шило, И.Н. Ресурсосберегающие технологии сельскохозяйственного производства / И.Н. Шило, В.Н. Дашков. – Минск: БГАТУ, 2003. – 183 с.
3. Конденсатор испарительно-конденсационной установки: пат. 1007 Респ. Беларусь, МПК (2003) F 28D 15/00, F 25D 17/00 / О.Н. Буляк, В.Н. Дашков, Н.Ф. Капустин, А.М. Литовский; заявитель РУП «Бел. научн.-исслед. институт механиз. сельского хоз-ва». – № и 20030010; заявл. 15.01.03; опубл. 30.09.03. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2003 – № 2, ч. 2. – С. 303.
4. Охладитель-аккумулятор естественного холода с водораспылителем: пат. 1381 Респ. Беларусь, МПК (2004) F 25D 3/00, A 01J 9/04 / В.Н. Дашков, Д.А. Зуйкевич, Н.Ф. Капустин, А.М. Литовский, Э.К. Снежко, А.Б. Янушкевич; заявитель РУНИП «Институт механиз. сельского хоз-ва НАН Беларуси». – № и 20030370; заявл. 22.12.03; опубл. 02.02.04 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2004 – № 2. – С. 291.

УДК 628.8: 631.22.014

**В.Н. Гутман, Н.О. Шевчук,  
С.П. Рапович, И.В. Пуляева**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

**ОБЩЕОБМЕННАЯ  
ВЕНТИЛЯЦИЯ С  
РЕЦИРКУЛЯЦИОННОЙ  
ОЧИСТКОЙ ВОЗДУХА  
В ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ  
ПОМЕЩЕНИЯХ**

### Введение

В настоящее время в Беларуси действует 107 комплексов по выращиванию и откорму свиней мощностью от 12 до 108 тысяч голов откорма в год. Цель реконструкции и технического переоснащения – не только замена физического и морально изношенного оборудования, но и создание новых технологий и техники для систем обеспечения микроклимата в свиноводческих помещениях, охрана окружающей среды от загрязнений.

В условиях интенсивного ведения животноводства должны существенно меняться технология выращивания свиней, уровень механизации и автоматизации производственных процессов. По-новому должна решаться задача создания и поддержания параметров микроклимата (внутреннего климата) в

свиноводческих помещениях, так как продуктивность животных на 50–60% определяется наличием и качеством кормов, на 20% – уходом за животными и на 20–30% – состоянием воздушной среды в помещениях.

Проблему создания микроклимата в промышленном свиноводстве невозможно решить без эффективных вентиляционно-отопительных систем. Воздухообмен позволяет создать в помещениях не только оптимальный температурно-влажностный режим и поддерживать газовый состав воздуха в соответствии с зоогигиеническими нормативами, но и способствует удалению пыли и микроорганизмов. Для создания и поддержания нормативных параметров микроклимата в помещениях свиноводческих комплексов применяются общеобменные системы вентиляции с принудительной циркуляцией воздушных потоков.

### **Анализ систем вентиляции**

Вентиляция – это организованный воздухообмен, в процессе которого загрязненный воздух удаляется из помещения, а взамен подается и равномерно распределяется в зоне обитания животных чистый атмосферный или обработанный воздух.

Вентиляционные устройства в системах обеспечения микроклимата предусматривают:

1) поддержание оптимального температурного и влажностного режимов воздуха в помещениях в соответствии с установленными зоогигиеническими требованиями для каждого вида и возраста животных;

2) обеспечение подачи определенного (физиологически обоснованного) количества воздуха на единицу живой массы животного;

3) удаление вредных газов (углекислоты, аммиака, сероводорода), излишков влаги, микроорганизмов, взвешенной кремниевой и органической пыли, вредно отражающихся на жизнедеятельности животных;

4) равномерное распределение свежего воздуха по всему помещению, создание оптимальной скорости движения потока воздуха в местах размещения животных, устранение локальных зон застоя воздуха с недопустимым содержанием вредных газов с повышенной влажностью;

5) повышение долговечности строительных конструкций и эксплуатационной надежности оборудования;

6) создание нормальных условий работы обслуживающего персонала.

С учетом требований (зоогигиенических, технологических, конструктивных и др.) в мировой практике животноводства и птицеводства создаются различные системы вентиляции, которые, однако, могут быть классифицированы и подвергнуты анализу на целесообразность применения в условиях крупногабаритных помещений современных промышленных комплексов.

Схема вентиляции определяет направление воздушных потоков и зависит от местоположения приточных и вытяжных устройств. Выбор схемы циркуляции воздуха диктуется внутренней планировкой помещения, наличием глу-

хих поперечных перегородок станков в свинарниках, клеточных батарей в птичниках, оказывающих влияние на скорость потоков воздуха и проветривание всей рабочей зоны. Тепло, выделяемое животными в зимних условиях, должно ассимилироваться чистым приточным воздухом, тем самым способствуя снижению расхода топлива на обогрев помещения, а в теплое время года – уноситься загрязненным воздухом.

Циркуляция воздушных потоков по животноводческому помещению, оснащеному вентиляцией с механическим побудителем тяги, может происходить по двум схемам – сверху-вниз и снизу-вверх. Первый способ наиболее распространен в странах с холодным климатом, поскольку значительный экономический эффект достигается за счет экономии тепловой энергии при поступлении приточного воздуха с верхней части помещения, прогреваемого восходящими потоками теплого внутреннего воздуха. Второй способ эффективнее в теплом климате, так как уходящий вверх прогретый воздух создает разрежение в помещении и снижает нагрузку на вентиляторы, удаляющие использованный воздух в воздушное пространство. В системах вентиляции свинарников и птичников, действующих по этой схеме, большая часть приточного воздуха (80%) удаляется из помещения, не достигнув зоны размещения животных и птицы. В этом случае для проветривания нижней зоны необходимо увеличить воздухообмен или скорость воздуха, что потребует увеличения капитальных затрат и эксплуатационных расходов.

Повышение зоогигиенических требований к системам вентиляции обусловливается хозяйственной эксплуатацией высокопродуктивных пород свиней, чувствительных к колебаниям параметров микроклимата и газовому составу воздушной среды в помещениях. По технологическим и энергетическим критериям действующие системы вентиляции в холодный период года при воздухообмене  $30 \text{ м}^3/\text{ч}$  на центнер живой массы свиней не обеспечивают нормативный газовый состав воздушной среды. Содержание аммиака, пыли и микроорганизмов в помещениях превышает допустимые значения в 2–3 раза. Установлено, что за 1 час системами вентиляции в свиноводческом комплексе по выращиванию и откорму свиней мощностью 54 тысячи голов выбрасывается из помещений в атмосферу до 19,7 кг аммиака; 14,2 кг пыли; 380 млрд. колониеобразующих единиц (далее – КОЕ) микроорганизмов, в том числе 4,6 млрд. бактерий кишечной палочки.

Бактериологическая обсемененность воздуха в закрытых свиноводческих помещениях при определенных условиях становится источником быстрого распространения заразных болезней. В застойных, не вентилируемых зонах свинарников в  $1 \text{ м}^3$  воздуха находится свыше 1 млн. микробных клеток. Характер интенсивного ведения животноводства способствует накоплению в окружающей среде патогенного материала. Частый пассаж микроорганизмов на животных обуславливает появление вирусных форм патогенных и условно-патогенных микроорганизмов. Из-за высокой концентрации микрооргани-

мов, аммиака и неприятных запахов в воздушной среде помещений в ряде свиноводческих комплексов сохранность молодняка снижается до 65–70%.

Действующие вентиляционно-отопительные системы выбрасывают из помещений отработанный воздух температурой до 20°C, насыщенный аммиаком, микроорганизмами, загрязняя воздушный бассейн и почву. Потенциал удаляемого тепла составляет 50% от общего потребления тепловой энергии на создание микроклимата в холодный и переходный периоды года. Применение эффективных методов и средств очистки воздуха внутри помещения до 95% позволит снизить нормативный воздухообмен с 30 м<sup>3</sup>/ч до 15 м<sup>3</sup>/ч на центнер живой массы свиней в холодный период года и уменьшить потребление тепловой и электрической энергии на поддержание требуемого температурно-влажностного режима в помещении.

В теории вентиляции первый способ часто называют вентиляцией по методу разбавления, второй – по методу вытеснения. Вентиляция по методу разбавления предполагает, что воздушный поток захватывает большое количество внутреннего воздуха, смешивающегося с приточной струей, которая, распределяясь по помещению, расширяется, но теряет скорость. Это значит, что вредные выделения внутреннего воздуха растворяются приточным воздухом и равномерно распределяются по всему помещению. При таком типе вентиляции распределение температуры и скорости воздуха оказывается достаточно равномерным по всему помещению и в зоне размещения животных. Важнейшим достоинством вентиляции этого типа является сравнительно низкая скорость воздушной струи в рабочей зоне.

При вентиляции вытесняющим потоком воздухораспределитель размещается невысоко над полом и воздух подается с небольшой скоростью непосредственно в рабочую зону. Конвекционные потоки от животных и других источников тепла поднимаются вверх, и нагретый воздух отводится вытяжными вентиляционными шахтами в воздушное пространство. Однако данный способ имеет очевидные ограничения:

- скорость воздуха в зоне размещения животных возрастает, возникают проблемы сквозняков;
- температурный градиент становится слишком большим по высоте помещения.

В.М. Селянский исследовал и оценил по зоогигиеническим и зоотехническим показателям 20 различных систем вентиляции и установил, что наилучшая схема циркуляции воздушных потоков – «сверху-вниз».

На основании анализа можно сделать четкий вывод, что наиболее эффективной является схема организации воздухообмена с притоком в верхнюю зону и вытяжкой из нижней («сверху-вниз»). В этом случае обеспечивается более полное использование теплоты, выделяемой животными, для подогрева приточного воздуха, обеспечивается надежное «омывание» свежим воздухом зоны их размещения, уменьшается перепад температур по вертикали. Содер-

жание аммиака при этой схеме вентиляции было наименьшим, причем в данном варианте воздухообмен минимальный (2,6 м/ч на 1 кг живой массы), во всех остальных случаях он был выше в 2,4–10 раз.

При оценке схем воздухообмена еще по одному показателю, а именно по градиенту температур на уровне 0,3 и 1,5 м, видно, что наименьшую разность  $\Delta\theta = (0,2^\circ - 2,5^\circ)$  создают системы вентиляции с притоком в верхнюю и вытяжкой из нижней зоны помещения. В системах с комбинированной вытяжкой (из верхней и нижней зон в различных соотношениях воздухообмена)  $\Delta\theta$  колеблется от 4,9° до 5,8°.

На основе анализа исследований установлено, что система вентиляции с движением приточного воздуха «сверху-вниз» по технологическим и энергетическим показателям является эффективной и может быть принята за базовую с включением в состав комплекта оборудования микроклимата К–ПС установки рециркуляционной очистки воздуха.

Вентиляция с рециркуляционной очисткой воздуха заключается в том, что к воздуху внутри помещения добавляется наружный воздух, очищенный от вредных газов, а из секции свиарника-откормочника удаляется воздушная смесь.

При наличии воздуха свиарника  $G_n$ , подаче наружного воздуха  $G_o$  и очищенного воздуха  $G_l$  образуется суммарное количество воздушной смеси за единицу времени:

$$G_{\Sigma} = G_n + G_o + G_l. \quad (1)$$

Для получения баланса тепла и влаги в помещении принимаем коэффициент рециркуляции ( $0 \leq k_p \leq 1,0$ )

$$k_p = \frac{G_n}{G_n + G_o + G_l}. \quad (2)$$

Учитывая вышеприведенные формулы, получаем баланс тепла и влаги в помещении:

$$\begin{aligned} t_{см}' &= k_p \cdot t_c + (t_o + t_l) \cdot (1 - k_p); \\ d_{см}' &= k_p \cdot d_c + (d_o + d_l) \cdot (1 - k_p), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $t_c, d_c$  – температура и влагосодержание воздуха в секции свиарника;

$t_l, d_l$  – температура и влагосодержание наружного воздуха;

$t_{см}', d_{см}'$  – температура и влагосодержание смеси до подогрева.

Стоит отметить, что зависимость  $t_{см}'$  и  $d_{см}'$  имеет одинаковый характер (линейные зависимости с одинаковым угловым коэффициентом  $k_p$ ), достигается более равномерная очистка воздуха, так как перепад температур уменьшается с ростом коэффициента  $k_p$ .

#### **Результаты испытаний установки очистки воздуха с общеобменной системой вентиляции**

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработана установка очистки воздуха от вредных газов УОВС–10, предназна-

ченная для рециркуляционной очистки воздуха от аммиака, пыли и бактериальной обсемененности в помещениях свиноводческих комплексов. Монтажная схема установки с воздуховодом забора загрязненного воздуха, очищенного в фильтре, и подачи центробежным вентилятором в помещение по магистральному и распределительному воздуховодам в зону размещения животных показана на рисунке 39.

Функционально установка обеспечивает в автоматическом режиме приготовление регенеранта и орошение блок-контактора фильтра, забор из помещения отработанного воздуха, его очистку, подачу воздуха вентилятором в помещение с распределением его в зоне размещения животных и слив использованного водного раствора при достижении  $pH=5,5$ .

Установка рециркуляционной очистки воздуха от аммиака смонтирована в секции на 600 голов свинарника-откормочника ОАО «Агрокомбинат «Восход» Могилевского района, где были проведены приемочные испытания. Испытания проводились в двух секциях свинарника-откормочника, одна из которых была опытной, а вторая – контрольной. В контрольной секции температурно-влажностный режим поддерживался существующей системой вентиляции без очистки воздуха, а в опытной – аналогичной системой вентиляции, но с рециркуляционной очисткой отработанного воздуха в фильтре установки и с подачей его в помещение с распределением по зонам размещения животных.

В процессе испытаний установка очистки воздуха работала в автоматическом режиме по двум алгоритмам. Первый обеспечивал непрерывный забор и подачу загрязненного воздуха в фильтр и очищенного в помещение в течение суток (24 часа), при втором алгоритме через каждые три часа работы установка очистки воздуха останавливалась на один час. Время работы установки в течение суток во втором случае составляло 18 часов, а простоя – 6 часов. Орошение блок-контактора фильтра водным раствором серной кислоты концентрацией от 3 до 5% длительностью 1 минута проводилось через каждые 30 минут.

Замеры параметров воздушной среды (аммиака, пыли, бактериальной обсемененности и скорости движения воздуха) до очистки воздуха производились в зоне размещения животных по известной методике, а после очистки – на выходе из фильтра в четырех точках распределительного воздуховода.

Относительная влажность в среднем за период наблюдений составила в контрольной секции 80,7% и колебалась в среднем от 74,5% до 85,8%. В опытной группе относительная влажность была ниже и составляла в среднем 74,7%, а средние значения по периодам исследований – от 72,0 до 77,3%. Следовательно, в опытной секции относительная влажность соответствовала нормативным значениям РНТП, а в контрольной – превышала.



Исследование бактериальной обсемененности воздуха показало, что в контрольной секции средняя бактериальная обсемененность составила 978 тыс. КОЕ при максимальном показателе 1247 тыс. КОЕ и при минимальном – 888 тыс. КОЕ. В остальные периоды исследований она колебалась в пределах 829–993,9 тыс. КОЕ. В опытной секции в начале опыта средняя бактериальная обсемененность воздуха до начала эксплуатации установки УОВС–10 составила 765 тыс. КОЕ при колебаниях от 690 до 851 тыс. КОЕ. В результате применения рециркуляционной очистки воздуха за период исследований она снизилась в среднем до 559 тыс. КОЕ. Исследованная бактериальная обсемененность воздуха в разные периоды колебалась от 474 до 937 тыс. КОЕ.

Таким образом, в опытной секции в результате применения рециркуляционной системы вентиляции к началу испытаний произошло снижение концентрации микроорганизмов в смешанном воздухе помещения в среднем на 26,9%, а в сравнении с контрольной группой – на 42,8%. При исследовании бактериальной обсемененности воздуха, прошедшего через фильтр, микроорганизмов не обнаружено.

Изучение газового состава воздуха показало, что концентрация аммиака в обеих секциях была одинаковой в начале опыта и составляла в среднем  $5,3 \text{ мг/м}^3$ . При втором исследовании она составила в контрольной секции  $6,2 \text{ мг/м}^3$  при колебаниях от 5,5 до  $8,0 \text{ мг/м}^3$ , а в опытной через 4 часа после включения установки очистки воздуха концентрация аммиака снизилась до  $2,5 \text{ мг/м}^3$ . Колебания при этом составили  $2,0\text{--}3,0 \text{ мг/м}^3$ . В среднем за период испытания концентрация аммиака в контрольной секции составила  $7,7 \text{ мг/м}^3$ , а в опытной снизилась до  $2,6 \text{ мг/м}^3$  и составила 66,2% в сравнении с контрольной секцией. В воздухе, прошедшем очистку в установке УОВС–10, следов аммиака не установлено.

Исследования концентрации углекислого газа показали, что в среднем за опыт в контрольной группе она составила 0,287%, а в опытной – 0,192%. В атмосферном воздухе концентрация углекислого газа во время испытаний составила 0,073%. В отдельные периоды исследований в контрольной группе содержание углекислого газа превосходило предельно допустимую норму и достигало  $343 \text{ мг/м}^3$ . В воздухе свиноводческих помещений допускается концентрация углекислого газа до 0,3%. Из приведенных данных видно, что снижение концентрации углекислого газа за период наблюдений в среднем на 29,3% связано, вероятно, с растворением его в реагенте.

Анализ приведенных данных показывает, что система обеспечения микроклимата с рециркуляционной очисткой воздуха поддерживает температурно-влажностный и газовый состав воздуха в соответствии с зоотехническими и зоогигиеническими требованиями. Содержание аммиака в опытной группе в сравнении с контрольной снизилось с  $7,7$  до  $2,6 \text{ мг/м}^3$ , уровень бактериальной обсемененности воздуха в секции снизился с 978 до 559 тыс. КОЕ, пыли – с  $2,2$  до  $1,8 \text{ мг/м}^3$  соответственно.

## Заключение

1. Продолжительное пребывание в закрытых помещениях с повышенным содержанием аммиака, углекислого газа, микроорганизмов оказывает токсичное действие на организм животных, что выражается в раздражении слизистых оболочек, значительных изменениях в крови и приводит к снижению продуктивности и устойчивости к заболеваниям.

2. С участием соисполнителей разработана ионообменная технология и универсальная установка очистки воздуха не только от аммиака, но и от пыли и патогенной микрофлоры.

3. Одним из методов снижения воздухообмена является очистка воздуха. Система вентиляции с рециркуляционной очисткой воздуха поддерживает температурно-влажностный режим и газовый состав воздуха в секции, следовательно, очистка воздуха является одним из приоритетных направлений снижения энергопотребления.

4. Для широкого внедрения установки очистки воздуха в помещениях свиноводческих комплексов требуется проведение глубоких исследований по установлению энергосберегающих режимов ее работы в разные периоды года, при которых обеспечиваются предельно допустимые уровни концентрации вредных веществ и высокая продуктивность животных.

## Литература

1. Крупные животноводческие комплексы и окружающая среда / М.А. Мироненко [и др.]. – М.: Медицина, 1980. – 259 с.
2. Косандрович, Е.Г. Сорбция аммиака из воздуха волокнистым сульфокатионитом ФИБАН К-1 / Е.Г. Косандрович, В.С. Солдатов // Весці НАН Беларусі: сер. хім. навук. – 2004. – №3. – С. 95-98.
3. Бронфман, Л.И. Микроклимат помещений в промышленном животноводстве и птицеводстве / Л.И. Бронфман. – Кишинев: Штиинца, 1984 – 208 с.
4. Протокол приемочных испытаний установки очистки воздуха от вредных газов УОВС-10 №199 Б 1/ 4-2008 от 28.12.2008 г. / ГУ «Белорусская МИС» – Привольный, 2008. – 72 с.

УДК 628.8: 631.22.014

**В.Н. Гутман, С.А. Цалко,  
С.П. Рапович, М.В. Навныко**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**КОМПЛЕКТ  
ОБОРУДОВАНИЯ  
КОРМЛЕНИЯ СУХИМ  
КОМБИКОРМОМ И  
ПОЕНИЯ СУПОРСНЫХ  
СВИНОМАТОК**

## Введение

Успешное развитие отрасли свиноводства и конкурентоспособность ее продукции зависят от решения ряда важнейших вопросов по организации содержания и кормления животных.

Особое внимание уделяется вопросам содержания и кормления в цехах супоросных свиноматок, в цехах опороса и подсосного периода. Это обуслов-

лено тем, что доля стоимости используемого в данных целях технологического оборудования в общем объеме инвестиционных затрат достигает 60%, а эксплуатационные расходы в 2–2,5 раза выше, чем на участках дорацивания и откорма.

Кормление животных должно осуществляться при помощи современного кормораздаточного оборудования, обеспечивающего также дозированную выдачу корма индивидуально каждому животному.

Используемое в настоящее время кормораздаточное оборудование, в основном, производства стран ближнего зарубежья (Россия, Украина), характеризуется низкой надежностью и высокой ресурсоемкостью и не в полной мере отвечает возросшим требованиям современного свиноводства. При этом для модернизации и технического перевооружения отрасли свиноводства на рынке оборудования для сухого кормления предлагается широкая номенклатура современных высокоэффективных технических средств, как правило, зарубежных фирм-производителей, таких, как «Эгеберг», «Фанки» (Дания), «Роксель» (Бельгия), «Биг Дойчмен», «Ховема» (Германия), «Кортайм» (США) и других.

Однако использование зарубежных технологий и оборудования для модернизации отечественной свиноводческой отрасли затруднительно из-за высокой стоимости поставляемого оборудования, необходимости адаптации к условиям свиноводческой отрасли АПК Республики Беларусь, отсутствия своевременного сервисного обслуживания и высококвалифицированного обслуживающего персонала. Все это стимулирует к внедрению отечественных разработок по совершенствованию технологического оборудования в области кормления сухими кормами.

В настоящее время разработано отечественное технологическое станочное оборудование для содержания всех технологических групп свиноматок.

#### **Результаты разработки комплекта оборудования кормления сухим комбикормом и поения супоросных свиноматок**

В результате анализа известных конструктивных схем зарубежного оборудования для кормления сухими кормами и на основании теоретических и экспериментальных исследований, выполненных в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», разработан комплект оборудования кормления сухим комбикормом и поения супоросных свиноматок.

Комплект оборудования кормления сухим комбикормом и поения супоросных свиноматок включает в себя: бункер сыпучих кормов БСК–15, линии поперечного и продольного транспортирования сухих кормов, системы контроля и автоматического управления, а также систему поения.

Бункер сыпучих кормов БСК–15 (рисунок 40) обеспечивает функции хранения сухих комбикормов и их выдачу в линию транспортирования посредством выгрузной горловины.

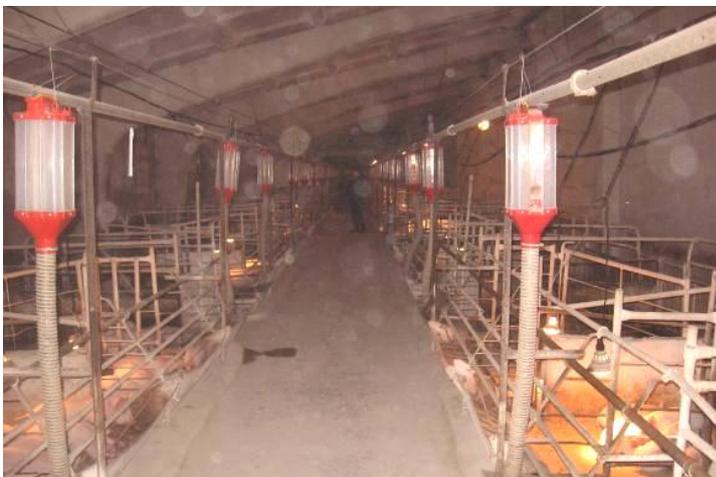


**Рисунок 40 – Бункер сыпучих кормов БСК-15**

Система транспортирования сухого корма включает линии поперечной подачи и продольной раздачи (рисунок 41), представляющие собой трубопроводы с расположенными внутри движущимися элементами в виде гибкой безвальневой спирали. Такая транспортирующая система обладает низкой энергоемкостью привода (0,38–0,75 кВт) при длинах транспортирования до 120 м и имеет высокую надежность эксплуатации.

В качестве дозирующего механизма выступают дозаторы объема (рисунок 42) с вертикальным заполнением. Как показывает практика и проведенные исследования, именно такое исполнение дозаторов,

включающее в себя простое устройство установления доз кормления, позволяет выдерживать более точные объемы доз кормления. Величина разовой дозы корма устанавливается в зависимости от технологического цикла содержания животных.



**Рисунок 41 – Линия продольной раздачи**



**Рисунок 42 – Дозатор объема производства РУП «Минский завод «Термопласт»**

Выгрузка корма из дозатора производится по гибкому опуску в кормушки, тем самым исключается пылеобразование, негативно влияющее на здоровье животных. Поение животных осуществляется через установленные в станках сосковые поилки.

Система управления обеспечивает работу комплекта оборудования в автоматическом режиме.

Изготовление комплекта оборудования освоено РПДУП «Экспериментальный завод» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», РУП «Минский завод «Термопласт», РУП «Минский завод «Калибр».

По результатам приемочных испытаний, проведенных ГУ «Белорусская МИС» на базе свинарника-маточника свиногомплекса ЧУП «Свитино-ВМК» Бешенковичского района, получены следующие технические параметры работы комплекта оборудования кормления и поения свиноматок КОКС. Бункер для комбикормов: объем бункера – 15,6 м<sup>3</sup>; высота загрузки кормов – 5050 мм; высота выгрузки кормов – 500 мм; масса – 600 кг. Линия поперечной раздачи: производительность – 0,93 т/ч; частота вращения спирального конвейера – 400 мин<sup>-1</sup>; наружный диаметр кожуха шнека – 75 мм; установленная мощность привода – 0,75 кВт. Линия продольной раздачи: производительность одной линии – 0,38 т/ч; частота вращения спирального конвейера – 400 мин<sup>-1</sup>; наружный диаметр кормовой трубы – 56 мм; установленная мощность привода – 0,37 кВт при длине транспортирования 102 метра; сохранность комбикорма – 100%.

Разработанный в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» комплект оборудования кормления свиноматок КОКС на сегодняшний день не уступает лучшим мировым аналогам и позволяет осуществлять хранение, транспортирование и дозированную выдачу сухих кормов осеменяемым, супоросным и подсосным свиноматкам в автоматическом режиме при одновременном их поении. Стоимость отечественного комплекта оборудования для осуществления процесса кормления и поения в 1,5–2 раза ниже импортного.

### Заключение

Применение комплекта оборудования кормления сухим комбикормом и поения супоросных свиноматок позволяет произвести модернизацию оборудования для сухого кормления на новом техническом уровне и получить годовой экономический эффект от внедрения каждого такого комплекта (по данным ГУ «Белорусская МИС») 18730,1 тыс. руб., при этом срок окупаемости абсолютных капитальных вложений составляет 3,9 года.

### Литература

1. Механизация технологических процессов на свиноводческих фермах и комплексах: рекомендации / Ф.Ф. Минько [и др.] / – Минск: Минсельхозпрод РБ, 1998. – 45 с.
2. Шейко, И.П. Свиноводство / И.П. Шейко, В.С. Смирнов. – Минск: Новое знание, 2005 – 384 с.

УДК 621.32

**А.Л. Тимошук, Ю.Г. Маркевич,**

**И.И. Колосов**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ПУТИ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОСВЕЩЕНИИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБЛУЧЕНИИ В АПК**

### **Введение**

В Республике Беларусь при общем годовом потреблении электроэнергии в пределах 30 млрд. кВт·ч ее потребление в аграрном секторе в 2008 году составило около 1,9 млрд. кВт·ч, в том числе на производственные нужды сельскохозяйственных потребителей более 1,5 млрд. кВт·ч. При этом около 12% потребленной сельхозпроизводителями электроэнергии расходуется на электрическое освещение и облучение. Следовательно, затраты на освещение в себестоимости сельскохозяйственной продукции высоки, требуется проведение мероприятий по их эффективному снижению без ухудшения качества световой среды. Основным потребителем является животноводческая отрасль, свет в животноводческих помещениях выступает как технологический фактор, определяющий условия труда обслуживающего персонала и как физиологический фактор, влияющий на продуктивность животных.

### **Объекты и методы исследований**

Объектом исследования являются освещение производственно-технологических и вспомогательных помещений сельскохозяйственных предприятий, технологическое физиологическое облучение сельскохозяйственных животных, системы управления освещением.

Для искусственного освещения применяют лампы накаливания и газоразрядные источники света. Экономичные, с большим сроком службы, газоразрядные лампы с успехом (но не полностью) вытесняют лампы накаливания, причем в их ряду люминесцентные лампы обеспечивают наилучшее качество освещения и могут удовлетворительно имитировать естественное освещение. С целью защиты источников света от разрушающего воздействия атмосферы животноводческих и других технологических помещений предприятий АПК применяют светильники пылевлагозащищенного и герметичного исполнения.

Газоразрядные источники света отличаются от ламп накаливания высокой световой отдачей – до 120 лм/Вт, большим сроком службы – до 15000 часов. Однако, если лампы накаливания можно непосредственно включать в сеть с напряжением, равным рабочему напряжению лампы, то газоразрядные лампы – с помощью пускорегулирующего аппарата (далее – ПРА), в котором теряется 20–30% электроэнергии. Практически все светильники с люминесцентными лампами имеют встроенные ПРА, большинство светильников с

другими типами газоразрядных ламп (ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, ДКсТ) поставляются комплектно с выносными ПРА.

Наличие широкого ассортимента источников света, обладающих самыми различными характеристиками, ставит перед проектировщиком вопрос о правильном выборе их при проектировании системы освещения предприятия в целом или отдельных технологических участков. При решении этого вопроса следует исходить из анализа характеристик источников света и соответствия их условиям освещаемого объекта. К числу основных характеристик источников света, определяющих их применимость в тех или иных условиях, относятся: электрические характеристики (напряжение, мощность); световые характеристики (световая отдача, срок службы, яркость); цветовые характеристики (спектральный состав, цветность излучения). Основные характеристики широко применяемых источников света приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Характеристики источников света

Тип источника света	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Средний срок службы, час	Индекс цветопередачи Ra	Нижний предел температуры окружающей среды, °С
Лампы накаливания общего назначения (ЛОН)	200–15000	15	1000	100	без ограничений
Галогенные лампы (КГ)	2500–125000	25	2000	100	без ограничений
Люминесцентные лампы (ЛЛ)	350–7000	90	12000	90	до –5
Компактные люминесцентные лампы (КЛЛ)	250–4500	80	8000	85	до –20
Дуговые ртутные лампы (ДРЛ)	300–55000	55	20000	40	до –25
Натриевые лампы высокого давления (ДНаТ)	5000–120000	120	15000	25	без ограничений
Металлогалогенные лампы (ДРИ)	3000–300000	90	10000	70	без ограничений
Светодиодные излучатели	250–12600	50–70	до 90000	80–90	без ограничений

Переходя к экономической оценке источников света, необходимо иметь в виду, что стоимость источника еще не определяет его экономичность и только лишь в совокупности с расходами на эксплуатацию может служить критерием для оценки по экономическим показателям. Известно, что до 75% в структуре затрат на любую осветительную установку составляют затраты на стоимость потребляемой электроэнергии.

Стоимость сэкономленной электроэнергии за год при замене источника света на более эффективный при сопоставимых световых потоках можно определить по формуле:

$$\Delta C_э = q \cdot (P_1 \cdot \alpha_1 - P_2 \cdot \alpha_2) \cdot T \text{ (руб.)},$$

где  $q$  – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч;

$P_1$  – мощность заменяемого источника света, *Вт*;

$P_2$  – мощность более эффективного источника света, *Вт*;

$\alpha_1, \alpha_2$  – коэффициенты, учитывающие потери в пускорегулирующем аппарате газоразрядных ламп ( $\alpha=1$  для ламп типа ЛОН, КГ);

$T$  – время работы источника света в течение года (при двухсменной работе  $T=2250$  часов).

Таким образом, замена лампы ДРЛ мощностью 250 *Вт* на лампу ДНаТ мощностью 150 *Вт* (при этом световой поток лампы ДНаТ на 10% выше) обеспечивает экономию электроэнергии на каждой лампе в год:

$$\Delta C_{\text{э}} = 268 \cdot (0,25 \cdot 1,1 - 0,15 \cdot 1,1) \cdot 2250 = 66330 \text{ руб.}$$

Несмотря на широкий ассортимент выпускаемых светильников, актуальной является задача создания для животноводства и других отраслей АПК специализированных энергосберегающих светильников, характеризующихся повышенными значениями отдельных или ряда параметров окружающей среды (влажность, запыленность, наличие агрессивных газов) и отвечающих следующим требованиям:

- экономичность;
- герметизированное исполнение;
- коррозионная стойкость корпуса и рассеивателя;
- удобство подключения и обслуживания;
- удобство замены источников излучения и ремонта;
- невысокая стоимость.

Прогнозируемая потребность в подобных светильниках оценивается по республике в 80–100 тыс. единиц при ежегодном серийном производстве не менее 2000 единиц.

Создание эффективного облучательного оборудования для технологий промышленного выращивания сельскохозяйственных животных, обеспечивающего снижение доли электроэнергии в себестоимости животноводческой продукции, возможно при использовании современных источников света с высокими значениями светоотдачи, спектр испускания которых наиболее полно совпадает со спектральным диапазоном оптического излучения, вызывающего требуемое биологическое действие при облучении животных.

Указанным условиям в полной мере удовлетворяют полупроводниковые светоизлучающие диоды. Стремительные темпы развития и удешевление технологии их изготовления, появление на рынке светотехнических изделий светодиодных излучателей единичной мощности до 10 *Вт* и более, обеспечивающих световые потоки до 500 *лм*, разработка полупроводниковых структур, излучающих в спектральных диапазонах, перекрывающих практически всю видимую область, позволяют перейти от лабораторных исследований к этапу практического применения подобных источников оптического излучения в сельскохозяйственном облучательном оборудовании. Светоотдача серийно

выпускаемых мощных светодиодных излучателей (60–80 лм/Вт) превосходит аналогичные параметры ламп накаливания (10–13 лм/Вт) и галогенных ламп (20–30 лм/Вт) и приближается к значениям светоотдачи люминесцентных ламп (70–90 лм/Вт).

Основными преимуществами светодиодных излучателей, существенными для их использования в технологическом облучательном оборудовании агропромышленного производства, являются:

- высокая энергетическая эффективность;
- надежность и долговечность – срок службы от 50 до 100 тыс. часов;
- устойчивость к воздействию климатических факторов и агрессивной атмосферы животноводческих помещений;
- широкий рабочий температурный диапазон  $-40^{\circ}\text{C} \dots +85^{\circ}\text{C}$ ;
- отсутствие теплового излучения;
- низкое напряжение питания – для единичного светодиода составляет 1,2–3,5 В;
- малые габариты.

Важным аспектом создания эффективных систем освещения является разработка развитых систем управления освещением. Применение даже отдельных элементов автоматизации (фотореле, автоматические таймеры, бистабильные реле и др.) дает существенную экономию электроэнергии. Так, использование астрономических реле в уличном освещении обеспечивает снижение энергопотребления от 10 до 50%. Снижаются эксплуатационные расходы.

### Результаты исследований

Внедрение систем освещения животноводческих помещений на базе светильников с люминесцентными лампами, снабженными электронным пускорегулирующим аппаратом (далее – ЭПРА), обеспечивает следующие преимущества:

- КПД электронного ПРА составляет 96–98% против 60% у электромагнитного ПРА;
- срок службы лампы при питании ее от ЭПРА составляет 12000 часов против 7500 часов при питании от электромагнитного ПРА;
- световая отдача лампы при питании от ЭПРА повышается на 8–10%;
- отсутствует эффект пульсации светового потока лампы;
- не требуется компенсация реактивной мощности.

Таким образом, при использовании светильников с ЭПРА получаем уменьшение как активной, так и реактивной мощностей, что разгружает трансформаторную подстанцию животноводческой фермы и электропроводку и, как следствие, дает значительную экономию как при оплате потребляемой энергии (до 50%), так и при эксплуатации системы освещения. Расчетная экономия электроэнергии на одном светильнике за время его нормативной эксплуатации в 8 лет – не менее 1400 кВт·ч.

Применение светодиодных излучателей белого свечения перспективно для организации общего освещения технологических и вспомогательных помещений сельскохозяйственных производств. Расчет технико-экономической эффективности замены светильника НСП03–60 с лампой накаливания 60 Вт на светодиодный излучатель SP80B мощностью 10 Вт (угол рассеивания 120°, дает освещенность, аналогичную этому же показателю у ламп накаливания 75 Вт) показывает, что при обеспечении нормированной освещенности в темное время суток экономия электроэнергии составляет в пределах 250 кВт·ч в год. При стоимости электроэнергии 268 руб./кВт·ч годовая экономия для 1 светильника составляет 67 тыс. руб. Срок окупаемости – 2 года (для лампы мощностью 5 Вт SP70 – 1 год). Соответственно, переход на светодиодное освещение только в свиноводческой отрасли республики (а это порядка 40 тыс. светильников) позволит снизить расход электроэнергии на 12,5 млн. кВт·ч в год, что в денежном выражении составляет 3,35 млрд. руб.

В «Научно-практическом центре НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработано технологическое оборудование для профилактического оптического облучения молодняка свиней. Оборудование состоит из облучателей, размещаемых над станками для содержания свиноматки с поросятами, и блока автоматизированного управления. Облучатели – комбинированного типа, с двумя источниками света. Излучение происходит в двух спектральных диапазонах: эритемном ультрафиолетовом и видимом красной области спектра. Излучение в красной области спектра обеспечивается линейными светодиодными излучателями, в ультрафиолетовом диапазоне – люминесцентной эритемной лампой. Применение узкополосных источников света (полуширина спектра излучения 15...20 нм) в зонах максимального биологического действия позволило снизить эксплуатационные расходы в сравнении с применяемыми ультрафиолетовыми облучателями [2]. Разработана система автоматизированного управления профилактическим оптическим облучением для свинокомплексов на основе программируемых реле РСZ–522 белорусского производителя электротехнической продукции, релейной защиты и автоматики «Евроавтоматика ФиФ», обеспечивающей ежедневно до 10 включений-выключений источников света в течение технологического цикла выращивания поросят с регулированием длительности свечения. В серии научно-промышленных опытов по отработке технологии комбинированного облучения достигнуты следующие показатели: суточное энергопотребление при облучении сектора свинарника-маточника на 300 голов составляет 0,48–0,9 кВт·ч, при этом привесы подсосных поросят и поросят-отъемышей выросли на 9–12%.

### Заключение

1. В системах освещения технологических помещений предприятий АПК необходимо проведение поэтапной замены традиционных источников света на

более эффективные (ЛОН – на ЛЛ, КЛЛ; ДРЛ – на ДНаТ, ДРИ), что обеспечит снижение энергопотребления от 30 до 80%.

2. Применение светодиодных источников света для облучения животных выгодно, экономический эффект при профилактическом облучении молодняка свиней составляет до 5 млн. руб. за цикл выращивания в секции 300 голов.

3. Системы управления освещением должны разрабатываться с учетом технологических особенностей конкретного объекта, что обеспечит до 50% экономии электроэнергии дополнительно.

### Литература

1. Источники света. Лампы для общего освещения. ЭПРА и системы управления светом // Технический каталог фирмы OSRAM GmbH. – Москва, 2007. – 486 с.
2. Самосюк, В.Г. Профилактическое оптическое облучение молодняка сельскохозяйственных животных / В.Г. Самосюк, В.В. Кузьмич, Ю.Г. Маркевич // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – №5. – С. 28-31.

УДК 669.054.85/4:338.45(476)

**А.Л. Тимошук, Б.Л. Кошепаво,  
В.А. Чернобай**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

### **ПРОБЛЕМА РЕГЕНЕРАЦИИ СВИНЦА ИЗ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ И ЕЕ ВАЖНОСТЬ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ БЕЛАРУСИ**

#### Введение

Свинцовый аккумулятор – наиболее распространенный в настоящее время вторичный химический источник тока. На его основе выпускаются стартерные, тяговые и стационарные батареи. Огромный масштаб их использования, особенно в автотракторном и сельскохозяйственном машиностроении, связан с малой стоимостью, высокими электрическими характеристиками, удобством и надежностью в эксплуатации. Какой-либо серьезной альтернативы применению свинцовых аккумуляторов нет, и они в обозримом будущем займут первое место.

Решение проблемы получения свинца из вторичных ресурсов для последующего производства отечественных аккумуляторов имеет важное экономическое и экологическое значение, так как направлено на переработку и утилизацию накопившегося в больших количествах дешевого свинцового сырья (преимущественно в виде отработанных аккумуляторных батарей) и уменьшение рассеяния экологически вредного тяжелого металла.

#### Объекты и методы исследований

Свинецсодержащие твердые отходы в значительных количествах (порядка 4500–5000 тонн в год) реализуются за пределы Республики Беларусь, не подвергаясь глубокой переработке. В то же время товарный свинец ввозится на территорию государства и цена на него неуклонно возрастает. Потребности

рынка РБ в товарном свинце высокой чистоты сегодня оцениваются в 120–150 тонн в месяц (1440–1800 тонн в год). Основными потребителями являются предприятия, производящие горячее цинкование (БМЗ и др.), припои ПОС, свинцовые аккумуляторы (предприятия «Абакор», «Завод Радиан», «Пинские аккумуляторы»). Без наличия белорусского свинца высокой чистоты буксует программа создания аккумуляторного производства. Потенциальная потребность рынка Беларуси оценивается в 6000–7500 тонн свинца в год.

Большой интерес товарный свинец высокой чистоты представляет как экспортная позиция. Возможны поставки готовой продукции на рынки России, Болгарии, Украины, Чехии, Германии, Италии. Спрос на эту продукцию ограничен только предложением, из-за чего мировая цена на свинец высокой чистоты неуклонно растет.

Традиционная пирометаллургическая технология предполагает наличие мощной системы очистки, стоимость которой значительно превосходит стоимость основного производственного оборудования. При наличии ограниченной сырьевой базы и в условиях малых производственных мощностей полномасштабные очистные мероприятия приводят к непомерному росту капитальных затрат.

Для решения задачи комплексной переработки свинецсодержащих отходов избрана технология гидрометаллургического безтермического способа извлечения свинца. Выбор гидрометаллургической технологии для Беларуси не случаен. Она отличается высокой экологической безопасностью, экономичностью, глубоким извлечением основного продукта из сырья и минимальным количеством отходов. Кроме того, технологический процесс и комплект оборудования может быть адаптирован под любую плановую производительность. При должных технологических настройках, соблюдая технологический регламент, есть возможность производить от нескольких килограммов сверхчистого (марки С00) до нескольких тонн сортового (марок С1, С0, ССуА) свинца в сутки.

### **Результаты исследований**

При гидрометаллургической переработке вторичного свинцового сырья, извлечении соединений свинца из пылей и других отходов с помощью растворов гидроксида натрия на катоде металл осаждается в порошкообразной (губчатой) форме, однако при этом возникают неудобства при извлечении осадка из ванн. Кроме того, губчатая структура способствует загрязнению осадка примесями. Схема процесса гидрометаллургической переработки лома аккумуляторных батарей представлена на рисунке 43.

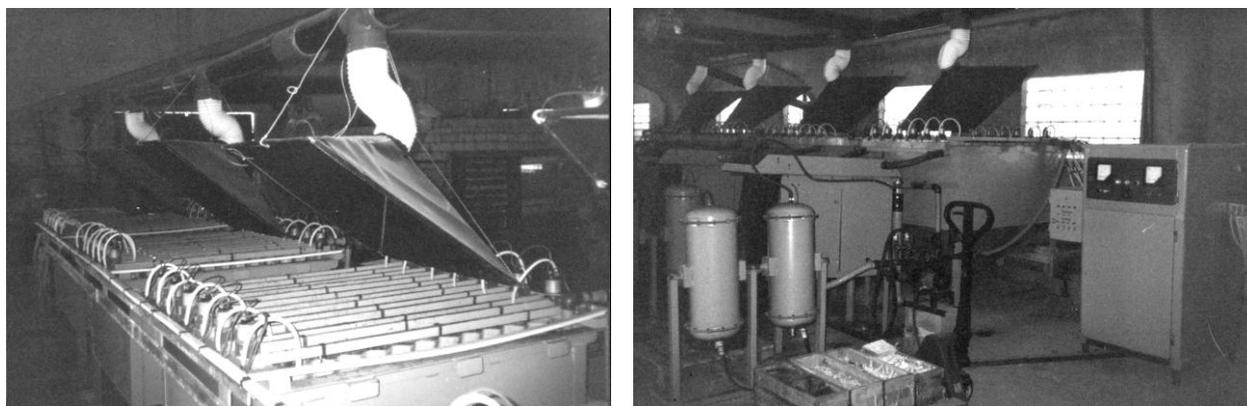
В щелочном плюмбитном электролите свинец содержится в виде комплексного соединения  $\text{Na}_2\text{Pb}(\text{OH})_4$  или  $\text{K}_2\text{Pb}(\text{OH})_4$ , которые при диссоциации образуют анион  $\text{Pb}(\text{OH})_4^{2-}$ . Относительно низкая растворимость плюмбитов в щелочных растворах ограничивает верхний допустимый предел плотностей

тока, а это снижает производительность оборудования и ведет к формированию неплотных рыхлых осадков.



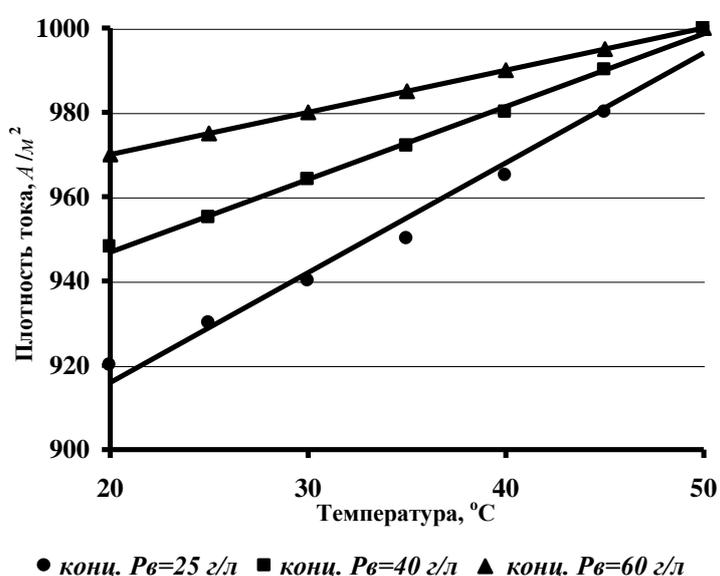
**Рисунок 43 – Технологическая схема переработки свинецсодержащего сырья**

По структуре губчатый осадок на катоде представляет собой массу мелких кристаллов или агрегатов кристаллов, неплотно сцепленных между собой и с поверхностью катода. Для выяснения оптимальных условий получения свинцовой губки на катоде были проведены исследования влияния на катодный и анодный процессы состава электролита (концентрации щелочи, свинца, добавок), температуры, плотности тока, материала электродов и т.д. Узлы экспериментальной установки представлены на рисунке 44.



**Рисунок 44 – Опытный образец технологической линии по переработке свинецсодержащих отходов**

Следует отметить, что можно говорить только о первоначальном значении плотности тока, так как, по мере формирования осадка на катоде вследствие увеличения поверхности губчатой массы, фактическая плотность тока сильно уменьшается. Резкое снижение плотности тока при длительном электролизе приводит к изменению формы осадка: вместо губки или одновременно с ней на катоде появляются лепестковые или пластинчатые отложения. Время процесса, в течение которого продолжает расти губчатый осадок на катоде (до появления видимых пластинчатых отложений), увеличивается с понижением концентрации ионов свинца в электролите и понижением температуры при одинаковой начальной плотности тока. Влияние температуры (20–50°C) сказывается только при низкой исходной концентрации  $\text{Na}_2\text{Pb}(\text{OH})_4$  (0,005 М) (рисунок 45).



**Рисунок 45 – Характер изменения плотности тока в зависимости от температуры раствора при различном содержании свинца**

тока на состояние и структуру осадка, выход по току, расход электроэнергии. Состав электролита соответствовал таким концентрациям щелочи и свинца, которые получают на стадии выщелачивания (23 г/л Pb, 50 г/л NaOH).

При периодическом электролизе с истощением раствора увеличение плотности тока способствует получению более рыхлого осадка. Его структура имеет большое практическое значение, так как предопределяет способ извлечения электролитического осадка из электролизера и его дальнейшую переработку. Без перемешивания при  $\text{DK} = 50\text{--}100 \text{ A/м}^2$  осадки плотные, мелкокристаллические, а при  $200\text{--}2000 \text{ A/м}^2$  – губчатые. При перемешивании при  $\text{DK} = 50\text{--}200 \text{ A/м}^2$  осадок рыхлый, из сrostков кристаллов, а при  $\text{DK} = 500\text{--}2000 \text{ A/м}^2$  – губчатый.

Для наращивания более или менее однородной свинцовой губки в течение 40–60 минут при температуре 18–20°C плотность тока должна быть  $3000\text{--}4000 \text{ A/м}^2$  при концентрации  $\text{Na}_2\text{Pb}(\text{OH})_4$  0,135М и  $500\text{--}1000 \text{ A/м}^2$  – при 0,05М.

Для выяснения наиболее рациональных условий выделения свинца электролизом щелочных растворов было изучено влияние состава и температуры электролита, напряжения, плотности

При добавлении полигидросоединений в зависимости от плотности тока образуются плотные мелкокристаллические, дендритные и губчатые осадки.

В зависимости от условий электролиза губчатый свинец на катоде может быть или очень рыхлым (моховидным), и тогда губка самопроизвольно сползает с электрода при его извлечении из электролита, или приобретает жесткую ячеистую структуру и способен удерживаться на катоде.

Установлена возможность электрохимического съема губчатого свинца путем кратковременной смены полярности электродов на 5–15 мин. В результате этого губка отваливается от катода на дно электролизера. Целесообразно наращивать губку на катоде, не прерывая электролиза, в течение 6–10 часов, а затем отделять ее электрохимически. Одновременно с разрядом ионов  $Pb^{2+}$  на катоде происходит окислительный процесс на аноде. Взаимодействие  $PbO_2$  с электролитом ведет к образованию плюмбатов. Насыщение ими прианодного слоя служит причиной появления анодного шлама. Чем выше концентрация свинца в электролите, тем большая доля его переходит в анодный шлам.

С точки зрения технологической практики более удобен электролиз в непрерывном режиме, с протоком электролита, что позволяет вести процесс при оптимизированном содержании свинца в растворе. Установлены следующие параметры процесса: начальное содержание свинца в питающем растворе 17 г/л, конечная концентрация 5–7 г/л, плотность тока 500–750 А/м<sup>2</sup>, температура не выше 30°С. При этом 93% выделившегося свинца переходит в катодную губку, 7% – в анодный шлам.

Компактные осадки свинца с незначительной примесью порошка выделяются при  $DK = 200–300$  А/м<sup>2</sup>. При таких же значениях  $DA$  свинец на аноде не осаждается. Содержание свинца в растворе может изменяться в пределах от 24 до 3,5 г/л, то есть основная масса свинца может быть выделена на катоде в компактном виде. Выход по току составлял около 90%, чистота металла достигала 99,95%.

При растворении окислов свинца в щелочно-водно-кислитовом растворе предполагается образование комплекса  $[PbOC_6 \cdot H_{11}O_5]$ -. Однако необходимо обратить внимание на целесообразность удаления из свинцового сырья ионов  $SO_4^{2-}$ , поскольку они отрицательно влияют на процесс электролиза (рисунок 46). При обработке слабым раствором щелочи (10–20 г/л NaOH) при 40–45°С и Ж:Т = 5:1 в твердой фазе остается 95–97% свинца от исходного содержания. Ионы  $SO_4^{2-}$  полностью переходят в фильтрат. Только после удаления ионов  $SO_4^{2-}$  следует переводить соединения свинца в раствор (рисунок 47).

В качестве материала для электродов пригодна углеродистая сталь, расстояние между электродами составляет 10–20 мм. Выход по току близок к 100%. Если катодная плотность тока выше, чем 80–120 А/м<sup>2</sup>, осаждаемый свинец имеет дендритную или игольчатую структуру. Образование дендритов может быть уменьшено введением поверхностно-активных добавок или повышением температуры в электролизере.

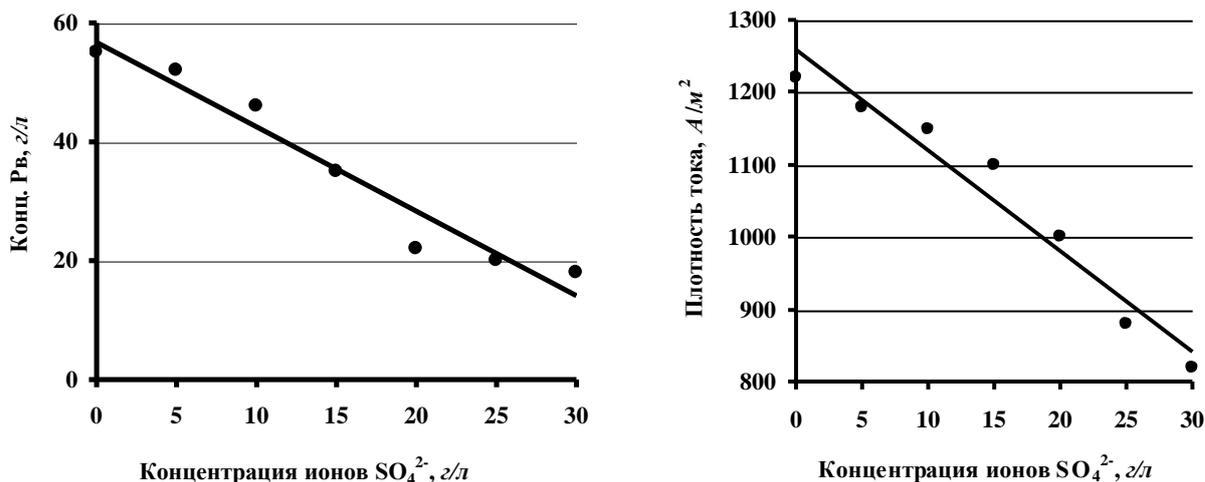
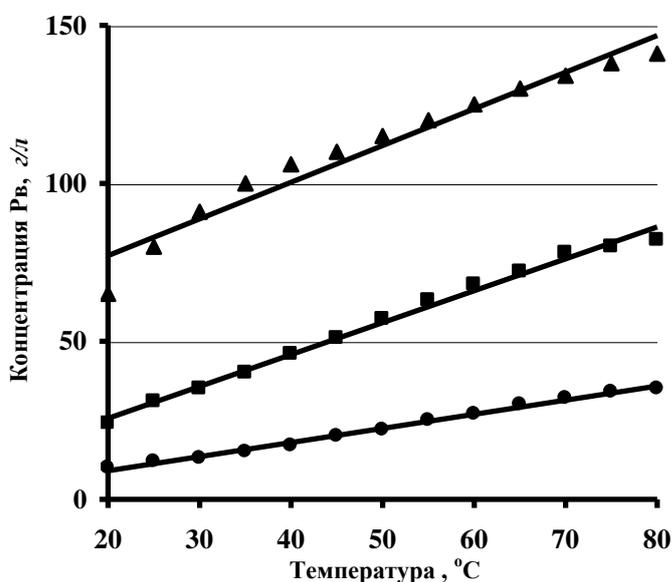
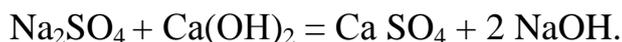


Рисунок 46 – Зависимость режимов выщелачивания и электролиза от концентрации ионов  $SO_4^{2-}$



● Без глицерина ■ Глицерин=10г/л ▲ Глицерин=60г/л

Рисунок 47 – Концентрация свинца при выщелачивании сырья растворами на основе едкого натрия (150–160 г/л) с добавкой глицерина



Концентрация ионов  $SO_4^{2-}$  в электролите может быть понижена до 10–15 г/л.

Осадок  $Pb_3O_4$  при нагревании до 590°C разлагается с выделением оксида свинца.

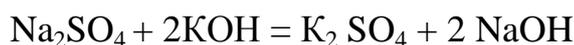
Из присутствующих в активной массе аккумуляторного лома соединений ( $PbO$ ,  $PbSO_4$ ,  $PbO_2$ ) прежде всего со щелочью взаимодействует сульфат свинца:



Оборотный электролит может быть использован для растворения новых порций оксидно-сульфатной массы, но при этом следует компенсировать потери гидроксида натрия и полигидроксосоединений. Концентрация сульфат-иона в электролите лежит в пределах 20–40 г/л в зависимости от содержания  $PbSO_4$  в исходном материале. Учитывая циркуляцию раствора, целесообразно выводить часть ионов  $SO_4^{2-}$  из электролита. Это можно осуществить путем добавления  $Ca(OH)_2$  в 1,5–2-кратном избытке по отношению к стехиометрически рассчитанному значению по реакции:

Если прибавить к щелочи полигидроксосоединения, растворяются также оксиды свинца. Чем больше добавлено к щелочи соединений, тем лучше растворяются сульфат и оксиды свинца. При этом действие полигидроксосоединений прямо зависит от числа гидроксид-ионов, содержащихся в одной молекуле соединения.

Так как раствор после электролиза вновь направляется на обработку аккумуляторного лома, происходит постепенное обогащение электролита ионами  $SO_4^{2-}$ . Чтобы этого избежать, рекомендуется к данному раствору добавлять гидроксид калия. Образующийся в результате реакции



сульфат калия значительно менее растворим, чем сульфат натрия. Путем перекристаллизации из воды можно получить  $K_2SO_4$  высокой чистоты.

Бедные сульфатами щелочные растворы подвергаются электролизу с получением губчатого свинца, который переплавляется. Некоторые количества полигидроксосоединений расходуются на восстановление диоксида свинца, поэтому состав электролита необходимо периодически корректировать.

### Заключение

1. Проведенный анализ и серия экспериментов позволили моделировать технологическую схему переработки свинецсодержащего сырья на основе утилизации отходов аккумуляторных батарей сельхозмашин. Чистота катодного свинца – 99,9%. Примеси в основном представлены оксидами свинца, его сульфатом, органическими веществами. Содержание примесей может быть существенно снижено путем переплавки свинца.

2. Наибольшее влияние на ход процесса оказывает плотность тока. С повышением начальной плотности тока на катоде губка получается более мелкой, однородной и продолжает расти, длительное время не переходя в отдельные пластинчатые наслоения.

3. В настоящее время изготовлен опытный образец оборудования и проводятся его испытания.

УДК 636.5:658.567.1

**А.Л. Тимошук, Д.А. Тетеркин**

**А.В. Шеметовец**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ  
УТИЛИЗАЦИИ ТУШ  
ПАВШИХ ЖИВОТНЫХ  
И ПТИЦЫ**

### Введение

Для успешного продвижения продукции сельского хозяйства на внешнем рынке требуется ее соответствие санитарно-гигиеническим требованиям. Это особенно актуально для предприятий животноводческого комплекса.

Часто источником распространения заболеваний, вызывающих массовую гибель животных, являются туши павших животных, которые, в соответствии с ветеринарными правилами, должны быть уничтожены. В настоящее время утилизация туш павших животных и птицы осуществляется, в основном, примитивными методами, которые не позволяют контролировать процесс, сопровождающийся вредными выбросами в атмосферу.

В Республике Беларусь специальное оборудование для этих целей не производится, а представленное на отечественном рынке – зарубежного производства. Целью разработчиков является создание эффективного оборудования (инсинератора) отечественного производства, позволяющего осуществлять утилизацию туш павших животных и птицы с затратами энергоносителей на 10...15% ниже, чем у зарубежных аналогов, а также соблюдать существующие экологические и санитарно-гигиенические нормы.

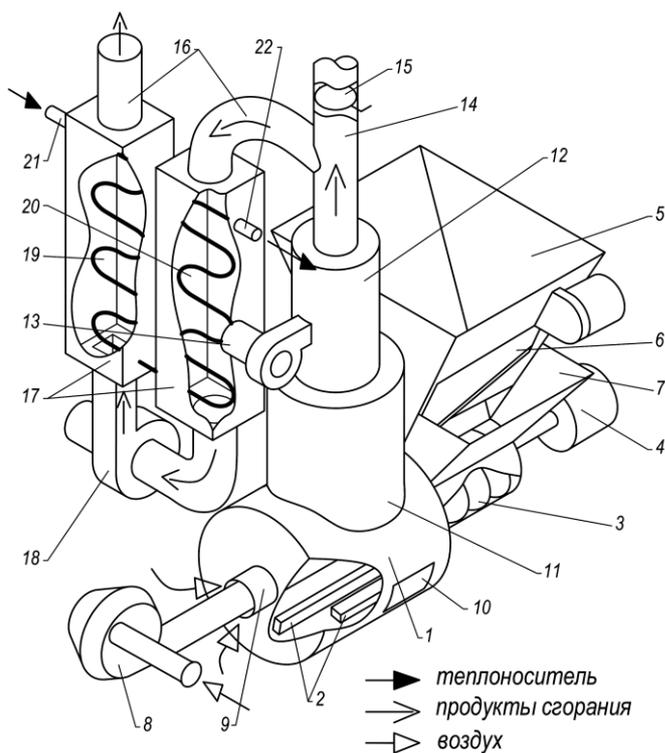
### **Объекты и методы исследований**

Наиболее эффективным способом утилизации туш павших животных является сжигание. Этот процесс сопряжен с рядом трудностей: высокая влажность материала, крупные фракции, неоднородность, образование при горении вредных веществ. По этим причинам оборудование для сжигания туш павших животных имеет ряд отличий от традиционного топочного оборудования. Чтобы обеспечить эффективное сжигание, необходимо наличие мощного внешнего источника тепла для разогрева и поддержания высокой температуры в камере сгорания – горелки, работающей на газообразном или жидком (печном или дизельном) топливе, с принудительной подачей воздуха в камеру сжигания.

В качестве примера можно привести инсинераторы (крематоры) *Випп Мизер* фирмы VAL-KO (США) и *INCINER 8* (Англия). Недостатками этого оборудования, связанными с несовершенством конструкции, являются невысокая интенсивность и, как следствие, большая продолжительность процесса, расход топлива, вредные выбросы в атмосферу, неудобство очистки. Стоимость оборудования – 6...24 тыс. у.е., в зависимости от мощности и вида топлива.

Аналогичное оборудование также изготавливается в Российской Федерации. ЗАО «Турмалин» (г. Санкт-Петербург) на базе инсинератора ИИ–50 серийно производит установки различных модификаций для термического обезвреживания отходов. Они представляют собой комплекс оборудования для сбора, подготовки, сжигания отходов, утилизации теплоты и очистки дымовых газов. Данное оборудование может быть использовано для сжигания жидких нефтешламов, нефтезагрязненных и зараженных грунтов, высокотоксичных биоорганических отходов, негодных ядохимикатов, осадков сточных вод, твердых бытовых и прочих отходов. Стоимость комплекса оборудования в зависимости от модели составляет 120...800 тыс. у.е. Для установки комплексов на базе инсинератора ИИ–50 требуется площадь от 20 до 850 м<sup>2</sup>. Применение

оборудования такого типа целесообразно лишь в том случае, если процесс переработки отходов носит непрерывный характер и имеются достаточно большие объемы отходов.



**Рисунок 48 – Инсинератор**

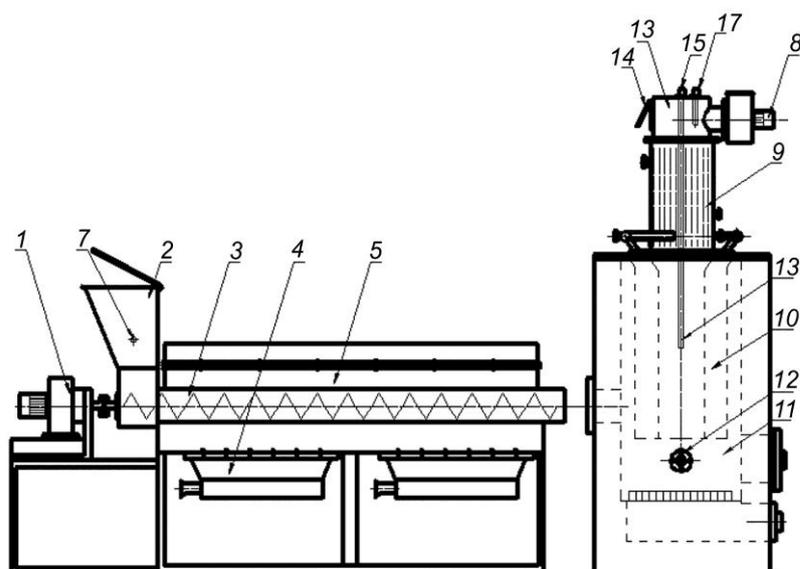
являются: интенсификация горения и конвективного теплообмена (до 30% в сравнении с зарубежными аналогами); снижение выбросов оксидов азота и сажи (на 15–20%); отсутствие необходимости предварительного измельчения сжигаемого материала.

Инсинератор состоит из топки 1, внутри которой размещены лопасти 2, расположенные на одной оси со шнековым транспортером 3 и приводом 4. Над шнековым транспортером 3, который прикреплен к торцу топки 1, располагается бункер 5 для размещения отходов, гильотинный измельчитель 6 и емкость 7 для топливных добавок. С другого торца в топку 1 с зазором внутри патрубка 9 введена камера пульсирующего горения 8. В нижней части топки 1 находится зольник 10. Сверху к топке 1 присоединена цилиндрическая камера дожигания 11 из жаропрочного материала, над которой смонтирован огневой дезодоратор 12 с горелкой 13 и трубой 14 с шибером 15. К трубе 14 с газоходом 16, внутри которого располагается теплообменник 17, присоединен дымосос 18. Теплообменник 17 состоит из двух секций, соединенных между собой, и размещен внутри газохода 16 таким образом, что первая секция теплообменника 19 располагается за дымососом 18, а вторая секция теплообменника 20 – перед дымососом 18 по ходу движения продуктов сгорания. Первая

В настоящее время в Республике Беларусь разработано несколько установок, предназначенных для термической утилизации органических отходов, в том числе туш павших животных.

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с УО «Брестский государственный технический университет» предложена конструкция установки (рисунок 48), в которой для более интенсивного контакта сжигаемой массы с окислителем используется нестационарный режим горения – пульсирующее горение [1]. Достоинствами этой конструкции

секция теплообменника 19 соединена с подводным патрубком 21, а ко второй секции теплообменника 20 присоединен выходной патрубок 22.



**Рисунок 49 – Общий вид шнековой установки для термической утилизации отходов**

ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси» совместно с ЦВИР концерна «Белресурсы» (г. Минск) создана опытная установка УПТО-0,12Т (рисунок 49), предназначенная для теплоутилизации медицинских и твердых бытовых отходов (ТБО) [2], которая также может быть использована для утилизации туш павших животных и

птицы.

Установка состоит из двух блоков – камеры нагрева отходов и камеры дожигания отходов, герметично стыкующихся по оси шнека, и включает следующие узлы и элементы: 1 – мотор-редуктор привода шнека; 2 – бункер загрузки измельченных отходов; 3 – подвижно-составной шнек-пиролизатор отходов; 4 – газовые ИК-нагреватели шнека; 5 – теплоизолированная камера нагрева шнека; 6 – датчик температуры камеры нагрева; 7 – датчик температуры в бункере; 8 – дымосос установки; 9 – водогрейный теплоутилизатор газов; 10 – камера дожигания; 11 – камера сжигания твердых фракций; 12 – газовый инжекционный запальник камеры; 13 – приточно-газоходная камера дымососа; 14 – заслонка притока наружного воздуха; 15 – датчик температуры дожигания; 17 – датчик температуры уходящих газов.

Работа камеры нагрева установки заключается в пиролизе утилизируемых отходов по длине нагрева шнека, из которого твердые фракции – продукты пиролиза выгружаются в камеру сжигания 11, а летучие фракции под разрежением дымососа втягиваются в цилиндрическую камеру дожигания 10, расположенную непосредственно над камерой сжигания. Зольный остаток отходов просыпается через колосниковую решетку и периодически, по мере накопления снизу, удаляется обычным образом.

Режим пиролиза поддерживается и регулируется путем автоматического включения и отключения беспламенных газовых инфракрасных горелок (далее – ИК-горелок) 4. Нормальная работа излучателя контролируется датчиком наличия пламени. Запуск шнека и дымососа производится автоматически с

пульты КИПА. Используемые для нагрева шнека газовые ИК-горелки также включаются с пульта КИПА. Регулирование их мощности производится путем автоматического включения и отключения горелок по заданной температуре в камере нагрева шнека. Основные технические характеристики УПТО–0,12Т приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Технические характеристики установки УПТО–0,12Т

Наименование показателей	Значения
Производительность по отходам, кг/ч	20–30
Потребление газа (горелки ГИИ–15 и запальник), кг/ч	2,3–3,45
Температура в камере нагрева шнека (не более), °С	700
Температура отходящих дымовых газов, °С	200
Масса, кг	4500



Рисунок 50 – Общий вид экспериментального образца инсинератора

Основными недостатками УПТО–0,12Т являются большая масса, необходимость предварительного измельчения органических отходов, сложность изготовления, высокая стоимость установки.

В 2009 году РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ОАО «ГСКБ» (г. Брест) разработан экспериментальный образец инсинератора (рисунок 50), предназначенный для утилизации туш павших животных и птицы.

Экспериментальный образец состоит из корпуса, в котором расположена камера сжигания, газовой горелки с запальным устройством, вытяжной трубы, пульта управления,

дверки с запорным устройством.

Подбор горелки для экспериментального образца проводился исходя из достижения заданного времени выхода на рабочий режим при максимальной загрузке. Количество теплоты, необходимое для разогрева загруженного материала до рабочей температуры, ориентировочно можно определить как

$$Q_{\text{corp}} = Q_{\text{в}} + Q_{\text{орг}},$$

где  $Q_{\text{в}} = M_{\text{в}} \cdot (c \cdot \Delta t_1 + r)$  – количество теплоты, необходимое для нагрева и испарения влаги, содержащейся в утилизируемом материале;

$M_{\text{в}}$  – масса воды в утилизируемом материале, кг;

$c$  – удельная теплоемкость воды,  $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$ ;

$\Delta t_1$  – величина нагрева воды,  $100^\circ\text{C}$ ;

$r$  – теплота парообразования,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ;

$Q_{орг} = M_{орг} \cdot c \cdot \Delta t_2$  – количество теплоты, необходимое для разогрева сухой массы утилизируемого материала;

$M_{орг}$  – масса сухого утилизируемого материала,  $\text{кг}$ ;

$c$  – удельная теплоемкость сухого утилизируемого материала,  $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$ ;

$\Delta t_2$  – разность между начальной температурой тушек птицы и рабочей температурой в камере сгорания,  $950^\circ\text{C}$ .

Для расчетов содержание воды в утилизируемом материале принято равным 70%, начальная температура материала – равной  $0^\circ\text{C}$ , время выхода на рабочий режим – равным 30 минутам, потери тепла в окружающую среду – 20%. Тогда

$$Q_8 = 70 \cdot 4,19 \cdot 100 + 70 \cdot 2300 = 190330 \text{ кДж}.$$

Принимая удельную теплоемкость сухого утилизируемого материала равной  $1,4 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{град})$ , получим

$$Q_{орг} = 30 \cdot 1,4 \cdot 950 = 39900 \text{ кДж}.$$

Тогда

$$Q_{гор} = 190330 + 39900 = 230230 \text{ кДж}.$$

Требуемую мощность горелки определяем по формуле:

$$N = \frac{Q_{гор}}{\tau \cdot \eta},$$

где  $\tau$  – длительность выхода на рабочий режим,  $\text{с}$ ;

$\eta$  – коэффициент полезного использования теплоты.

Требуемая мощность горелки составляет

$$N = \frac{230230}{1800 \cdot 0,8} = 159,9 \text{ кВт}, \text{ принимаем мощность горелки } 160 \text{ кВт}.$$

Газовая горелка с принудительной подачей воздуха и запальным устройством (MAX GAS 170P TL, Ecoflam (Италия)) обеспечивает необходимую температуру в камере сжигания, достаточный избыток воздуха для горения сжигаемого материала (диапазон мощности горелки  $55\text{--}170 \text{ кВт}$ ). Система автоматического управления горелкой смонтирована в корпусе горелки. Она обеспечивает розжиг горелки запальным устройством и снабжена датчиком концентрации газа, благодаря которому исключается возможность взрыва газо-воздушной смеси в камере сжигания. При достижении требуемой температуры в камере сжигания подача топлива автоматически отключается.

Камера сжигания выполнена из огнеупорного шамотного кирпича, что позволяет внутри нее поддерживать температуру в пределах  $850\text{--}1000^\circ\text{C}$ , бла-

годаря чему обеспечивается полное сжигание утилизируемых органических отходов до зольного остатка.

Пульт управления предназначен для управления работой установки, включает в себя программируемое реле времени с возможностью регулирования времени сжигания от 1 до 4 часов, в зависимости от степени загрузки камеры сжигания (не менее 10% от максимальной).

Экспериментальный образец инсинератора работает следующим образом. Утилизируемый материал загружается в камеру сжигания, камера сжигания герметично закрывается крышкой с запорным механизмом. С пульта управления включается горелка, расположенная на задней стенке установки. Розжиг, работа и отключение горелки контролируются системой автоматики. Основные технические показатели экспериментального образца и существующих импортных аналогов приведены в таблице 20.

Таблица 20 – Технические показатели экспериментального образца и импортных аналогов

Наименование показателей	Экспериментальный образец	Inciner 8 A 200 (Англия)	Burn Mizer 9642 (США)
Производительность по отходам, кг/ч	30–40	20	35
Потребление топлива, $\text{нм}^3/\text{ч}$ (л/ч)	2–6	7–9	7
Время сжигания при максимальной загрузке, ч	3–4	5	3
Температура в камере сжигания, °С	850–1000	1200	760
Масса, кг	1560	605	1565
Стоимость, тыс. у.е.	9	14	20

### Результаты исследований

Исследовательские испытания экспериментального образца инсинератора проходили на птицефабрике ОАО «Комаровка» Брестского района. В процессе испытаний проводилось сжигание туш павшей птицы (рисунок 51). Масса загрузки составила 127 кг. В процессе испытаний измерялись расход газа (тепловая мощность горелки), температура и состав газов на выходе из камеры



Рисунок 51 – Загрузка инсинератора и зольные остатки после сжигания

сжигания, масса загружаемого материала и время сжигания. Специалистами РНИУП «Институт экспериментальной ветеринарии им. С.Н. Вышелесского НАН Беларуси» проводилась оценка эффективности уничтожения материала.

Полученные в ходе исследовательских испытаний данные представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Данные исследовательских испытаний экспериментального образца

Наименование показателя	Измеренное значение				
Вид сжигаемого материала	Тушки павшей птицы				
Масса загрузки, кг	100				
Время начала горения, час:мин	10:00				
Время полного сгорания, час:мин	14:05				
Время проведения замеров, час:мин	10:35	11:35	12:35	13:35	14:05
Температура уходящих газов, °С	658	600	800	848	836
Расход газа, м <sup>3</sup> /ч	2,82	2,7	2,7	2,43	2,46
СО, мг/м <sup>3</sup>	1900	2000	24	88	26
СО <sub>2</sub> , %	6,32	7,87	9,24	9,7	8,4
NO, мг/м <sup>3</sup>	431	480	910	1000	900
NO <sub>x</sub> , мг/м <sup>3</sup>	691	761	1430	1620	1444
Коэффициент избытка воздуха, α	2,21	2,9	1,43	1,09	1,6
Температура дверцы, °С			46		108
Температура крышки, °С			45		60
Температура боковых стенок, °С			96		114
Температура передней стенки, °С			128		128
Давление газа на горелке, Па	500				

Анализ полученных результатов показывает, что экспериментальный образец оборудования обеспечивает заданную производительность при сжигании. Применяемая горелка обеспечивает температуру в камере сгорания не менее 800°С. При повышении температуры в камере сжигания от 600°С до 800°С существенно снижается величина химического недожога (концентрация СО снижается от 2000 мг/м<sup>3</sup> до 20–80 мг/м<sup>3</sup>), однако повышение температуры вызывает более интенсивное образование оксидов азота. Визуально в уходящих газах механический недожог в виде сажи не наблюдался.

Длительность процесса сжигания составила 4 часа. Остатки после сжигания – зола, вес 8 кг. Патогенных микроорганизмов в зольном остатке не выявлено.

В ходе испытаний были выявлены несоответствия экспериментального образца некоторым требованиям безопасности – отмечено превышение допустимых температур внешних поверхностей. Это будет учтено на стадии разработки опытного образца. Основные технические требования к опытному образцу, сформулированные исходя из результатов исследовательских испытаний, приведены в таблице 22.

Таблица 22 – Основные технические требования к опытному образцу

Разовая максимальная загрузка, кг, не более	200
Производительность за час времени, кг:	
основного	35–40
эксплуатационного	31–35
Объем камеры сгорания, м <sup>3</sup> , не менее	0,33
Расход топлива (природный газ), м <sup>3</sup> /ч, не более	22,4
Установленная тепловая мощность, кВт, не более	223
Время сжигания при максимальной загрузке, ч, не более	5
Температура в камере сгорания, °С, не более	1200
Масса устройства, кг, не более	2500
Срок службы, лет	7

### Заключение

Сложившаяся неблагоприятная санитарно-эпидемиологическая ситуация и возможность распространения опасных инфекционных заболеваний животных (птичий грипп, ящур, бешенство и др.) требуют принятия дополнительных мер безопасности, к которым относится оснащение сельхозпредприятий оборудованием для термической утилизации туш павших животных.

По результатам исследовательских испытаний экспериментального образца сформулированы технические требования к разработке опытного образца оборудования. Работы по созданию эффективного отечественного оборудования для утилизации туш павших животных и птицы будут продолжены.

### Литература

1. Инсинератор: пат. ВУ 5216 U МПК F23G 5/00 / В.С. Северянин, А.Л. Тимошук, В.В. Кузьмич; заявитель РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – № 20080749; заявл. 03.10.2008. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2009. – №2. – С. 194.
2. Бородуля, В.А. Энергетическое использование твердых бытовых отходов / В.А. Бородуля [и др.]. // Инженер-механик. – 2007. – № 4. – С. 34-37.

УДК 662.81.053.346:664.76.01

**А.Л. Тимошук, А.И. Пунько,  
С.В. Гаврилович**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ  
ТЕХНОЛОГИЯ И  
ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА  
ГРАНУЛИРОВАННОГО  
ТОПЛИВА ИЗ ОТХОДОВ  
РАСТЕНИЕВОДСТВА**

### Введение

Традиционные виды топлива – нефть, газ, уголь относятся к невозполнимым источникам энергии. Постоянный рост цен на них способствует более активному внедрению альтернативных экологически чистых видов топлива из возобновляемых источников энергии. Одновременно все большей проблемой

становится утилизация отходов промышленного и сельскохозяйственного производства. В настоящий период на мелькомбинатах, комбикормовых заводах и в сельскохозяйственных предприятиях республики от переработки злаковых культур, льнокостры, семян рапса, трав скапливается большое количество непродуктивных отходов (около 1,5 млн. тонн), засоряющих окружающую среду и ухудшающих экологическую обстановку в республике. В то же время эти материалы можно использовать для изготовления топливных гранул, решая при этом проблему утилизации отходов хозяйственной деятельности человека.

### **Основная часть**

Для реализации поставленной задачи сотрудниками РУП «НПЦ НАН по механизации сельского хозяйства» разработана энергосберегающая технология и оборудование для получения гранулированного топлива из отходов от переработки зерна и других сельскохозяйственных культур. Линия не требует стандартного жидкого топлива и газа, отличается простой конструкцией, высокой эффективностью и имеет преимущества перед известными существующими линиями по производству топливных гранул из отходов лесодеревопереработки.

При годовой загрузке линии 1600 часов и производительности 1,5...2 т/ч планируется производить в год до 3000 тонн топливных гранул при работе в одну смену. Экономия от одной линии в год в сравнении с существующими составит: электроэнергии – 16,8 кВт·ч, жидкого топлива – 25 тонн, металла на одну линию – 4,5 тонны. При себестоимости производства гранул 40 евро за одну тонну и цене продажи 60...65 евро за тонну общий экономический эффект от одной линии в год составит 60...70 тыс. евро. Потребность только для Республики Беларусь в ближайшие 5 лет составит 8–10 комплектов оборудования. Объем переработки отходов в топливные гранулы составит более 50 тыс. тонн в год. Они могут использоваться для получения тепловой энергии при сжигании в котлах и котельных установках. Также важна экологическая составляющая. Теплота сгорания пеллет близка к теплоте сгорания угля, но при их сгорании выброс CO<sub>2</sub> в 10–50 раз меньше, а образование золы – в 15–20 раз [1,2].

Для организации производства топливных гранул, изготовленных из отходов, полученных при очистке зерен злаковых культур, а также в результате переработки льнокостры, соломы, кукурузных стеблей и др. разработан промышленно-технологический регламент, показатели которого соответствуют нормам технических условий ТУ ВУ 100345268.001–2007 «Гранулы топливные». Гранулы топливные представляют собой цилиндры с диаметром сечения 6...10 мм и длиной 20...50 мм. Для изготовления гранул используют отходы растениеводства, полученные при очистке и переработке зерен злаковых культур. Влажность сырья для обеспечения стабильного и экономичного производства не должна превышать 40%.

В основе процесса получения топливных гранул из отходов переработки зерна использовалась технология производства гранулированных кормов (комбикормов), состоящая в преобразовании сыпучего мелкодисперсного продукта в частицы определенных геометрических размеров с заданными физическими свойствами. В качестве базового оборудования принят комплект машин, используемых для гранулирования травяной муки (ОГМ–1,5).

Технологическая схема производства топливных гранул (рисунок 52) включает в себя операции приема и накопления исходного сырья в бункерах, его сушку до заданной влажности, измельчение, гранулирование, охлаждение, упаковку и хранение полученной продукции.

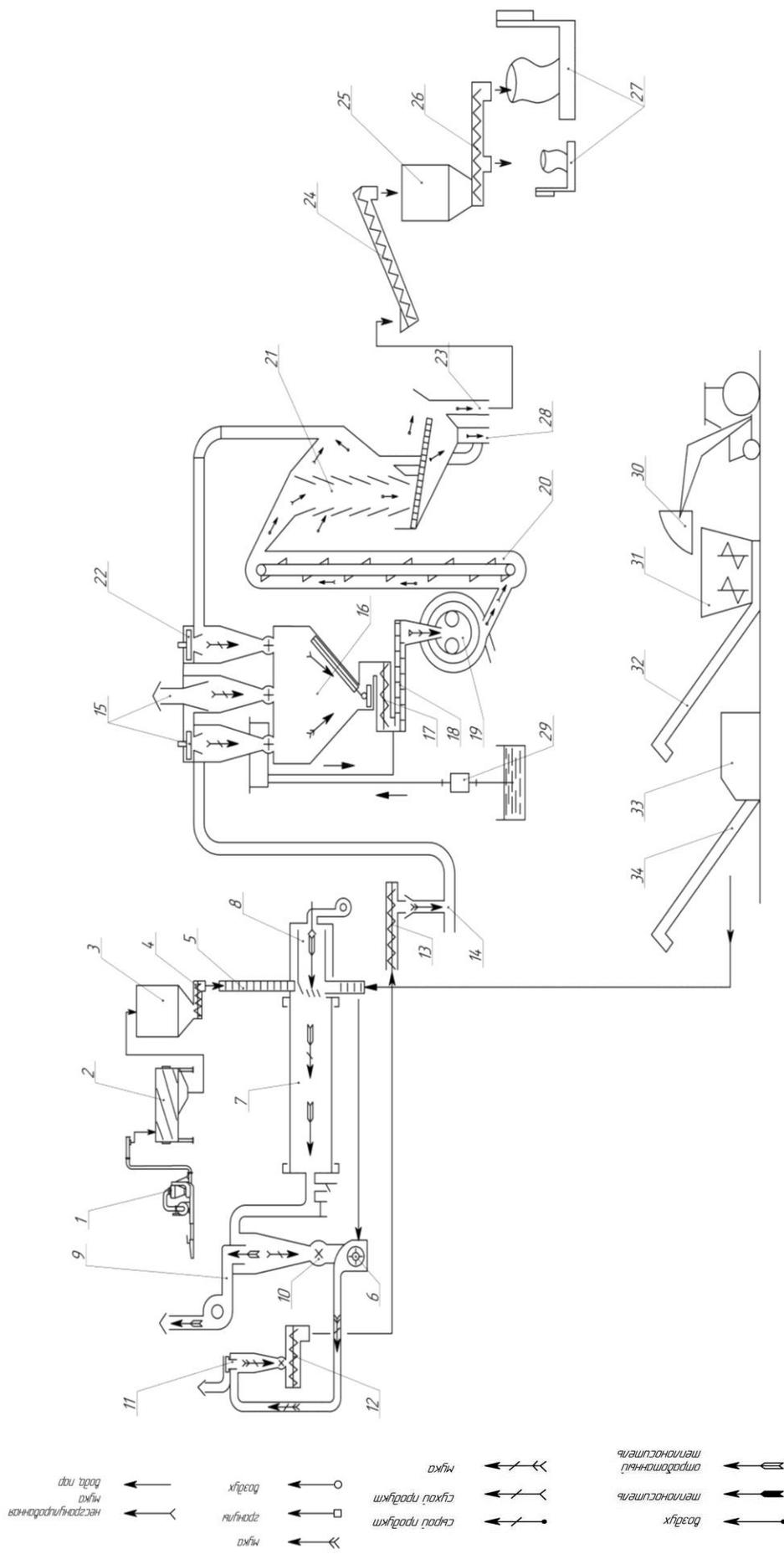
Отходы растениеводства, используемые в качестве основного сырья, доставляются на предприятие и выгружаются пневмотранспортером в бункеры исходного сырья. Сырье высокой влажности (20...40%) подается в сушильный барабан сушилки АВМ–1,5, а при кондиционной влажности (не выше 14%) – шнековым транспортером в молотковую дробилку. Так как в отходах присутствуют крупные частицы (ости, колосья, стебли соломы), до процесса гранулирования необходимо привести массу в однородное состояние путем измельчения отходов.

Высушиваемый материал в барабане остается в потоке теплоносителя и перемещается за счет аэродинамических сил по оси барабана, а влажный – оседает в нижнюю часть барабана, вновь поднимается лопастями и сортируется в потоке теплоносителя. Температура сушильного агрегата на выходе из барабана в зависимости от начальной влажности и рода высушиваемого материала поддерживается в диапазоне 110...150°С. В циклоне установлен вентилятор, создающий воздушный поток, необходимый для транспортирования массы через сушильный барабан в циклон.

Установленную температуру на выходе из сушильного барабана и влажность конечного продукта поддерживают, изменяя количество сжигаемого топлива и подаваемого сырья, и регулируют частоту вращения барабана.

Теплогенератор в сушильных агрегатах предназначен для образования теплоносителя, смешивания его с высушенной массой и подачи в сушильный барабан. Топливо для теплогенератора – отходы от переработки древесины, некондиционные топливные гранулы собственного производства.

Высушенный материал из циклона через шлюзовый затвор поступает в молотковую дробилку, где измельчается в муку, и потоком воздуха подается в циклон. Полученная масса продукта, пройдя через дозатор, равномерно подается в смеситель и пресс-гранулятор. Сформированные горячие гранулы транспортируются норией в охлаждающую колонку, где через слой гранул вентилятором прокачивается воздух, охлаждающий гранулы и одновременно



1 – пневмозагрузчик; 2 – сепаратор; 3 – накопительный бункер; 4, 5, 24, 32, 34 – транспортеры шнековые; 6 – дробилка; 7 – сушильный барабан; 8 – теплогенератор; 9, 11 – циклон; 10 – шлюзовый затвор; 12, 17 – дозаторы; 13 – шнек; 14 – заборник; 15 – циклон вентилятора; 16 – бункер гранулятора; 18 – смеситель; 19 – пресс-гранулятор; 20 – норри; 21 – охлаждающая колонка; 22 – вентилятор; 23 – отборщик гранул; 25 – транспортер-дозатор; 26 – бункер-накопитель; 27 – весы электрические для фасовки в мешкогау 25 и 500...1000 кг; 28 – отборщик крошки; 29 – водонаоборот-ватель; 30 – погрузчик рулонов; 31 – измельчитель рулонов; 33 – доизмельчитель; 34 – цепочно-планчатый транспортер

Рисунок 52 – Технологическая схема приготовления топливных гранул

отсасывающий часть несгранулированной массы в бункер. Из охладительной колонки, по мере ее наполнения, гранулы направляются на сортировку для отделения кондиционных гранул от крошки. Кондиционные гранулы поступают в бункеры-накопители и затем в упаковщики. Мелкая крошка и несгранулированная масса отсасываются в циклон вентилятором для повторного гранулирования. При необходимости увлажнения массы для более качественного гранулирования устанавливается парообразователь.

В зависимости от реальных условий и вида используемого сырья некоторые операции технологии приготовления топливных гранул могут быть пропущены или дополнены новыми. Так, при использовании в качестве исходного сырья соломы процесс приготовления топливных гранул дополняется новыми операциями. В этом случае соломенные рулоны погрузчиком загружаются в бункер измельчителя соломы (например, ИРТ-160), где солома измельчается и по транспортеру подается в питатель-дозатор кормов. Затем солома, дозированная с помощью транспортера-питателя, загружается в барабан сушилки, и дальнейшая ее переработка осуществляется по вышеуказанной технологической схеме.

Полученные гранулы с помощью упаковочной машины фасуют в полиэтиленовые мешки массой от 10 до 25 кг или в мягкие специализированные контейнеры для сыпучих материалов «Биг-бэг» по 500...1000 кг.

Проведен анализ качественных характеристик топливных гранул, полученных из различных видов отходов. В исследуемых образцах топливных гранул, полученных из отходов зернопереработки и соломы, определялись влажность  $W$ , зольность  $A$ , содержание элементов (серы  $S$ , хлора  $Cl$ , углерода  $C$ , азота  $N$ , водорода  $H$ ) и низшая теплота сгорания  $Q$ . Основные результаты экспериментальных исследований представлены в таблице 23. Значения низшей теплоты сгорания рабочего топлива для всех образцов незначительно различаются между собой, максимальное расхождение составляет около 200 Дж/г. Это дает возможность легко поддерживать и регулировать рабочие режимы котлов при использовании такого топлива. Различие в значениях зольности и влажности между образцами связано с различным содержанием посторонних минеральных примесей, имеющих более низкую гигроскопичность [4].

Таблица 23 – Результаты исследований основных свойств топливных гранул

Исходное сырье для производства гранул	W	A	S	Cl	N	H	Q, кДж/кг
	%						
Отходы очистки зерна	11,7	5,8	0,24	0,22	2,2	6,4	15110
Солома (ржаная)	10,30	7,8	0,22	0,54	0,8	6,2	14680
Среднее	11,0	6,8	0,23	0,76	1,5	6,3	14895

Представленные данные наглядно свидетельствуют об эффективности гранулирования отходов очистки зерна, что позволяет получать топливо со

стабильной величиной теплоты сгорания, которая выше аналогичной величины для неподготовленного топлива. Также гранулирование существенно увеличивает насыпную плотность топлива, что при дальнейшей работе с ним значительно уменьшает как транспортные, так и производственные расходы.

### **Заключение**

Анализ качественных характеристик топливных гранул, полученных из отходов очистки зерна и соломы, свидетельствует о том, что топливные гранулы конкурентоспособны на рынке твердотопливных источников энергии. Представленные данные наглядно свидетельствуют об эффективности гранулирования отходов зернопереработки и соломы, что позволяет получать топливо со стабильной величиной теплоты сгорания, которая выше аналогичной величины для неподготовленного топлива. По содержанию серы, хлора и по теплоте сгорания отходы зернопереработки занимают промежуточное положение между соломой и древесным топливом, а по зольности имеют более высокие максимальные значения. Это связано с тем, что после очистки зерна в отходах концентрируются все минеральные и органические примеси исходного зерна.

Таким образом, производство топливных гранул из отходов, получаемых при очистке зерна и переработке соломы, является перспективным как с точки зрения экономики, так и с точки зрения экологии.

Внедрение технологии производства топливных гранул позволит значительно сэкономить топливные энергоресурсы, уменьшить загрязнение окружающей среды, получить дополнительные доходы за счет перехода на использование местных видов топлива.

### **Литература**

1. Багинский, В.Ф. Ресурсы отходов и их экономическая оценка при использовании в качестве топлива для нужд энергетики / В.Ф. Багинский, О.В. Лапицкая // Энерго- и материало-сберегающие экологически чистые технологии: VI Межд. науч.-технич. конф., Гродно, 2006 г. – С. 128-130.
2. Ивашкевич, О.А. Ресурсы твердого топлива из соломы зерновых культур Республики Беларусь / О.А. Ивашкевич [и др.] // Доклады НАН Беларуси. – 2007. – Т. 51, №6. – С. 47-49.
3. Максимчук, Ю.В. Энергоэффективность использования местных ресурсов в качестве твердого топлива / Ю.В. Максимчук, З.А. Антонова, В.Н. Куревич // Природные ресурсы. – 2007. – №4. – С. 89-94.
4. Котусов, В.В. Физико-химические свойства топливных гранул, полученных из отходов переработки зерна / В.В. Котусов, С.В. Самусенко, Ю.В. Максимчук // Хлебопек. – 2008. – №6. – С. 14-16.

### **Введение**

Проблема переработки и утилизации жидких навозных стоков, помета, отходов бойни животных и птицы, а также других органосодержащих отходов предприятий животноводства и птицеводства является одной из самых острых в Республике Беларусь. Очистке и переработке разной степени необходимо подвергнуть более 70 млн. тонн навозных стоков в год, в том числе свиных – 5,0 млн. тонн. Далеко не в каждом животноводческом комплексе есть современные системы их переработки и утилизации. Во многих хозяйствах системы очистки давно устарели и не отвечают экологическим нормам. По приблизительной оценке почти 30% всех отечественных птицефабрик не имеют системы очистки пометных стоков.

Перспективным, экологически безопасным и выгодным решением указанной проблемы является анаэробная переработка навозных стоков и помета в биогазовых энергетических комплексах (БГЭК), позволяющая производить их очистку без привлечения внешних источников энергии, путем использования энергии вырабатываемого биогаза [1,2]. Внедрение биогазовых технологий направлено на решение четырех проблем – экологической, агрохимической, энергетической и социальной, что и определяет экономическую эффективность БГЭК. При этом производство биогаза с выработкой из него электрической и тепловой энергии является замыкающей стадией производства, но не всегда определяющей составляющей.

Следует также отметить, что применяемые технологии и технические средства для анаэробного сбраживания животноводческих отходов все еще недостаточно эффективны, а указанный потенциал может быть реализован только в случае внедрения передовых энергоэффективных технологий и оборудования. Получение биогаза – очень сложный процесс, многие фундаментальные аспекты которого стали понятны только в последние годы. Анализ факторов, влияющих на анаэробное сбраживание, позволит обоснованно подойти к разработке отечественных низкочастотных технологий и оборудования, обеспечивающих производство энергии, обеззараженных удобрений и экологическую безопасность труда и здоровья людей.

### **Объекты и методы исследований**

Объектами мониторинга являются: оборудование и технология переработки навозных стоков молочно-товарной фермы КРС и птицефабрики РУП «Племптице завод «Белорусский» (г.п. Заславль) в БГЭК мощностью 340 кВт; оборудование и технология переработки навозных стоков свиного комплекса

РУСП «СГЦ «Западный» (д. Б. Мотыкалы, Брестский район) в БГЭК мощностью 520 кВт.

Цель работы – получить полную и достоверную информацию о работе импортных БГЭК, а также о состоянии и изменениях биомассы (навозных стоков) в процессе их анаэробной переработки для выработки рекомендаций по обоснованию отечественной биогазовой установки.

На эксплуатируемых БГЭК были проведены: измерение режимных и энергетических параметров работы; определение агрохимических показателей исходного и сброженного субстратов; фиксирование нарушений в технологии процесса метанового сбраживания, сбоев нормальной работы систем биоэнергетических комплексов.

Переработка навозных стоков происходила в три этапа: подготовка субстрата; производство биогаза и органоминеральных удобрений; сжигание биогаза в когенерационном блоке для получения электрической и тепловой энергии (контролировалась установленными системами контрольно-измерительных приборов и автоматики [3, с. 21-25]).

Для подготовки навозных стоков к сбраживанию предусматривалось: заполнение приемного резервуара исходным сырьем; отбор проб для определения влажности исходного сырья; перемешивание и гомогенизация субстрата; подача субстрата в ферментер.

В качестве сырья для БГЭК РУП «Племптицезавод «Белорусский» использовались жидкие стоки КРС, куриный помет и отходы корма. Сырьем для БГЭК свиного комплекса РУСП «СГЦ «Западный» являлись свиные стоки и отходы корма.

Навозные стоки и отходы корма поступали в приемные резервуары, где тщательно перемешивались погружными трехлопастными мешалками с ручной и автоматической системами управления. Перед подачей субстрата в ферментеры проводился анализ проб на технологические, агрохимические и микробиологические параметры.

Заданная суточная доза загрузки субстрата по трубопроводам подавалась в ферментер насосом, который работал в режимах всасывания и подачи. Показатели подаваемых субстратов приведены в таблице 24.

Анаэробное сбраживание навозных стоков осуществлялось в двух ферментерах. Сбраживаемый субстрат из первого ферментера в количестве, равном загружаемому, самотеком поступал во второй ферментер (дображиватель), а из него через гидрозатвор – в хранилище переработанных стоков. Подогрев и поддержание требуемой температуры сбраживания субстратов в ферментерах осуществлялись посредством теплообменников. Рекомендуемая температура сбраживания (40°C) контролировалась электронными датчиками температуры, связанными с системами регулирующей и запорной арматуры трубопроводов теплоносителя. В качестве теплоносителя использовалась жидкость системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания.

Таблица 24 – Планируемые показатели подаваемых субстратов

Составляющие исходного субстрата	Доза загрузки субстрата, т/сут	Влажность, %	Сухое органическое вещество, % СВ
<b>РУП «Племптицезавод «Белорусский»</b>			
Навоз КРС	6,6	94	90
Куриный помет	38,4	80	70
Отходы корма	0,3	10	90
Субстрат	45,3	81,6	71,59
<b>РУСП «СГЦ «Западный»</b>			
Жидкие свиные стоки	43,8	94	82
Твердая фракция свиных стоков	43,8	80	82
Отходы корма	0,3	10	90
Субстрат	87,9	86,7	82,2

Биогаз, выделяющийся в процессе брожения, собирался в пленочных газосборниках, установленных над ферментерами. Равномерная и постоянная подача сырья (доза загрузки) и одинаковые технологические условия (температура, концентрация) обеспечивали стабильность процесса анаэробного сбраживания. Первым признаком стабильного процесса сбраживания считается высокая постоянная выработка биогаза с незначительными отклонениями в течение суток. Контрольным параметром процесса сбраживания являлся суточный удельный выход биогаза с 1 кг загружаемого органического сухого вещества (ОСВ), а параметром работы установки – суточная удельная выработка биогаза исходя из объемов ферментеров.

Расход биогаза рассчитывался по количеству вырабатываемой электрической энергии, фиксировавшемуся счетчиком электроэнергии в когенерационной установке. Количество отданной в сеть электроэнергии фиксировалось счетчиком в трансформаторной подстанции.

Для контроля состава биогаза использовался газоанализирующий модуль с выводом данных на многопозиционный дисплей и сохранением данных в памяти модуля.

Пробы на определение характеристик сброженного субстрата (влажности,  $pH$ , сухого органического вещества, общего углерода, элементов питания растений – азота, фосфора, калия) отбирались из второго ферментера. Степень биоконверсии субстратов определялась расчетным путем.

#### **Результаты исследований**

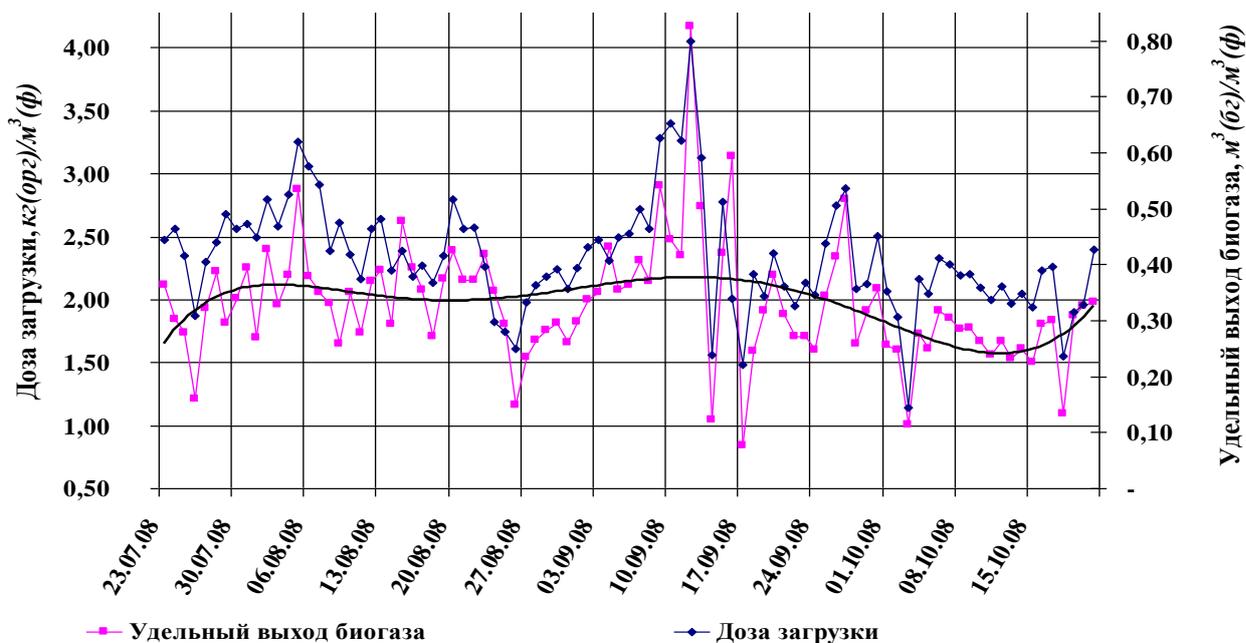
*Физико-химические и агрохимические показатели.* Результаты исследований в БГЭК РУСП «СГЦ «Западный» агрохимических и физико-химических показателей животноводческих стоков до и после сбраживания показали, что основной вклад в содержание сухого вещества (СВ) и ОСВ субстрата вносит сепарированный свиной навоз. Сравнительный анализ дополнительных

компонентов к сепарированному навозу свидетельствует об их активном участии в процессе анаэробного сбраживания. Специфичность добавляемых отходов растительного и животного происхождения (зерна, кукурузы и фарша животных) проявлялась в снижении  $pH$  (с 7,9 до 7,6) за счет предполагаемого увеличения доли недиссоциированных молекул солей аммония и уменьшения свободных ионов  $NH_4^+$ , значительной величины отношения  $C:N$  (которая должна оставаться весомой и в сброженном субстрате). Результаты расчета содержания биогенных элементов, углерода, отношения  $C:N$  в исходном и сброженном субстратах показали, что в процессе анаэробной биоконверсии субстрата содержание азота и калия по массе практически не изменяется.

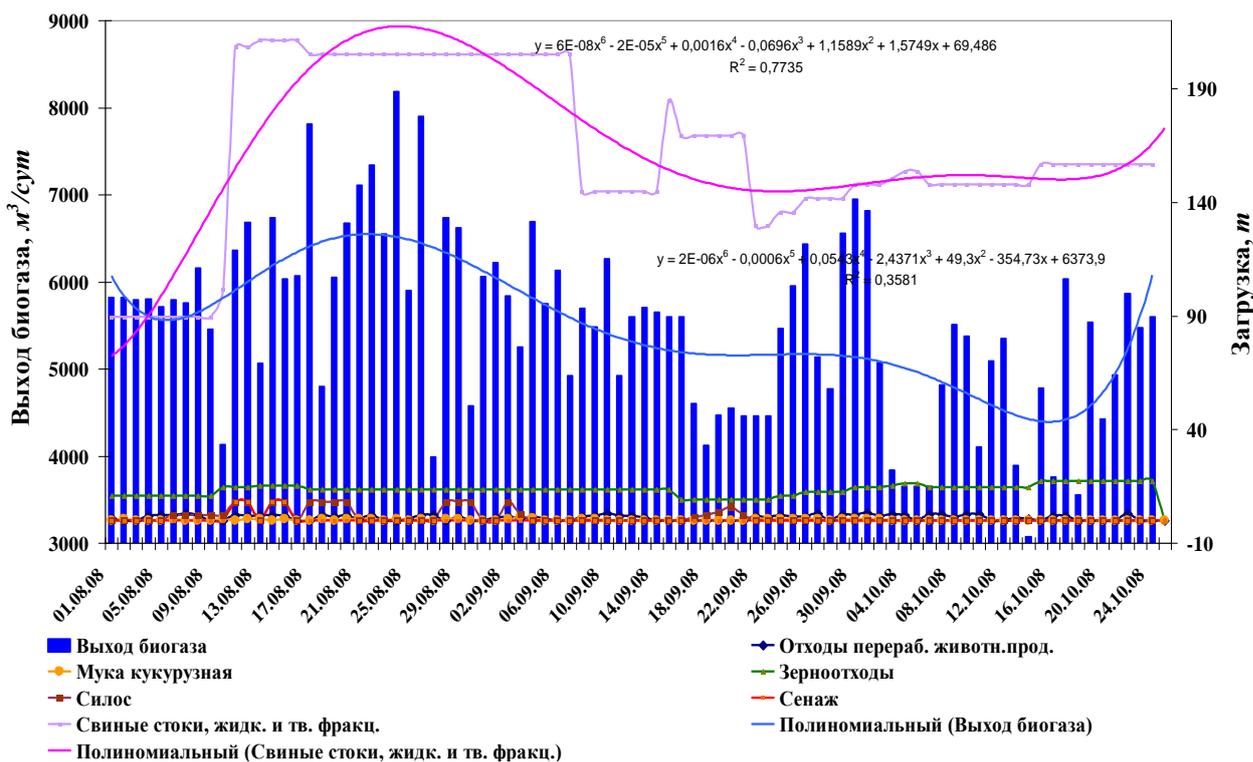
В БГЭК РУП «Племптицецезавод «Белорусский» по данным результатов исследований питательных веществ куриного помета и его стоков до и после анаэробного сбраживания прослеживается повышение величины  $pH$  в субстрате ферментеров в сравнении с куриным пометом и его стоками в приемной емкости. Сравнительный анализ массы аммиачного азота показывает, что в субстрате второго ферментера его содержание в 2 раза выше, чем в субстрате приемной емкости. Величина соотношения  $C:N$  в исходном субстрате составляет 4,5, в сброженном – 3,5. Достаточно высокие значения  $pH$  (7,9) и низкие величины соотношения  $C:N$  в ферментере и дображивателе указывают на ингибирование процесса метангенерации свободным аммиаком. В таких случаях рекомендуется к исходному сырью добавлять растительную биомассу с высоким значением соотношения  $C:N$ .

На рисунке 53 отражена диаграмма изменения удельного выхода биогаза и удельной дозы загрузки. Средний удельный выход биогаза составил  $0,41 \text{ м}^3(\text{бг})/\text{м}^3(\text{ф})$  при средней дозе загрузки  $1,96 \text{ кг}(\text{орг})/\text{м}^3$ . Максимальный выход биогаза  $0,8 \text{ м}^3(\text{бг})/\text{м}^3(\text{ф})$  приходится на 12.09.2008., что соответствовало и максимальной дозе загрузки  $4,16 \text{ кг}(\text{орг})/\text{м}^3$  в указанный период. Прослеживается неравномерность по дозе загрузки, трендовая кривая имеет вид синусоиды, что влечет за собой неравномерный удельный выход биогаза. Как видим, при увеличении дозы загрузки практически синхронно происходит и увеличение выхода биогаза.

Аналогичная ситуация прослеживается в БГЭК СГЦ «Западный», где средний удельный выход биогаза составил  $1,96 \text{ м}^3(\text{бг})/\text{м}^3(\text{ф})$  при средней дозе загрузки  $3,92 \text{ кг}(\text{орг})/\text{м}^3$ . Максимальный выход биогаза –  $2,92 \text{ м}^3(\text{бг})/\text{м}^3(\text{ф})$  соответствовал максимальной дозе загрузки  $5,84 \text{ кг}(\text{орг})/\text{м}^3$ . На рисунке 54 показан выход биогаза в зависимости от дозы загрузки по веществам. На рисунке видно, что максимальному выходу биогаза способствует загрузка в ферментеры растительного сырья и отходов переработки животноводческой продукции. Так, с 15.08.2008 до 5.09.2008 в разгар уборочной кампании в ферментеры было подано максимальное количество растительного сырья, что в итоге способствовало максимальному выходу биогаза.



**Рисунок 53 – Динамика дозы загрузки субстрата и удельного выхода биогаза БГЭК РУП «Племптицезавод «Белорусский»**



**Рисунок 54 – Динамика выхода биогаза в зависимости от дозы загрузки веществ в БГЭК СГЦ «Западный»**

Результаты исследований подтвердили, что содержание в субстрате СВ и ОСВ после сбраживания ниже, чем до сбраживания. При повышении СВ и ОСВ (до допустимых технологических значений) выход биогаза также будет увеличиваться [3, с. 35-43].

*Энергетические показатели.* Устойчивый процесс анаэробного сбраживания органоминеральных отходов, обеспечивающий максимальный выход биогаза, определяется постоянством температуры в выбранном режиме, дозой загрузки субстрата в ферментеры, составом и кислотностью субстрата. Как показали исследования, средняя температура сбраживания в первом ферментере соответствует проектной величине температуры – 40,2°C. Во втором ферментере средняя температура сбраживания составляла 39,3°C, что не соответствует проектной величине. Поэтому температура теплоносителя нуждается в корректировке [3, с. 45-47].

Качественный состав биогаза зависит от содержания в нем метана. На рисунках 55 и 56 представлены кривые содержания метана, углекислого газа, сероводорода и кислорода, общие диаграммы исследуемых показателей за период наблюдений за БГЭК РУСП «Белорусский» и СГЦ «Западный». Для кривых исследуемых компонентов биогаза получен ряд уравнений регрессии, аппроксимирующих эмпирические данные. Содержание метана в биогазе в БГЭК РУСП «СГЦ «Западный» колебалось в широком интервале – от 48 до 64%. Суточная выработка биогаза в среднем составляла 2470 м<sup>3</sup>/сут. Увеличение выхода биогаза за счет внесения в субстрат отходов зерноочистки, кукурузной муки, травяного сенажа и смывов жира обусловило включение в работу второго когенерационного блока. Выход биогаза в этот период составил в среднем 4600 м<sup>3</sup>/сут.

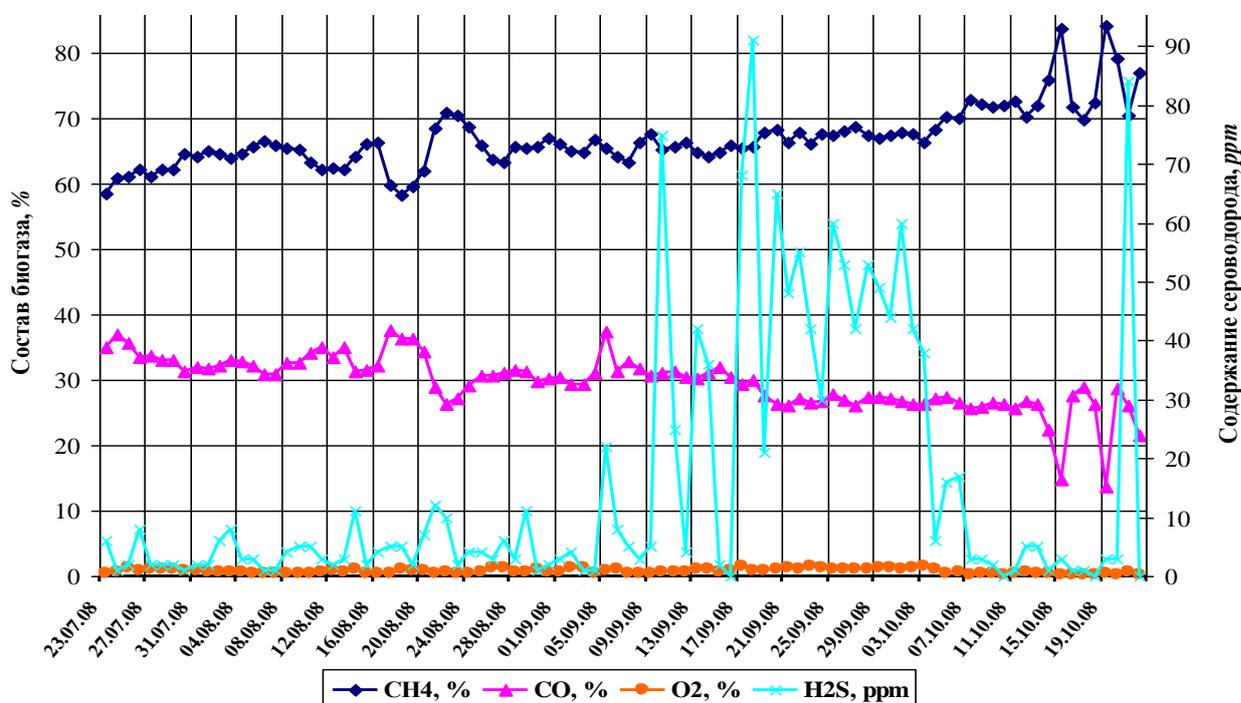
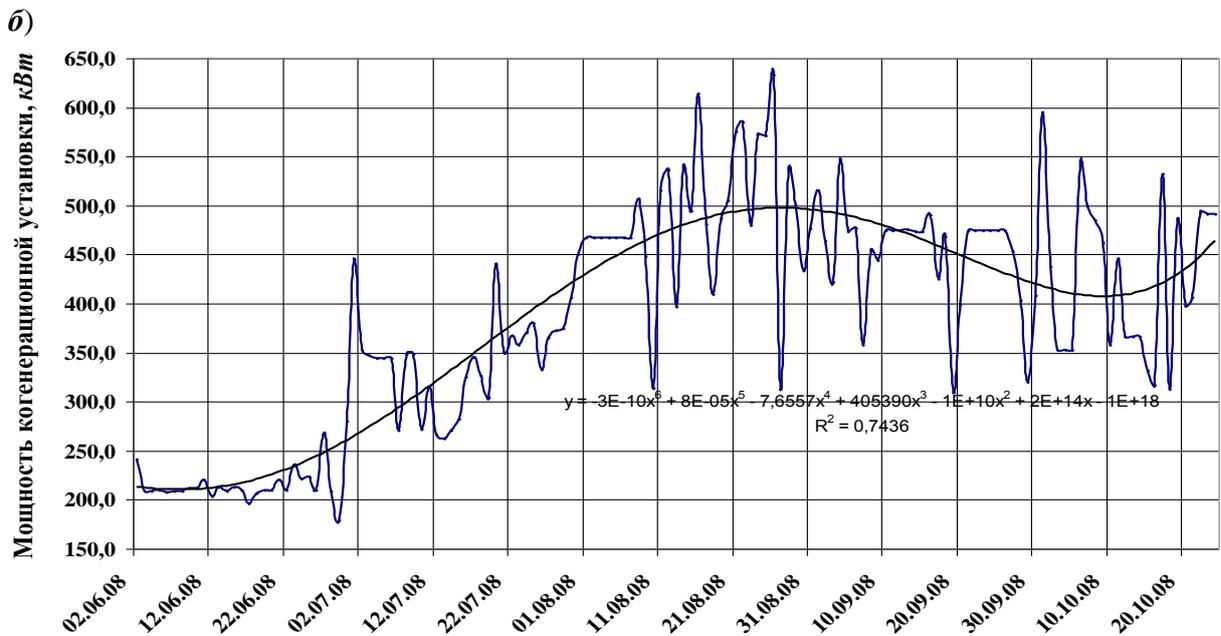
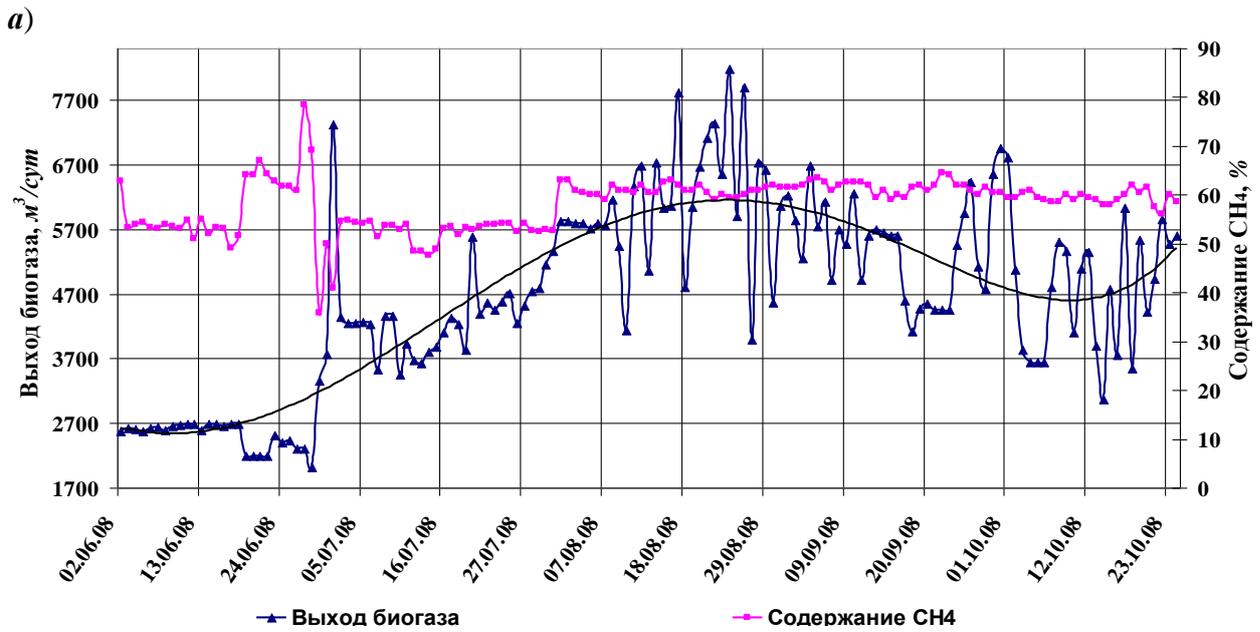


Рисунок 55 – Динамика состава биогаза в БГЭК РУСП «Белорусский»



а) выработка биогаза и содержание метана; б) мощностная характеристика

**Рисунок 56 – Показатели работы БГЭК РУСП СГЦ «Западный»**

Реальная мощность когенерационных блоков на биогазе составила 406 кВт при установленной мощности 520 кВт.

Средний выход биогаза в БГЭК РУСП «Белорусский» за период наблюдений составил 1176,3 м<sup>3</sup>/сут, а максимальный выход – 3034,4 м<sup>3</sup>/сут. Увеличение выхода биогаза не влечет за собой увеличение содержания в нем метана. Последнее будет зависеть от состава загружаемого субстрата (см. рисунок 54).

Среднее содержание СН<sub>4</sub>, СО<sub>2</sub>, О<sub>2</sub> и Н<sub>2</sub>S за весь период наблюдений составило 60,3%; 35,4%; 0,86% и 16,4 ppm соответственно (см. рисунок 55). Из диаграммы видно, что к концу периода наблюдений происходит отчетливый рост содержания СН<sub>4</sub> и снижение содержания СО<sub>2</sub>, что, вероятно, может быть

связано с изменением технологии подачи субстрата в ферментеры. На начальной стадии загрузка субстрата происходила параллельно в оба ферментера, а затем только в один. Во втором ферментере происходило дображивание (как известно, в фазе дображивания качество биогаза возрастает). Содержание  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{S}$  также могло колебаться из-за изменения рациона кормления животных.

### Заключение

1. Величина дозы загрузки сухого вещества в ферментеры БГЭК РУП «Племптице завод «Белорусский» не соответствует проектным. Так, планируемая ежедневная загрузка ОСВ должна составлять 6–6,5 т, а фактическая составляет около 2,5 т. Следует отметить, что при таких низких дозах загрузки ОСВ использование ферментера с большим временем экспозиции является неэффективным. Для увеличения соотношения  $C:N$  нужно использовать растительное сырье, отходы переработки птицы.

2. Высокое значение  $pH$  (6,5 и выше) животноводческих стоков перед их подачей в ферментеры свидетельствует о том, что в приемной емкости недостаточно активно осуществляется стадия гидролиза по разложению сложной органики на более простые органические соединения. Поэтому в составе оборудования экспериментального образца биогазовой установки необходимо предусмотреть специальный гидролизер.

3. Добавление в сброживаемый субстрат железного купороса, тритикале, отходов комбикорма и отходов убойного цеха приводит к снижению содержания сероводорода в биогазе.

4. Уменьшение после сброживания в субстрате органического сухого вещества в 2–3 раза свидетельствует о высокой степени его биоконверсии. При этом содержание метана в биогазе составляло 50–75%.

5. Мощность БГЭК в СГЦ «Западный» достигла 90–95% проектного значения. БГЭК в РУП «Племптице завод «Белорусский» не вышел на 50%-ный уровень от проектной мощности. Это обусловлено низким содержанием органического сухого вещества в используемых животноводческих стоках и неэффективным прохождением стадии гидролиза.

Энергетическая ценность биогаза составила в среднем  $6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^3$ .

### Литература

1. Пузанков, А.Г. Обеззараживание стоков животноводческих комплексов / А.Г. Пузанков, Г.А. Мхитарян, И.Д. Гришаев. – М.: Агропромиздат, 1986. – 75 с.
2. Дубровский, В.С. Метановое сброживание сельскохозяйственных отходов / В.С. Дубровский, У.Э. Виестур. – Рига: Зинатне, 1988. – 203 с.
3. Мониторинг работы в природно-климатических условиях Республики Беларусь импортных биогазовых энергетических комплексов: отчет о НИР (заключительный) № госрег. 20082490, зад. 5.18 ГНТП «Агропромкомплекс – возрождение и развитие села» / РУП «НПЦ НАН Беларуси по мех. с. х.»; рук. темы Н.Ф. Капустин. – Минск, 2008. – 156 с.

### Введение

Для улучшения товарного вида, пищевой ценности, вкусовых качеств и цвета продуктов питания производители применяют красители натуральные, синтетические и неорганические. В основном пищевые красители в настоящее время в Республику Беларусь импортируются, на что требуются значительные валютные средства.

Основные требования для красителей: нетоксичность и безвредность для организма человека. Что касается синтетических красителей, то они не обладают пищевой ценностью и гарантией безвредности для здоровья человека [1–3].

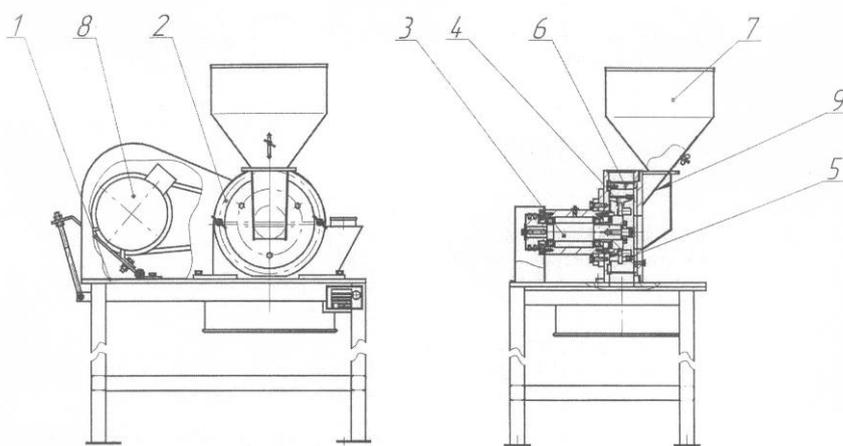
До настоящего времени в Республике Беларусь отсутствовали технологии, соответствующее оборудование и рекомендации по получению натуральных красящих веществ для использования в качестве добавок к пищевым продуктам (мороженому, безалкогольным напиткам, кондитерским изделиям) для придания им необходимой цветовой гаммы.

В РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» разработана технология и комплекс технических средств для приготовления натуральных красящих веществ из растительного сырья, которые внедрены в РУП «Технопрод» в г. Марьина Горка [4].

Заключительной и наиболее важной операцией технологии приготовления красящих веществ является измельчение. Растительное сырье проходит мойку, сортировку, резку, сушку, бланшировку и затем измельчение.

### Устройство и рабочий процесс измельчителя

В качестве измельчителя рассматривается аппарат молотково-штифтового типа (рисунок 57).



- 1 – стол;
- 2 – корпус;
- 3 – вал;
- 4 – ротор;
- 5 – неподвижный барабан;
- 6 – решето;
- 7 – бункер;
- 8 – привод;
- 9 – заслонка

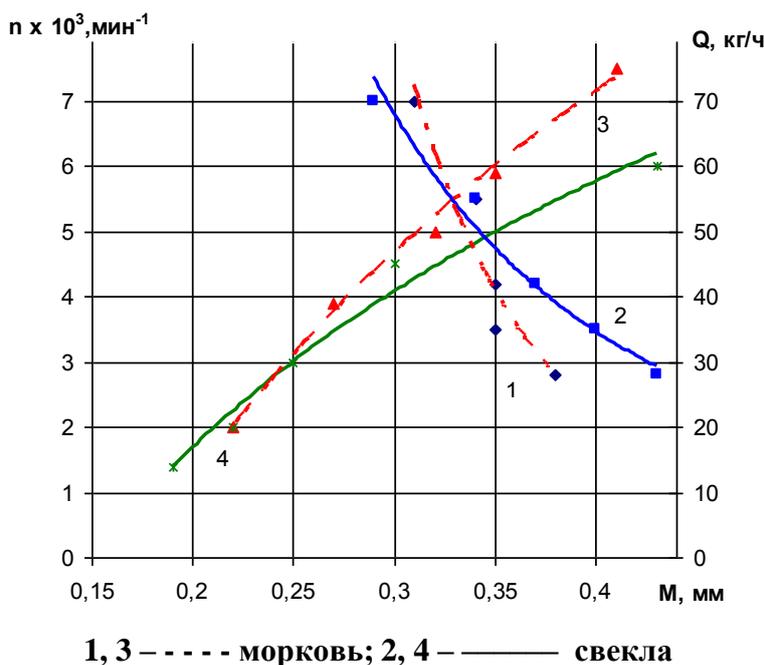
**Рисунок 57 – Общий вид измельчителя**

Рабочий процесс осуществляется следующим образом. Грубо измельченный высушенный полуфабрикат подается в бункер измельчителя. Через дозирующую щель заслонки материал поступает в рабочую зону измельчителя. Рабочая часть измельчителя состоит из ротора с рабочими элементами в виде молотков и штифтов и неподвижного барабана с фигурными штифтами. При взаимодействии рабочих элементов с материалом осуществляется его измельчение. Достигнув требуемой степени измельчения, материал просеивается через решетчатую поверхность барабана и поступает в приемную емкость и далее на упаковку.

### Основная часть

Для определения параметров измельчителя проводились исследования. При исследованиях определялись качественные, технологические и энергетические показатели. В качестве основного критерия при определении частоты вращения рабочих органов принят модуль помола [5].

При заданном выходе измельченного материала 35, 45 и 95% в течение постоянного времени измельчения (нами приняты 3 минуты) были определены частоты вращения рабочих органов. Для каждой частоты вращения определялся модуль помола материала.

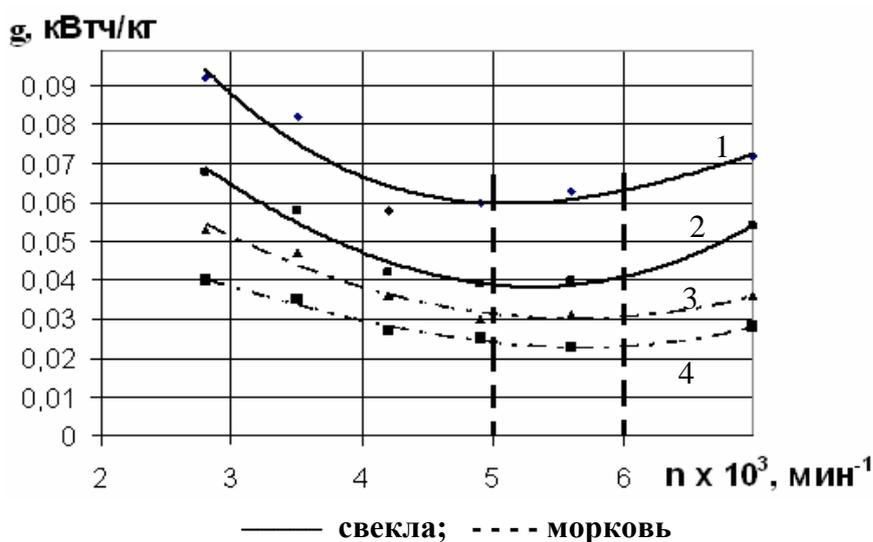


**Рисунок 58 – Зависимости частоты вращения рабочих органов (1, 2)  $n$  и производительности измельчителя (3, 4)  $Q$  для свеклы и моркови от модуля помола**

На рисунке 58 представлены зависимости частоты вращения рабочих органов и производительности измельчителя от модуля помола. Из графика видно, что с увеличением скорости рабочих органов измельчителя модуль уменьшается по криволинейной зависимости и при достижении оборотов  $5000-7000 \text{ мин}^{-1}$  значение модуля минимально и равно  $0,27-0,32 \text{ мм}$ .

Производительность измельчителя увеличивается по криволинейному закону с увеличением модуля помола.

В качестве дополнительного критерия при выборе скорости вращения рабочих органов принята удельная энергоёмкость процесса измельчения. На рисунке 59 представлена зависимость энергоёмкости процесса измельчения от частоты вращения рабочих органов.



— свекла; - - - морковь  
 1, 3 – молоток зубчатый; 2, 4 – молоток прямоугольный  
**Рисунок 59 – Зависимость удельной энергоёмкости процесса измельчения от частоты вращения рабочих органов**

Из графика видно, что с увеличением скорости ротора удельная энергоёмкость для каждого испытываемого материала и разных форм рабочих органов сначала снижается и достигает минимального значения при частоте вращения 5000–7000  $\text{мин}^{-1}$ . При скоростях, превышающих эти значения, удельная энергоёмкость процесса возрастает.

Рост мощности измельчителя с увеличением скорости рабочих органов можно объяснить тем, что образуемый ротором воздушный поток сжимает материал и способствует лучшему проходу материала через решетчатую поверхность корпуса. Этот фактор вызывает дополнительное увеличение энергозатрат и приводит к более быстрому выходу измельченного материала из дробилки.

Анализируя процесс измельчения по качеству работы и энергоёмкости процесса, рациональной частотой вращения рабочих органов можно считать 5600  $\text{мин}^{-1}$ .

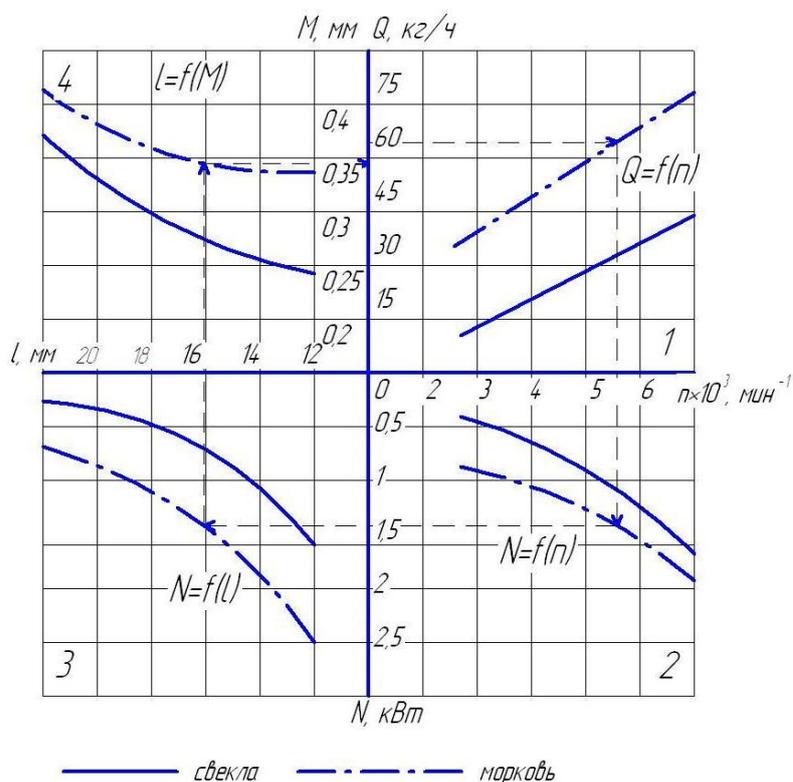
Прямоугольный молоток в сравнении с зубчатым по энергоёмкости имеет наименьшее значение при разной частоте вращения ротора. Модуль измельчения для зубчатых молотков ниже. Рост энергоёмкости для ротора с зубчатыми молотками объясняется дополнительными сопротивлениями, возникающими при работе измельчителя, а улучшение качества – лучшим взаимодействием молотков этой формы с материалом и его перетиранием.

Энергоёмкость процесса измельчения ниже для прямоугольных молотков. Учитывая сказанное, можно заключить, что хотя зубчатый молоток обеспечивает незначительное улучшение качества измельчения, однако по технологическим и энергетическим показателям лучшей формой молотка следует считать прямоугольную. Поэтому прямоугольные молотки рекомендованы в качестве рабочих органов измельчителя.

Рабочие органы в виде молотков при вращении кроме измельчающей функции выполняют роль вентиляторных лопастей. Они создают разрежение в камере измельчения, благодаря чему воздух всасывается в отверстия, отклоняя поток частиц. Это обеспечивает более равномерное распределение мате-

риала по всей решетчатой поверхности корпуса измельчителя, исключает вибрацию и улучшает надежность измельчителя.

Для определения параметров измельчителя по его заданной производительности составлена номограмма (рисунок 60), на которой штриховыми линиями указана последовательность выбора данных при определенной производительности измельчителя 65 кг/ч ( $n = 5600 \text{ мин}^{-1}$ ;  $N = 1,3 \text{ кВт}$ ;  $l = 16 \text{ мм}$ ;  $M = 0,35 \text{ мм}$ ).



**Рисунок 60 – Номограмма для определения параметров измельчителя**

Годовой доход от использования измельчителя составляет 3549,85 тыс. руб.

### Заключение

1. Разработана технология для получения натуральных красящих веществ с применением измельчителя в технологическом комплексе в РУП «Техно-прод» в г. Марьина Горка.

2. На основе экспериментально-теоретических исследований обоснованы и определены параметры конструкции и режимы работы измельчителя натурального сырья: для модуля измельчения 0,35 мм оптимальная частота вращения рабочих органов –  $5600 \text{ мин}^{-1}$ , диаметр отверстий сит – 0,45 мм, зазор между молотками и ситом – 16–18 мм, коэффициент заполнения камеры измельчения при этом должен быть не менее 0,75, удельная энергоёмкость составила 0,033 кВт·ч/кг, производительность измельчителя – 50 кг/ч.

3. Составлена номограмма для определения параметров измельчителя по заданной его производительности.

## Литература

1. Цыганова, Т.Б. Пищевые красители для кондитерских изделий / Т.Б. Цыганова, Л.С. Кузнецова, М.Ю. Сиданова. – СПб.: ГИОРД, 2002. – 120 с.
2. Вольшонок, М.З. Пищевые красители нового тысячелетия / М.З. Вольшонок // Пищевые ингредиенты. – 2001. – № 1. – С. 15.
3. Архипова, А.Н. Пищевые красители, их свойства и применение / А.Н. Архипова // Пищевая промышленность. – 2000. – № 4. – С. 66-69.
4. Ловкис, З.В. Комплекс для производства полуфабриката продовольственного красителя из растительного сырья / З.В. Ловкис, В.В. Чуешков, Д.А. Зайченко, Ч.С. Дашкевич // Агронарама. – 2005. – № 4. – С. 5-8.
5. Чуешков, В.В. Исследование рабочих органов измельчителя для приготовления натуральных красителей / В.В. Чуешков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУНИП «ИМСХ НАН Беларуси»; под общ. ред. В.Н. Дашкова. – Минск, 2006. – Вып.40. – С. 301-307.

УДК 63:(620.95:504.064.34)

**Ю.А. Сунцова, Н.Ф. Капустин**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ АНАЭРОБНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **Введение**

Осуществление программы энергосбережения приобрело особую значимость для экономики каждой страны. Это, прежде всего, связано с ограниченностью запасов топливно-энергетических ресурсов и повышением цен на энергоносители. Внедрение в агропромышленный комплекс энергоэффективных технологий, энергосберегающего оборудования позволит снизить энергетическую составляющую себестоимости выпускаемой продукции, будет способствовать ее конкурентоспособности на мировом рынке. Получение дополнительного ресурсо- и энергосберегающего эффекта способствует совершенствованию технологий и меньшему загрязнению окружающей среды.

Для разрешения проблем энергосбережения необходимо использовать в производстве энергии местные биологически возобновляемые энергосырьевые ресурсы. К ним относятся отходы растительного и животного происхождения.

Агропромышленный комплекс – один из ведущих секторов народного хозяйства Республики Беларусь. Крупные животноводческие комплексы негативно влияют на экологическую обстановку в районах их размещения. Загрязнению подвергаются почва, атмосфера, грунтовые воды и открытые водоемы. Использование биогазовой технологии позволяет уменьшить воздействие крупных животноводческих хозяйств на окружающую среду и получить при этом электрическую и тепловую энергию, а также органоминеральные удобрения.

## Предмет исследований и методика расчета энергетических показателей сбраживаемых органических отходов

Предметом исследований является состав сбраживаемых в биогазовой установке органических отходов.

В республике особое внимание уделяется переработке свиных стоков, показатель влажности которых по усредненным данным составляет 94–96% [1]. Однако при такой влажности стоков не соблюдаются условия эффективной жизнедеятельности метанобразующих микроорганизмов, что приводит к незначительному выходу биогаза. Исходя из технико-экономических соображений, для проведения устойчивого технологического процесса анаэробного сбраживания животноводческих отходов их влажность должна быть в пределах 90–92% [2].

На максимальный выход биогаза также влияет содержание в сбраживаемом субстрате соотношения углерода к азоту (C/N). Чем богаче газ метаном (CH<sub>4</sub>), тем выше его теплотворная способность. Однако, если соотношение C/N в субстрате очень велико, то недостаток азота будет служить фактором, ограничивающим процесс метанового сбраживания. В результате нарушения процесса наступит дисбаланс роста кислотообразующих бактерий и метаногенов, увеличится содержание летучих жирных кислот, о чем можно судить по снижению pH и увеличению содержания CO<sub>2</sub> в биогазе. Установлено, что для эффективной жизнедеятельности бактерий показатель кислотности субстрата должен быть в пределах 7 < pH < 8. Если в сырье много азота, то образуется такое количество аммиака, что он становится токсичным для бактерий. Токсичность часто рассматривается как причина многих нарушений процесса метанового брожения. Об этом можно судить по повышению pH. Поэтому для стабильности процесса наиболее важно поддерживать оптимальные значения соотношения C/N. Наиболее простой способ – это непрерывная загрузка сырья с оптимальным соотношением C/N.

Для повышения энергоэффективности биогазовой технологии к животноводческим отходам добавляют растительное сырье (кукурузный силос, солому зерновых). В Республике Беларусь 70–75% от общего сбора соломы используется для нужд сельского хозяйства, а остальная ее часть остается невостребованной [3]. Это и есть тот избыток сырья, который можно использовать в качестве энергоисточника в биогазовых установках.

В среднем 1 т соломы содержит около 5 кг азота, 2,5 кг фосфорного ангидрида, 8 кг окиси калия, 360–400 кг углерода в виде различных органических соединений (преимущественно целлюлозы). Солома представляет собой сравнительно однородный субстрат с высоким содержанием горючего углерода (соотношение углерода к азоту составляет 85:1) и по этому показателю весьма привлекательна как источник энергии [4].

Нами проведен расчет выхода биогаза в двух вариантах, отличающихся сырьем для сбраживания. Задача заключалась в утилизации свиных стоков

фермы с поголовьем свиней 6500 голов с использованием такого количества дополнительного сырья, чтобы максимально задействовать мощность энергоблока (125 кВт). При этом влажность свиных стоков составляла 95%. В первом варианте в качестве исходного сырья использовалась смесь свиных стоков и навоза КРС влажностью 85%. В связи с удаленностью молочно-товарной фермы во втором варианте мы заменили значительную часть экскрементов КРС соломой зерновых. Содержание углерода в свиных стоках составляет 40%, в экскрементах КРС – 44,3%, а в соломе зерновых – 42,5%. Количество азота в свиных стоках составляет 9,9%, в экскрементах КРС – 6,3%, а в соломе зерновых – 0,5%. При этом сбраживание 1 кг органического вещества свиных стоков позволяет получить 0,4 м<sup>3</sup>, экскрементов КРС – 0,3 м<sup>3</sup>, а соломы зерновых – 0,4 м<sup>3</sup> биогаза [2].

*Методика расчета энергетических показателей компонента.*

1. По стандартному методу [5] определяем количество сухого вещества  $n_{CB}$  (%) и количество органического сухого вещества в сухом веществе  $n_{OCB}$  (%)  $i$ -ого компонента.

2. Находим массу сухого вещества  $M_{CB}$  (кг)  $i$ -ого компонента следующим образом:

$$M_{CBi} = 0,01 \cdot M_i \cdot n_{CBi},$$

где  $M_i$  – масса  $i$ -ого компонента, кг.

3. Определяем массу органического сухого вещества  $M_{OCB}$  (кг)  $i$ -ого компонента:

$$M_{OCBi} = 0,01 \cdot M_{CBi} \cdot n_{OCBi}.$$

4. Влажность  $W$  (%) смеси компонентов определяем по формуле:

$$W = 100 \cdot \left( 1 - \frac{\sum M_{CBi}}{\sum M_i} \right).$$

5. Общий выход биогаза из смеси  $V_{общ}$  (м<sup>3</sup>/сут) определяем по формуле:

$$V_{общ} = \sum M_{OCBi} \cdot B_i,$$

где  $B_i$  – выход биогаза с 1 кг  $i$ -ого компонента органического вещества, м<sup>3</sup>/кг.

6. Количество электрической энергии  $\mathcal{E}$  (кВт·ч), вырабатываемой при сжигании общего суточного выхода биогаза, находим следующим образом:

$$\mathcal{E} = V_{общ} \cdot \omega,$$

где  $\omega$  – удельная выработка электрической энергии с 1 м<sup>3</sup> биогаза (в среднем составляет 2 кВт/м<sup>3</sup>) [2].

7. Мощность биогазовой установки  $P$  (кВт) рассчитываем следующим образом:

$$P = \mathcal{E} / \tau,$$

где  $\tau$  – количество часов в одних сутках, ч.

## Результаты исследований

Характеристика исходного сырья и данные расчетов представлены в таблице 25.

Таблица 25 – Характеристика исходного сырья и энергетические показатели процесса анаэробного сбраживания

Вид компонента	$M, t$	$n_{CB}, \%$	$M_{CB}, кг$	$n_{OSB}, \%$	$M_{OSB}, кг$	$C/N$	$V_{общ}, м^3/сут$	$\mathcal{E}, кВт\cdotч/сут$	$P, кВт$
<b>Вариант №1</b>									
Свиные стоки	45	5	2250	82	1845	4	738	1476	–
Экскременты КРС	20	15	3000	83	2490	7	747	1494	–
Смесь (свиные стоки + экскременты КРС)	65	8,1	5250	82,6	4335	5	1485	2970	123,8
<b>Вариант №2</b>									
Свиные стоки	45	5	2250	82	1845	4	738	1476	–
Экскременты КРС	3	15	450	83	373,5	7	112,05	224,1	–
Солома зерновых	2,2	85	1870	86,5	1617,55	85	647,02	1294,04	–
Смесь (свиные стоки + экскременты КРС + солома зерновых)	50,2	9,1	4570	83,9	3836,05	7	1497,07	2994,14	124,8

Из представленных результатов расчета можно сделать следующие выводы:

1. Если основным сырьем для получения биогаза являются свиные стоки повышенной влажности и с низким показателем соотношения углерода к азоту, то для проведения нормального технологического процесса анаэробного сбраживания и получения максимального выхода биогаза необходимо использовать дополнительное сырье с повышенным содержанием сухого вещества и горючего углерода, например солому зерновых ( $n_{CB}=85\%$ ,  $C = 42,5\%$ ).

2. Наиболее активно процесс метанового сбраживания протекает при использовании в качестве дополнительного сырья соломы зерновых при соотношении состава смеси 20,5:1,4:1 ( $C/N = 7$ ).

3. Наибольший выход биогаза получен при использовании в качестве исходного сырья смеси (свиные стоки + навоз КРС + солома зерновых), в которой одна тонна соломы способствует уменьшению массы навоза КРС почти в 8 раз.

4. Использование отходов растениеводства (соломы зерновых) приводит к снижению общей массы сбраживаемых компонентов, уменьшая при этом дозу загрузки и объем биореактора, и, следовательно, сокращая материальные затраты на строительство биогазовой установки.

### Заключение

Получение биогаза – очень сложный процесс, многие фундаментальные аспекты которого стали понятны только в последние годы, а применяемые технологии и технические средства для его производства все еще недостаточно эффективны. Поэтому при разработке современных, экономически эффективных биогазовых технологий следует фундаментально изучить сложнейший биологический процесс метангенерации органических веществ растительного и животного происхождения. Анализ факторов, влияющих на анаэробное

сбраживание, позволяет обоснованно подойти к созданию инженерных сооружений для производства биогаза, в которых будут учтены все особенности процесса и климатические условия Республики Беларусь.

### Литература

1. Навоз жидкий. Ветеринарно-санитарные требования к обработке, хранению, транспортированию и использованию: ГОСТ 26074–84. – М., 1984. – 12 с.
2. Информационные материалы о биогазовых установках [Электронный ресурс] // Библиотека электронных ресурсов компании ООО «Зорг Украина». – Киев, 2006. – Режим доступа: [http://zorgbiogas.ru/biblioteka/biogas\\_book/charter](http://zorgbiogas.ru/biblioteka/biogas_book/charter). – Дата доступа: 18.03.2009.
3. Стратегия освоения возобновляемых источников энергии в Республике Беларусь [Электронный ресурс] // Справочные материалы Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. – Минск, 2007 – Режим доступа: <http://minpriroda.by dfiles 000282 958327 NSUR202005 doc>. – Дата доступа: 18.03.2009.
4. Стейнифорт, А.Р. Солома злаковых культур: пер. с англ. / А.Р. Стейнифорт. – М.: Колос, 1983. – 245 с.
5. Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка: ГОСТ 26713–85. – М., 1986. – 4 с.

УДК 621.928.37

**Е.И. Мажугин,**

**А.В. Пашкевич**

*(УО «БГСХА»,*

*г. Горки,*

*Республика Беларусь)*

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ДЛЯ**

**АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ**

**ВЫВЕДЕНИЕМ МАСЕЛ ИЗ**

**ТРЕХПРОДУКТОВОГО ГИДРОЦИКЛОНА**

### Введение

На машиностроительных и ремонтных предприятиях для очистки поверхности изделий широко применяются водные растворы синтетических моющих средств (далее – СМС). Основой современных СМС являются синтетические поверхностно-активные вещества (далее – ПАВ), благодаря которым водный раствор имеет высокие эксплуатационные характеристики. Наряду с ПАВ синтетические моющие средства содержат в своем составе активные щелочные добавки. Они являются носителями таких свойств моющих растворов, как щелочность, диспергирующая способность, противокоррозионные качества и др.

В процессе использования растворы насыщаются твердыми и масляными загрязнениями и теряют моющую способность, что приводит к необходимости их смены. Образующиеся при смене отработанных моющих растворов сточные воды представляют существенную экологическую опасность и трудно поддаются очистке в обычных канализационных системах очистки производственных и бытовых стоков.

Поступая вместе со сточными водами в реки и озера, отработанные растворы СМС загрязняют окружающую среду, способствуют пенообразованию, нарушению газообмена и режима нормального функционирования биогеоценозов. В результате значительный ущерб наносится открытым водоемам как источникам хозяйственно-питьевого водоснабжения, в связи с чем ухудшают-

ся их санитарно-гигиенические показатели. Причем это относится как к поверхностным, так и к подземным водам, так как, в силу высокой капиллярной проницаемости ПАВ, ими интенсивно загрязняются и подземные водоносные горизонты. В исследованиях [1] показано существенное влияние ПАВ практически на все виды живых организмов, растений, животных и человека.

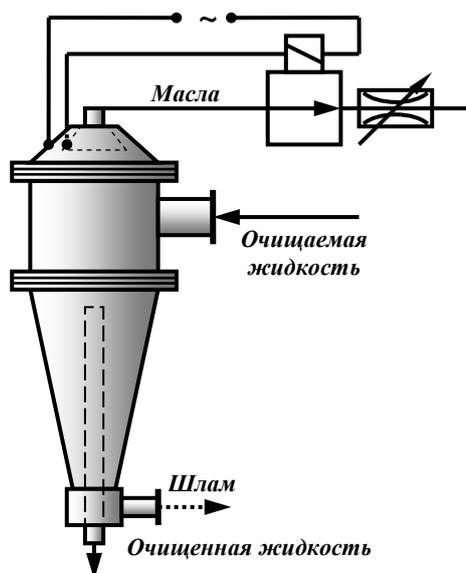
Вместе со сточными водами ремонтных предприятий в озера и реки также поступают нефтепродукты, что представляет серьезную экологическую угрозу. Наличие тонкой пленки нефтепродуктов на поверхности воды затрудняет поступление атмосферного кислорода к гидробионтам, что приводит к развитию анаэробных процессов, бескислородного разложения природных органических веществ, сопровождаемого выделением сероводорода, аммиака и метана. Влияние на человека загрязнений из нефтепродуктов не менее пагубно, чем влияние ПАВ, только не носит открытый характер: загрязнения способствуют росту числа онкологических заболеваний, нарушению работы печени, почек и других важных внутренних органов человека [2].

одним из важнейших мероприятий по снижению объемов данного вида производственных стоков является технологическая очистка моющих растворов с целью продления сроков их использования [3,4].

Очистка предполагает удаление из моющих растворов накапливающихся в них загрязнений при максимальном сохранении компонентов СМС. Это положение ограничивает круг, в основном, методами механической очистки, к числу которых относятся методы центробежной очистки. Наиболее простыми и надежными центробежными аппаратами являются гидроциклоны. Имеется опыт использования гидроциклонов для очистки моющих растворов [5–7]. Обычно они предназначены для выделения из очищаемой жидкости только твердых частиц с плотностью выше плотности жидкости, тогда как в процессе использования моющие растворы насыщаются смываемыми с поверхностей очищаемых изделий различного рода маслами. В основном это топливосмазочные материалы и продукты их превращений. Очистку жидкостей от масел и твердых частиц одновременно способны выполнять так называемые трехпродуктовые гидроциклоны. Но исследований и опыта их применения для очистки моющих растворов или им подобных жидкостей до настоящего времени нет. Одной из причин этого являются большие потери моющего раствора с выделяемыми маслами, что обусловлено, главным образом, неуправляемым выводом масел, которые, будучи выделенными из раствора, истекают из гидроциклона в виде смеси с очищаемой жидкостью.

### **Основная часть**

Конструкция трехпродуктового гидроциклона с автоматически регулируемым выводом масел была предложена Е.И. Мажугиным и А.Н. Карташевичем [8], однако проведенные испытания показали недостаточную надежность



**Рисунок 61 – Схема работы трехпродуктового гидроциклона с электрическим автоматизированным управлением процессом вывода масел**

в случае протекания между ними очищаемой жидкости, являющейся хорошим проводником тока, электрическая цепь замкнута и клапан закрыт, а при накоплении достаточного количества масла сопротивление увеличивается и электромагнитный клапан открывается, при этом масла выводятся из гидроциклона.

Однако для автоматизации работы гидроциклона необходимы данные о возможных значениях электрического сигнала между электродами в зависимости от их площади, зазора между ними и концентрации растворов СМС.

Для оценки возможности автоматизации процесса за счет использования электрического датчика, состоящего из двух электродов, и для определения необходимых параметров датчика нами были проведены исследования по измерению сопротивления на электродах, помещенных в моющий раствор современного и достаточно широко применяющегося СМС КМ-1.

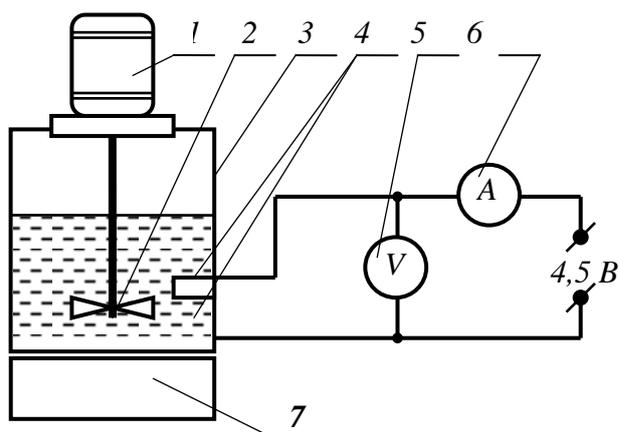
Измерения выполнялись на лабораторной установке. Схема установки показана на рисунке 62, а ее общий вид – на рисунке 63.

Основой лабораторной установки является емкость 3, выполненная из диэлектрического материала. Внутри емкости устанавливаются квадратные медные электроды 4 с размером сторон 5, 8 и 10 мм, что соответствует площади одного электрода 0,25, 0,64 и 1,0 см<sup>2</sup>.

Зазор между ними изменялся и был равен 4, 6 и 8 мм. Значение зазора принималось достаточно большим во избежание возможного налипания масел на электроды и нарушения за счет этого их работы. На электроды подавалось напряжение 4,5 В постоянного тока от блока питания. Измерения производились при температуре моющего раствора 20, 40 и 60°С, поддерживаемой при

работы устройства саморегулирующегося вывода масел. Более надежным представляется предложенное ими устройство с электрическим автоматизированным управлением процесса вывода масел [9], когда гидроциклон (рисунок 61) снабжается конической крышкой и электромагнитным клапаном, сигналом для срабатывания которого является изменение электрической проводимости или сопротивления жидкости в зоне выделения масел. Для этого в данной зоне устанавливаются два электрода. В

помощи регулятора температуры 7. Ток в цепи замерялся миллиамперметром 6, напряжение – вольтметром 5, погрешность измерения равна  $\pm 1\%$ .



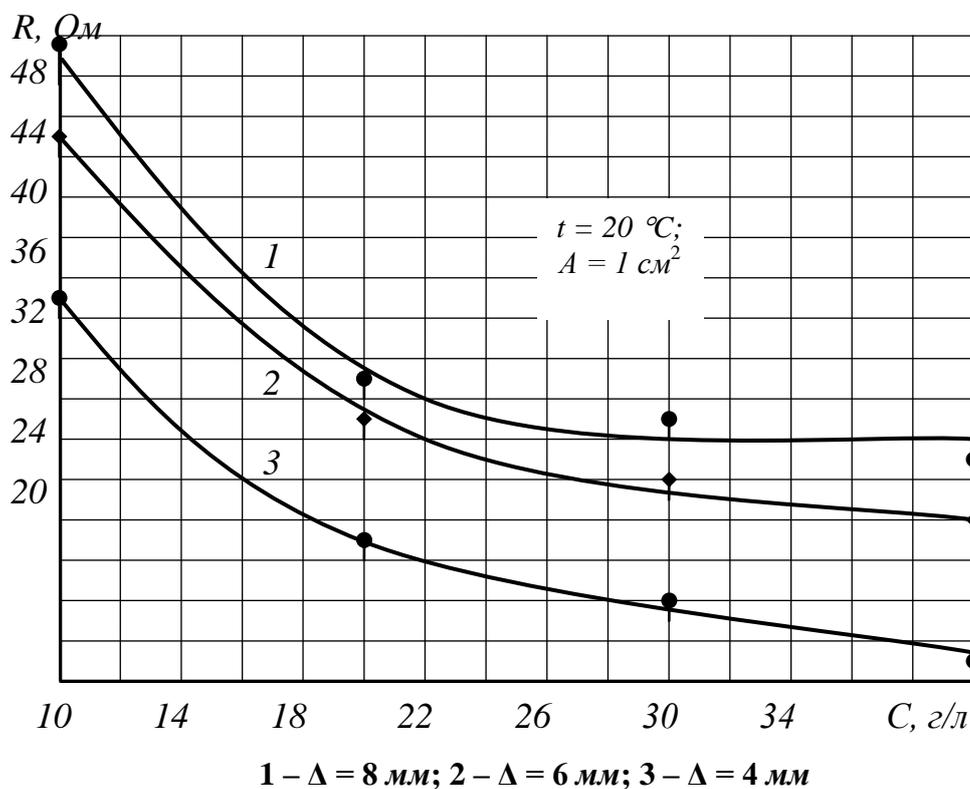
- 1 – электродвигатель; 2 – крыльчатка;  
 3 – сосуд для моющего раствора;  
 4 – электроды; 5 – вольтметр;  
 6 – амперметр; 7 – терморегулятор

**Рисунок 62 – Схема установки**



**Рисунок 63 – Общий вид установки**

Значение сопротивления рассчитывалось путем деления значения напряжения на величину тока, установленную по показаниям амперметра. Зависимости изменения сопротивления межэлектродного пространства от концентрации раствора при температуре  $20^\circ\text{C}$  и площади электрода  $A = 1,0 \text{ см}^2$  представлены на рисунке 64.



**Рисунок 64 – Зависимость изменения сопротивления моющего раствора**

## от концентрации СМС при различных зазорах между электродами

Приведенные кривые показывают, что с увеличением концентрации раствора сопротивление межэлектродного пространства уменьшается, что объясняется повышением проводимости моющего водного раствора, являющегося электролитом. Сопротивление межэлектродного пространства также уменьшается с уменьшением зазора между электродами, то есть при меньшем зазоре можно получить более сильный сигнал устройством автоматизации. Также установлено, что при рабочих концентрациях СМС (20...30 г/л) сопротивление для каждого из принятых значений зазоров изменяется в довольно узких пределах (2...3 Ом). В исследованном диапазоне концентраций оно изменяется примерно на 20 Ом для каждого из принятых значений зазоров и существенно отличается от сопротивления чистой воды (465 Ом) и масел (1250000 Ом).

Аналогичные зависимости с похожими результатами были получены при температуре раствора 40 и 60°C, а также при площади электрода 0,25 и 0,64 см<sup>2</sup>. Это свидетельствует о том, что устройство, состоящее из двух электродов, можно рекомендовать в качестве датчика для автоматизации работы трехпродуктового гидроциклона. Наиболее чувствительным является датчик с зазором 4 мм и площадью электродов 1 см<sup>2</sup>.

Принятая схема гидроциклона предполагает, что в процессе работы в верхней части гидроциклона накапливаются выделенные масла в виде концентрированной эмульсии с моющим раствором. Датчик должен реагировать на повышение сопротивления, так как у масел оно значительно выше, чем у раствора.

Для более полной имитации условий работы датчика в действующем гидроциклоне проводились измерения сопротивления межэлектродного пространства во вращающемся моющем растворе, в том числе в растворе, смешанном с отработанным моторным маслом, являющимся хорошим имитатором загрязнений моющих растворов, используемых в ремонтном производстве. Для этого исследуемый раствор заливался в емкость 3 и приводился во вращение при помощи электродвигателя 1 и крыльчатки 2. Зазор между электродами принимался равным 4 мм. Температура раствора устанавливалась 20, 40 и 60°C. В исследуемый раствор добавлялось отработанное моторное масло.

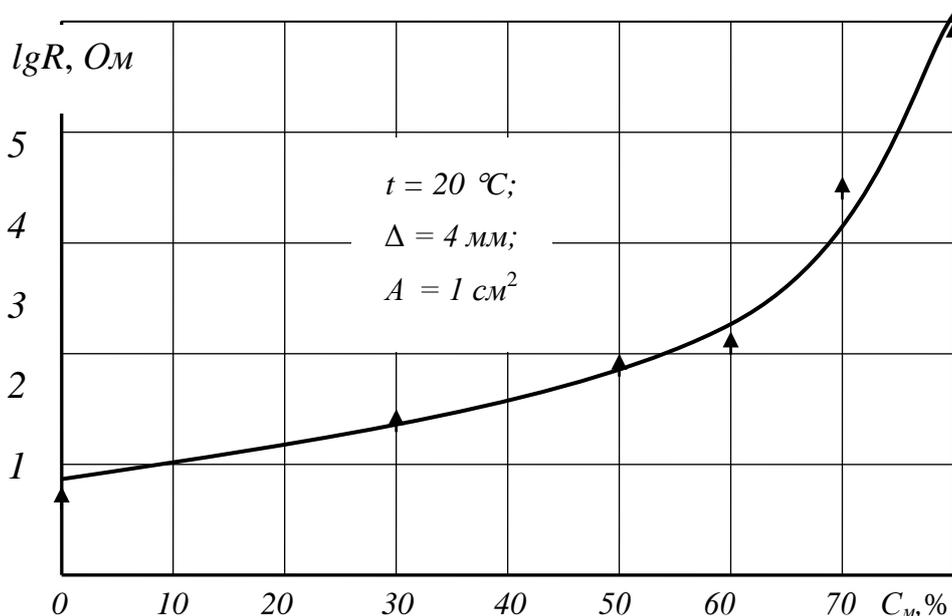
Электродвигатель имеет частоту вращения 5000 мин<sup>-1</sup>, что позволяет приблизить скорость вращения жидкости в установке к скорости вращения в гидроциклоне.

Проведенные измерения показали, что с повышением концентрации масел происходит увеличение сопротивления в зазоре между электродами, причем при превышении концентрации масла 60% происходит резкое увеличение сопротивления. Это явление можно использовать для автоматизации процесса вывода масел.

Для графического представления результатов измерений использована полулогарифмическая шкала (рисунок 65), так как значения сопротивления для растворов с концентрацией масел до 65% относительно невелики, а при больших концентрациях они резко возрастают, увеличиваясь на несколько порядков.

Близкие по характеру кривые были получены при температуре раствора 40 и 60°C.

По итогам обработки результатов измерений были построены аппроксимирующие кривые для исследованных значений температур моющего раствора и соответствующие уравнения, а также определена величина достоверности аппроксимации  $R^2$ . Для получения более высокой достоверности аппроксимации пришлось разбить диапазон концентраций на два интервала:  $C_m = 0 \dots 65$  и  $C_m = 65 \dots 80$ . Результаты обработки в виде уравнений регрессии представлены в таблице 26.



**Рисунок 65 – Осредненные значения сопротивления моющего раствора при температуре раствора 20°C и площади контактов 1,0 см<sup>2</sup>**

**Таблица 26 – Уравнения аппроксимирующих кривых и величина достоверности аппроксимации  $R^2$**

Тем-ра р-ра, °C	Концентрация масел, %			
	0...65		65...80	
	Уравнение	$R^2$	Уравнение	$R^2$
20°C	$R = 123,8 \times \exp(0,039 \times C_m)$	0,998	$R = 1,1 \times 10^{-7} \times \exp(0,34 \times C_m)$	0,99
40°C	$R = 34,6 \times \exp(0,049 \times C_m)$	0,95	$R = -4125,5 C_m^2 + 627939,7 C_m - 2,3 \times 10^7$	0,99
60°C	$R = 18,5 \times \exp(0,085 \times C_m)$	0,97	$R = -3864,2 C_m^2 + 593023,7 C_m - 2,2 \times 10^7$	1,0

Данные уравнения можно использовать для настройки системы управления трехпродуктовым гидроциклоном.

### Заключение

1. Устройство, состоящее из двух электродов, можно рекомендовать в качестве датчика для автоматизации работы трехпродуктового гидроциклона. Оптимальными параметрами электрического датчика являются: площадь электродов  $1,0 \text{ см}^2$  и зазор между ними 4 мм.

2. Добавление масла в раствор существенно повышает сопротивление раствора. Особенно интенсивно оно увеличивается при доведении содержания масла в растворе до 60%, что подтверждает возможность автоматизации работы трехпродуктового гидроциклона при помощи замера сопротивления моющего раствора в верхней зоне гидроциклона, то есть в зоне накопления масел.

3. Получены зависимости, позволяющие настраивать систему автоматизированного управления выведением масел из трехпродуктового гидроциклона.

### Литература

1. Остроумов, С.А. Биологические эффекты поверхностно-активных веществ в связи с антропогенным воздействием на биосферу / С.А. Остроумов. – М.: Макс-Пресс, 2000. – 116 с.
2. Общественный экологический Internet-проект EcoLife // Органические вещества в водных системах. Углеводороды (нефтепродукты): Ч. 5. [Электронный ресурс] – 2009. – Режим доступа: <http://www.ecolife.org.ua/data/tdata/td4-5-2.php>. – Дата доступа: 28.08.2009.
3. Тельнов, А.Ф. Исследование процесса очистки щелочных моющих растворов, применяемых на с.-х. ремонтных предприятиях: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.03. – М., 1972. – 148 с.
4. Мажугин, Е.И. Тонкослойное сепарирование моющих растворов, используемых при ремонте машин: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.03. – М., 1987. – 220 с.
5. Тельнов, Н.Ф. Технология очистки сельскохозяйственных машин / Н.Ф. Тельнов. – М.: Колос, 1973. – 296 с.
6. Тельнов, Н.Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / Н.Ф. Тельнов. – 2-е изд. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
7. Карташевич, А.Н. Интенсивная очистка жидкостей и газов в технических системах: монография / А.Н. Карташевич, Е.И. Мажугин; Бел. гос. с/х акад. – Минск.: Красико-Принт, 2002. – 290 с.
8. Трехпродуктовый гидроциклон: пат. 3323 Респ. Беларусь, МПК В 04С 5/00, В 04С 5/12. / Е.И. Мажугин, А.Н. Карташевич; заявитель Бел. гос. с/х акад. – № 960452; заявл. 03.09.1996; опубл. 30.06.2000. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2000. – №1. – С. 150-151.
9. Трехпродуктовый гидроциклон: пат. 3231 Респ. Беларусь, МПК С 02F 1/00, В 04С 11/00. / Е.И. Мажугин, А.Н. Карташевич, С.В. Глаз; заявитель Бел. гос. с/х акад. – № 19980898; заявл. 29.09.1998; опубл. 30.03.2000. // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2000. – №2. – С. 86.

УДК 621.43.001.4

Д.А. Жданко

(УО «БГАТУ»,

г. Минск, Республика Беларусь)

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДРОССЕЛЯ ПОСТОЯННОГО СЕЧЕНИЯ КАК НАГРУЗОЧНОГО ЭЛЕМЕНТА ЭЛЕКТРОГИДРАВ- ЛИЧЕСКОГО ОБКАТОЧНО- ТОРМОЗНОГО СТЕНДА

### Введение

Анализ современных обкаточно-тормозных устройств, проведенный учеными ГОСНИТИ (г. Москва) [1, стр. 8] и БГАТУ [2], показывает целесообразность выбора гидрообъемного тормоза в качестве базовой перспективной конструкции современных обкаточно-тормозных стендов.

В последние годы в самоходных машинах все более широкое применение находят гидростатические трансмиссии, основными агрегатами которых являются регулируемый аксиально-плунжерный насос и аксиально-плунжерный мотор.

Гидростатическая трансмиссия имеет преимущества перед механической и гидромеханической по целому ряду показателей. Прежде всего, при небольших габаритах она может передавать большие мощности, надежна в работе при соблюдении соответствующих требований к эксплуатации. Эти преимущества позволяют расширить область ее применения.

Так, регулируемый аксиально-плунжерный насос может быть использован для торможения двигателей внутреннего сгорания [3, стр. 11], а также других узлов тракторов и автомобилей (коробки передач, ведущих мостов) при обкатке с использованием дроссель-эффекта, т.е. дросселированием жидкости с помощью дросселя постоянного сечения.

#### Основная часть

Создание и изменение тормозного момента на валу регулируемого аксиально-плунжерного насоса осуществляется дросселем постоянного сечения.

Назначение дросселей – устанавливать желаемую связь между пропускаемым расходом и перепадом давления до и после дросселя. По характеру рабочего процесса дроссели являются гидравлическими сопротивлениями с регламентированными характеристиками. Применение дросселей в качестве нагружающих элементов позволяет получить зависимости давления  $p$  от момента привода  $M_n$  на валу насоса.

Проанализируем формулу полезной мощности насоса:

$$N_{II} = Q\Delta p, \quad (1)$$

где  $Q = V_0 n$  – расход насоса (подача);

$V_0$  – рабочий объем насоса;

$n$  – частота вращения вала насоса (двигателя);

$\Delta p = p_2 - p_1$  – разность давлений;

$p_2$  – давление на выходе из насоса (до дросселя);

$p_1$  – давление на входе в насос (после дросселя).

Из формулы (1) видно, что для получения максимального значения полезной мощности насоса при номинальном давлении необходимо увеличить расход жидкости через отверстие дросселя.

Расход жидкости через отверстие дросселя определяется по формуле [4,5]:

$$Q = \mu \cdot S_0 \sqrt{2\Delta p / \rho}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода;

$S_0$  – площадь сечения отверстия;

$\rho$  – плотность жидкости.

Максимальное значение расхода жидкости через дроссель постоянного сечения при номинальном давлении рабочей жидкости в соответствии с выражением (4) возможно при оптимальной площади сечения отверстия дросселя и максимальном коэффициенте расхода жидкости.

Экспериментальными исследованиями установлено [4], что коэффициенты расхода квадратных, прямоугольных и треугольных отверстий при отношении длины отверстия дросселя к диаметру  $l/d = 2 \dots 4$  близки к коэффициенту расхода цилиндрического насадка. Но все же максимальное значение  $\mu$  – для круглого сечения, меньшее – для треугольного и самое низкое – для отверстий с квадратной или прямоугольной формой.

Кроме того, коэффициент расхода зависит и от типа отверстия. Максимальное значение коэффициента расхода имеют отверстия трех типов: отверстие в толстой стенке  $l/d = 2 \dots 4$ , отверстие в тонкой стенке  $l/d = 0,5$  и конoidalное отверстие [4]. Приведенные в [4] значения коэффициента характерны при совершенном сжатии и отсутствии влияния сил вязкости, тяжести и поверхностного натяжения.

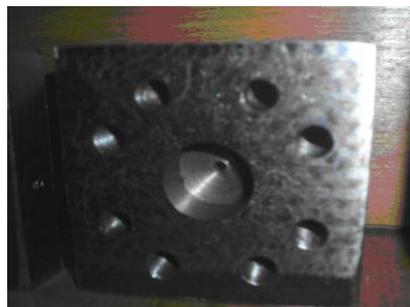
Экспериментально установлено [4], что коэффициенты истечения при затопленном истечении несколько меньше, чем при свободном. Однако разница эта очень мала, и при расчетах ею можно пренебречь и использовать значения коэффициентов при свободном истечении.

Для выбора типа отверстия дросселя с максимальным значением коэффициента расхода жидкости при дросселировании под высоким давлением проведены лабораторные исследования.

Для лабораторных исследований были изготовлены дроссели трех форм: с отверстием в толстой стенке, с отверстием в тонкой стенке и с конoidalным отверстием (рисунки 66–68). Диаметр отверстия 3,5 мм.



**Рисунок 66 – Дроссель с отверстием в толстой стенке**



**Рисунок 67 – Дроссель с отверстием в тонкой стенке**



**Рисунок 68 – Дроссель с конoidalным отверстием**

Исследования проводились на стенде КИ–5540М ГОСНИТИ. Дросселирование жидкости через отверстие производилось со ступенчатым изменением давления от 5 до 22 МПа. При этом на каждой ступени контролировали ве-

личину тормозного момента, так как его величина при данных условиях испытаний прямопропорциональна величине коэффициента расхода, то есть чем больше значение тормозного момента, тем больше значение коэффициента расхода.



**Рисунок 69 – Зависимости тормозного момента на валу насоса от давления в нагнетательной магистрали**

жидкости через дроссель с отверстием в тонкой стенке. Значение тормозного момента при использовании дросселя с каноническим отверстием практически совпадает со значением тормозного момента при использовании толсто-стенного дросселя. Однако следует отметить, что дроссель с отверстием в толстой стенке более прост в изготовлении, поэтому применение его для создания тормозного момента на валу насоса более целесообразно.

Под оптимальной площадью сечения отверстия дросселя следует понимать площадь, при которой расход жидкости через отверстие дросселя постоянного сечения будет равен максимальной подаче насоса, то есть  $V_0 = \max$ , при этом давление в напорной магистрали должно быть близким к номинальному значению.

Из выражения (2) находим площадь сечения отверстия дросселя:

$$S_0 = \frac{Q}{\mu \cdot \sqrt{2\Delta p / \rho}} \quad (3)$$

Учитываем, что максимальный коэффициент расхода у отверстий круглого сечения, площадь которого определяется по формуле:

$$S_0 = \pi d^2 / 4,$$

где  $d$  – диаметр отверстия дросселя.

Преобразовав выражение (3), находим:

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{Q}{\pi \mu \cdot \sqrt{2\Delta p / \rho}}}$$

По результатам исследований построены графические зависимости (рисунок 69) тормозного момента на валу насоса от давления в нагнетательной магистрали.

Как видно из рисунка 69, значение тормозного момента на валу насоса большее при использовании дросселя с отверстием в толстой стенке, меньшее значение тормозного момента при дросселировании

Принимаем расход через дроссель равным производительности насоса:

$$Q = V_0 n \eta_0,$$

где  $\eta_0$  – объемный КПД насоса;

$$\eta_0 = \frac{Q}{Q + q_y},$$

где  $q_y$  – расход утечек.

Тогда получим

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_0 n \eta_0}{\pi \mu \cdot \sqrt{2 \Delta p / \rho}}}. \quad (4)$$

Используя зависимость (4) и зная технические характеристики конкретного насоса, можно определить параметры нагрузочного дросселя для торможения конкретного двигателя. Однако при выборе насоса следует учитывать, что мощность насоса должна быть равной или превышать мощность обкатываемого двигателя.

### Выводы

1. Значение тормозного момента на валу насоса больше при использовании дросселя с отверстием в толстой стенке. Значение тормозного момента при использовании дросселя с каноидальным отверстием практически одинаково со значением тормозного момента при использовании толстостенного дросселя. Однако следует отметить, что дроссель с отверстием в толстой стенке более прост в изготовлении, поэтому применение его для создания тормозного момента на валу насоса более целесообразно.

2. Диаметр отверстия дросселя постоянного сечения необходимо находить исходя из номинальных оборотов обкатываемого двигателя. При этом рабочий объем насоса следует принимать максимальным, то есть подача насоса при номинальных оборотах двигателя будет максимальной, а давление перед дросселем не должно превышать номинального значения (22 МПа).

### Литература

1. Соловьев, Р.Ю. Гидрообъемный привод как средство обкатки двигателей внутреннего сгорания. Ремонт, восстановление, модернизация / Р.Ю. Соловьев, А.А. Ермилов. – 2006. – №7. – С. 8-10.
2. Жданко, Д.А. Анализ современных обкаточно-тормозных стендов / Д.А. Жданко, А.В. Новиков // Межвед. тематич. сб. «Механизация и электрификация сельского хозяйства» / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – 2007. – №41. – С.42-48.
3. Тимошенко, В.Я. Совершенствование обкаточно-тормозных устройств / В.Я. Тимошенко, В.Н. Кецко, Д.А. Жданко, Н.И. Ермаков // Агропанорама. – 2006. – №11. – С. 11-13.
4. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учеб. для машиностроит. вузов / Т.М. Башта [и др.]. – Изд. 2-е, перераб. – М.: Машиностроение, 1982. – 423 с.: ил.
5. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу: учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов / Б.Б. Некрасов [и др.]; под. ред. Б.Б. Некрасова. – М.: Высш. шк., 1989. – 192 с.
6. Ловкис, З.В. Гидроприводы сельскохозяйственной техники: конструкция и расчет / З.В. Ловкис. – М.: Агропромиздат, 1990. – 239 с.: ил.

УДК 636.083

**В.Г. Самосюк**

**В.О. Китиков, С.Л. Романов**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

**ГАРМОНИЗАЦИЯ  
СТАНДАРТОВ  
ЖИВОТНОВОДСТВА  
И КОРМОПРОИЗВОДСТВА  
БЕЛАРУСИ И ЕВРОСОЮЗА**

**Введение**

Анализ рынка продуктов питания свидетельствует, что Республике Беларусь необходимо диверсифицировать направления поставок своей животноводческой продукции. По оценкам ФАО, в 2006–2008 гг. Беларусь входила в число стран-лидеров по экспорту молочной продукции (сливочного масла – 4-е место в мире в 2006–2007 гг., 3-е в 2008 г.; сыра – 4-е в 2006–2008 гг.). В ближайшее время производство молочной продукции в нашей стране только увеличится, соответственно, станет еще актуальнее вопрос о поиске рынков сбыта. Вступление Беларуси в ВТО в составе трех стран-членов Таможенного союза предоставит европейским производителям продукции животноводства свободно поставлять свою продукцию в Беларусь. Обратный процесс ограничен несоответствием наших технологий, технических и строительных решений объектов животноводства принятым в Евросоюзе требованиям.

**Состояние вопроса**

Принятые у нас инструкции и правила, в частности, «Ветеринарно-санитарные правила для молочно-товарных ферм» разработаны с учетом «Общих рекомендаций для компетентных органов по процедурам, которыми надлежит руководствоваться при импорте живых животных и продуктов животного происхождения в ЕС» Генеральной дирекции Европейской комиссии по охране здоровья и защите потребителей от 1 октября 2003 г. Но директивы Евросоюза, предназначенные для третьих стран, определяют лишь ограничительные меры и требования, направленные на обеспечение безопасности своего потребителя.

Евросоюз ставит только условия, а страны-участники сами должны разрабатывать документы, устанавливающие правила производства и надзора за производством продуктов питания. Для своих производителей страны Евросоюза разрабатывают предельно конкретные правила, описывающие обязательные процедуры во всех мыслимых производственных ситуациях. Правила не содержат отсылочных норм, неопределенных выражений, понятны работникам с невысоким уровнем образования. Такие документы мы называем стандартами Евросоюза.

Стандарты ЕС не разделяют производителей внутренней и экспортируемой продукции. До присоединения к ВТО Беларуси желательно сократить ди-

станцию между производителями животноводческой продукции категорий 1–2 (имеют право экспортировать продукцию) и категории 3 (поставка продукции только на внутренний рынок под постоянным инспекционным контролем). После присоединения к ВТО изолированного внутреннего рынка не будет. Своя продукция на внутреннем рынке будет конкурировать с продукцией стран Евросоюза.

В Европейском Союзе получила развитие и продолжает совершенствоваться система сертификации производств сельхозпродукции. Например, постановлением «Об экологическом земледелии и соответствующей маркировке сельскохозяйственной продукции и продуктов питания» определены требования к производству экологически чистых продуктов. Этот документ предполагает контроль качества на всех этапах производства, начиная с сырья. Документы ассоциаций и союзов экологического сельского хозяйства прописывают единые процедуры ведения производства растениеводческой и животноводческой продукции.

В настоящее время невозможна реализация сельскохозяйственной продукции на рынке ЕС без наличия на предприятии утвержденной системы управления качеством и безопасностью на основе принципов анализа опасностей критических контрольных точек (далее – НАССР), которые являются ключевым элементом системы международных стандартов ИСО 22000 [1]. В последние годы на мясо-, молоко-, птице- и рыбоперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь активно проводится работа по внедрению и сертификации этой системы. Однако в большинстве случаев персонал предприятий ни функционально, ни профессионально не готов работать в условиях этой системы, и она, чаще всего, носит формальный характер. Подтверждением служит то, что ряд предприятий, внедривших эту систему, не смогли пройти инспекционную проверку Росветнадзора [2]. Очевидно, что недостаточно совершенствовать производство на перерабатывающих предприятиях. Самым серьезным образом необходимо совершенствовать производство сельскохозяйственного сырья.

Законодательство ЕС по пищевым продуктам обеспечивает свободное обращение продовольствия и кормов.

Постановление ЕС №178/2002 Европарламента и Совета Европы устанавливает:

- общие принципы и требования к безопасности пищевых продуктов;
- процедуры, касающиеся безопасности продовольствия;
- обязательства участников, связанных с пищевыми продуктами и кормами на всех стадиях производства и потребления;
- ответственность организаций, участвующих в пищевой цепи;
- основы системы быстрого реагирования.

Существующая в РБ законодательная и нормативная база по надзору за производством кормов и продукции животноводства составляет Систему гос-

ударственного контроля и надзора по обеспечению безопасности сырья и продукции животного происхождения в Республике Беларусь, она направлена на обеспечение безвредности для животных и безопасности продукции и учитывает требования Евросоюза.

Однако соблюдение нашими сельхозпроизводителями этих инструкций не помогает отечественным перерабатывающим предприятиям (и поставщикам сельскохозяйственного сырья) избежать серьезных проблем, с которыми они сталкиваются при сертификации своих производств даже Россельхознадзором.

### **Пути решения проблемы**

Меры контроля, приведенные в соответствие с требованиями продовольственной безопасности Евросоюза, приняты в отношении продукции, предназначенной для экспорта в Евросоюз. Вместе с тем, как отмечали на Международном семинаре по лабораториям для предприятий АПК в Международной промышленной академии (Россия, 2008 г.), «определенные сложности возникают в лабораториях предприятий, которые имеют два управления – иностранное и российское». В этом случае приходится сталкиваться с несовместимостью методик определения некоторых параметров. Например, нет четкого согласования по методикам, принятым за рубежом и в России в отношении определения бактериальной обсемененности. Документы ветсаннадзора в РБ, принятые и утвержденные в 2005 г., могут не учитывать элементы введенного в Евросоюзе с 1 января 2006 г. «Нового законодательства по гигиене пищевых продуктов» или регламент ЕС №152/2009 от января 2009 г. «О методах отбора и анализа образцов с целью официального контроля кормов».

Об экспорте наших кормов речь пока не идет, хотя законодательство ЕС по пищевым продуктам обеспечивает свободное обращение как продовольствия, так и кормов. При присоединении к ВТО возможна экспансия в Беларусь и на этом рынке.

На наш взгляд, ведение кормопроизводства и животноводства должно быть пошагово пронормировано таким образом, чтобы последовательное выполнение этих сугубо производственных операций приводило к постоянно высокому качеству продукции.

Неуклонное выполнение принципов безопасности отнюдь не гарантирует потребительского качества продукта, учета пищевых предпочтений рядовых потребителей. Например, молоко не только должно содержать жиры, альбумины, глобулины, лактозу и пр. в нужном соотношении, но быть просто вкусным. Качество молока не просто зависит от качества кормов, а должно начинаться с учета ботанического состава луговых травостоев. Для получения высококачественного молока не следует допускать в состав рационов растения (жмыхи, шроты), содержащие алкалоиды, гликозиды, эфирные масла.

Но молоко – это также сырье для последующей переработки в другие пищевые продукты. Большие дачи жмыха коровам ухудшают качество масла, оно становится мягким, мажущимся, менее стойким при хранении. Льняной,

подсолнечниковый и хлопчатниковый жмыхи изменяют белки молока, оно плохо свертывается сычужным ферментом, что не позволяет получить твердые сыры высокого качества.

Евросоюз преодолел механистический подход к технологии производства животноводческой продукции и условиям содержания животных [3]. Современный подход – это инновации, обеспечивающие комфортное содержание животных. В Евросоюзе осуществляется постоянное наблюдение за системами содержания животных, своевременное внедрение самых лучших технологий. Директива Евросоюза №91/629/СЕЕ (1991 г.) с последующими изменениями устанавливает минимальные требования по защите телят, предназначенных для выращивания и откорма [4]. У каждого теленка старше 8 недель должен быть отдельный загон. (У нас – содержание группами по 8–10 животных в павильонах 3х6 метров с вольером 5х6 метров). Аналогичная директива ЕС от 19.11.1991 г. определяет минимальные стандарты по защите свиней. При перевозке животных полуприцепом-скотовозом ОДАЗ–8576 с размером кузова 8,615х2,35 метров разрешается загрузка 16 голов КРС или 55 свиней. Однако Регламент 1/2005 ЕС «О защите животных во время их транспортирования» [5] допускает такую норму только для КРС весом до 550 кг и свиней весом до 60 кг. Для стельных коров норматив увеличивается на 10%.

В соответствии с Директивой ЕС №74 от 19 июля 1999 г. минимальные стандарты для батарейных кур-несушек составляют [6]:

- по крайней мере 550 кв.см. клеточной площади на каждую курицу;
- кормушки по 10 см на каждую курицу;
- автопоилки такой же длины, как и кормушки;
- высота клетки должна быть не менее 40 см для 65% площади клетки и не менее 35 см в других пунктах;
- наклон пола не более 8–14%;
- клетки должны быть оборудованы приспособлением для обрезки когтей.

И дополнительное требование – «государства-члены должны гарантировать, что содержание в батарейных клетках будет запрещено с 1 января 2012 г.» [7].

В Беларуси нормы плотности посадки птицы при клеточном содержании принимают по паспортным данным завода-изготовителя клеточных батарей в зависимости от типа и конструкции. Фронт кормления кур яичных пород и ремонтного молодняка от 18 до 22 недель, кур мясных пород и ремонтного молодняка от 19 до 26 недель – не менее 7 см (ЕС – не менее 10 см). Поилки в этих же случаях должны быть не менее 2 см (ЕС – не менее 10 см). Прекращение батарейного содержания кур в Беларуси менее чем через три года не обсуждается.

Таким образом, получение качественного сельскохозяйственного продукта связывается с выполнением специалистами хозяйства ряда правил и требований контролирующих организаций, в первую очередь ветсаннадзора. При этом рядовые исполнители часто не представляют связь своих действий с ка-

чеством и количеством конечной продукции. Не всегда компетентны в своей области и специалисты, а тем более в других областях, также напрямую влияющих на конечный результат. Имеющиеся инструкции не всегда конкретны и позволяют по-разному их трактовать. Например, «Ветеринарно-санитарные правила для молочно-товарных ферм организаций, осуществляющих деятельность по производству молока» предусматривают такие нормы:

- при невозможности обеспечения всех производственных нужд водой питьевого качества допускается для поения скота, приготовления кормов применять воду с повышенным солевым составом;
- дезинфекционные кюветы систематически заполняют дезинфицирующим раствором;
- помещения должны иметь достаточное освещение и вентиляцию;
- навоз должен убираться из сточных каналов по мере необходимости.

Одновременно наличие отсылочных норм (СанПиН 10–5 РБ 2002, РНТП–1–2004, СТБ 1188–99 и др.) усложняет пользование документом.

Рядовой исполнитель, например механизатор, должен не только знать, что при косьбе трав на сенаж необходимо соблюдать высоту среза в 5–7 см, но и понимать, что попадание в сенаж грязи вызовет микробную порчу сенажа после закладки. Такой же негативный результат дает плотное опускание граблин к дернине. В итоге травостой, потенциально обеспечивающий закладку силоса первого класса, даст «некласный» продукт, что не замедлит сказаться на всех показателях дойного стада.

Разрабатывая отдельные стандарты (регламенты), можно увязать поэтапное описание всех процедур, всех необходимых, разрешенных или запрещенных действий с пониманием всех процессов, направленных на получение продукции высокого качества, при этом обучая каждого участника процесса. Документ должен быть ориентирован как на специалиста, так и на рядового работника. При этом участниками процесса являются все, кто прямо или косвенно способен повлиять на результат: от разработчика технического задания на проектирование животноводческого помещения до водителя автомашины-перевозчика молока. То есть такой стандарт косвенно содержит в себе важнейшие элементы (аналоги критических контрольных точек системы НАССР) должностной инструкции каждого участника процесса.

Такие документы пришлось разрабатывать новым членам Евросоюза, в частности Польше и Болгарии, причем в достаточно короткие сроки. В Республике Польша юридическим обоснованием обеспечения комфорта животных является Закон о защите животных. В Польше с 2002 года проводится государственный контроль условий содержания сельскохозяйственных животных. Такие документы нужны и в Беларуси.

### **Заключение**

При производстве экспортной продукции животноводства необходимо не только ее соответствие требованиям европотребителей на границе Евросо-

юза, но и организация производства животноводческой продукции в Беларуси аналогично ее производству в Евросоюзе, что снимет вопрос о разделении качества продукции для Беларуси и потребителей других стран. С этой целью необходимо создать полный и связанный комплект документов для разработки техники и оборудования, технологических, строительных норм и установочных решений для проектирования животноводческих комплексов и т.д., внедрить их в производство путем методического сопровождения, технического аудита и контроля, обучения с привлечением специалистов из Евросоюза. Разработанные документы должны быть прямого действия, исключать отсылочные нормы и быть доступны пониманию рядовых исполнителей.

Одновременно детальное понимание белорусскими производителями согласованных со стандартами ЕС белорусских производственных стандартов повысит положительную мотивацию к их исполнению.

### Литература

1. Дернович, А.В. Мировой опыт регулирования качества и безопасности сельскохозяйственной продукции и продуктов питания / А.В. Дернович // *Белорусское сельское хозяйство*. – 2008. – №12(80). – С. 34-41.
2. Русинович, А.А. Контроль безопасности продукции животноводства в Республике Беларусь / А.А. Русинович // *Белорусское сельское хозяйство*. – 2008. – №6(74). – С. 45-48.
3. Юговар, Е.Л. Вопрос комфортного содержания животных в современных технологиях / Е.Л. Юговар // *Инженерный вестник*. – 2009. – №2(26). – С. 18-22.
4. Минимальные требования по защите телят, предназначенных для выращивания и откорма: Директива ЕС №91/629/СЕЕ. – 1991.
5. О защите животных во время их транспортирования: Регламент ЕС 1/2005 ЕС. – 2005.
6. О минимальных стандартах для защиты кур-несушек: Директива ЕС №1999/74/ЕС. – 1999.
7. О батарейном содержании птиц: Директива ЕС №88/166/ЕС. – 1988.

УДК 631.3:658.155

**С.В. Крылов, А.В. Ленский,  
И.М. Ковалева**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

### **ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

#### **Введение**

В настоящее время экономическая эффективность вновь разрабатываемой сельскохозяйственной техники определяется согласно ОСТ 10.2.18–2001 [1], ГОСТ 23728–88 – ГОСТ 23730–88 [2], ГОСТ 24.95.88 – ГОСТ 24057–88 и ГОСТ 24059–88 [3].

Основополагающая часть нормативных документов [2], [3] была разработана еще в Советском Союзе, в условиях государственной монополии на выпуск новой техники.

#### **Определение экономической эффективности и возникающие при этом несоответствия**

Согласно ОСТ 10.2.18–2001 (пункт 4.1), основными показателями экономической эффективности новой сельскохозяйственной техники являются:

- годовая экономия в себестоимости механизированных работ;
- годовой приведенный экономический эффект;
- годовая экономия затрат труда;
- срок окупаемости дополнительных (абсолютных) капитальных вложений;
- капитализированная стоимость техники.

Годовая экономия себестоимости механизированных работ с участием новой техники  $\mathcal{E}_c$ , руб., вычисляется по формуле:

$$\mathcal{E}_c = (I_{нб} - I_{нн}) \cdot B_3, \quad (1)$$

где  $I_{нб}$ ,  $I_{нн}$  – удельная себестоимость механизированных работ по базовой и новой технике соответственно, руб./ед. *наработки*;

$B_3$  – годовая наработка новой техники в условиях данной природно-климатической зоны, ед. *наработки*, вычисляется по формуле:

$$B_3 = W_{эк} \cdot T, \quad (2)$$

где  $W_{эк}$  – производительность техники за час эксплуатационного времени, ед. *наработки*;

$T$  – годовая зональная фактическая загрузка техники.

Себестоимость механизированных работ  $I_n$ , руб./ед. *наработки*, вычисляется по формуле:

$$I_n = Z + \Gamma + A + I_{нр} + I_g + I_3 + I_{эк} + \Phi, \quad (3)$$

где  $Z$  – затраты на оплату труда обслуживающего персонала, руб./ед. *наработки*;

$\Gamma$  – затраты на горюче-смазочные материалы и электроэнергию, руб./ед. *наработки*;

$A$  – отчисления на амортизацию, руб./ед. *наработки*;

$I_{нр}$  – издержки от потерь продукции, технологических материалов, руб./ед. *наработки*;

$I_g$  – издержки от повреждения продукта, руб./ед. *наработки*;

$I_3$  – издержки от засоренности продукта, руб./ед. *наработки*;

$I_{эк}$  – издержки на охрану окружающей среды, руб./ед. *наработки*;

$\Phi$  – прочие прямые затраты на вспомогательные материалы (проволоку, шпагат, тару и т.д.), руб./ед. *наработки*.

Годовой приведенный экономический эффект от эксплуатации новой техники  $\mathcal{E}_e$ , руб., вычисляют по формуле:

$$\mathcal{E}_e = (P_б - P_n) \cdot B_3, \quad (4)$$

где  $P_б$ ,  $P_n$  – приведенные затраты по базовой и новой технике, руб./ед. *наработки*, определяют по ГОСТ 23729–88.

Согласно ГОСТ 23729–88 (пункты 2.1 и 2.2), приведенные затраты  $P$  определяются по формуле:

$$\Pi = I + \kappa \cdot E, \quad (5)$$

где  $I$  – прямые эксплуатационные затраты на единицу наработки, руб./ед. наработки;

$\kappa$  – капитальные вложения на единицу наработки, руб./ед. наработки;

$E$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Прямые эксплуатационные затраты на единицу наработки  $I$ , руб., определяют по формуле:

$$I = Z + \Gamma + P + A + \Phi, \quad (6)$$

где  $Z$  – затраты на оплату труда обслуживающего персонала, руб./ед. наработки;

$\Gamma$  – затраты на горюче-смазочные материалы и электроэнергию, руб./ед. наработки;

$P$  – затраты на техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонт, руб./ед. наработки;

$A$  – затраты на реновацию, руб./ед. наработки;

$\Phi$  – прочие прямые затраты на основные и вспомогательные материалы (семена, удобрения, гербициды, проволоку, шпагат, тару и т.п.), руб./ед. наработки.

Капитальные вложения в машину в рублях на единицу наработки определяют по формуле:

$$K = \frac{B}{W_{\text{эк}} \cdot T_z}, \quad (7)$$

где  $B$  – балансовая цена машины, руб.

$W_{\text{эк}}$  – производительность агрегата за 1 час эксплуатационного времени, ед. наработки/ч;

$T_z$  – зональная годовая загрузка, ч.

В то же время годовой экономический эффект в данном ГОСТе определен несколько иначе (ГОСТ 23729–88):

$$\mathcal{E}_z = B_z (\Pi_b - \Pi_n + \mathcal{E}), \quad (8)$$

где  $\mathcal{E}$  – экономический эффект от высвобождения рабочей силы, достигнутых условий труда, от изменения количества и качества продукции на единицу наработки (определяют в соответствии с действующей научно-технической документацией), руб./ед. наработки.

То есть, согласно ОСТ 10.2.18–2001, экономический эффект  $\mathcal{E}$  из формулы (8) определенным образом учитывается в расчете себестоимости механизированных работ, (формула (3)), а именно в учете затрат  $I_{\text{пр}}$ ;  $I_0$ ;  $I_3$ ;  $I_{\text{эк}}$ , но не учитывается при расчете годового приведенного экономического эффекта (формула (4)), а также не учитывается экономический эффект от высвобождения рабочей силы. Это явно указывает на внутреннюю противоречивость ОСТ 10.2.18–2001.

Более полно издержки учитываются при расчете себестоимости механизированных работ, нежели при расчете прямых эксплуатационных затрат и при расчете по формуле (4) годового приведенного экономического эффекта.

Данное противоречие устранено в новом нормативном документе ТКП 151–2008 (02150) (ОСТ 10.2.18–2001) [4], дата введения которого 01.02.2009 г. Пункты 4.1 документов [5] и [1] полностью совпадают.

Существенные недостатки определения экономической эффективности по ТКП 151–2008 и другим нормативным документам [1–5] вызваны тем, что расчет по-прежнему ведется исходя из одинаковых условий, а не из условий работы конкретного хозяйства.

Данное утверждение хорошо иллюстрирует следующий пример. Во время проведения приемочных испытаний полуприцепа специального ПС–60 сотрудниками ГУ «Белорусская МИС» был проведен экономический расчет [5]. Исходные данные и результаты расчетов представлены в таблицах 27–30.

Таблица 27 – Исходные данные и расчет экономических показателей выполнения процесса с применением новой и базовой машин

Наименование показателя	Значение показателя			
	испытываемая	базовая	испытываемая	базовая
Наименование сельскохозяйственной операции	Транспортировка			
	Зеленая масса		Солома	
Марка: машины трактора	ПС–60 «Беларус–2022»	ПС–45 «Беларус–1221»	ПС–60 «Беларус–2022»	ПС–45 «Беларус–1221»
Обслуживающий персонал, чел., по категориям: тракторист (количество/разряд)	I/IV	I/IV	I/III	I/III
Производительность, т/ч: сменного времени эксплуатационного времени	26,80 25,13	18,80 17,60	2,10 1,90	1,04 0,95
Удельный расход топлива, кг/т	0,61	0,67	7,40	9,70
Балансовая цена, тыс. руб.: машины трактора	39085 139353	28272 43697	39085 139353	28272 43697
Коэффициент отчислений на: амортизацию: машины трактора	0,13 0,09		0,13 0,09	
текущий ремонт и периодическое техническое обслуживание: машины трактора	0,125 0,099		0,125 0,099	
Годовая загрузка, ч: машины трактора	600 1300		600 1300	
Годовая наработка, т	15078,0	10560,0	1140,0	570,0
Затраты труда, чел.-ч/т	0,038	0,053	0,476	0,962
Себестоимость работ, тыс.руб./т по элементам:				
зарплата	0,067	0,095	0,805	1,625
амортизация	0,708	0,507	9,363	9,384
ремонт и техническое обслуживание	0,759	0,537	10,042	9,951
топливо	0,799	0,878	9,694	12,707
Всего:	2,338	2,017	29,905	33,667
Удельные капитальные вложения, тыс. руб./т	1,372	0,917	18,141	16,996
Сумма приведенных затрат, тыс.руб./т	3,705	2,934	48,045	50,664

Таблица 28 – Исходные данные и расчет экономических показателей выполнения процесса с применением новой и базовой машин

Наименование показателя	Значение показателя				
	испытываемая	базовая	испытываемая	базовая	
Наименование сельскохозяйственной операции	Транспортировка				
	Зеленая масса		Солома		
Марка: машины трактора	ПС-60 «Беларус-2022»	ПС-45 «Беларус-2022»	ПС-60 «Беларус-2022»	ПС-45 «Беларус-2022»	
Обслуживающий персонал, чел., по категориям: тракторист (количество/разряд)	I/IV	I/IV	I/III	I/III	
Производительность, т/ч: сменного времени эксплуатационного времени	26,8	18,80	2,10	1,04	
	25,13	17,6	1,9	0,95	
Удельный расход топлива, кг/т	0,61	0,73	7,40	14,3	
Балансовая цена, тыс. руб.: машины трактора	39085	28272	39085	28272	
	139353	139353	139353	139353	
Коэффициент отчислений на: амортизацию: машины трактора текущий ремонт и периодическое техническое обслуживание: машины трактора	0,125		0,125		
	0,09		0,09		
	0,13		0,13		
Годовая загрузка, ч: машины трактора	600		600		
	1300		1300		
Годовая наработка, т	15078,0	10560,0	1140,0	570,0	
Затраты труда, чел.-ч/т	0,04	0,05	0,48	0,96	
Себестоимость работ, тыс.руб./т по элементам:	зарплата	0,067	0,095	0,805	1,625
	амортизация	0,708	0,883	9,363	16,355
	ремонт и техническое обслуживание	0,759	0,951	10,042	17,619
	топливо	0,799	0,956	9,694	14,803
	Всего:	2,333	2,885	29,905	50,402
	Удельные капитальные вложения, тыс. руб./т	1,372	1,754	18,141	32,487
Сумма приведенных затрат, тыс.руб./т	3,705	4,639	48,045	82,889	

Представленные данные наглядно демонстрируют, что основные экономические показатели существенно зависят от стоимости энергетического средства, в данном случае от стоимости тракторов («Беларус-2022» и «Беларус-1221»).

В обоих примерах присутствуют показатели годовой экономии затрат труда, степени снижения затрат труда, годовой экономией топлива, степени снижения расхода топлива (таблица 29, 30). В таблице 29 годовой приведенный экономический эффект, годовая экономия себестоимости механизированных работ, степень снижения механизированных работ, срок окупаемости капитальных вложений имеют отрицательное значение.

Таблица 29 – Показатели экономической эффективности полуприцепа ПС–60 в сравнении с полуприцепом ПС–45

Наименование показателя	Значение	
	по результатам испытаний	
	Зеленая масса	Солома
Годовая экономия затрат труда, чел.-ч.	239,409	553,297
Степень снижения затрат труда, %	29,85	50,48
Годовой приведенный экономический эффект, тыс. руб.	– 11620,0	2985,09
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб.	– 4772,52	4289,51
Степень снижения себестоимости механизированных работ по новой технике, %	– 15,70	11,18
Годовая экономия топлива, кг	904,680	2622,0
Степень снижения расхода топлива, %	8,96	23,71
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	не существует	9,1
Капитализированная стоимость новой техники, тыс. руб.	3331,17	48269,92

В таблице 30 представлены показатели, подтверждающие положительный экономический эффект использования полуприцепа ПС–60 в агрегате с трактором «Беларус–2022».

Таблица 30 – Показатели экономической эффективности полуприцепа ПС–60 в сравнении с полуприцепом ПС–45 в агрегате с трактором «Беларус–2022»

Наименование показателя	Значение	
	по результатам испытаний	
	зеленая масса	солома
Годовая экономия затрат труда, чел.-ч.	239,409	553,3
Степень снижения затрат труда, %	29,85	50,48
Годовой приведенный экономический эффект, тыс. руб.	14086,77	39722,40
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, тыс. руб.	8326,72	23367,25
Степень снижения себестоимости механизированных работ по новой технике, %	19,14	40,67
Годовая экономия топлива, кг	1809,360	4446,0
Степень снижения расхода топлива, %	16,44	34,51
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	4,7	1,7
Капитализированная стоимость новой техники, тыс. руб.	82428,91	161307,80

Очевидно, что в условиях современного хозяйства решение о покупке новой техники будет приниматься не только с учетом стоимости машины, но и степени загрузки существующего тракторного парка. Поэтому, когда тракторы тягового класса 3...5 неравномерно загружены по времени эксплуатации, тогда и возникает необходимость приобретения полуприцепа специального ПС–60. Все это демонстрирует слабость расчета экономической эффективности, когда за энергетическое принимается средство, не соответствующее условиям испытаний. Это, опять же, является остаточным явлением государственного монополизма на рынке сельхозтехники.

Согласно логике нормативных документов [1–4], нет необходимости разрабатывать новую машину, если уже существует машина с аналогичными параметрами. Для подтверждения приведем данные из таблиц 27–30. При сравнении однотипных машин основными факторами, определяющими приведенные затраты, являются производительность машины  $W$  и стоимость машины  $B$ , которые обладают примерно одинаковыми другими данными. Отношение балансовой цены полуприцепа ПС–60 к балансовой цене полуприцепа ПС–45 равно 1,382, а отношение их производительности составляет 1,033 от отношения стоимости прицепов. Только в этом случае образуется положительный экономический эффект.

Знакомясь с широкой гаммой сельскохозяйственной техники, разрабатываемой фирмами стран ЕС, также необходимо анализировать показатели ее эффективности.

Взяв данные зарубежной фирмы, сравним две однотипные машины с различной производительностью и, соответственно, стоимостью.

Фирма Stoll выпускает косилку GD 2800 стоимостью 495707 российских рублей и косилку GD 3200 FM стоимостью 574445 [6]. Производительность косилки GD 3200 FM примерно в 1,14 раза выше производительности косилки GD 2800, а стоимость выше примерно в 1,16 раза, то есть отношение производительности составляет всего 0,983 от отношения стоимостей. Исходя из нормативных документов [1–4] косилку GD 3200 FM не следует выпускать, так как приведенный экономический эффект будет весьма незначительным.

Поэтому формулу 8 определения годового экономического эффекта целесообразно уточнить:

$$\mathcal{E}_z = P + B_3 \cdot (\Pi_6 - \Pi_n + \mathcal{E}),$$

где  $P$  – финансовый риск от возможной потери рынка соответствующей продукции в случае отказа выпустить разрабатываемую машину.

Очевидно, что

$$P \gg B_3 \cdot (\Pi_6 - \Pi_n + \mathcal{E}).$$

Формула определения  $P$  не может быть представлена в данной статье, так как для этого требуется проведение дополнительных исследований.

### Заключение

Представленный анализ существующих нормативных документов по определению экономической эффективности показал их несовершенство в современных условиях. Поэтому назрела необходимость уточнить методику расчета и внести в нормативные документы изменения по определению экономической эффективности.

### Литература

1. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки: стандарт отрасли: ОСТ 10.2.18–2001. – Минск, 2001. – 32 с.
2. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки: ГОСТ 23728–88 – ГОСТ 23730–88. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 24 с.

3. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки: ГОСТ 24055–88, ГОСТ 24056–88, ГОСТ 24057–88, ГОСТ 24059–88. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 46 с.
4. Испытания сельскохозяйственной техники. Порядок определения показателей ТКП 151–2008 (02150). Технический кодекс установившейся практики: ОСТ 10.2.18–2001. – Минск: Минсельхозпрод, 2001. – 14 с.
5. Протокол приемочных испытаний опытного образца полуприцепа специального ПС–60 №127–2008 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2005. – 54 с.
6. Аннотационный прайс-лист. Филиальная сеть ЛБР-груп. – ИП «Лбр-Бел», дилер Bisо Schrattenecker.

УДК 631.3:614.84

**В.В. Азаренко**

(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»),  
г. Минск, Республика Беларусь)

**Л.Д. Белехова, Л.В. Мисун,**

**А.Н. Орда**

(УО «БГАТУ»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

## ПРИЧИНЫ ВОЗГОРАНИЯ ЗЕРНОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ И ОСОБЕННОСТИ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ПЕРИОД УБОРКИ УРОЖАЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

### Введение

Самые масштабные механизированные работы в сельскохозяйственном производстве связаны с уборкой урожая зерновых культур. Выполняются они в сжатые агротехнические сроки. Важнейшим условием проведения этих работ является обеспечение производственной безопасности, в том числе защита убранного урожая и сельскохозяйственной техники от возгорания (таблица 31).

Таблица 31 – Ущерб, нанесенный пожарами сельскохозяйственной отрасли в 2006–2007 гг. [1]

Наименование показателей	Единица измерения	Значения	
		2006 г.	2007 г.
<b>1. Уничтожено в результате пожара:</b>			
– строений	<i>шт.</i>	3450	2421
– техники	<i>ед.</i>	398	432
– зерна	<i>т</i>	23	48
– кормов	то же	3952	5011
– льносырья	то же	3	161
<b>2. Повреждено строений</b>	<i>шт.</i>	7819	11192
<b>3. Погибло:</b>			
– людей	<i>чел.</i>	1152	1084
– скота	<i>гол.</i>	454	326
– пушных зверей	то же	23	82
– птиц	то же	35868	56900

## Объекты и методы исследований

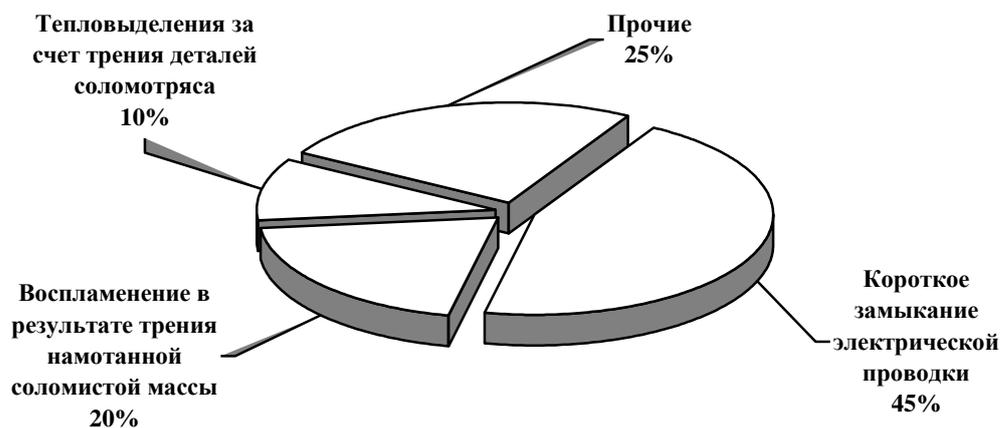
Объектом исследований являлся процесс сельскохозяйственного производства – машинная уборка зерновых культур. Использовался метод наблюдения и анализа полученных результатов.

## Результаты исследований

Зерноуборочные комбайны обычно работают в поле в условиях высоких температур воздуха, наличия большого количества легковоспламеняющегося растительного материала, что повышает пожарную опасность при их эксплуатации [2]. Следует отметить, что при сухой устойчивой погоде и после вегетационного периода, когда растения начинают засыхать и их стебли превращаются в высохшую на корню солоmistую массу, возрастает пожарная опасность растительного покрова.

Наиболее пожароопасными у зерноуборочного комбайна являются следующие узлы: двигатель, соломотряс, молотильно-сепарирующее устройство, топливный бак, масло- и топливопроводы. Исследованиями установлены показатели возгорания (рисунок 70), а также причины пожаров на зерноуборочных комбайнах. Эти чрезвычайные ситуации имели место в результате:

- короткого замыкания электрической проводки;
- воспламенения намотанной солоmistой массы на валы приемного и отбойного битеров, граблины мотовила, подборщика, соломо- и половонабивателя, на эксцентрик привода режущего аппарата, а также на вал клавиш соломотряса;
- тепловыделения за счет трения деталей соломотряса.



**Рисунок 70 – Причины возгорания зерноуборочных комбайнов в уборочный сезон**

При исследовании свойств горючей среды во время уборочных работ анализировались следующие вещества:

- солома, оставленная на полях, а также находящаяся на технике (теплота горения  $Q = 177084 \text{ кДж/кг}$ ; температура воспламенения  $T_{\text{ВСП}} = 200^\circ\text{C}$ ; температура самовоспламенения  $T_{\text{СВСП}} = 310^\circ\text{C}$ ; температура самонагрева  $80^\circ\text{C}$ ) [3];

- зерновой ворох, находящийся на уборочной технике и на зернотоках;
- утечка топлива из топливных баков технических средств, занятых на уборке;

- «сгораемая» отделка деталей техники.

Источниками зажигания горючей среды при уборке урожая зерновых культур может быть: тепло механической энергии; тепло химических процессов; тепло электрической энергии; открытый огонь и искры [2]. Рассмотрим эти источники зажигания более подробно.

*Тепло механической энергии.* При уборке урожая используются разные марки самоходной зерноуборочной техники. В этих технических средствах имеется большое количество вращающихся и трущихся частей. Следовательно, при попадании в узлы и механизмы соломы, зерна и т.д. возрастают силы трения. Детали машин и растительная масса нагреваются от трения выше допустимых температур, что может привести к воспламенению соломистой массы, намотавшейся на валы и рабочие органы.

*Тепло электрической энергии.* Вся современная самоходная зерноуборочная техника имеет высокую степень насыщенности электрооборудованием, и хотя напряжение в сети невысоко (12–24 В), учитывая большие численные значения токовых нагрузок (5–500 А), этого вполне достаточно для искрения при плохих контактах или коротком замыкании. Пожароопасными могут быть используемые для освещения и подзарядки аккумуляторов передвижные генераторы. Необходимо учесть и возможность возникновения возгорания вследствие разрядов атмосферного электричества во время грозы.

*Тепло химических процессов.* Зерно с повышенной влажностью способно самовозгораться. Также необходимо учитывать, что для смазки узлов и механизмов техники, занятой на уборке урожая, применяются смазочные материалы, также являющиеся горючими веществами.

*Открытый огонь и искры.* Данные источники зажигания могут возникать при неосторожном обращении с огнем, курении в неустановленных местах, а также при отсутствии или неисправности искрогасящих устройств самоходной зерноуборочной техники. Следует отметить, что самоходная сельскохозяйственная техника оборудуется искрогасителями на заводах-изготовителях, но эти устройства очень быстро выходят из строя.

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо [4]:

- содержать комбайн в чистоте;
- периодически проверять крепления барабана и отбойного битера на валах и величину зазора между вращающимися частями комбайна и его каркасом;
- не допускать перегрева подшипников, своевременно проводить их смазку;

- проверять надежность закрепления заземляющей цепи на балке моста ведущих колес;
- проводить заправку топливных баков вне хлебного массива с помощью заправочного агрегата;
- хранить горюче-смазочные материалы для комбайна в закрытой таре на расстоянии не менее 100 м от хлебных массивов, скирд, тюков;
- при сильном ветре временно прекращать работу.

Установлено: при высоком и густом массиве зерновых культур, сильном ветре и засушливой погоде скорость распространения пожара может достигать 8,33–9,66 м/с; при редкой и низкой растительности и отсутствии ветра скорость распространения пожара равна 0,25–0,30 м/с. Также во время пожаров от разности температур потоков воздуха иногда образуются завихрения – «смерчи», которые могут перебрасывать огонь на большие расстояния через искусственные и естественные преграды (пропаханные полосы, дороги, речки шириной до 12 м) [5].

При возникновении пожара в период уборки у загоревшегося комбайна освобождают соломокопнитель от соломы, тушат огонь на двигателе, используя огнетушители, воду, землю, песок. Комбайн удаляют от хлебного массива. Горящий двигатель комбайна накрывают брезентом, одеждой, кошмой и другими подручными средствами. Необходимо принять меры к недопущению распространения огня на хлебный массив или валки. Распространяющиеся на большой площади пожары, особенно при сильном ветре, можно локализовать, устраивая заградительные полосы. Для этого перед фронтом движущегося огня в несколько прогонов делают прокосы, а затем вспахивают полосу шириной 8 ... 10 м.

Возникший на зерноочистительных комплексах пожар обычно распространяется по осевшей на оборудовании пыли и по сгораемым конструкциям. Первоначальное горение чаще всего начинается в помещениях сушилок. При этом в первую очередь необходимо эвакуировать из опасной зоны работников, прекратить подачу горючего и применить имеющиеся средства пожаротушения.

### **Заключение**

В результате проведенных исследований установлены показатели возгорания и причины пожаров на зерноуборочных комбайнах, проанализирован механизм возникновения источников зажигания горючей среды во время проведения уборочных работ, что позволило систематизировать требования, предъявляемые к эксплуатации зерноуборочной техники, с точки зрения обеспечения производственной безопасности.

### **Литература**

1. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений, 2007. / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь; под ред. С.П. Уточкиной. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2008. – 290 с.

2. Шкрабак, В.С. Безопасность жизнедеятельности в сельскохозяйственном производстве / В.С. Шкрабак, А.В. Луковников, А.К. Тургиев.– М.: Колос, 2004. – 512 с.
3. Демидов, П.Г. Горение и свойства горючих материалов / П.Г. Демидов. – М.: ВИПТШ МВД, 1981. – 190 с.
4. Рекомендации по безопасности труда при выполнении различных сельскохозяйственных работ, монтаже и эксплуатации оборудования животноводческих и птицеводческих ферм и техническом сервисе. – М.: Информагротех, 1999. – 216 с.
5. Иванников, В.П. Справочник по тушению пожаров / В.П. Иванников. – Киев: МВД Украины, 1995. – 250 с.

## Рефераты

УДК 631.171.631.353.6

Крылов, С.В. **Современная сельскохозяйственная техника для ворошения травы и ее оценка** / С.В. Крылов, А.Д. Макуть, О.В. Макуть, И.Ю. Сержанин, И.М. Ковалева // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.1–9.

В статье приведены основные технические характеристики зарубежных и отечественных ворошилок. – *Рис. 2, табл. 2, библиогр. 13.*

Krylov S.V., Labotsky I.M., Uramovsky J.V., Makuts A.D.,  
Makuts O.V., Serzhanin I.U., Kovaleva I.M.

### **Modern agricultural machinery for ted grasses and its estimation**

In the article the basic characteristics foreign and domestic tedders are resulted.

---

УДК 631.171.631.353.6

Лабоцкий, И.М. **К разработке граблей-валкователя с центральным формированием валка ГВЦ–6,6** / И.М. Лабоцкий, Н.А. Горбацевич, В.С. Костюк, О.В. Макуть // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.9–15.

Описаны конструктивные особенности граблей-валкователя. Приведены результаты расчетов по обоснованию основных параметров граблей, а также основные результаты испытаний граблей-валкователя ГВЦ–6,6. – *Рис. 3, табл. 2, библиогр. 4.*

Labotsky I.M., Gorbatsevich N.A., Kostuk V.S., Makuts O.V.

### **To development of a raker with making a central forming GVTS–6,6 shaky**

Design philosophy of the rakers are described. The results of calculations on optimization of basic parameters of the rakers, and also the basic results of tests of the raker GVTS–6,6 are given.

---

УДК 631.352

Лабоцкий, И.М. **Результаты исследований устройств для плющения трав** / И.М. Лабоцкий, А.В. Наумик // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.15–20.

Представлен сравнительный анализ устройств для обработки бобовых трав. В качестве альтернативы существующим способам обработки бобовых трав рассматривались устройства с вальцами со штифтами и вальцами с шевронными обрезиненными зубьями. На основе проведенных опытов был изготовлен экспериментальный образец косилки с шевронными обрезиненными вальцами, показавший положительные результаты при скашивании и обработке бобовых трав. – *Рис. 7, табл. 1, библиогр. 3.*

Labotsky I.M., Naumik A.V.

### **Results of researches of devices for grasses flatting**

The comparative analysis of devices for processing of bean grasses. As alternative to existing ways of bean grasses processing the devices with rollers with pins and rollers with

chevron rubberised teeth have been considered. On the basis of the conduct experiments the experimental sample of a mower with chevron, rubberised teeth, shown quite good results at cutting and processing of bean grasses has been produced.

---

УДК 631.171:633/635

Савиных, В.Н. **Технико-экономическая оценка комплекта оборудования для плющения влажного зерна** / В.Н. Савиных, А.В. Ленский, Д.И. Романчук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.20–26.

В статье приводятся результаты технико-экономической оценки комплекта оборудования для плющения влажного зерна и даются предложения по наиболее эффективному способу заготовки плющеного зерна в хозяйствах. – *Табл. 4, библиогр. 2.*

Savinyh V.N., Lenski A.V., Romanchuk D.I.

### **The techno-economic evaluation of sets of equipment for the flattening of wet grain**

The results of techno-economic evaluation of sets of equipment for the flattening of wet grain and are proposals on the most effective method of the flattening of wet grain harvesting in the farms are given in the article.

---

УДК 631.353

Урамовский, Ю.М. **Современная техника для измельчения пожнивных остатков** / Ю.М. Урамовский, А.Д. Макуть // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.26–31.

В статье приводятся некоторые аспекты проблемы измельчения пожнивных остатков зерновых и крупностебельных кормовых культур при послеуборочной обработке почвы. Даются обзор перспективных зарубежных средств механизации и результаты разработки и испытаний прицепной машины-измельчителя универсального назначения, а также анализ сфер ее возможного применения для сокращения приведенных затрат на данную операцию. – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 5.*

Uramovsky J.M., Makuts A.D.

### **Modern technical equipment for crushing the rests**

In the clause some aspects of a problem of crushing the rests grain and forage crops at to processing of ground are resulted. The review of perspective foreign means of mechanization and results of development and tests of the hook-on machine-grinder of universal purpose and spheres of its possible application for reduction of the resulted expenses for the given operation is given.

---

УДК 631.3:005.93

Чеботарев, В.П., **Организационные пути совершенствования системы технического сервиса в АПК Республики Беларусь** / В.П. Чеботарев, В.К. Клыбик, А.В. Новиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.31–37.

В статье приводятся результаты выполненного анализа функций технического сервиса и даются предложения по наиболее перспективным направлениям совершенствования.

шенствования системы технического сервиса агропромышленного комплекса Республики Беларусь. – *Рус. 1, библиогр. 4.*

Chebotarev V.P., Klybik V. K., Novikov A.V.

### **Organizational ways of perfection of system of technical service in agrarian and industrial complex of the Republic of Belarus**

In the article the results of the executed analysis of functions of technical service are resulted and offers in the most perspective directions of perfection of system of technical service in agrarian and industrial complex of the Republic of Belarus.

---

УДК 636.083

Китиков, В.О. **Обоснование направлений развития экспресс-методов контроля качества кормов** / В.О. Китиков, А.Л. Тимошук, С.Л. Романов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.38–42.

В статье приводится анализ состояния системы контроля качества кормов по показателям кормовой ценности и предлагается способ организации оперативного контроля кормов по месту их производства и использования. – *Библиогр. 4*

Kitikov V.O., Timoshuk A.L., Romanov S.L.

### **Directions substantiation of the express methods for the feeds quality control.**

Analysis of quality control system y feeds by nutrient characteristics is given in the article, and the way of organization of operative feeds control on the place of theirs production and usage is offered.

---

УДК [(636.083.312.3+631.171):004.45]

Китиков, В.О. **Экспериментальное обоснование эффективного автоматизированного выделения коров из стада** / В.О. Китиков, Е.В. Тернов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.42–50.

Приведены предварительные результаты исследования уровня качества автоматизированного выделения коров из стада в условиях молочно-товарной фермы с беспривязным содержанием на 600 и более голов. Рекомендовано повысить надежность определения выхода коровы через боковой проход разделительного станка и регулировать скорость и дистанцию коров в потоке на выходе из доильного зала перед разделительным станком. – *Рус. 11, табл. 2, библиогр. 4.*

Kitikov V.O., Ternov E.V.

### **An experimental ground of effective automated cow separation from dairy herd**

Preliminary results of research into the adequate quality of automated cow separation from a herd in dairy farm of 600 and more cows are given. It is advisable to increase a trustworthiness of cow exit sideways from the separation gates and to regulate speed and distance of the cows traffic outside parlor before the separation gates.

---

УДК 637.116

Китиков, В.О. **Методические подходы к совершенствованию оборудования для промышленного доения коров** / В.О. Китиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.50–56.

В статье показаны основные направления дальнейшего совершенствования технологических решений и технических средств для производства молока в Республике Беларусь интенсивными методами. Обоснована необходимость перевода отрасли на европейский уровень производства. – *Рис. 2, библиогр. 6.*

Kitikov V.O.

### **Methodology of the equipment perfection for industrial milking cows**

In the article the basic directions of the further perfection of technological decisions and technical means for milk manufacture in the Republic of Belarus by intensive methods are shown. Necessity of transfer of branch on the European level of production is proved.

---

УДК 621.521:664

Передня, В.И. **Колебания доильных аппаратов** / В.И. Передня, С.В. Лосик, Н.Н. Дедок, М.В. Колончук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.56–61.

В статье приводятся результаты выполненных расчетов колебаний доильного аппарата при горизонтальном и вертикальном расположении пневматического цилиндра съема. Даны предложения по необходимому расположению пневматического цилиндра съема. – *Рис. 4, библиогр. 1.*

Perednya V.I., Losik S.V., Dedok N.N., Kolonchuk M.V.

### **Fluctuations of milking machines**

In the article the results of the executed calculations of fluctuations of a milking machine are resulted at a horizontal and vertical arrangement of the pneumatic cylinder removing. Offers on a necessary arrangement of the pneumatic cylinder removing are given.

---

УДК [637.116:543]:614

Зимницкий, Д.В. **Результаты экспериментальных исследований устройства для ультразвуковой очистки доильных аппаратов** / Д.В. Зимницкий // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.61–67.

В статье приводятся результаты выполненных исследований по очистке деталей доильного оборудования с применением метода ультразвуковой интенсификации воздействия моющего раствора на загрязнения, а также ультразвуковой дезинфекции и направленной струи моющего раствора под высоким давлением. – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 2.*

Zimnitskij D.V.

### **Results of experimental studies of ultrasonic devices for cleaning milking machines**

The results of the executed researches on clearing details of the milking equipment with application of a method of a ultrasonic intensification of influence of a washing solution on pollution, ultrasonic disinfection and the directed jet of a washing solution under a high pressure are given in the article.

---

УДК 637.112

Китиков, В.О. **Анализ показателей энергетической эффективности в технологиях производства молока** / В.О. Китиков, Э.П. Сорокин, И.А. Бровко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ

НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.67–74.

В статье приводятся результаты выполненных исследований по ресурсозатратам для различных способов содержания животных и даются предложения по наиболее эффективному с позиции ресурсозатрат варианту механизации. – *Рис. 1, табл. 3, библиогр. 3.*

Kitsikay V.A., Sarokin E. P., Brouka I.A.

### **Indicators' analysis of power efficiency in milk production technologies**

The results of the executed researches on resources consumptions for various ways of the maintenance of animals are given in this article, and of propositions the most effective from a position of resources consumptions to a mechanization variant are made.

---

УДК 631.22:621.565

Литовский, А.М. **Энергосберегающее оборудование для первичного охлаждения молока** / А.М. Литовский, О.Н. Буляк, Д.А. Зуйкевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.74–80.

В статье проведен обзор энергосберегающего оборудования для первичного охлаждения молока. Приведены методы определения эффективности его работы. – *Рис. 1, табл. 1, библиогр. 4.*

Litovsky A.M., Buliak O.N., Zujkevich D.A.

### **Energy saving equipment for primary milk cooling**

The review of the energy saving equipment for primary milk cooling is done in the article. Methods of definition of efficiency of its work are given.

---

УДК 628.8: 631.22.014

Гутман, В.Н. **Общеобменная вентиляция с рециркуляционной очисткой воздуха в животноводческих помещениях** / В.Н. Гутман, Н.О. Шевчук, С.П. Рапович, И.В. Пуляева // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.80–88.

В статье приводятся результаты исследований и испытаний установки по очистке воздуха от вредных газов в свиноводческом помещении и даются предложения по их внедрению в производство. – *Рис. 1, библиогр. 4.*

Gutman V.N., Shevtchuk N.O., Rapovich S.P., Puliaeva I.V.

### **General ventilation with recirculating air cleaning in cattle-breeding premises**

The article contains the results of researches and test on installation performed on a pig-breeding farm in regard to air-cleaning from noxious gases and makes propositions concerning their further development for the purpose of manufacturing application.

---

УДК 628.8: 631.22.014

Гутман, В.Н. **Комплект оборудования кормления сухим комбикормом и поения супоросных свиноматок** / В.Н. Гутман, С.А. Цалко, С.П. Рапович, М.В. Навыко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.88–91.

В статье приводятся результаты разработки и испытаний комплекта оборудования кормления сухим комбикормом и поения супоросных свиноматок, разработанного и производимого в Республике Беларусь. – *Рис. 3, библиогр. 2.*

Gutman V.N., Tsalko S.A., Rapovich S.P., Navnyko M.V.

### **Outfit of sows feeding by a dry comb food and water supply**

The article contains the developments and trials of domestic manufacture outfit of sows feeding by a dry comb food and water supply developed and produced in the Republic of Belarus.

---

УДК 621.32

Тимошук, А.Л. **Пути энергосбережения в освещении и технологическом облучении в АПК** / А.Л. Тимошук, Ю.Г. Маркевич, И.И. Колосов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.92–97.

Рассмотрены основные направления энергосбережения в освещении и технологическом облучении в сельскохозяйственном производстве, в том числе применение эффективных источников света и пуско-регулирующей аппаратуры, светодиодных излучателей, систем автоматизированного управления освещением и световым климатом. – *Табл. 1, библиогр. 2*

Timoshuk A.L., Markevich Y.G., Kolosov I.I.

### **The energy saving ways in illumination and technological irradiation in agrarian-industrial complex**

The energy saving basic directions in illumination and a technological irradiation in an agricultural production, including application of effective light sources and starting-regulating equipment, light-emitting diode irradiators, systems of automated management by illumination and a light climate are considered.

---

УДК 669.054.85/4:338.45(476)

Тимошук, А.Л. **Проблема регенерации свинца из вторичных ресурсов и ее важность для промышленности Беларуси** / А.Л. Тимошук, Б.Л. Кошпаво, В.А. Чернобай // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.97–103.

Рассмотрены пирометаллургические и гидрометаллургические методы извлечения свинца из отработанных аккумуляторных батарей, аргументированы важность и необходимость рециклинга свинца для отечественной цветной металлургии. Показаны преимущества гидрометаллургического метода как наиболее экономичного и экологически менее опасного. Среди гидрометаллургических методов наиболее приемлемым является электролитический метод извлечения свинца из щелочных растворов. Выявлены наиболее эффективные реагенты и определены оптимальные условия для извлечения соединений свинца из исходного сырья и электролитического выделения металлического свинца из щелочных растворов. – *Рис. 5.*

Timoshuk A.L., Koshepavo B.L., Chernobay V.A.

### **The Problem of lead regeneration from secondary resources and its importance for Belarussian Industry**

The pyrometallurgical and hydrometallurgical methods of lead recovering from battery scrap and importance and necessity of lead recycling for nonferrous metallurgy of the republic of Belarus are considered. Advantages of a hydrometallurgical method as the most economic and ecologically less dangerous are shown. Among hydrometallurgical methods the most acceptable is method of electro winning lead from alkaline solutions. The most effective reagents are revealed. Optimum conditions for extraction of lead chemical compounds from raw materials and electro winning of metallic lead from alkaline solutions are established.

---

УДК 636.5:658.567.1

Тимошук, А.Л. **Оборудование для термической утилизации туш павших животных и птицы** / А.Л. Тимошук, Д.А. Тетеркин, А.В. Шеметовец // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.103–111.

Наиболее эффективным способом утилизации туш павших животных является сжигание. Этот процесс сопряжен с рядом трудностей: высокая влажность материала, крупные фракции, неоднородность, образование при горении вредных веществ. В связи с этим оборудование для сжигания туш павших животных имеет ряд отличий от традиционного топочного оборудования. Чтобы обеспечить эффективное сжигание, необходимо наличие мощного внешнего источника тепла для разогрева и поддержания высокой температуры в камере сгорания – горелки, работающей на газообразном или жидком (печном или дизельном) топливе, с принудительной подачей воздуха в камеру сжигания. – *Рис. 4, табл. 4, библиогр. 2.*

Timoshuk A.L., Teterkin D.A., Shemetavets A.V.

#### **Equipment for thermal salvaging of carcass of the dropped animals and poultry**

The most effective way of recycling of carcass of the fallen animals is burning. This process is interfaced to a number of difficulties: high humidity of a material, large fractions, heterogeneity, formation at burning of harmful substances. In this connection, the equipment for burning of carcass of the fallen animals has a number of differences from the traditional top internal equipment. To provide effective burning presence of a powerful external source of heat for a warming up and heat maintenance in the combustion chamber - a torch working on gaseous or liquid (oven or diesel) fuel, with compulsory giving of air in the burning chamber is necessary.

---

УДК 662.81.053.346:664.76.01

Тимошук, А.Л. **Энергосберегающая технология и оборудование для производства гранулированного топлива из отходов растениеводства** / А.Л. Тимошук, А.И. Пунько, С.В. Гаврилович // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.111–116.

В статье приводится технологическая схема производства, описывается используемое оборудование и результаты исследований, связанных с получением топливных гранул из отходов растениеводства. – *Рис. 1, табл. 1, библиогр. 4.*

Timoshuk A.L., Punko A.I., Gavrilovich S.V.

#### **Power saving technology and the equipment for manufacture of the granulated fuel from a plant growing waste**

In the article the technological scheme of the manufacture, the used equipment and results of researches of the fuel granules connected with reception from a plant growing waste are resulted.

---

УДК 628.35:628.255

Капустин, Н.Ф. **Анализ мониторинга работы биогазовых энергетических комплексов в Беларуси** / Н.Ф. Капустин, А.Н. Басаревский, Т.В. Старченко, С.Н. Поникарчик // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.117–124.

В статье проанализированы результаты исследований агрохимических и физико-химических показателей животноводческих стоков до и после сбраживания, проведена оценка энергетических показателей биогазовых комплексов. Даны предложения по повышению эффективности их работы. – *Рис. 4, табл. 1, библиогр. 3.*

Kapustin N.F., Basarevskij A.N., Starchenko T.V., Ponikarchik S.N.

### **The analysis of monitoring of work of biogas power complexes in Belarus**

In the article the results of researches of agrochemical and physical and chemical indicators of cattle-breeding drains before and after digestion are analysed, the estimation of power indicators of biogas complexes is done. Offers on increase of efficiency of their work are given.

---

УДК 664.83

Ловкис, З.В. **Выбор и обоснование параметров измельчителя сухих натуральных красящих веществ** / З.В. Ловкис, В.В. Чуешков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.125–129.

Рассмотрен измельчитель для приготовления сухих натуральных красящих веществ из растительного сырья. Для определения параметров измельчителя по заданной его производительности составлена номограмма. – *Рис. 4, библиогр. 5.*

Lovkis Z.V., Chueshkov V.V.

### **Choice and substantiation of parameters of a grinder of dry natural painting substances**

The grinder for preparation of dry natural painting substances from vegetative raw material is considered. Monogram for definition of parameters of a grinder on its set productivity is made.

---

УДК 63:(620.95:504.064.34)

Сунцова, Ю.А. **Энергетические аспекты анаэробной переработки органических отходов сельскохозяйственного производства** / Ю.А. Сунцова, Н.Ф. Капустин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.129–133.

В статье определена характеристика исходного сырья (свиные стоки, экскременты КРС, солома зерновых), выполнен расчет рационального состава сбраживаемых органических отходов сельскохозяйственного производства и проведен анализ влияния растительного сырья на выход биогаза. – *Табл. 1, библиогр. 5.*

Suntsova J.A., Kapustin N.F.

### **Energy aspects of anaerobic processings of an organic waste agricultural manufactures**

In the article the characteristic of initial raw materials is defined (pork drains, excrement cattle, straw grain), calculation of rational structure fermentating organic waste of agricultural production is executed and the analysis of influence of vegetative raw materials on a biogas exit is carried out.

---

УДК 621.928.37

Мажугин, Е.И. **Экспериментальное определение параметров электрического датчика для автоматизации управления выведением масел из трехпродуктового гидроциклона** / Е.И. Мажугин, А.В. Пашкевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.133–139.

В статье обоснована необходимость исследования возможности применения трехпродуктового гидроциклона для очистки моющих растворов. Описан способ автоматизации его работы. Приведено описание исследовательской лабораторной установки. Экспериментально подтверждена возможность использования электрического датчика для автоматизации работы гидроциклона. Приведены зависимости изменения сопротивления межэлектродного пространства от температуры, концентрации моющего средства и масел в растворе, площади электрода и зазора в нем, обоснованы параметры электродов датчика. – *Рис. 5, табл. 1, библиогр. 9.*

Mazhugin E.I., Pashkevich A.V.

### **Experimental definition of the electric pick-up parameters for automation control of oils taking out from the three-product hydrocyclone**

In the article the necessity of research of possibility of a three-product hydrocyclone application for washing solutions clearing has been grounded. The way of its work automation has been described. The research laboratory plant has been described. The possibility of the electric pick-up use for hydrocyclone work automation has been proven experimentally. The interelectrode space resistance change dependances on temperature, washing-up liquid density and oils in a solution, electrode area and clearance in it have been given. The electrodes pick-up parameters have been grounded.

---

УДК 621.43.001.4

Жданко, Д.А. **Обоснование параметров дросселя постоянного сечения как нагрузочного элемента электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда** // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.139–143.

Рассмотрены методика расчета и обоснование формы отверстия дросселя для создания тормозного момента на валу двигателя при горячей обкатке на электрогидравлическом обкаточно-тормозном стенде. – *Рис. 4, библиогр. 6.*

Zhdanko D.A.

### **Substantiation of parameters of the throttle of constant section as a loading element of the electrohydraulik running-brake stand**

The design procedure and substantiation of the form of an aperture of a throttle for creation of the brake moment on a shaft of the engine is at hot running at the electrohydraulic running -brake stand are considered.

---

УДК 636.083

Самосюк, В.Г. **Гармонизация стандартов кормопроизводства и животноводства Беларуси и Евросоюза** / В.Г. Самосюк, В.О. Китиков, С.Л. Романов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.144–149.

В статье приводится анализ системы обеспечения качества продукции кормопроизводства и животноводства и даются предложения по разработке совместно с Евросоюзом стандартов (регламентов) по обеспечению процедур Евросоюза в процессе производства сельскохозяйственной продукции. – *Библиогр.* 7.

Samosiuk V.G., Kitikov V.O., Romanov S.L.

#### **Harmonization of the standards of the fodder production the livestock and with the same of European Union**

Analysis of the insuring system of the fodder production the livestock and quality is down in the article and the proposals about standards (regulations) development concerning agricultural production jointly witch European Union are given.

---

УДК 631.3:658.155

Крылов, С.В. **Оценка экономической эффективности сельхозтехники в современных условиях** / С.В. Крылов, А.В. Ленский, И.М. Ковалева // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.149–156.

В данной статье представлен анализ существующих нормативных документов по определению экономической эффективности, показана их непригодность для применения в современных условиях. Существует необходимость изменить всю логику расчета и разработать новые нормативные документы по определению экономической эффективности – *Табл. 4, библиогр. 6.*

Krylov S.V., Lensky A.V., Kovaleva I.M.

#### **Estimations of economic efficiency of agricultural machinery in modern conditions**

Analysis of existing standard documents by economic efficiency definition is given in this article, and their unfitness for application in modern conditions is shown. There is a necessity to change all logic of calculation and to develop new standard documents by economic efficiency definition.

---

УДК 631.3:614.84

Азаренко, В.В. **Причины возгорания зерноуборочной техники и особенности тушения пожаров в период уборки урожая зерновых культур** / В.В. Азаренко, Л.Д. Белехова, Л.В. Мисун, А.Н. Орда // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С.156–160.

В статье проанализированы причины возгорания сельскохозяйственной техники в период уборки зерновых культур. Рекомендованы направления повышения производственной безопасности уборочных работ. – *Рис. 1, табл. 1, библиогр. 5.*

Azarenko V.V., Belehova L.D., Misun L.V., Orda A.N.

**The reasons of ignition of grain-harvesting technics and feature of fires during harvesting grains crops**

The reasons and condition of ignition of agricultural machinery during cleaning grain crops analysed in the article. Directions on increase of industrial safety of harvest works are recommended.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Крылов С.В., Макуть А.Д., Макуть О.В., Сержанин И.Ю., Ковалева И.М.</i> Современная сельскохозяйственная техника для ворошения травы и ее оценка .....	1
<i>Лабоцкий И.М., Горбацевич Н.А., Костюк В.С., Макуть О.В.</i> К разработке граблей-валкователя с центральным формированием валка ГВЦ–6,6 .....	9
<i>Лабоцкий И.М., Наумик А.В.</i> Результаты исследований устройств для плющения трав .....	15
<i>Савиных В.Н., Ленский А.В., Романчук Д.И.</i> Техничко-экономическая оценка комплекта оборудования для плющения влажного зерна .....	20
<i>Урамовский Ю.М., Макуть А.Д.</i> Современная техника для измельчения пожнивных остатков .....	26
<i>Чеботарев В.П., Клыбик В.К., Новиков А.В.</i> Организационные пути совершенствования системы технического сервиса в АПК Республики Беларусь .....	31
<i>Китиков В.О., Тимошук А.Л., Романов С.Л.</i> Обоснование направлений развития экспресс-методов контроля качества кормов .....	38
<i>Китиков В.О., Тернов Е.В.</i> Экспериментальное обоснование эффективного автоматизированного выделения коров из стада .....	42
<i>Китиков В.О.</i> Методические подходы к совершенствованию оборудования для промышленного доения коров .....	50
<i>В.И. Передня, С.В. Лосик, Н.Н. Дедок, М.В. Колончук</i> Колебания доильных аппаратов .....	56
<i>Зимницкий Д.В.</i> Результаты экспериментальных исследований устройства для ультразвуковой очистки доильных аппаратов.....	61
<i>Китиков В.О., Сорокин Э.П., Бровко И.А.</i> Анализ показателей энергетической эффективности в технологиях производства молока .....	67
<i>Литовский А.М., Буляк О.Н., Зуйкевич Д.А.</i> Энергосберегающее оборудование для первичного охлаждения молока .....	74
<i>Гутман В.Н., Шевчук Н.О., Рапович С.П., Пуляева И.В.</i> Общеобменная вентиляция с рециркуляционной очисткой воздуха в животноводческих помещениях .....	80
<i>Гутман В.Н., Цалко С.А., Рапович С.П., Навныко М.В.</i> Комплект оборудования кормления сухим комбикормом и поения супоросных свиноматок .....	88
<i>Тимошук А.Л., Маркевич Ю.Г., Колосов И.И.</i> Пути энергосбережения в освещении и технологическом облучении в АПК .....	92
<i>Тимошук А.Л., Кошенаво Б.Л., Чернобай В.А.</i> Проблема регенерации свинца из вторичных ресурсов и ее важность для промышленности Беларуси .....	97
<i>Тимошук А.Л., Тетеркин Д.А., Шеметовец А.В.</i> Оборудование для термической утилизации туш павших животных и птицы .....	103

<i>Тимошук А.Л., Пунько А.И., Гаврилович С.В.</i> Энергосберегающая технология и оборудование для производства гранулированного топлива из отходов растениеводства .....	111
<i>Капустин Н.Ф., Басаревский А.Н., Старченко Т.В., Поникарчик С.Н.</i> Анализ мониторинга работы биогазовых энергетических комплексов в Беларуси	117
<i>Ловкис З.В., Чуешков В.В.</i> Выбор и обоснование параметров измельчителя сухих натуральных красящих веществ .....	125
<i>Сунцова Ю.А., Капустин Н.Ф.</i> Энергетические аспекты анаэробной переработки органических отходов сельскохозяйственного производства .....	129
<i>Мажугин Е.И., Пашкевич А.В.</i> Экспериментальное определение параметров электрического датчика для автоматизации управления выведением масел из трехпродуктового гидроциклона .....	133
<i>Жданко Д.А.</i> Обоснование параметров дросселя постоянного сечения как нагрузочного элемента электрогидравлического обкаточно-тормозного стенда	139
<i>Самосюк В.Г., Китиков В.О., Романов С.Л.</i> Гармонизация стандартов кормопроизводства и животноводства Беларуси и Евросоюза .....	144
<i>Крылов С.В., Ленский А.В., Ковалева И.М.</i> Оценка экономической эффективности сельхозтехники в современных условиях .....	149
<i>Азаренко В.В., Белехова Л.Д., Мисун Л.В., Орда А.Н.</i> Причины возгорания зерноуборочной техники и особенности тушения пожаров в период уборки урожая зерновых культур .....	156
<b>Рефераты</b> .....	161

*Научное издание*

**Механизация и электрификация сельского хозяйства**

Межведомственный тематический сборник

Выпуск 43

В двух томах  
Том 2

Редактор А.С. Борейша  
Ответственный за выпуск О.О. Дударев  
Компьютерная верстка Н.С. Лаврентьева  
Корректор А.С. Борейша

Подписано в печать \_\_\_\_\_ 2009. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Бумага офсетная. Печать цифровая  
Усл. печ. л. \_\_\_\_\_. Уч.-изд. л. \_\_\_\_\_. Тираж \_\_\_ экз. Заказ \_\_\_\_\_.

---

РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
ЛИ № 02330/0548563 от 26.06.2009.  
ул. Кнорина, 1, 220049, Минск.

Отпечатано в типографии РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»  
ЛП № 02330/0150026 от 10.05.2007.  
ул. Кнорина, 1, корп. 3, 220049, Минск.

---