

**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 44**

В двух томах

**Том 2**

**Минск  
2010**

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 631.172:631.353.2/3

**С.В. Крылов, И.М. Лабоцкий,  
Н.А. Горбацевич, И.Ю. Сержанин,  
П.В. Яровенко, А.Д. Макуть,  
И.М. Ковалева**

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

## **АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ЭНЕРГО- ЗАТРАТ СОВРЕМЕННЫХ МА- ШИН ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ПРЕС- СОВАННОГО СЕНА**

### **Введение**

Рост цен на энергоносители привел к необходимости оценки энергозатрат, производимых сельскохозяйственными машинами при выполнении технологических операций.

Традиционно в отечественной литературе такой мерой служат затраты топлива на один гектар, в зарубежной, как правило, приводятся данные о мощностях, но совершенно непонятно, к чему они относятся: либо только к энергозатратам согласно технологическому процессу, либо к общему энергопотреблению, включая затраты на перемещение агрегата. При этом, основываясь на личном опыте, надо учитывать, что все технологические параметры в проспектах зарубежных фирм завышены, а масса машин занижена.

### **Энергетическая оценка работы агрегатов при заготовке кормов из трав**

В настоящее время оценку энергоемкости технологического процесса, выполняемого сельскохозяйственной машиной, производят на основании затрат топлива на один гектар или тонну продукции. Эта оценка не учитывает фактора урожайности. При заготовке кормов одни и те же машины работают на полях с разной урожайностью. Оценка затрат по мощности также не учитывает фактора урожайности.

Расчет мощности, необходимой для вращения ротора в ротационных граблях и ворошилках, представленный в [1-3], как продемонстрировано в работе [4], не является корректным.

Поэтому в работе [4] предложено производить энергооценку различных сельскохозяйственных процессов, выполняемых агрегатами в реальных условиях, по следующей формуле:

$$e = \frac{N}{Q \cdot q},$$

где  $N$  – мощность, потребляемая агрегатом при выполнении технологического процесса,  $Вт$ ;

$Q$  – производительность машины за основное время,  $м^2/с$ ;

$q$  – урожайность,  $кг/м^2$ .

Данная формула позволяет определить общие энергозатраты при выполнении технологического процесса.

В таблице 1 представлены полученные по результатам приемочных испытаний в ГУ «Белорусская МИС» данные для разработанной РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» ворошилki-вспушивателя ВВР-

7,5 [5]. Удельные энергозатраты, рассчитанные по формуле (1), будут равняться:

$$e=602 \text{ Дж/кг}=0,602 \text{ кДж/кг.}$$

Таблица 1 – Технические характеристики ворошилки ВВР-7,5 по результатам испытаний в ГУ «Белорусская МИС»

Наименование показателя	Значение
Тип ворошилки	Полунавесная
Состав агрегата, марка: – ворошилки – трактора	ВВР-7,5 «Беларус-1025»
Вид работы	Ворошение травы в валках
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
Коэффициент впусенности после ворошения, %	51,6
Производительность за час основного времени, га	8,3
Масса ворошилки, кг	1230

Для разработанных в РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» косилок КДН-2,7 и КДН-3,1 были проведены приемочные испытания в ГУ «Белорусская МИС» [6, 7], полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели энергозатрат косилок КДН-2,7 и КДН-3,1 по результатам испытаний в ГУ «Белорусская МИС»

Наименование показателя	Значение	
	КДН-2,7	КДН-3,1
Марка трактора	МТЗ-82,1	«Беларус-1221»
Рабочая скорость, км/ч	10	11,9
Ширина захвата, см	270	290
Часовой расход топлива, кг/ч	8,9	12,3
Удельный расход топлива за основное время работы, кг/га	3,6	3,5
Удельные энергозатраты на физическую единицу наработки за основное время работы, кВт·ч/га	12,8	14,4
Коэффициент использования потребляемой мощности двигателя, %	52,0	57,1
Потребляемая мощность двигателя, кВт	32,1	50,4

Удельные энергозатраты, рассчитанные по формуле (1):

- для КДН-2,7:  $e=2,657 \text{ кДж/кг}$ ;
- для КДН-3,1:  $e=2,817 \text{ кДж/кг}$ .

По результатам приемочных испытаний рассчитанное по формуле (1) значение удельных энергозатрат для граблей ГВЦ-6,6 в условиях, когда они эксплуатировались при разной урожайности и с различными тракторами, представлено в таблице 3 [8].

Таблица 3 – Показатели энергозатрат граблей ГВЦ-6,6 по результатам испытаний в ГУ «Белорусская МИС»

<b>Урожайность, т/га</b>	<b>12,5</b>	<b>26,4</b>	<b>26,4</b>
<b>Марка трактора</b>	<b>МТЗ-82</b>	<b>«Беларус-1025»</b>	<b>«Беларус-1025»</b>
<b>Скорость, км/ч</b>	<b>12</b>	<b>10,6</b>	<b>12,5</b>
<b>Удельные энергозатраты, кДж/кг</b>	<b>1,30</b>	<b>0,72</b>	<b>0,69</b>

Представленные в таблице 3 данные наглядно демонстрируют, что решающим значением для снижения энергозатрат является урожайность: если урожайность возросла в 2,11 раза, то и удельные энергозатраты снизились в 1,89 раза. При одной и той же урожайности увеличение скорости агрегата приводит к снижению удельных энергозатрат, о чем свидетельствуют данные, приведенные в таблице 3. Скорость агрегата возросла в 1,18 раза, удельные энергозатраты снизились в 1,05 раза.

Эти данные наглядно свидетельствуют, что энергия расходуется на вращение механизмов граблей и ее достаточно, чтобы перемещать траву.

Наиболее интересные данные представлены в работе [9], когда все грабли были испытаны при средней урожайности и с одним и тем же трактором «Беларус-82,1» при различных скоростях движения агрегата. Поскольку испытания граблей проводились поэтапно, при испытаниях была различная влажность травы и, как следствие, изменялась урожайность. Данные представлены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4 – Технические характеристики граблей по результатам испытаний в ГУ «Белорусская МИС»

<b>Наименование показателя</b>	<b>Значение</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Марка</b>	<b>ГВЦ-6,6</b>	<b>ГВБ-6,2</b>	<b>ГВБ-6,2</b>	<b>ГР-700П</b>	<b>ГВР-7,0</b>	
<b>Изготовитель</b>	<b>ОАО «Лидагропром-маш»</b>	<b>ОАО «Лидсель-маш»</b>	<b>ОАО «Калинковичский РМЗ»</b>	<b>ОАО «Бобруйскагро-маш»</b>	<b>ОАО «Ляховичский райагросервис»</b>	
<b>Тип</b>	<b>Полуприцепной</b>	<b>Полуприцепной</b>	<b>Полуприцепной</b>	<b>Полуприцепной</b>	<b>Полуприцепной</b>	

1	2	3	4	5	6
Агрегатирование	трактор класса 1,4	трактор класса 1,4	трактор класса 1,4	трактор класса 1,4	трактор класса 1,4
Формирование валка	Центральное	Боковое, слева	Боковое, слева	Боковое, слева	Боковое, слева
Количество роторов, шт.	2	2	2	2	2
Количество граблин на роторе, шт.	9	10 на правом и 13 на левом	10 на правом и 13 на левом	8	11
Количество двойных зубьев на граблине, шт.	4	4	4	4	4

Таблица 5 – Показатели энергозатрат граблей по результатам испытаний в ГУ «Белорусская МИС»

Наименование показателя	Значение				
	2	3	4	5	6
Марка	ГВЦ-6,6	ГВБ-6,2	ГВБ-6,2	ГР-700П	ГВР-7,0
Изготовитель	ОАО «Лидагропром-маш»	ОАО «Лидсель-маш»	ОАО «Калинковичский РМЗ»	ОАО «Бобруй-скагро-маш»	ОАО «Ляховичский райагро-сервис»
Состав агрегата, марка:					
– граблей	ГВЦ-6,6	ГВБ-6,2	ГВБ-6,2	ГР-700П	ГВР-7,0
– трактора	«Беларус-82,1»				
Урожайность, т/га:					
– при влажности свежескошенной массы	21,7				
– при пересчете на фактическую влажность	19,9	14,8	12,8	15,8	10,0
Влажность скошенной массы, %	81,9				
Влажность при сгребании массы	80,2	73,5	69,4	75,1	60,7
Скорость, км/ч	8,2	8,2	8,2	8,2	8,5
Фактическая ширина захвата (с учетом ширины валка), м	6,6	6,6	6,6	6,9	6,9
Потери массы при сгребании, т/га	0,02	0,07	0,05	0,23	0,04

1	2	3	4	5	6
Расход топлива, <i>кг/ч</i>	6,81	6,65	6,65	6,97	6,5
Потребляемая мощность, <i>КВт</i>	21,3	19,8	19,8	22,7	19,4
Коэффициент использования потребляемой мощности двигателя, %	36,2	33,7	33,7	38,6	33,0
Удельный расход топлива, <i>кг/га</i>	1,26	1,23	1,23	1,23	1,11
Удельные энергозатраты, <i>кДж/кг</i>	0,712	0,890	1,029	0,914	1,191
Скорость рабочая, <i>км/ч</i>	9,5	9,7	9,7	9,7	9,8
Потери массы при сгребании:					
– <i>т/га</i>	0,03	0,11	0,11	0,32	0,01
в процентах к урожаю	0,15	0,74	0,86	2,02	0,1
Расход топлива, <i>кг/ч</i>	7,47	6,70	6,97	7,18	6,6
Потребляемая мощность, <i>КВт</i>	24,2	20,3	22,7	23,8	19,6
Коэффициент использования потребляемой мощности двигателя, %	41,2	34,5	38,6	40,5	33,3
Удельный расход топлива, <i>кг/га</i>	1,19	1,05	1,09	1,07	0,98
Удельные энергозатраты, <i>кДж/кг</i>	0,698	0,771	0,997	0,810	1,043
Скорость рабочая, <i>км/ч</i>	11,9	12,3	12,2	12,2	12,5
Потери массы при сгребании:					
– <i>т/га</i>	0,22	0,30	0,34	0,47	0,29
в процентах к урожаю	1,11	2,03	2,66	2,97	2,9
Расход топлива, <i>кг/ч</i>	8,05	7,0	7,47	7,25	6,77
Потребляемая мощность, <i>КВт</i>	26,2	21,7	24,2	24,5	20,4
Коэффициент использования потребляемой мощности двигателя, %	44,6	36,9	41,2	41,7	34,7
Удельный расход топлива, <i>кг/га</i>	1,03	0,86	0,93	0,86	0,78
Удельные энергозатраты, <i>кДж/кг</i>	0,603	0,650	0,845	0,663	0,851

Представленные в таблице 5 данные свидетельствуют, что существуют отличия в энергооценке традиционным способом и с помощью удельных энергозатрат. Так, наименее энергозатратными являются грабли ГВЦ-6,6 и ГВБ-6,2 (ОАО «Лидсельмаш»), в то же время если исходить из расчета затрат топлива, они наиболее затратные. Увеличение скорости движения агрегата приводит к снижению энергозатрат, это подтверждает сделанный ранее вывод о том, что энергия расходуется на вращение механизмов граблей и этой энергии достаточно для перемещения травы.

Удельные энергозатраты можно определить и для пресс-подборщика, произведение  $Q \cdot q$  в формуле (1) необходимо заменить пропускной способностью. Для пресс-подборщиков ПР-Ф-145 и ПРМ-15 – на основании данных протокола функциональных испытаний «Белорусской МИС» [10]:

$e = 16,36$  кДж/кг для сена, ПР-Ф-145;

$e = 15,89$  кДж/кг для сена, ПРМ-150.

Удельные затраты для перевозок необходимо определить по следующей формуле:

$$e = \frac{N}{m_{гр} \cdot V} S,$$

где  $m_{гр}$  – масса груза, кг;

$V$  – скорость движения, м/с;

$S$  – расстояние, на которое надо перевезти груз, м.

Для погрузчика-транспортировщика рулонов ТП-10 на основании данных протокола приемочных испытаний «Белорусской МИС» [11] для сена (расстояние – 10 км, скорость – 18,4 км/ч):

$e = 14,32$  кДж/кг.

Самопогрузка ТП-10 рулоном, по данным МИС, составит:

$e = 0,38$  кДж/кг.

Энергозатраты при выгрузке составят:

$e = 0,31$  кДж/кг.

Затраты в сумме составят:

$e = 15,01$  кДж/кг.

Энергозатраты при заготовке сена на каждой операции составят:

– кошение:  $e = 2,657$  кДж/кг;

– ворошение:  $e = 0,602 \cdot 2 = 1,204$  кДж/кг;

– сгребание:  $e = 0,603$  кДж/кг;

– прессование:  $e = 15,89$  кДж/кг;

– погрузка, транспортировка и выгрузка:  $e = 15,01$  кДж/кг.

Расчет суммарных энергозатрат необходимо произвести по конечному продукту – селу. Влажность сена при выполнении окончательной операции (при прессовании) составляла 12,3%, поэтому урожайность необходимо рассчитать, исходя из влажности 12,3%, по формуле:

$$q = \frac{q_1(100 - W)}{100 - W}, \quad (2)$$



где  $W_1$  – влажность травы при фактической урожайности, %;  
 $W$  – влажность травы 12,3%;  
 $q_1$  – фактическая урожайность;  
 $q$  – урожайность при влажности, равной 12,3%.

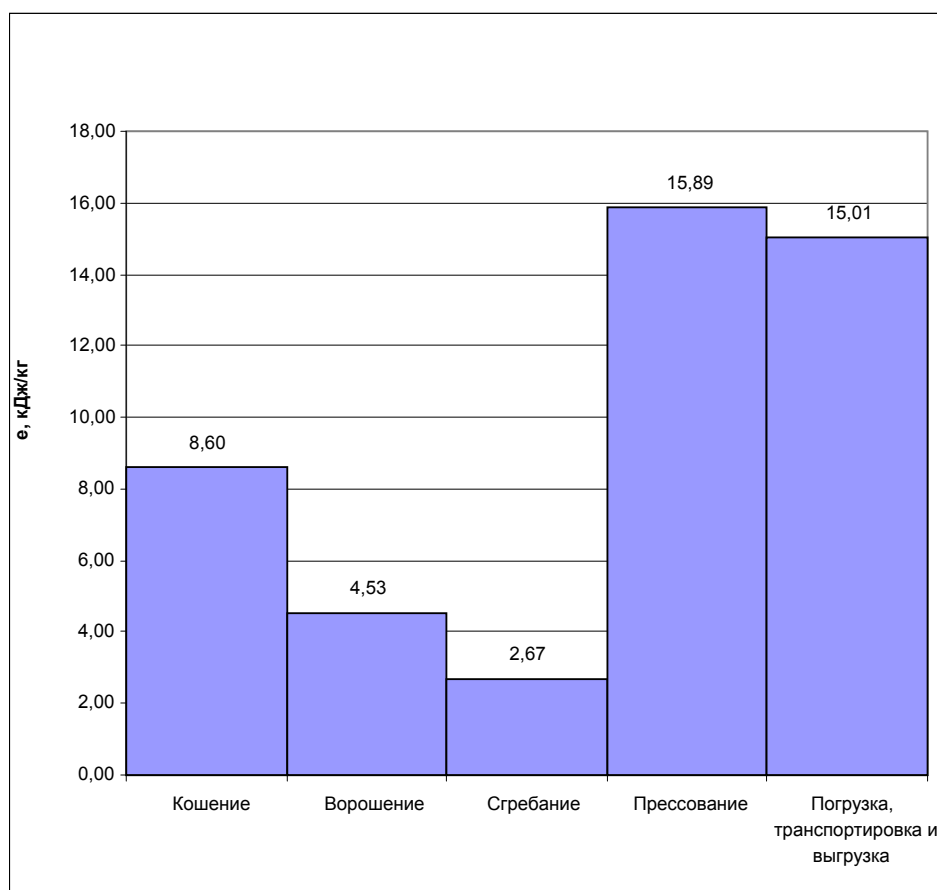
Влажность травы составляла 72,9% при кошении косилкой КДН-2,7. При ворошении ворошилкой ВВР-7,5 влажность травы составила 76,7%.

Влажность травы при сгребании граблями ГВЦ-6,6 составляла 80,2%.

Тогда, рассчитав урожайность сена с влажностью 12,3% по формуле (2), получим следующие значения:

- кошение:  $e=8,598$  кДж/кг;
- ворошение, двукратное:  $e=2,266 \cdot 2=4,532$  кДж/кг;
- сгребание:  $e=2,671$  кДж/кг.

Значения для прессования, погрузки, транспортировки и выгрузки останутся неизменными. Результаты расчетов представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1 – Результаты расчетов**

Суммарные энергозатраты на получение прессованного сена составят 46,70 кДж/кг. Энергетическая ценность одного килограмма сена в среднем составляет 6,9 МДж/кг [12]. То есть общие затраты на заготовку прессованного сена составляют всего 0,68% от его энергетической ценности.

## Заключение

Проведенный анализ показал, что самыми затратными операциями являются прессование и транспортировка. Анализ энергозатрат при сгребании показал, что основная часть энергии расходуется на вращение механизмов граблей и этой энергии достаточно для перемещения травы.

13.07.10.

## Литература

1. 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.
2. Андрусенко, Б.И. Исследование и изыскание оптимальных параметров рабочих органов граблей ворошилок ротационного типа: автореф. дис. ...канд. техн. наук / Б.И. Андрусенко. – М., 1976. – 26 с.
3. Особов, В.И. Сеноуборочные машины и комплексы / В.И. Особов, Г.К. Васильев. – М.: Машиностроение, 1983. – С. 308.
4. Современная сельскохозяйственная техника для ворошения травы и ее оценка / С.В. Крылов [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб: в 2 т. Т. 2. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 43. – С. 3-9.
5. Протокол приемочных испытаний ворошилки-вспушителя ВВР-7,5 №077Б1/4–2008 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2008. – 53 с.
6. Протокол приемочных испытаний косилки дисковой навесной КДН-2,7 №081 Б1/4–2007 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2007. – 52 с.
7. Протокол приемочных испытаний косилки дисковой навесной КДН-3,1 №082 Б 1/4–2007 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный 2007. – 50 с.
8. Протокол приемочных испытаний граблей-валкователей с центральным расположением вала ГВЦ-6,6 №075Б ¼–2008 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2008. – 57 с.
9. Отчет о результатах функциональных испытаний граблей отечественного производства, изготовленных с использованием рабочих органов и других комплектующих зарубежных фирм №105...109 б 8/4–2008 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2008. – 36 с.
10. Отчет о результатах функциональных испытаний пресс-подборщика многоцелевого ПРМ-150 на подборке валков сена и подвяленных трав / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2009. – 20 с.
11. Протокол приемочных испытаний опытного образца подборщика-транспортировщика рулонов ТП-10 №112–2003 / ГУ «Белорусская МИС». – Привольный, 2003. – 39 с.
12. Состав и питательность кормов (союзные республики, экономические районы РСФСР) / Под ред. И.С. Шумилина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 303 с.

УДК 631.3:658.155

**С.В. Крылов, В.С. Костюк, В.В. Русаков**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

**ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОВ  
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ  
РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ЗАГОТОВКИ ТРАВЯНИСТЫХ  
КОРМОВ**

## Введение

В работе [1] продемонстрирована существенная методическая недоработка нормативных документов [2, 3] по определению экономической эффективности разрабатываемой сельскохозяйственной техники. На наш взгляд, существуют и другие недостатки данных документов.

## Проблемы экономической оценки различных технологий заготовки трав

В документе [3] формула (23) в пункте 6.2.2 (стр.8)

$$K_{y\partial} = \sum_i \frac{B_i E_H}{W_{\text{эк}} T_{zi}}$$

приведена неверно. Должно быть записано:

$$K_{y\partial} = \sum_i \frac{B_i}{W_{\text{эк}} T_{zi}},$$

где  $B_i$  – цена техники предприятия-изготовителя (без НДС и торговой наценки) с учетом затрат на доставку и монтаж, руб.;

$W_{\text{эк}}$  – производительность машины за час эксплуатационного времени, ед. *наработки/ч*;

$T_{zi}$  – зональная годовая загрузка машины, ч;

$E_H$  – коэффициент эффективности капиталовложений ( $E_H = 0,2$ ).

Само определение  $B_i$  в документе [3] как цены техники предприятия-изготовителя (без НДС и торговой наценки) является весьма затруднительным, особенно в отношении зарубежной техники. В документе [2]  $B_i$  определяется более верно,  $B_i$  – балансовая цена машины, руб.

Это наиболее правильно при сравнении различных технологий заготовки кормов, так как данное определение значительно ближе к реальным условиям сельскохозяйственного производства. Сравнение различных технологий заготовки кормов традиционно осуществляется путем сравнения удельных затрат: топлива, живого труда, а также сравнением приведенных затрат. Определение приведенных затрат более логично представлено в документе [2], поэтому авторы работы [4], исходя из документа [2], определяли приведенные затраты по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \Pi = & \frac{B_m}{W_{\text{эк}} \cdot T_3} (\Gamma_{Tm} + \Gamma_K + a + E) + \frac{B_{Tp}}{W_{\text{эк}} \cdot T'_3} (\Gamma'_T + \Gamma'_K + a' + E') + \\ & + \frac{1}{W_{cm}} \sum_j L_j \cdot \tau_j \cdot K_D + q \cdot Ц + \sum_i h_i \cdot Ц_i, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $B_m, B_{Tp}$  – балансовая цена машины и трактора соответственно, руб.;

$T_3, T'_3$  – зональная годовая загрузка машины и трактора соответственно, ч;

$W_{\text{эк}}$  – производительность агрегата за 1 ч эксплуатационного времени, ед. *наработки/ч*;

$\Gamma_{Tm}, \Gamma'_T$  – коэффициенты отчислений на текущий ремонт и техническое обслуживание машины и трактора соответственно;

$\Gamma_K, \Gamma'_K$  – коэффициенты отчислений на капитальный ремонт машины и трактора соответственно;

$a, a'$  – коэффициенты отчислений на реновацию машины и трактора соответственно;

$E, E'$  – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений для машины и трактора соответственно;

$W_{cm}$  – производительность агрегата за 1 ч сменного времени, ед. *наработки/ч*;

$L_j$  – количество обслуживающего персонала  $j$ -го разряда, чел.;

$\tau_j$  – часовая тарифная ставка оплаты труда обслуживающего персонала по  $j$ -му разряду, руб./чел.-ч;

$K_d$  – коэффициент, учитывающий доплаты по расчету за продукцию, премии, надбавки за классность и стаж работы, квалификацию, оплату отпусков и начисления по социальному страхованию;

$q$  – расход горюче-смазочных материалов, электроэнергии, кг/ед. наработки, кВт·ч/ед. наработки;

$C$  – цена 1 кг топлива, 1 кВт·ч электроэнергии (включая стоимость смазочных материалов, приходящуюся на 1 кг основного топлива или 1 кВт·ч электроэнергии), руб./кг, руб./кВт·ч;

$h_i$  – удельный расход материала  $i$ -го вида, кг/ед. наработки, м/ед. наработки, шт./ед. наработки;

$C_i$  – цена материала  $i$ -го вида, руб./кг, руб./м, руб./шт.

Из формулы (1) следует, что чем выше зональная годовая загрузка, тем меньше приведенные затраты. Согласно [3], зональную годовую загрузку машины (трактора) принимают по действующим нормативам. В случае отсутствия нормативов ее определяют по технологическим картам по формуле:

$$T_3 = D \cdot t, \quad (2)$$

где  $D$  – число дней работы машины (трактора) за агротехнический срок;

$t$  – число часов работы машины (трактора) в день (эксплуатационного времени).

Формула (2) также не является корректной, если исходить из условий сельскохозяйственного производства. Количество часов работы машины каждый день может значительно меняться в течение года. Поэтому определять зональную годовую загрузку машины следует по формуле:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^D t_{3i},$$

где  $D$  – число дней работы машины (трактора) в году;

$t_{3i}$  – число часов работы машины (трактора) в день (эксплуатационного времени).

Годовая нормативная наработка сельскохозяйственных машин приведена в документе [5]. Во введении данного документа имеется следующая фраза: «Показатели надежности, приведенные в предстандарте, подлежат апробации предприятиями Республики Беларусь, производящими сельскохозяйственную технику, с целью накопления исходных данных для проведения дальнейших научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по разработке научно обоснованных требований к надежности разрабатываемой сельскохозяйственной техники». Данная фраза свидетельствует о том, что в документе [5] представленные цифры отвечают лишь возможностям заводов-изготовителей, но никак не учитывают потребности сельского хозяйства. Поэтому было проведено сравнение нормативной наработки техники для уборки трав с реальной наработкой в условиях сельского хозяйства. Данные представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6 – Данные о годовой наработке и реальной зональной годовой загрузке машин

Тип и марка машины	Годовая нормативная наработка [5], ч	Зональная годовая загрузка, ч	
		по результатам приемочных испытаний	в реальных условиях хозяйства
Косилка КДН-2,7	150	107	502
Косилка КДН-3,1	150	293	396
Косилка КДЛ-2,7	150	–	803
Косилка КДЛ-2,1	150	–	366
Косилка КПр-9	150	–	20
Грабли ГВБ-6,2	150	122	–
Грабли ГВР-6,2	150	–	470
Грабли ГВЦ-6,6	150	225	–
Пресс-подборщик ПРФ-180	150	–	447
Подборщик-транспортировщик рулонов ТП-10	150	210	–
Полуприцеп специальный ПС-45 (1-й)	150	–	1087
Полуприцеп специальный ПС-45 (2-й)	150	–	186
Полуприцеп специальный ПС-60	150	600	–
Универсальное погрузочное средство «Амкодор 332»	140	–	2560
Универсальное погрузочное средство «Амкодор 342»	140	–	2745

Таблица 7 – Сравнение реальной зональной годовой загрузки машин с нормативным сроком службы

Тип машины	Нормативный срок службы, лет	Общее количество часов за нормативный срок службы, ч	Средняя зональная загрузка, ч	Отношение общего количества часов к средней зональной загрузке
Косилки	8	1200	509	2,36
Грабли	9	1350	470	2,87
Пресс-подборщик	9	1350	447	3,02
Прицепы и полуприцепы специальные	10	1500	636	2,36
Универсальное погрузочное средство	10	1400	2652	0,53

Данные о реальной годовой загрузке машин получены в РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье» и РСДУП «Племзавод «Красная звезда» за 2009 год. Представленные данные наглядно демонстрируют, что все машины эксплуатируются в реальных производственных условиях с гораздо большей зо-

нальной загрузкой, весь ресурс работы вырабатывается за срок, гораздо меньший, чем предлагает документ [5].

### Заключение

1. Основная нагрузка по кошению травы в настоящее время лежит на косилках с шириной захвата до 3,1 м.

2. При экономическом сравнении различных технологий некорректно пользоваться данными документа [5], так как они совершенно не отвечают действительности.

3. При таком интенсивном использовании машин в реальных условиях нормативный срок службы должен быть сокращен, и при проведении расчетов по определению потребности в машинах этот фактор должен учитываться.

4. Необходимо провести исследования по обоснованию коэффициентов на реновацию машины, на ремонт, обслуживание и капитальные вложения.

26.08.10.

### Литература

1. 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. – Т.2. – С. 149-156.

2. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки: ГОСТ 23728–88 – ГОСТ 24059–88. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 24 с.

3. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей ТКП 151–2008 (02150). Технический кодекс установившейся практики: ОСТ 10.2.18–2001. – Минск: Минсельхозпрод, 2001. – 14 с.

4. Экономическая эффективность заготовки травяных кормов машинами отечественного производства / А.В. Ленский [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск, 2009. – Т. 3 – С. 75-78.

5. Техника сельскохозяйственная. Показатели надежности: СТБП 1616–2009. – Минск: Госстандарт, 2009. – 21 с.

УДК 636.085.55.002.2:66.013

А.Л. Тимошук,

С.Л. Романов, А.В. Гришков

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

**КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ  
КОМБИНИРОВАННЫХ  
КОРМОВ – ЭФФЕКТИВНЫЙ  
ПУТЬ К ИХ ОБЕЗЗАРАЖИВА-  
НИЮ И ПОВЫШЕНИЮ КОР-  
МОВОЙ ЦЕННОСТИ**

### Введение

Одной из причин снижения качества кормов являются некоторые виды микроорганизмов и продукты их жизнедеятельности – токсины. Растительные объекты являются постоянным местом обитания грибов, дрожжей, бактерий, актиномицетов. В только что убранным зерне находятся палочковидные и кокковидные формы бактерий, встречаются неспорообразующие бактерии. В кормах найдены бактерии *Bacillus*, *Clostridia*, *E. coli*, *Salmonella*, *Listeria*, *Proteus* и др. В зерне можно обнаружить не только традиционные бактерии, но и возбу-

дители опасных болезней: сибирской язвы, сальмонеллеза, бруцеллеза и др. Поскольку в качестве фуражного нередко используется испорченное зерно, наличие микробиальных загрязнений в кормах, не прошедших тепловую обработку, весьма вероятно. Мясо-костная, костная, рыбная мука, жмыхи и шроты являются хорошей средой обитания для сальмонелл. Даже если партия имеет сертификат безопасности, при ее хранении в условиях повышенной влажности и температуры происходит их бурное размножение [1].

Токсические грибы, проникшие с кормом в организм животных, прорастают и размножаются в органах и тканях животных и приводят к механическим и токсическим расстройствам – микозам. Животные наиболее чувствительны к двум родам головневых грибов – *Ustilago* (пыльная головня) и *Tilletia* (вонючая головня пшеницы и твердая головня ржи), спорыньи. Фузариотоксикозы вызываются при скармливании кормов, пораженных грибами рода *Fusarium*. Часто корма также поражают грибы родов *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Rhizopus*. Большинство грибов, которыми поражаются зерно бобовых и злаковых, токсично для животных. Эти грибы присутствуют практически во всех видах комбикормов. Питательность, химический состав и качество кормов, пораженных грибами, резко снижаются.

Микотоксикозы – одна из наиболее экономически значимых проблем современного животноводства [2]. Сегодня известно более трехсот микотоксинов – продуктов жизнедеятельности микроскопических грибов. Лаборатории могут выявить лишь малую часть из уже известных микотоксинов, большинство которых проявляют токсическое действие в отношении животных и птицы. Наиболее изучены свойства самых распространенных: афлатоксина, охратоксина, фумонизина, зеараленона, группы трихотеценов. Ведется изучение и других микотоксинов, таких, как эрготоксины. Большое значение для животных и птицы имеет их синергическое токсичное действие. Известно о кумулятивных свойствах микотоксинов. При скармливании кормов с микотоксинами в результате аккумуляции доза полученных животными или птицей токсинов становится критической и проявляется преимущественно в снижении аппетита, общем угнетении, нарушении пищеварения и т.д. Микотоксины также разрушают иммунную систему животных, и, что особенно важно, даже когда присутствуют в корме в пределах ПДК.

В Беларуси широко возделываются такие культуры, как лен и вика. Однако в льняных жмыхах и шроте содержится цианогенный глюкозид – линамарин, в вике – вицианин. Во влажной среде и при повышенной температуре (но ниже 60°C) цианогенные глюкозиды гидролизуются под действием ферментов с образованием синильной кислоты (HCN). Это сильнейший яд, поражающий не только ткани организма, но и внутритканевое дыхание. Температура выше 60°C разрушает фермент липазу, и синильная кислота из линамарина не образуется. В научных исследованиях разрабатывается новое направление – нейтрализация токсического действия микотоксинов ферментами.

## Анализ способов нейтрализации антипитательных факторов в комбинированных кормах

Для подавления микроорганизмов можно использовать обработку кормов озоном  $O_3$ , который также воздействует на фунгициды, присутствующие в кормах [3]. Озон отщепляет от органической молекулы фунгицида ион металла и переводит его в окисел, в результате образуются нетоксичные соединения. Пестициды более устойчивы к озону, они разлагаются при жестких режимах обработки, которые одновременно разрушают витамины и другие биологически активные вещества кормов. Обрабатывать озоном комбикорма можно как на месте их производства, так и на месте потребления. В первом случае при обработке озоном можно установить жесткий контроль качества продукции. Однако не исключено повторное заражение комбикормов, если в них вводят добавки после воздействия озона. Следует отметить, что после обработки бактериальная обсемененность комбикормов уменьшается не более чем на порядок, то есть уничтожаются наиболее чувствительные к воздействию озона формы микроорганизмов, не уничтоженными остаются споровые формы бактерий и грибов.

Наиболее эффективной является термообработка комбикормов, так как она почти полностью уничтожает колонии плесневых грибов, вырабатывающих токсины, а также патогенные микроорганизмы и другие бактерии [4]. Термическая обработка инактивирует антипитательные факторы некоторых компонентов комбикормов. Процесс гранулирования применяют, когда для кормления животных и птицы необходимы гранулы или крупка, а также для исключения самосортирования при транспортировании комбикорма на большие расстояния.

Термообработка включает два этапа. На первом продукт смешивают с горячим сухим паром, под его действием происходит нагревание сухого комбикорма и он становится более мягким и пластичным, что является необходимым условием для гранулирования. На втором этапе при использовании кондиционера длительной выдержки – до 240 сек и при соблюдении необходимой температуры максимально прогревается каждая частица продукта, при этом уничтожаются болезнетворные бактерии и грибы. При подборе режимов возникает дилемма: чтобы сохранить активность витаминов и ферментов в комбикорме, необходимы щадящие режимы термообработки, а чтобы инактивировать антипитательные свойства компонентов кормов – желателен более жесткий режим.

Обработка кормов на прессе-грануляторе включает кондиционирование как часть технологии. В кондиционере кормовой продукт с помощью ротора интенсивно смешивается с паром, происходит его пластификация и стерилизация. На качество гранул влияют такие факторы, как температура пара, число проходов через кондиционер, время кондиционирования. При производстве комбикормов для птицы давление пара составляет 0,2–0,4 МПа, температура 100–120°C. Если используется сырье с изначально высокой влажностью, кондиционирование проводят при высоком давлении пара – 0,4–0,5 МПа. Как пра-



вило, на каждые 11°С увеличения температуры материала под воздействием пара в гранулируемую смесь добавляется 1% влаги.

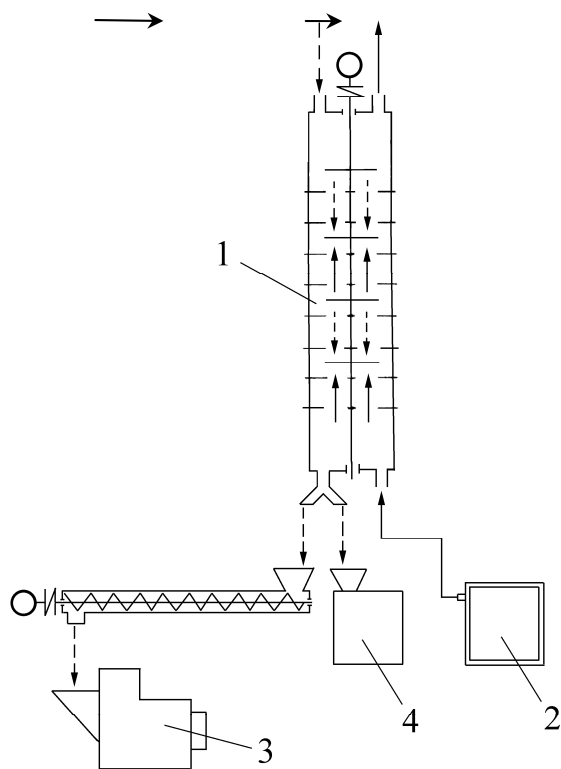
После кондиционирования содержание влаги в кормовой смеси должно составлять 15–17%. Чем больше число проходов через кондиционер и дольше время кондиционирования, тем лучше будет приготовлен комбикорм. Однако при этом возрастут и затраты.

Цилиндры кондиционеров изготавливают различных диаметров – от 250 до 500 мм. Чтобы материал лучше распределялся внутри цилиндра, отношение длины кондиционера к его диаметру должно составлять 6:1. Для кондиционера длиной около 2–3 метров время кондиционирования может составить 30–180 мин. Скорость вращения вала кондиционера – 300–420 об/мин.

Преимущество в скорости процесса имеет технология экспандирования кормов [5]. В процессе экспандирования кормовую смесь предварительно обрабатывают паром в смесителе, а затем пропускают через экспандер. Благодаря особому расположению сегментов шнека, внутри установки создается высокое давление. Оно постепенно повышает температуру продукта и доводит ее до максимума непосредственно перед концом обработки, продолжительность которой составляет несколько секунд. В момент выхода корма из кольцевого зазора давление резко уменьшается. Происходит внезапный выброс пара из продукта, что меняет его структуру. Экспандирование повышает усвояемость и переваримость компонентов комбикорма, его качество и безопасность. Под воздействием высокой температуры и резких изменений давления во время обработки в значительной мере погибают бактерии кишечной группы и плесневые микроорганизмы (снижение содержания на полтора-два порядка). Высокая температура при экспандировании также способствует расщеплению антипитательных веществ, таких как глюкозинолаты в рапсовых продуктах и ингибитор трипсина в сое. Затраты энергии при температуре 100°С – 10–15 кВт на одну тонну комбикормов.

Существует технология охлаждения комбикормов после гранулятора с использованием искусственного холода, которая предусматривает смешивание горячих гранул с рассыпным комбикормом в теплообменнике, в котором вследствие этого контакта происходит тепло- и влагообмен между горячими гранулами и рассыпным комбикормом. Все тепло горячих гранул утилизируется и используется для нагрева рассыпного комбикорма до температуры 35–45°С, что позволяет обеспечить его частичное обеззараживание, а также повысить прочность гранул [6].

Значительный интерес представляет установка анаэробной пастеризации и кондиционирования комбикормов (рисунок 3) с использованием парогенератора прямого розжига. Преимущества такого парогенератора [7]:



– пар – – продукт

1 – вертикальный противоточный кондиционер; 2 – парогазогенератор; 3 – пресс-гранулятор; 4 – охладитель

**Рисунок 2 – Система анаэробной пастеризации и кондиционирования с использованием парогазогенератора прямого розжига**

сшиваются продукт и пар прямого розжига. Герметичные ротационные шлюзы удерживают теплоту в кондиционере и сохраняют бедную кислородом среду. Вертикальный поток пара с регулируемыми параметрами влажности и температуры идет навстречу комбикормовой массе, которая достигает оптимальной влажности. Полный теплообмен занимает около 4–5 минут.

Для снижения тепловых потерь в кондиционере применено теплозащитное покрытие.

### Экономическая эффективность

Кондиционирование в сравнении с экспандированием менее энергоемко. При экспандировании большое количество энергии теряется из-за теплового излучения и испарения пара при резком снижении давления. Под действием высокой температуры разрушаются витамины, находящиеся в комбикормах.

При кормлении подвергнутым термообработке кормом свиней (ФРГ, Саксония, 2005 г.) конверсия корма у животных опытной группы составляла 2,99 к.ед. на 1 кг привеса и была на 4,8% лучше в сравнении с контрольной (3,14 к.ед.). Среднесуточные приросты живой массы подопытных свиней (788 гр.) превышали контрольные показатели на 3,3%. Кроме того, кормление

- быстрое производство пара (10 сек);
- тепловой КПД 98% с экономией энергии до 40–60% в сравнении с обычными паровыми котлами;
- регулируемая температура и влажность пара;
- низкое давление пара, менее чем 0,8 бар.

Особый интерес представляет парогазогенератор с камерой пульсирующего горения [8], который имеет коэффициент теплопередачи «газ-вода» более 200 Вт/м, работает в режиме самонадува и самоочистки отложений за счет вибраций.

Парогенератор (рисунок 2) производит обедненную кислородом (4–5% кислорода) смесь горячего воздуха и воды с варьируемыми независимо друг от друга параметрами влажности и теплоты. В вертикальном динамичном противоточном кондиционере в обедненном кислородом воздухе смешиваются продукт и пар прямого розжига.

таким кормом уменьшило падеж подопытных животных на 1,5% и заметно улучшило состояние их здоровья в сравнении с контрольной группой.

Имеются данные, что при снижении бактериальной обсемененности кормов без изменения витаминного состава и снижения содержания каротина в птицеводческом хозяйстве на 5–8% повысилась сохранность молодняка, на 7–10% увеличился его суточный привес.

Применение парогенератора прямого розжига позволит экономить 40–60% топлива по сравнению с другими методами паротепловой обработки комбикорма и повысить производительность пресса-гранулятора на 25–30%, а также уменьшить износ матриц.

### **Заключение**

Применение установки для кондиционирования комбинированных кормов путем влаготепловой обработки в обедненной кислородом паровоздушной среде с использованием парогенератора прямого розжига позволит получить комбикорм более высокого качества, что снизит его расход на единицу продукции на 4–6%. В результате уменьшится падеж животных и вынужденный забой. При применении этой технологии удельный расход электроэнергии будет снижен на 20–25%, на 30% увеличится ресурс эксплуатации матрицы пресса-гранулятора, будет обеспечена его нормальная работа с трудно гранулируемыми кормами, при крупном их измельчении, при гранулировании кормов с высоким содержанием жира или при низком качестве сырья и пара. На этапе кондиционирования комбикорма можно обогатить жидкими добавками, в том числе ввести до 6% жира без потери прочности гранул. Использование кондиционера позволит производить обработку рассыпного комбикорма, и, если необходимо, миновать пресс-гранулятор – при этом корм поступает в специальный охладитель.

*12.07.10.*

### **Литература**

1. Черняев, Н.В. Влаготепловая обработка зерна и комбикормов / Н.В. Черняев, А.И. Изотова, М.А. Высоцкая // *Обзорная информация ЦНИИТЭИ Министерства хлебопродуктов СССР*. – М., 1986. – С. 1-63.
2. Брылин, А. Передовые технологии обеззараживания кормов / А. Брылин // *Комбикорма*. – 2008. – №4. – С. 81-82.
3. Першин, А. Обеззараживание комбикормов озоном / А. Першин // *Комбикорма*. – 2008. – №4. – С. 42
4. Маврин, О. Оптимальное решение: гранулирование и термообработка за 240 секунд / О. Маврин // *Комбикорма*. – 2009. – №1. – С. 33-35.
5. Урбат, Ш. Преимущества экспандирования / Ш. Урбат, К. Веке, Х. Райхенбах // *Животноводство России*. – Февр. 2009. – С 53-54.
6. Лыткина, Л.И. Новые технологии производства комбикормов с использованием искусственного холода / Л.И. Лыткина // *Кормопроизводство*. – 2008. – №1. – С 30-32.
7. Технология APC: проспект фирмы «AWILA». – 6 с.
8. Парогазогенератор: проспект / Брестский государственный технический университет. – 2 с.

**Введение**

Основными показателями, определяющими качество сенажа, заготавливаемого в траншейное хранилище, курганы или бурты, является его влажность и плотность. Согласно [1], оптимальная влажность для приготовления сенажа составляет 55–60%, при такой влажности плотность заготавливаемого сенажа должна быть 550–600 кг/м<sup>3</sup>.

Консервация сенажа происходит по другим законам, нежели консервация силоса. В отличие от силоса консервирование сенажной массы происходит за счет так называемой физиологической сухости трав. При провяливание травы до влажности 45–50% влагоудерживающая сила клеток составляет 55–60 атм и более. Вместе с тем сосущая сила большинства бактерий составляет 50–52 атм, следовательно вода недоступна для бактерий в сенаже, они не могут развиваться. Плесневые грибы обладают сосущей силой в 300 атм, но им для развития необходим воздух, поэтому уплотнение сенажа и герметизация хранилища не позволяют развиваться плесени. Также необходимо учитывать, что при провяливание травы количество молочнокислых бактерий возрастает больше чем в 200 раз, а при влажности 50% они составляют 89% от общего количества микроорганизмов, при этом количество гнилостных бактерий снижается [2, 3, 4]. Следовательно, при увеличении влажности свыше 60% консервации корма как сенажа происходить не будет, при такой влажности начнут развиваться гнилостные бактерии, что приведет к порче корма. Поэтому важно определить, как влияют осадки на влажность заготавливаемого сенажа.

**Определение влажности при выпадении осадков**

Влажность, согласно [5], определяется следующим образом:

$$W_0 = \frac{m_e}{m_0} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $m_e$  – масса воды, содержащейся в материале;

$m_0$  – масса материала.

Для рассматриваемого случая  $m_0$  – это масса утрамбованного сенажа. Выразим массу сенажа следующим образом:

$$m_0 = V_0 \cdot \rho_c = \frac{V_0 \cdot \rho_c}{h_0} \cdot h_0 = S_0 \cdot h_0 \cdot \rho_c, \quad (2)$$

где  $V_0$  – утрамбованный объем сенажа, м<sup>3</sup>;

$S_0 = V_0/h_0$  – средняя площадь утрамбованного сенажа, м<sup>2</sup>;

$h_0$  – средняя высота утрамбованного сенажа, м;

$\rho_c$  – средняя плотность утрамбованного сенажа,  $кг/м^3$ .

Выразим на основании формулы (1) массу воды в материале, используя выражение для  $m_0$  из уравнения (2):

$$m_в = \frac{W_0}{100} \cdot m_0 = \frac{W_0}{100} \cdot S_0 \cdot h_0 \cdot \rho_c. \quad (3)$$

Массу воды, попавшей на сенаж в виде дождя, находим по формуле:

$$m_д = S_0 \cdot h_д \cdot \rho_в, \quad (4)$$

где  $h_д$  – количество выпавшей в виде дождя воды,  $м$ ;

$\rho_в$  – плотность воды,  $кг/м^3$ .

Тогда результирующая влажность сенажной массы после дождя, согласно формуле (1), будет равна:

$$W_p = \frac{m_в + m_д}{m_0 + m_д} \cdot 100\%.$$

Используя формулы (2), (3) и (4), получим:

$$W_p = \frac{\frac{W_0}{100} \cdot S_0 \cdot h_0 \cdot \rho_c + S_0 \cdot h_д \cdot \rho_в}{S_0 \cdot h_0 \cdot \rho_c + S_0 \cdot h_д \cdot \rho_в} \cdot 100\% = \frac{W_0 \cdot h_0 \cdot \rho_c + h_д \cdot \rho_в}{h_0 \cdot \rho_c + h_д \cdot \rho_в} \cdot 100\%. \quad (5)$$

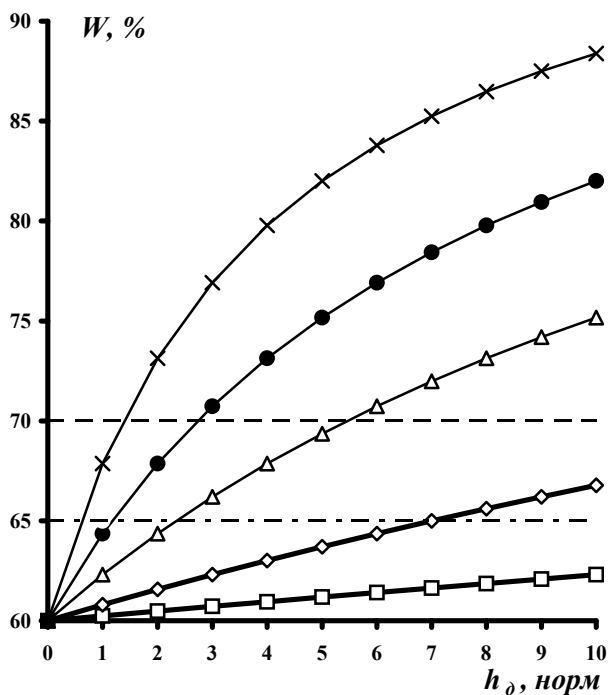
Переменная  $W_p$  зависит от значений  $W_0$ ,  $\rho_c$ ,  $h_0$ ,  $h_д$ , плотность воды – величина постоянная:  $\rho_в = 1000 \text{ кг/м}^3$ . Согласно [1], значению  $W_0$  должно жестко соответствовать значение  $\rho_0$ . Учитывая неустойчивость погоды в нашей республике, значение  $W_0$  принимаем равным 60% и  $\rho_c = \rho_0 = 600 \text{ кг/м}^3$ , соответствующее максимальному значению влажности, при которой происходит консервация травянистого корма как сенажа.

Первый укос в 2010 году начался в мае и, согласно метеорологическим данным (метеостанция, г. Борисов), за май 2010 года выпало 110,1 мм осадков. Тогда среднесуточная норма выпадения осадков за май будет  $\bar{h} = 110,1/30 = 3,67 \text{ мм} = 0,00367 \text{ м}$ .

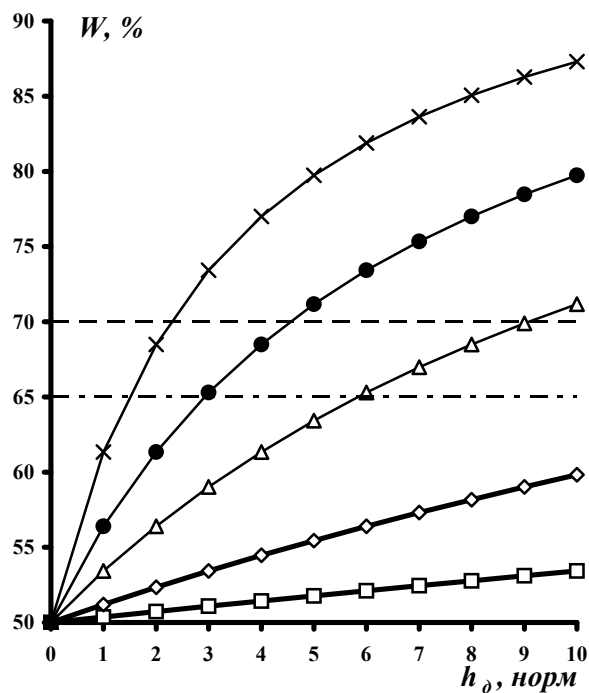
Из-за неустойчивости погоды может выпасть как одна среднесуточная норма осадков ( $h_д = 1 \cdot \bar{h}$ ), так и две ( $h_д = 2 \cdot \bar{h}$ ), три ( $h_д = 3 \cdot \bar{h}$ ) и т.д.

На рисунке 3а представлены графики зависимостей  $W_p = f(h_0, h_д)$ , вычисленные по формуле (5) при  $W_0 = 60\%$  и  $\rho_c = 600 \text{ кг/м}^3$  (на оси абсцисс количество осадков  $h_д$  задано в среднесуточных нормах). Показанные на графиках горизонтальные прямые соответствуют граничным значениям  $W_p = 65\%$  и  $W_p = 70\%$ . Сенаж получается, когда провяленная трава трамбуется при  $W_p \leq 60\%$ . Если значение  $W_p > 60\%$ , то процесс сенажирования нарушается и консервация должна происходить в соответствии с процессом консервации силлажа или силоса. Минимальное значение влажности для силоса равно 70%, для силлажа 60,1%. Значение влажности, равное 65%, соответствует среднему значению влажности для силлажа [1]. Также важно рассмотреть случай, когда влажность сенажа достигает оптимального значения  $W_0 = 50\%$ , тогда, согласно [1], принимаем  $\rho_c = \rho_0 = 500 \text{ кг/м}^3$  (рисунок 3б).

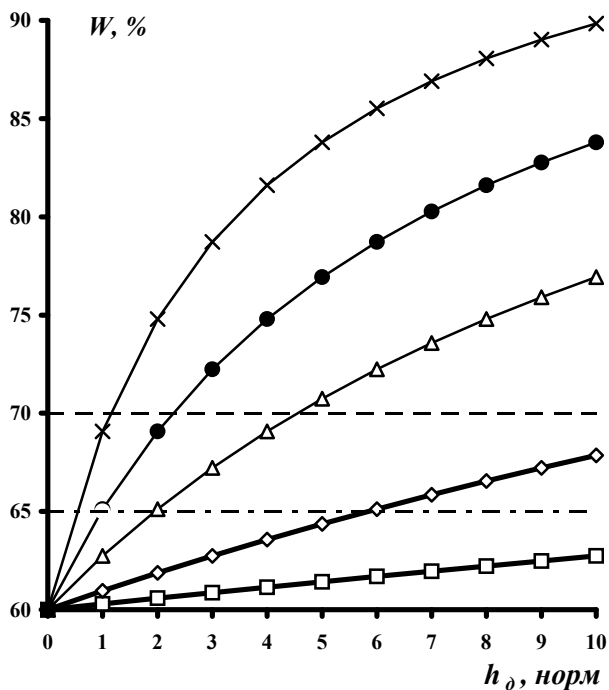
Так как осадки могут выпасть, когда оптимальная плотность трамбовки сенажа еще не будет достигнута, то важно рассмотреть варианты расчета  $W_0 = 60\%$  при  $\rho_c = 500 \text{ кг/м}^3$  и  $W_0 = 50\%$  при  $\rho_c = 400 \text{ кг/м}^3$  (рисунки 3в и 3г соответственно).



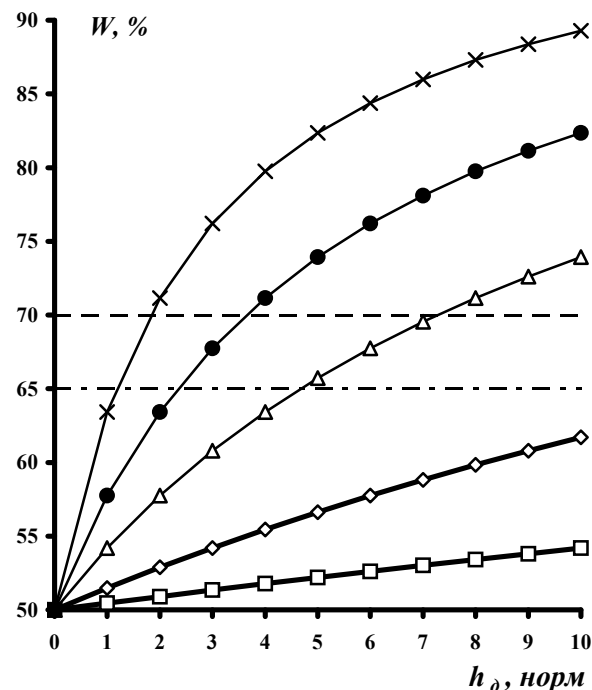
а)  $W_0 = 60\%$ ,  $\rho_c = 600 \text{ кг/м}^3$



б)  $W_0 = 50\%$ ,  $\rho_c = 500 \text{ кг/м}^3$



в)  $W_0 = 60\%$ ,  $\rho_c = 500 \text{ кг/м}^3$



г)  $W_0 = 50\%$ ,  $\rho_c = 400 \text{ кг/м}^3$

—□—  $h_0 = 1$ ; —◇—  $h_0 = 0,3$ ; —△—  $h_0 = 0,1$ ; —●—  $h_0 = 0,05$ ; —×—  $h_0 = 0,025$

Рисунок 3 – Зависимость  $W_p$  от среднесуточной нормы осадков

Глубина проникновения дождевой влаги в сенажную массу активно не исследовалась. Согласно [1], толщина ежедневно укладываемого слоя ( $h_0$ ) должна быть не меньше 0,8 м, поэтому в расчетах при построении графиков начнем с  $h_0 = 1,0$  м. Очевидно, что дождевая влага не проникнет на такую глубину и основная масса влаги сосредоточится в поверхностном слое небольшой толщины, в зависимости от количества и интенсивности выпавших осадков.

Из рисунка 3а видно, что для слоя утрамбованного сенажа толщиной  $h_0 = 25$  см выпадение даже одной среднесуточной нормы осадков приводит к существенному изменению влажности (с 60 до 67,9%). То же происходит и при исходной влажности сенажа  $W_0 = 50\%$ : уже при двукратной норме выпадения осадков в слое толщиной 25 см влажность изменяется с 50 до 68,5% (рисунок 3б). Этот процесс еще больше выражен, когда плотность сенажа в момент выпадения осадков еще не достигает нормативного уровня. Так, для слоя толщиной 50 см при исходной влажности 60% и  $\rho_c = 500$  кг/м<sup>3</sup> выпадение одной среднесуточной нормы осадков приводит к изменению влажности с 60 до 65,1% (рисунок 3в), а для  $W_0 = 50\%$  и  $\rho_c = 400$  кг/м<sup>3</sup> уже при двукратной норме выпадения осадков влажность меняется с 50 до 63,4% (рисунок 3г). Представленные данные наглядно демонстрируют, что закладка сенажа в дождливую погоду может привести к нарушению технологического процесса консервации сенажной массы.

### Заключение

При закладке сенажа во время выпадения осадков происходит нарушение технологии консервации сенажа. Внутри массы сенажа возникают слои силоса, где начинают развиваться гнилостные бактерии и плесень на дождевой влаге, что приводит к порче более значительного слоя сенажа. Поэтому для получения высококачественного сенажа хранилища необходимо оборудовать крышами.

15.07.10.

### Литература

1. Организационно-технологические нормативы производства продукции растениеводства и заготовки кормов: сб. отраслевых регламентов // Нац. акад. Наук Беларуси, Ин-т экономики НАН Беларуси, Центр аграрной экономики / разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2007. – 283 с.
2. Хохрин, С.Н. Корма и кормление животных / С.Н. Хохрин. – СПб.: Лам, 2002. – 512 с.
3. Кузьмин, Н.А. Кормопроизводство / Н.А. Кузьмин [и др.]. – М.: Колос, 2004. – 280 с.
4. Кормление животных / В.К. Менькин [и др.]. – М.: Колос, 2004. – 280 с.
5. Корма растительные. Методы определения влаги. ГОСТ 27548–97. – Введ. 01.01.1999. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 6 с.

УДК [(631.363:005.512):636.085.55]  
Л.Ф. Минько, С.В. Гаврилович,  
А.А. Кувшинов  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ КОМБИКОРМОВЫХ ЗАВОДОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ В ХОЗЯЙСТВАХ БЕЛАРУСИ

### Введение

В рациональном использовании кормов и повышении продуктивности животных первостепенную роль играет организация их кормления на основе использования комбикормов.

В условиях рыночных отношений на первый план в сельскохозяйственных предприятиях выходят проблемы организации рентабельного производства продукции животноводства, где определяющим фактором являются корма, составляющие в структуре себестоимости 55–70% от общих затрат.



Рисунок 4 – Структура и объем производства комбикормов, млн. т в год

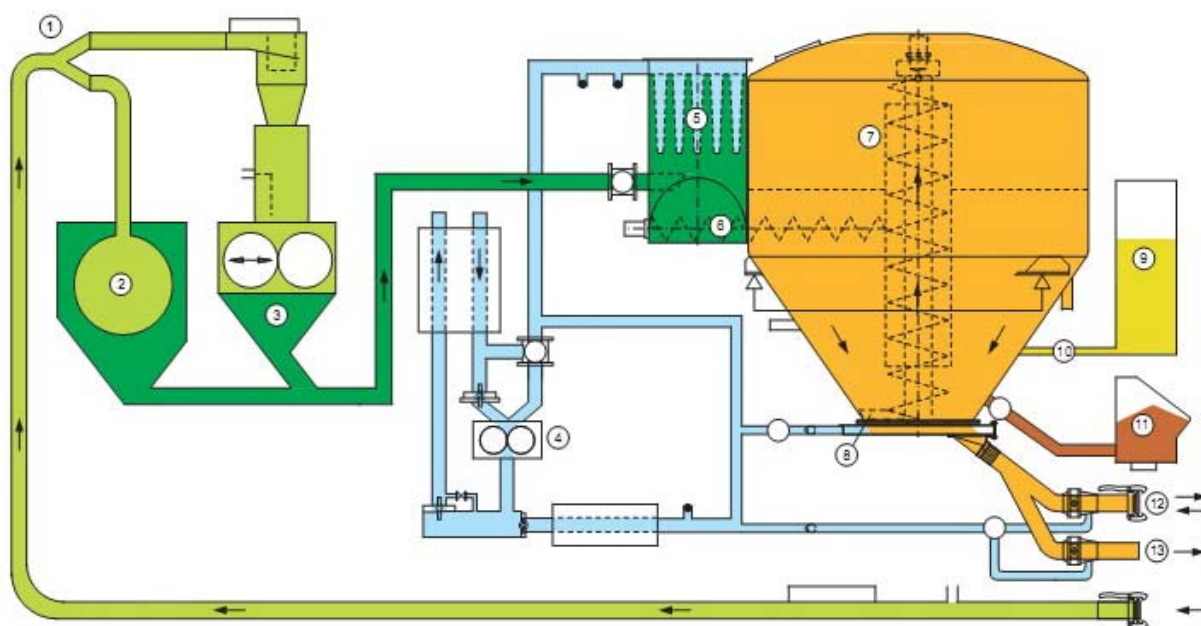
Для рационального использования зернофуража и производства требуемого количества комбикормов необходимо, наряду с хозяйственными комбикормовыми цехами, которые не всегда могут приобрести мелкие хозяйства, использовать мобильные комбикормовые заводы (рисунок 4). Целесообразность применения мобильных комбикормовых заводов подтверждается зарубежным опытом [1].

### Основная часть

Мобильный завод по производству комбикорма (рисунок 5) – это набор агрегатов, с помощью которых осуществляются размол сырья, добавка в комбикорм различных компонентов в соответствии с рецептурой, смешивание всех ингредиентов и выгрузка готового корма. Все эти агрегаты смонтированы на шасси грузового автомобиля, что и обеспечивает полную мобильность системы. В мобильный комбикормовый завод с помощью пневмозагрузочных рукавов можно подать зерно на переработку с любой точки склада, где оно хранит-



ся. Производительность мобильного завода достаточно высокая – до 10 т комбикорма в час.



1 – всасывающая заслонка; 2 – молотковая дробилка; 3 – зерноплющилка;  
 4 – роторный компрессор; 5 – полная аспирация; 6 – загрузочный шнек; 7 – напорно-всасывающий смеситель; 8 – ротационный всасыватель; 9 – емкость для кормового масла; 10 – счетчик кормового масла; 11 – воронка для загрузки компонентов; 12 – линия для разгрузки при помощи воздуха; 13 – выгрузной рукав

**Рисунок 5 – Технологическая схема мобильного комбикормового завода**

Большими издержками для многих сельхозпредприятий при производстве комбикормов являются транспортные расходы. В некоторых случаях расстояние перевозок зерна достигает 60–70 и более километров. Зерно надо грузить на машины и везти на комбинат, затем забирать комбикорм. Хозяйства вынуждены нести большие транспортные затраты, что увеличивает себестоимость производства комбикормов.

Экономически более выгодно использовать комбикорм, приготовленный на мобильных комбикормовых заводах, нежели на государственных. А комбинаты хлебопродуктов, уменьшив производство комбикормов, смогут увеличить выпуск премиксов и БВМД и даже объемы производства за счет оказания услуг сельхозпредприятиям на передвижных установках, вводя в состав кормов белковую и витаминно-минеральную группу, сделав тем самым корма более сбалансированными.

Преимуществом мобильных комбикормовых заводов является возможность их использования несколькими хозяйствами, в зависимости от потребности последних в концентрированных кормах.

Основные преимущества мобильных комбикормовых заводов:

- не требуется специально обученного персонала в хозяйстве;
- совместное использование мобильных заводов несколькими хозяйствами;
- рациональное использование сырья самих хозяйств;
- сокращение транспортных расходов;

- высокая производительность;
- технологический процесс удобен и прост;
- оборудование используется в течение всего года.

### **Результаты исследований**

Практикой и опытами, проведенными учеными РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в отдельных хозяйствах, установлено, что комбикорма, производимые непосредственно в хозяйствах, на 25–30% дешевле производимых на государственных комбикормовых заводах и по качеству не уступают последним [2].

Таблица 8 – Стоимость комбикормов

<b>Производители</b>	<b>Стоимость продукции, тыс. руб./т</b>
<b>Комбикормовые заводы</b>	<b>600–700</b>
<b>Цеха хозяйств</b>	<b>400–500</b>
<b>Мобильные заводы</b>	<b>450–550</b>

Производство комбикормов непосредственно в хозяйствах дает возможность сократить транспортные расходы на перевозку исходного сырья и готового продукта, из-за чего возможно ежегодно экономить по стране только на перевозках 25–30 тыс. т топлива и бесперебойно обеспечивать животных свежими доброкачественными комбикормами требуемой рецептуры [1].

Приближение производства комбикормов и кормовых добавок к источникам сырья и местам потребления позволяет более полно и рационально использовать сырье самих хозяйств (зернобобовые и масличные культуры, травяную муку).

### **Заключение**

1. Мобильные комбикормовые заводы высокорентабельны, надежны, легки в использовании. Их применение позволяет достичь значительной экономии денежных средств и одновременно повысить качество комбикормов для крупного рогатого скота, свиней и птицы. Следует отметить также, что мобильные комбикормовые заводы успешно работают во многих странах Европы.

2. Производство комбикормов непосредственно в хозяйствах, с использованием местных источников сырья самих хозяйств дает возможность сократить транспортные расходы на перевозку исходного сырья и готового продукта, бесперебойно обеспечивать животных свежим доброкачественным комбикормом требуемой рецептуры и существенно снизить себестоимость производимых комбикормов.

3. Опыт работы сельхозпредприятий, использующих для производства кормов мобильные комбикормовые заводы, говорит о том, что интенсификация в животноводстве и птицеводстве дает существенные результаты, что позволяет снизить затраты на производстве, работать более эффективно.

17.06.10.

## Литература

1. Лапотко, А.М. Использование фуражного зерна. С пользой для государства и себе не в убыток / А.М. Лапотко // Белорусское сельское хозяйство. – 2008. – № 9 (77).
2. Дашков, В.Н. Развитие производства комбикормов и кормовых смесей в Республике Беларусь / В.Н. Дашков, А.Д. Селезнев // Белорусское сельское хозяйство. – 2002. – № 2. – С. 22-25.

УДК 636.4:004.3

**И.И. Гируцкий, В.Ф. Марышев**

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

**А.А. Жур**

*(УО «БГАТУ»,*

*г. Минск, Республика Беларусь)*

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКОРМА СВИНЕЙ

### Введение

Большая часть применяемого в Республике Беларусь оборудования для механизации процессов производства молока, мяса говядины и свинины находится за пределами амортизационного срока. Но не замена оборудования на новое с прежними техническими характеристиками, а оснащение животноводческих комплексов техническими средствами, обеспечивающими существенный рост производства продукции, экономию топлива и материально-энергетических ресурсов, создаст в отрасли оптимальные условия для реализации наиболее перспективных технологий и обеспечит конкурентоспособность производимой продукции.

Очевидно, что прогресс в области индивидуального или точного управления будет определяться снижением стоимости и развитием техники сбора и переработки информации – с одной стороны, и получаемым эффектом от нововведений – с другой.

Индивидуальное обслуживание животных требует создания датчиков (сенсоров), способных обеспечить снятие данных с каждого животного. Существенного прорыва в области систем индивидуального обслуживания животных, требующего создания датчиков температуры, массы, состава крови, двигательной активности и других параметров с возможностью их имплантации в организм животного, можно достичь на основе достижений нано- и микросистемной техники [1, 2].

Говоря о влиянии достижений нанотехнологий на системы управления сельскохозяйственным производством, наряду с традиционным снижением стоимости микропроцессорных устройств управления необходимо не упустить возможности создания принципиально новых датчиков (сенсоров) сбора индивидуальной информации о параметрах биологических объектов в состоянии *in vitro*.

Промышленное свиноводство базируется на таких передовых идеях, как непрерывное производство, межпородное скрещивание, жидкое кормление на основе полнорационных комбикормов и др. Но потенциал этих идей в силу неадекватных систем управления был использован далеко не полностью, начиная

с нижнего уровня непосредственного управления поточными технологическими процессами.

### **Объекты и методы исследований**

Современная микропроцессорная техника создает принципиальные возможности переработки больших объемов информации и построения эффективных систем управления в условиях нестационарности, неполной наблюдаемости и управляемости биотехническими объектами. Но при этом необходимо обеспечить рациональное взаимодействие средств механизации и автоматизации, обосновать архитектуру системы управления, комплекс и последовательность решаемых задач. Построение высокоточных технологий производства свинины требует непосредственного включения животных в структуру системы управления, а это выдвигает перед наукой новые задачи по идентификации характеристик свиней как объектов управления. При информационном управлении возможно не только обеспечение зоотехнических требований, но и оптимизация параметров под конкретные условия производства. В соответствии с концепцией компьютерно-интегрированного производства необходима поэтапная разработка и переход от локальных систем к связанным, адаптивным и интегрированным системам управления производством свинины.

Уже на нижнем уровне управления технологическими процессами откорм свиней необходимо рассматривать как биотехническую систему. То есть нельзя ограничиваться чисто техническими показателями АСУ ТП, такими, например, как погрешности дозирования или поддержания параметров микроклимата, а необходимо формализовать связи технических параметров с привесами животных или даже пытаться выходить и на такие экономические показатели, как прибыль или удельный расход кормов и др. Любая биотехническая система испытывает влияние многообразных факторов внешней среды, как управляемых, так и неуправляемых, и, соответственно, может реагировать на них столь же многообразно и сложно формализуемо. И задача исследования заключается в поиске ограниченного набора управляемых и (или) контролируемых переменных, позволяющих с большей или меньшей точностью прогнозировать поведение биотехнической системы. С точки зрения откорма свиней основными являются параметры кормления, микроклимата и генетического потенциала.

Чтобы уменьшить разнообразие системы, в качестве объекта выбираем процесс откорма свиней в условиях типового промышленного свиного комплекса. Одним из основных вопросов необходимости автоматизации производства свинины с применением микропроцессорной техники является эффективность нововведения. Для реализации промышленной технологии цех откорма включает 30 обособленных секторов, разбитых на 5 линий раздачи жидких кормов, причем каждый из секторов содержит по 24 групповых станка с возможностью размещения до 25 голов откормочного поголовья. Откорм свиней является выходной функцией производства свинины. Это высокомеханизированный процесс, что создает предпосылки высокой эффективности его автоматизации. Причем откорм интегрирует физические, биологические и экономические про-

цессы, относится к нестационарным, стохастическим объектам и требует построения адекватных систем управления.

Затраты на корма и поддержание микроклимата составляют более 80% от всех затрат при производстве свинины. Поэтому именно автоматизация процессов кормления и поддержания микроклимата является одной из первоочередных задач снижения себестоимости производства свинины.

### **Результаты исследований**

Построение адекватных математических моделей с применением персональных компьютеров позволяет проводить многовариантные расчеты по выбору оптимальных вариантов реконструкции, строительства или производства продукции на действующих свиноводческих комплексах [3]. Это дает возможность избежать крупных просчетов в организации эффективного производства свинины, таких, например, как рекомендация массового перехода на сухое кормление в свиноводческих комплексах [4]. В результате проектные предложения на реконструкцию и строительство помещений для содержания и кормления животных также принимаются не без ошибок. В частности, стремясь экономить средства, выделяемые на перевооружение строящихся и реконструируемых цехов для откорма свиней, в них стали устанавливать оборудование для раздачи сухих кормов. Но сухие корма хуже перевариваются и усваиваются животными, могут вызвать гастрит, язву желудка и кишечника. Они в значительном количестве распыляются, просыпаются в навозные каналы. Мучная пыль, попадая в бронхи, нередко становится причиной бронхита и пневмонии у животных. Все это в конечном итоге приводит к снижению коэффициента полезного действия корма на 8–10%. Вот характерный пример (по данным профессора З. Гильмана): в колхозе «Октябрь-Гродно» Гродненского района имеются свинарники-откормочники, переоборудованные и под сухое, и под влажное кормление. В тех и других секциях откормочного цеха реконструкция проведена по современным проектам. Приготовление и раздача жидкого корма, так же как и сухого, полностью компьютеризированы, поэтому он не закисает и в меньшей мере загрязняется. Влажность его строго нормируется. В результате среднесуточный прирост живой массы откармливаемого молодняка, в зависимости от его генотипа и состояния здоровья, на влажном кормлении повысился до 700–850 г, а на сухом – на 80–100 г ниже этого уровня. Это позволило при влажном кормлении в сравнении с сухим увеличить годовое производство свинины в живой массе в расчете на одну голову в среднем на 7 кг.

Дадим количественную оценку несоблюдения норм кормления и параметров микроклимата, влияющих на привесы свиней и другие экономические показатели откорма. Для этого в первую очередь необходимо построить математическую модель, где в качестве входа будет выступать выданная доза корма, а в качестве выхода – привес животного.

Важнейшим элементом биотехнической системы является животное, а суточные привесы свиней на откорме – один из основных показателей. В настоящее время нет приемлемых инструментальных средств оперативного определения этого показателя. Поэтому важное значение имеет установление зависимо-

сти привесов свиней от ряда факторов, прежде всего от дозы корма, генетического потенциала и параметров микроклимата. При выборе вида зависимости мы исходили из необходимости выполнения следующих условий:

- отклонение от данных зоотехнических опытов не должно превышать (3–5)%, что вполне удовлетворяет решению поставленных задач;
- для задач откорма диапазон изменения массы животных – от 30 до 130 кг;
- модель привесов должна обладать устойчивостью по отношению к данным различных зоотехнических опытов.

Последнее условие можно обеспечить при поиске зависимости, имеющей биологическую интерпретацию. Поэтому при идентификации за основу модели привесов была взята известная функция роста, в которую были введены параметры, легко поддающиеся биологической интерпретации [5, 6, 7].

В результате обобщения экспериментальных данных различных зоотехнических опытов [8, 9, 10] нам удалось представить текущий суточный привес животного массой  $m$ :

$$P(m) = P_{100} \left( \frac{m}{100} \right)^{0.25} \left( \frac{D - D_{\text{нод}}}{D + D_{\text{нод}}} \right), \quad (1)$$

где  $P_{100}$  – потенциально возможный привес животного массой 100 кг для данной породы и данных условий содержания и кормления, кг;

$D$  и  $D_{\text{нод}}$  – выданная и поддерживающая дозы корма, к.е.

Причем поддерживающую дозу корма, обеспечивающую нулевой привес, можно определить следующим образом:

$$D_{\text{нод}} = km^{0.75}, \quad (2)$$

где  $k = 0,033 \frac{\text{к.е}}{\text{кг}^{0.75}}$  – коэффициент, зависящий от энергосодержания 1 кормовой единицы корма.

Решение задачи формализации зависимости ежесуточных привесов животных от параметров кормления и их массы позволяет:

- оптимизировать дозы кормления (затраты на корм составляют 75% от общих затрат на производство свинины);
- оценить влияние погрешности дозирования жидкого корма на привесы животных;
- построить модели прогнозирования управления промышленным производством свинины (корректировать дозы кормления в зависимости от изменения привесов в течение всего периода откорма).

Для выбора дозы корма необходимо обосновать критерии оптимальности. В качестве первого критерия можно использовать максимум отношения суточного привеса на единицу корма:

$$\Pi_1 = \frac{P(m)}{D}. \quad (3)$$

Используя данный критерий, после подстановки (1) в (3) и несложных математических упражнений по поиску экстремума можно получить:

$$D_{\text{иод}} \approx 2.4 \cdot D_{\text{ида}}. \quad (4)$$

То есть, в соответствии с формулой (4), при кормлении свиней мы получим минимальный расход кормов на единицу привеса.

В качестве экономического критерия можно использовать максимум расчетной прибыли или максимум рентабельности за сутки откорма, без учета предварительных затрат.

Для оценки суточной прибыли получено следующее выражение:

$$П2 = P(m)C_{\text{мяс}} - 1.4DC_{\text{корм}}, \quad (5)$$

где  $1.4DC_{\text{корм}}$  – оценка затрат на корма, отопление, зарплату и т.п. с учетом факта, что в структуре себестоимости свинины корма составляют 75%;

$C_{\text{мяс}}$  и  $C_{\text{корм}}$  – стоимость 1 кг мяса и 1 к.е. корма, руб.

Если взять в качестве критерия оптимальности максимум выражения (5), то оптимальная доза по максимуму прибыли

$$D2_{i\ddot{a}} = D_{i\ddot{a}} \left\{ \left[ \frac{P_{100}}{D_{i\ddot{a}}} \left( \frac{m}{100} \right)^{0.25} \cdot \frac{\tilde{N}_{i\ddot{y}\ddot{n}}}{\tilde{N}_{\ddot{e}i\ddot{d}i}} \right]^{0.5} - 1 \right\}. \quad (6)$$

А если использовать в качестве критерия максимум рентабельности

$$\ddot{I} 3 = \frac{P_{100} \cdot C_{i\ddot{y}\ddot{n}} - 1.4 \cdot D \cdot C_{\ddot{e}i\ddot{d}i}}{1.4 \cdot D \cdot C_{\ddot{e}i\ddot{d}i}}, \quad (7)$$

то получим оптимальную дозу

$$D3_{i\ddot{a}} \approx 3 \cdot D_{i\ddot{a}}. \quad (8)$$

Таким образом, математическая модель суточных привесов животных на откорме (1) и (2) позволяет для различных критериев оптимальности (3), (5) и (7) получать оптимальные суточные дозы корма. Оптимальное кормление животных в соответствии с выражениями (4), (6) и (8) требует ежедневного изменения норм кормления с учетом текущей массы животных, цен на корма и свинину.

Чтобы получить показатели за весь период откорма свиней, длящийся 100–110 дней, с учетом нелинейности модели (1)–(8), требуется построение имитационной модели, отражающей последовательно, по суткам, динамику изменения массы животных и расхода кормов (таблица 9).

Таблица 9 – Пример имитационной модели откорма свиней

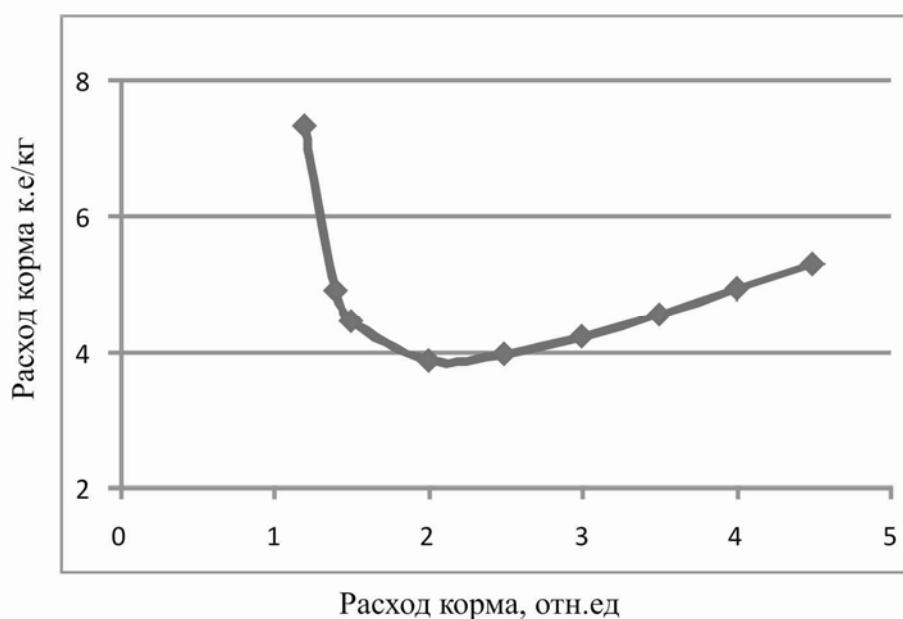
Сутки откорма	Масса 1 гол., кг	Доза поддерж. $D_{\text{под}}, \text{к.е.}$	Доза корма, $D_{\text{корм.}}, \text{к.е.}$	Привес, кг
1	36,000	0,485	1,169	0,486
2	36,486	0,490	1,181	0,488
3	36,974	0,495	1,192	0,489
4	37,463	0,500	1,204	0,491
5	37,955	0,505	1,216	0,493
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
120	103,258	1,069	2,576	0,633
121	103,891	1,074	2,588	0,634
122	104,525	1,079	2,600	0,635
123	105,159	1,084	2,612	0,636
		Сумма $D_{\text{под}} = 96,468$	Сумма $D_{\text{корм.}} = 232,489$	Сумма привеса расч. = 69,795

Разработанная имитационная динамическая модель процесса откорма свиней с использованием электронных таблиц Excel была использована для получения усредненных показателей откорма по критериям (3, 5, 7) (таблица 10). Настройка модели осуществлялась в соответствии с зоотехническими данными. Цены на свинину и комбикорм взяты по состоянию на 01.02.2010 г. (таблица 10).

Таблица 10 – Усредненные результаты имитационного моделирования по определению параметров откорма свиней при постановочной массе 40 кг

Отношение расхода корма к величине поддерживающей дозы	Рентабельность процесса откорма, %	Прибыль процесса откорма на 1 голову, у.е.	Удельный расход корма на единицу привеса, к.е./кг	Среднесуточный привес, г	Масса 1 головы на 114-й день откорма, кг
1,0	-100	-18,0		0	40,0
1,2	-43,3	-8,85	7,31	101	51,6
1,4	-5,6	-1,3	4,90	189	61,8
1,5	14,2	1,98	4,47	229	66,4
2,0	45,1	14,2	3,87	397	85,7
2,5	54,7	21,3	3,96	523	100,2
3,0	53,5	24,5	4,23	621	109,2
3,5	48,0	26,1	4,56	699	120,3
4,0	41,0	25,5	4,93	762	127,6
4,5	33,7	23,6	5,30	814	133,6

Оптимальные значения  $D/D_{\text{под}}$  по критерию максимума рентабельности лежат в диапазоне 2,5–3,0, а по критерию минимума удельного расхода корма – в диапазоне 2,0–2,5 (рисунок 6).



**Рисунок 6 – Зависимость удельного расхода корма на единицу привеса в зависимости от интенсивности кормления**



## Заключение

Синтезированная модель привесов свиней на откорме, удовлетворяющая принципу биологической интерпретации, и разнообразные имитационные модели позволяют оценить качество микропроцессорного управления откормом свиней в различных условиях функционирования по различным критериям эффективности.

Снижение погрешности дозирования и оптимизация выбора номинальных доз корма в соответствии с текущей массой животных и энергосодержанием кормов приводит к значительному технологическому эффекту, позволяющему полностью окупить микропроцессорную систему управления кормлением свиней. Развитие разработанных имитационных моделей позволяет с небольшими затратами оценить эффективность не только локального, но связанного и адаптивного управления откормом свиней [11, 12].

02.06.10.

## Литература

1. Алферов, Ж.И. Наноматериалы и нанотехнологии / Ж.И. Алферов [и др.]. // Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам: сб. ст. под ред. П.П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2005. – С. 19-23.
2. Карякин, А.А. Биосенсоры и биомолекулярная электроника / А.А. Карякин // Нано- и микросистемная техника. От исследований к разработкам: сб. ст. под ред. П.П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2005. – С. 471-477.
3. Морозов, Н.М. Оптимизация комплектов технических средств и моделирование технологических процессов при производстве свинины / Н.М. Морозов, В.И. Ломов, Д.К. Ларкин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 216 с.
4. Черноиванов, В.И. Реконструкция и техническое перевооружение свиноводческих ферм и комплексов / В.И. Черноиванов, И.В. Ильин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2005. – № 7. – С. 3-7.
5. Гируцкий, И.И. Основы компьютеризации кормления свиней на свинокомплексах Беларуси / И.И. Гируцкий // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2003. – №2. – С. 52-56.
6. Гируцкий, И.И. Оценка эффективности модернизации систем управления кормлением свиней на комплексах / И.И. Гируцкий // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 10. – С. 17-19.
7. Франс, Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Горнли. – М: Агропромиздат, 1987. – 400 с.
8. Кабанов, В.Д. Изучение затрат корма на привесы у свиней в связи со скоростью их роста / В.Д. Кабанов // Научные основы развития животноводства в БССР. – Минск: Ураджай, 1970. – С. 80-87.
9. Понд, У. Дж. Биология свиньи / У. Дж. Понд, К.А. Хаупт. – М.: Колос, 1983. – 334 с.
10. Баротфи, И. Энергосберегающие технологии и агрегаты на животноводческих фермах / И. Баротфи, П. Рафаи. – М.: Агропромиздат, 1988. – 228 с.
11. Гируцкий, И.И. Адаптивное управление откормом свиней / И.И. Гируцкий // Тракторы и сельхозмашины. – 2005. – №12. – С. 39-42.
12. Гируцкий, И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для откорма свиней: автореф. дис. ... д-ра технич. наук: 05.20.01. / И.И. Гируцкий. – М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. – 31 с.

**Введение**

Подготовка кормов к скармливанию является сложным технологическим процессом, включающим в себя ряд технологических операций. Одна из завершающих и наиболее ответственных – смешивание, то есть окончательное получение кормовой смеси.

Таким образом, разработка смесителей влажных кормов, сочетающих в себе высокие показатели производительности и качества приготавливаемой смеси с простотой конструкции и сравнительно малыми значениями металлоемкости и энергоемкости, является важной агроинженерной задачей.

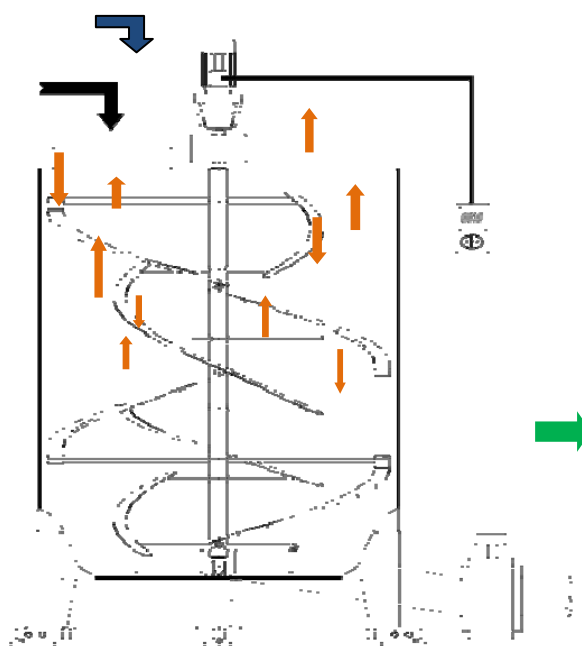
Цель работы – разработка одновальных смесителей влажных кормов принудительного действия с усовершенствованными перемешивающими рабочими органами, обладающими малой ресурсоемкостью, при соблюдении зоотехнических требований к качеству приготавливаемой смеси.

**Материал и результаты исследований**



Для выполнения поставленной задачи был разработан тип смесителя принудительного действия, улучшающий процесс смешивания кормовых компонентов и снижающий энергоемкость смесителя за счет новых конструктивных решений рабочих органов. На рисунке 7 представлена конструктивная схема смесителя принудительного действия с комбинированными спирально-винтовыми лопастями. Спирально-винтовой смеситель принудительного действия включает вертикальный корпус цилиндрической формы со смонтированным соосно корпусу рабочим органом спирально-винтового типа. Корпус смесителя, являющийся базовым узлом смесителя, представляет собой сварную конструкцию цилиндрической формы. Внутри соосно корпусу смонтирован смешивающий рабочий орган в виде вала с установленными на нем посредством радиальных кронштейнов спиральными лопастями. Спиральные лопасти имеют чередующуюся направленность навивки. Каждая спирально-винтовая лопасть выполнена в виде части спирального витка с наружным радиусом  $R_1=(0,8\dots0,85)R_k$  и углом наклона  $\alpha=10\dots20$  градусов к плоскости, перпендикулярной оси вала рабочего органа смесителя. Рабочий орган смесителя также имеет два скребка С-образной формы, установленных в нижней части рабочего органа и предназначенных для повышения эффективности окончательной выгрузки кормосмеси. Приводом рабочего органа является мотор-редуктор. Рабочий орган соединяется с приводом посредством муфты и опирается на подшипник скольжения.



а)



б)

 – загрузка компонентов кормовой смеси     – выгрузка готовой смеси

а) общий вид; б) технологическая схема  
Рисунок 7 – Смеситель влажных кормов САК-3,5

К верхней части корпуса смесителя крепится крышка, на которой расположены: загрузочная горловина для подачи компонентов кормовой смеси, смотровой люк, а также смонтирован привод рабочего органа. В нижней части корпуса расположено выгрузное отверстие, которое через гибкий кормопровод соединяется с уловителем примесей и кормовым насосом.

В нижней части корпуса предусмотрен патрубок для промывки и дезинфекции корпуса смесителя. Дозирование количества подающихся в рабочий объем кормовых компонентов осуществляется посредством тензометрической системы взвешивания.

Новые технические решения защищены патентом Республики Беларусь №4284 ВУ «Смеситель влажных кормов» и реализованы в конструкции опытного образца автоматизированного смесителя влажных кормов САК-3,5.

Смеситель работает следующим образом: при закрытой задвижке выпускной горловины в рабочий объем, ограниченный корпусом смесителя, дозируется необходимое количество исходных компонентов кормовой смеси.

Во время загрузки кормовых компонентов включается привод рабочего органа смесителя, приводя во вращательное действие вал рабочего органа смесителя с двухзаходными спиральными лопастями противоположной навивки и скребками С-образной формы и оказывая при этом механическое воздействие на кормовые компоненты посредством лопастей, а также вовлекая кормовые компоненты в циркуляционные потоки по всему рабочему объему. Вращаясь, рабочий орган обеспечивает равномерное распределение частиц материала по

поперечному и продольному сечениям корпуса и исключает оседание кормовых компонентов на дно корпуса.

По завершении процесса приготовления влажной кормовой смеси, при вращающемся рабочем органе включается кормовой насос. Открывается задвижка выпускной горловины смесителя, которая обеспечит поступление готовой кормосмеси в кормовой насос. Через насос производится выдача заданной контроллером порции кормосмеси, после чего насос отключается. При предлагаемом диапазоне соотношения основных параметров достигается эффективность работы спирально-винтового смесителя принудительного действия. При этом за счет снижения силы сопротивления среды и создания встречной циркуляции кормовых компонентов интенсифицируется процесс приготовления кормовой смеси требуемого качества.

Государственные приемочные испытания смесителя автоматизированного кормов САК-3,5 подтверждают достоверность полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований по обоснованию основных конструктивных и режимных параметров [1].

Так, неравномерность смеси составила 10,13% при влажности готовой смеси 79,9%.

Кроме того, экономия средств при эксплуатации машины САК-3,5 достигается в результате снижения затрат на электроэнергию, реновацию, ремонт и техническое обслуживание. Благодаря этому, годовой экономический эффект от ее эксплуатации составляет 2 111 у.е. по отношению к машине СКО-Ф-3 (базовый вариант). Лимитная цена новой машины выше балансовой, а срок окупаемости капитальных вложений составляет 2,3 и 2,8 года соответственно.

Все это свидетельствует о том, что использование разработанного смесителя кормовых продуктов экономически выгодно для сельскохозяйственных производителей.

### **Заключение**

Предложены новые конструкции одновальных спирально-винтовых смесителей влажных кормов. Предложенные конструктивные решения позволяют повысить производительность и снизить ресурсоемкость производства кормовых смесей.

*14.09.10.*

### **Литература**

1. Результаты приемочных испытаний смесителя кормов САК-3,5 / В.Н. Гутман [и др.] // *Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси»*; гл. ред. В.Н. Дашков. – Минск, 2007. – Вып. 41, ч. II. – С. 238-24.

УДК 631.3:621.827: 636.087.7–83  
**В.Н. Гутман, С.А. Цалко,  
С.П. Рапович, А.А. Будько**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по  
механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **РАЗРАБОТКА ОБОРУДОВАНИЯ РАЗДАЧИ СУХИХ КОМБИКОРМОВ СВИНЬЯМ**

### **Введение**

Производство свинины в настоящее время базируется на 127 крупных свинокомплексах с годовым оборотом от 12 до 108 тыс. свиней. На них, в основном, для кормоприготовления используется оборудование зарубежного производства (Россия, Украина).

Для получения конкурентоспособной свинины необходим выход отрасли путем инновационного развития на европейские нормативы по качеству мясной свинины и показателям суточных привесов 700 г, затратам корма на 1 кг привеса 3,5 кг, расходу электроэнергии на 1 т свинины 350 кВт·ч, себестоимости 1 кг 1,0 USD.

В условиях рыночных отношений на первый план сельскохозяйственных предприятий выходят проблемы организации рентабельного производства продукции животноводства, где определяющим фактором себестоимости животноводческой продукции являются условия содержания животных, корма, которые в структуре себестоимости занимают 55–70% от общих затрат. Вместе с тем все большую значимость в эффективности производства имеет экологический фактор, необходимость учета которого связана с качеством питания свиней.

Большинство комплексов имеет срок эксплуатации 25–30 и более лет, оборудование крайне изношено и большой энергоемкости.

Исследование технического уровня развития данного оборудования производится с целью установить номенклатуру технико-экономических показателей ведущих организаций и зарубежных фирм, выбрать базовый образец и изучить тенденции развития данного вида оборудования.

В свете современных тенденций представляет интерес создание отечественного комплекта оборудования для автоматизированной раздачи комбикормов свиньям, так как данный вид оборудования в странах СНГ не производится.

### **Анализ применяемых систем кормления**

В настоящее время на свиноводческих фермах для транспортирования сухих комбикормов применяют различные транспортеры: цепные скребковые (ДТС, ЦТ-12, ЦТ-30), шнековые (ПШП-4, УШ-Ч-2520, ПК-6), канатно-дисковые (РТШ-2), а также нории (НЦГ-10, НЦГ-20).

Однако использование этих транспортирующих устройств на малых фермах не всегда экономически целесообразно из-за малого объема работ. Кроме того, это оборудование имеет большую материалоемкость (кроме РТШ-2) и сложно в изготовлении и в эксплуатации.

В свинарниках-маточниках, эксплуатирующихся сейчас на малых фермах, отсутствует механизация при раздаче кормов и используется ручной труд. Даже в новых проектах свинарников-маточников для малых ферм предусматривается раздача кормов с помощью ручных тележек. Это обусловлено, с одной стороны, небольшим объемом раздаваемого корма за год, а с другой – необходимостью раздавать как сухие корма поросятам, так и влажные мешанки подсосным свиноматкам.

Применяемые на комплексах по выращиванию и откорму 108 и 54 тыс. свиней в год установки для раздачи сухих кормов поросятам-отъемышам системы КПС-108.46 имеют шнековые распределители (14 шт.) с кормушками. Корм канатно-дисковым транспортером загружается в распределительные шнеки через автоматически действующие заслонки с электромагнитным приводом. Недостатком этой системы является обязательное наличие автоматического устройства для отключения шнека при заполнении последней кормушки, что усложняет всю систему раздачи и увеличивает количество приводов в два раза по сравнению с транспортером замкнутого типа.

Аналогичные спиральные кормораздатчики выпускаются за рубежом для птицеводства и свиноводства. В настоящее время на сельскохозяйственных предприятиях Европы для кормления и поения свиноматок применяется оборудование следующих фирм: «Big Dutchman», «Weda», «MIK», «Mannebeck», «DEVRIE», «TEWE» (Германия), «Чо-тайм» (Бельгия). Данные системы работают по одному принципу: сухой комбикорм поступает из бункера в помещение для содержания свиноматок и через дозаторы высыпается в кормушки.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан комплект оборудования кормления свиноматок КОКС. Однако он не позволяет раздавать сухие комбикорма по сложным трассам.

В настоящее время производится реконструкция систем кормораздачи в помещениях для свиней на дорастивании и откорме за счет закупки импортных цепно-шайбовых транспортеров, пластиковых дозаторов и кормушек зарубежных фирм «Big Dutchman», «Schauer», «Egeberg», «VDL Agrotech», «Falkon» и других.

Анализ зарубежного опыта в области кормопроизводства в свиноводческой отрасли показывает, что процессы производства на современных свиноводческих комплексах в той или иной мере автоматизированы. В последние годы в свиноводческих хозяйствах зарубежных стран широкое распространение получают новые системы кормления с применением современных прогрессивных схем раздачи комбикормов с использованием бункеров из оцинкованной стали, цепно-шайбового транспортера, а также кормушек из нержавеющей стали для группового кормления.

При этом исследования по изысканию новых технологических схем и конструкций рабочих органов отечественного комплекта оборудования для автоматизированной раздачи комбикормов свиньям, имеющего стоимость ниже импортных аналогов, адаптированного к условиям сельхозпроизводства республики, несомненно, являются актуальными.

Необходимость обновления поколения машин для автоматизированной раздачи комбикормов свиньям при сложных трассах транспортирования, а также имеющийся в республике научно-технический потенциал и производственные возможности машиностроительных предприятий обуславливают целесообразность разработки и постановки на производство конкурентоспособного оборудования отечественного производства.

### **Разработка опытного образца оборудования раздачи сухих комбикормов**

Оборудование для раздачи сухих кормов (в дальнейшем – оборудование) предназначено для транспортирования сухих комбикормов свиньям в кормушки.

Разработанное оборудование состоит из: бункера для сыпучих комбикормов; линии поперечной подачи; линий раздачи корма; системы управления и контроля.

Бункер обеспечивает хранение сухих комбикормов и их подачу через кожух переходный с шибером и вибратором в линию поперечной подачи. Линия поперечной подачи осуществляет подачу сухих комбикормов из бункера в линию раздачи. Для облегчения доступа к вибратору, натяжному валу и шнеку, а также для технического обслуживания линии поперечной раздачи на бункере разгрузочном предусмотрено окно с крышкой.

Внутри кормовых труб линии поперечной подачи установлен шнек, обеспечивающий транспортировку сухих комбикормов в перегрузочные бункеры линии раздачи корма. Привод шнека осуществляется от мотор-редуктора. Над перегрузочными бункерами линий раздачи корма устанавливаются опуски. Опуски имеют возможность перекрывать подачу корма, а их длина регулируется по высоте.

Линия раздачи корма обеспечивает транспортирование сухих комбикормов по сложным трассам из линии поперечной подачи напрямую в кормовые автоматы или через дозаторы в кормушки. Загрузочное устройство обеспечивает регулировку забора комбикорма из линии поперечной подачи. Для регулировки подачи корма должна быть предусмотрена заслонка. Внутри кормовых труб бункера линии раздачи корма находится цепно-шайбовый рабочий орган, обеспечивающий транспортировку сухих комбикормов. Поворотные блоки обеспечивают поворот цепи на угол  $90^\circ$ .

Длина тягового рабочего органа и количество кормовых труб зависят от размеров секции свинарника. Загрузочное устройство должно быть изготовлено в виде конструкции из коррозионно-стойкой или оцинкованной стали. Поворотные блоки имеют корпус из пластмассы или коррозионно-стойкой стали. Внутри блока поворотного устанавливается колесо на подшипниках качения для поворота цепно-шайбового рабочего органа. Приводная станция предназначена для привода рабочего органа и состоит из мотор-редуктора, приводной звездочки, датчиков аварийного отключения и натяжного механизма. Приводная станция устанавливается на кронштейнах. Кормовые трубы подвешиваются с помощью устройств подвеса или крепятся хомутами на стойках. Способ уста-

новки оборудования определяется заказчиком в зависимости от расположения станков в свинарнике.

Система контроля и управления обеспечивает: управление линиями; автоматическое отключение линии продольной раздачи и линии раздачи при заполнении последнего дозатора или кормушки; защиту электрооборудования от перегрузок. Система управления состоит из емкостных датчиков и пультов управления. В линии поперечной подачи предусмотрен емкостной датчик, отключающий линию в случае обрыва, остановки линии подачи, переполнения загрузочного устройства. Конечный опуск линии подачи корма оборудован емкостным датчиком уровня, отключающим линию при заполнении последней кормушки.

### **Проведение исследовательских испытаний**

Оборудование установлено на свинокомплексе ЧУП «Свитино-ВМК» Бешенковичского района.

Вид узлов линий приведен на рисунках 8, 9.

Технологическая схема размещения оборудования показана на рисунке 10.

Технологический процесс раздачи кормов происходит следующим образом: из шкафа управления включается электродвигатель линии поперечной подачи. При его включении комбикорм из бункера поступает в загрузочное устройство.

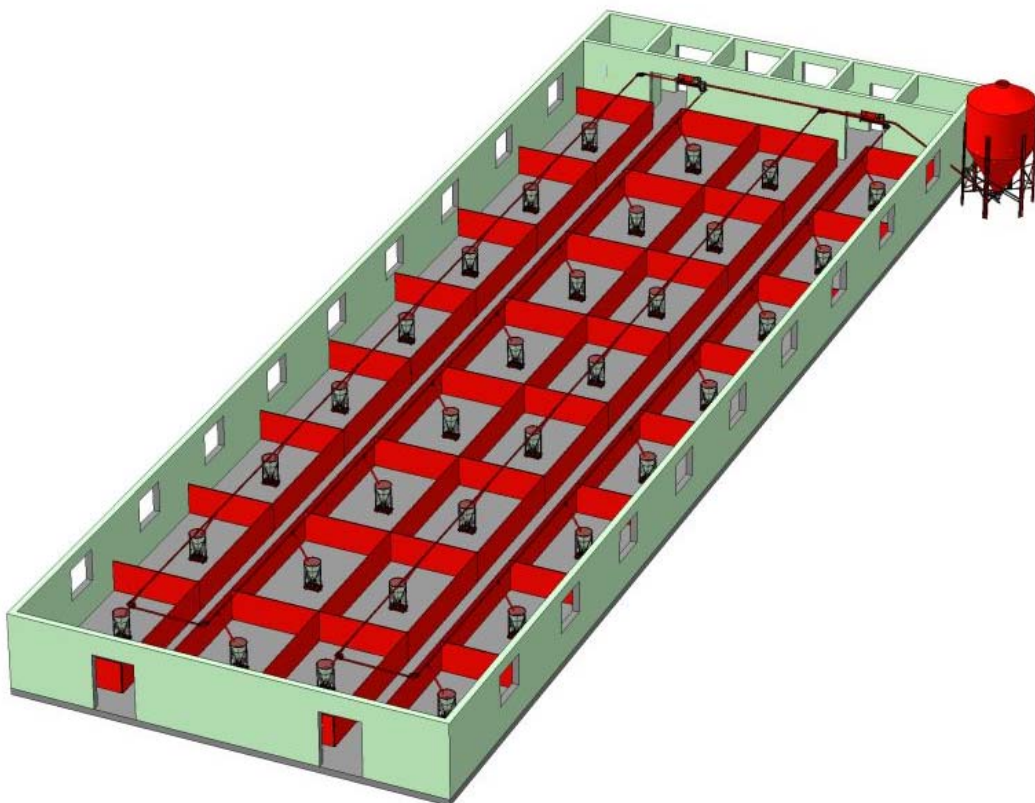


**Рисунок 8 – Вид на привод и кормовые трубы линии поперечной раздачи**





**Рисунок 9 – Вид на поворотные устройства линии раздачи корма**



**Рисунок 10 – Технологическая схема размещения оборудования**

Из шкафа управления включается электродвигатель линий подачи корма. При этом комбикорм из загрузочных устройств будет поступать в линию подачи корма. Корм транспортируется внутри кормовых труб цепно-шайбовым рабочим органом по сложным трассам (в вертикальной и горизонтальной плоскостях). Поворот цепно-шайбового рабочего органа осуществляется с помощью поворотных блоков. В случае обрыва транспортирующего рабочего органа или его остановки происходит автоматическая остановка приводов линии поперечной подачи и подачи корма. При заполнении последней кормушки происходит срабатывание емкостного датчика и автоматически отключается привод линии подачи корма. В процессе проведенных испытаний выявлено: оборудование удовлетворительно выполняет процесс раздачи сухих комбикормов свиньям.

Оборудование обеспечивает следующие технические показатели: производительность линии поперечной раздачи составляет  $0,9 \text{ т/ч}$ , а линии раздачи кормов –  $1,35 \text{ т/ч}$ ; частота вращения шнека линии поперечной раздачи составила  $385 \text{ мин}^{-1}$ , а скорость троса/цепи линии раздачи кормов –  $28,5 \text{ м/мин.}$ ; установленная мощность линии поперечной раздачи –  $0,95 \text{ кВт}$ , а линии раздачи кормов –  $1,5 \text{ кВт}$ .

Конструкция оборудования обеспечивает 100% сохранность сухого комбикорма.

Однако в процессе исследовательских испытаний комплекта оборудования выявлены некоторые недостатки: при стягивании хомута крепления кормовых труб возможна деформация корпуса трубы; отсутствуют знаки направления вращения на мотор-редукторе и двигателях линий раздачи кормов, отсутствуют надписи по технике безопасности и табличка с указанием изготовителя.

### Заключение

1. Исследования процессов хранения, транспортирования и выгрузки сухих комбикормов, поения свиноматок позволили проанализировать варианты применения оборудования.

2. Анализ проведенных научных исследований позволяет сделать заключение, что в процессе разработки создан комплект оборудования для автоматизированной раздачи комбикормов свиньям, который обеспечит полную механизацию процесса раздачи кормов, дозированного кормления в автоматическом режиме по заданной программе с использованием комбикормов.

3. Новизна разработки заключается в создании первого в отечественной практике комплекта оборудования, включающего бункер из оцинкованной стали, приводную станцию, поворотные блоки, цепно-шайбовый транспортер.

4. Применение комплекта оборудования для раздачи комбикормов обеспечит хранение, транспортирование сухих кормосмесей по сложным трассам и дозированную их выдачу в групповые кормушки.

16.10.10.

### Литература

1. Доркин, Н. Механизированная технология промышленного производства свинины на местных кормах / Н. Доркин. – Минск: ЦНИИМЭСХ, 1973. – 80 с.

2. Механизация технологических процессов на свиноводческих фермах и комплексах: рекомендации / Ф.Ф. Минько [и др.]. – Минск: Минсельхозпрод РБ, 1998. – 45 с.
3. Тищенко, А.В. Откорм свиней на механизированных фермах / А.В. Тищенко. – М.: Колос, 1970. – 218 с.
4. Механизация свиноводческих ферм: рекомендации / В.А. Короткевич [и др.]. – Минск: ЦНИИМЭСХ, 1977. – 43 с.
5. Славин, Р.М. Автоматизация процессов в животноводстве и птицеводстве / Р.М. Славин. – М.: ВО Агропромиздат, 1991. – 397 с.
6. Common exhaustion with air cleaning // Проспект «VengSystem». – [Б.м.]: Agromek, 2005. – 2 с.

УДК 631.332.24:338.64

**В.О. Китиков, Е.В. Тернов**

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЛАКТАЦИОННЫХ КРИВЫХ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ВАЛОВОГО ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА**

### **Введение**

Со второй половины XX столетия достоянием мировой зоотехнической науки и практики стали ведение зоотехнического учета и производство молока промышленными способами с применением компьютерных технологий, аналитические математические модели лактационных кривых коров, способы моделирования производственной деятельности молочно-товарных ферм на основе аппроксимации первичных производственных данных с учетом фактора времени суток при доении [1], индивидуальных надоев коров и производственных рисков [2]. Вместе с тем идея применения математических моделей лактационных кривых в планировании и экономической оценке производства молока, планировании оборота стада [3] в научных публикациях не прослеживается. В то же время простота программно-технической реализации и применения такого решения на современном уровне развития индустрии компьютерных технологий вполне очевидна и представляется целесообразной.

В практике молочного животноводства РБ [4] и РФ [5], несмотря на возрастающую оснащенность ферм автоматизированными системами управления стадом с индивидуальным компьютерным учетом надоев, расчет планов производства молока повсеместно выполняется вручную, с использованием вспомогательных средств вычислений (калькуляторов, электронных таблиц Excel). Способы планирования валового производства молока, предназначенные для механизированных вычислений (с использованием калькулятора), базируются на производственных зоотехнических данных основных документов по учету молочной продуктивности и оперируют среднесуточными надоями коров за порядковый месяц лактации, рассчитанными по стаду или группе [4-6]. При этом результатом расчета является объем валового производства молока по месяцам планового года, следующего после отчетного. Для расчетов начало месяца лактации коровы увязывается с началом календарного месяца с точностью до 15 дней, а планирование надоев по стаду, зоотехническим группам и отдельным коровам предлагается выполнять по разным методикам [4, 5], при этом се-

зонный фактор, влияние которого на молочную отрасль требуется сводить к минимуму, в том числе и планированием валового производства молока, учитывается приближенно. Наконец, планирование уровня кормления по суточным надоям требует отдельного расчета надоев коровы в строгой привязке лактации к календарным датам. Таким образом, способы планирования производства молока, предназначенные для механизированных вычислений, при очевидной простоте алгоритма обладают следующими недостатками:

- расчетный период ограничивается плановым календарным годом;
- используются усредненные характеристики: суточный надой по месяцам лактации, продолжительность сухостойного периода, номер лактации, начало лактации в привязке к календарному месяцу;
- точность результата снижается за счет методической погрешности;
- не обеспечивается рациональное многократное использование результатов промежуточных вычислений.

Таким образом, задача автоматизации планирования валового производства молока с учетом разнообразных сопутствующих факторов и с возможностью многоцелевого применения результатов промежуточных расчетов является достаточно актуальной. Современные технологии обработки данных с использованием программируемых выборок из базы данных позволяют организовать способ быстрого автоматического вычисления плана производства молока на основе индивидуальных модельных лактационных кривых каждой коровы, рассчитанных по экспериментальным данным индивидуального компьютерного учета надоев. Преимуществами способа являются относительно несложная реализация в виде компьютерной программы, отсутствие ручных вычислений и операций предварительной подготовки данных (достаточно неукоснительного точного ведения компьютерного первичного зоотехнического учета), максимальный учет особенностей лактационной деятельности каждой конкретной коровы в стаде и высокая точность ее моделирования, произвольные временные границы расчетного периода и их независимость от производственных показателей отчетного года.

Планирование производства молока на промышленной основе с использованием такого способа рассматривается на примере молочно-товарного комплекса на 600 голов для плановых периодов от 14 дней до 4 лет.

### **Объекты и методы исследований**

Для исследования из базы данных автоматизированной системы управления стадом были отобраны индивидуальные надои коров за 120...305 дней с момента отела. Фактические лактационные кривые (рисунок 11) экстраполировались моделью Вуда (Wood, 1957), усовершенствованной авторами:

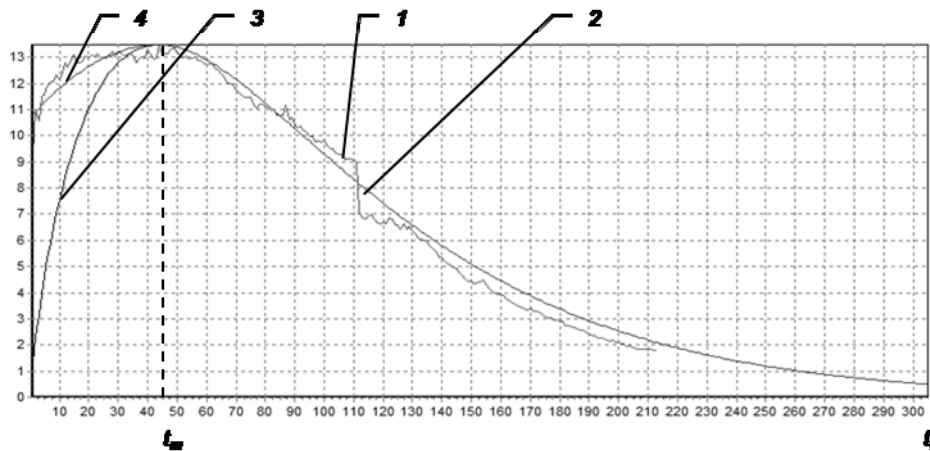
$$y(t) = \begin{cases} a_1 t^2 + b_1 t + c_1, & 1 \leq t < t_m; \\ at^b e^{-ct}, & t_m \leq t \leq t_f, \end{cases} \quad (1)$$

где  $t_m$  – день максимального надоя;  
 $t_f$  – последний день лактации;

$t = \overline{1, t_f, 1}$  – день лактации;

$y(t)$  – общий надой в день  $t$  с начала лактации, кг;

$a, b, c, a_1, b_1, c_1$  – индивидуальные параметры для каждой коровы.



1 – тренд лактационной кривой; 2 – модель Вуда после пикового надоя;  
3 – модель Вуда до пикового надоя; 4 – замещение модели Вуда до пикового надоя параболой

Рисунок 11 – Модель лактационной кривой

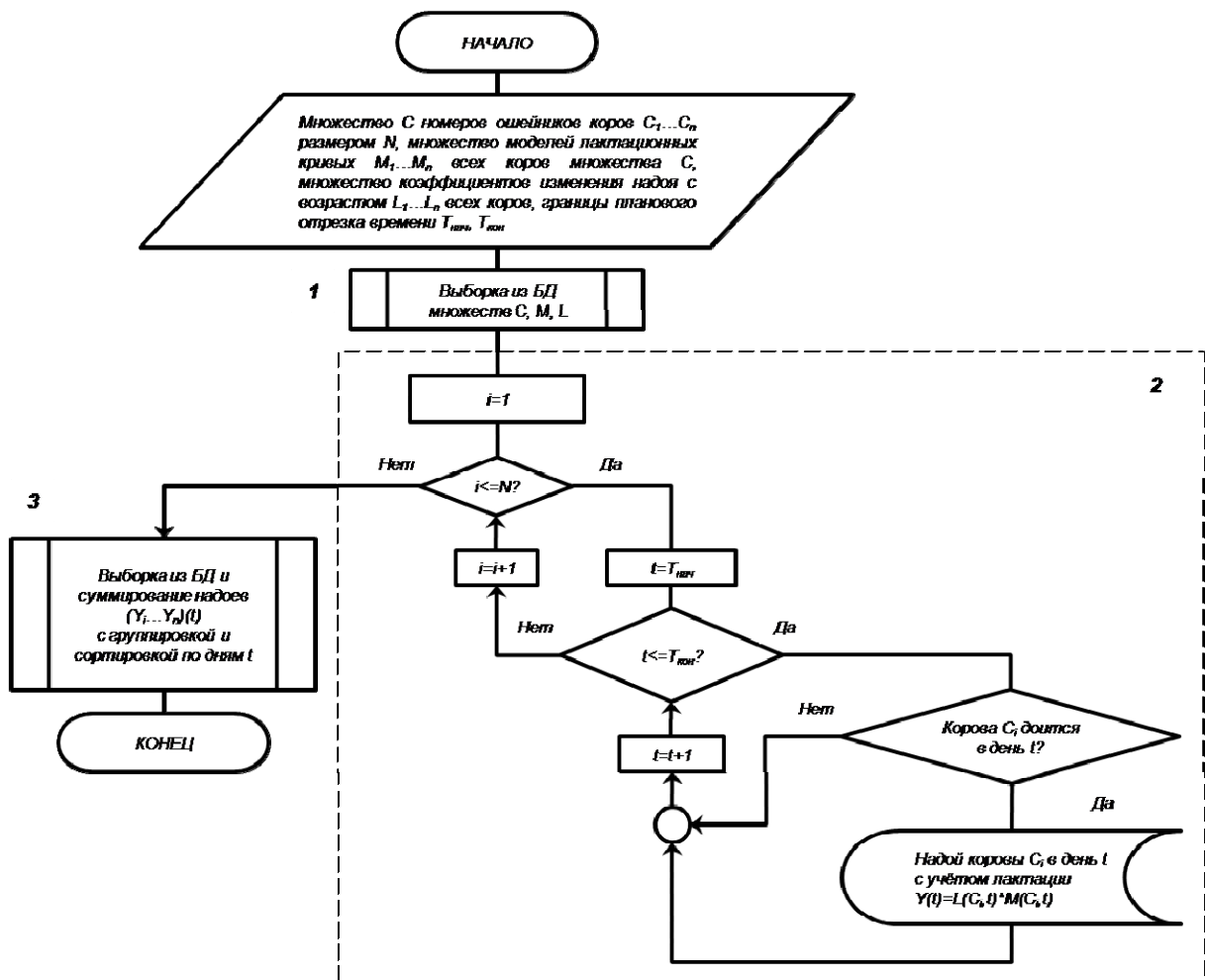


Рисунок 12 – Алгоритм машинного расчета плана производства молока

Параметры модели (1) для каждой коровы и результаты расчета плановых надоев и валового производства молока по ферме сохранялись в БД MS Access. Для расчетов была составлена программа в среде Borland C++Builder 6.0 на основе блок-схемы алгоритма, представленной на рисунке 12.

Шаг 1 с точки зрения технологии программирования представляет собой выполнение единственного SQL-запроса к БД на выборку «select ... where ...», содержащего условие отбора коров. Запрос возвращает множество  $C$  номеров коров (далее – коров)  $C_1 \dots C_n$  и связанных с ними параметров моделей лактационных кривых (1), номера лактаций, а также даты отелов и запусков в границах планового отрезка времени  $[T_{\text{нач}} T_{\text{кон}}]$ . Размер  $N$  множества  $C$  соответствует количеству строк, возвращенных запросом.

Шаг 2 представляет собой цикл вычислений  $\forall C_i \in C$  суточного надоя  $y(t) \forall t \in [T_{\text{нач}} T_{\text{кон}}]$ ; полученные значения  $y(t)$  сохраняются в БД. Вычислению надоев коровы  $C_i$  предшествует определение границ сухостойного периода  $[T_{\text{нач}}^{\text{сух}} T_{\text{кон}}^{\text{сух}}]$  в плановом отрезке  $[T_{\text{нач}} T_{\text{кон}}]$  и определение номера лактации и порядкового номера дня лактации  $\forall t \notin [T_{\text{нач}}^{\text{сух}} T_{\text{кон}}^{\text{сух}}]$  (рисунок 13).

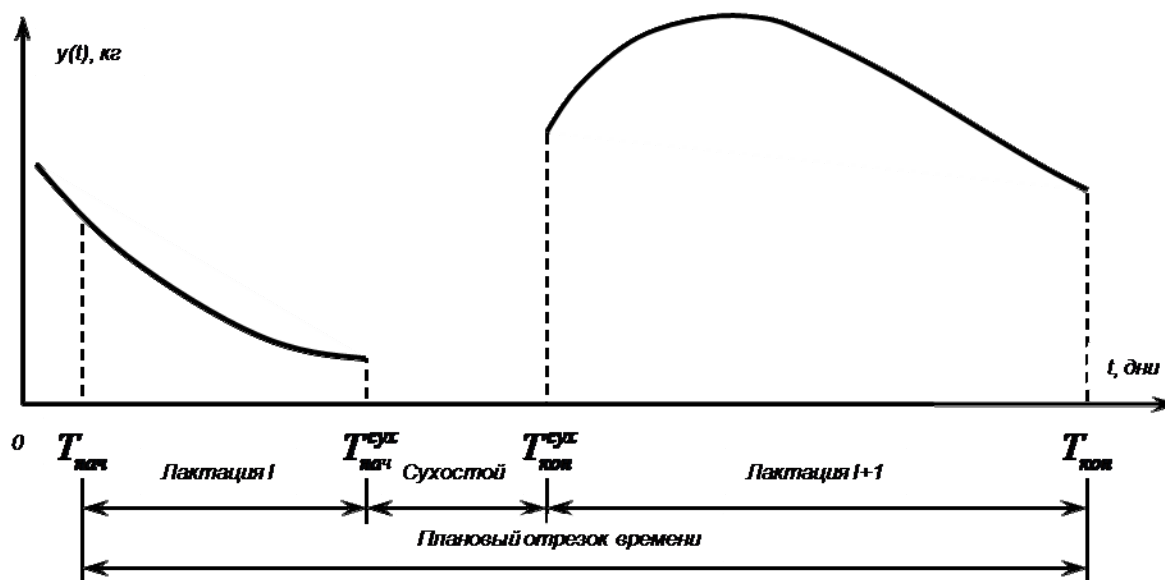


Рисунок 13 – Фрагменты соседних лактаций коровы в плановом отрезке времени

Очевидно, что в зависимости от значений  $T_{\text{нач}}$  и  $T_{\text{кон}}$  по отношению к дням начала и завершения лактаций плановый отрезок может включать как несколько сухостойных периодов, так и ни одного. Суточный надой  $y(t)$  в день  $t$ , приходящийся на лактацию  $I$ , определяется по отношению к модельной лактации  $L$  в (1) как

$$y(t) = M(t)L_I^M, \quad (2)$$

где  $M(t)$  – модельный надой в день  $t$  по формуле (1) или иной модели лактационной кривой;  $L_I^M$  – коэффициент изменения удоя за лактацию  $I$  по отношению к лактации  $M$ . Последний вычисляется как

$$L_I^M = \begin{cases} \prod_{k=M+1}^I L_k^{k-1}, & M < I; \\ 1, & M = I; \\ \prod_{k=I+1}^M \frac{1}{L_k^{k-1}}, & M > I. \end{cases}$$

Приближенное значение коэффициента изменения удоя за лактацию по отношению к предыдущей лактации  $L_k^{k-1}$  может быть взято из таблицы 11, полученной путем преобразования процентов из методических указаний [5, таблица 4], либо по фактическим надоям рассчитано для каждой коровы, зоотехнической группы или стада.

Таблица 11 – Коэффициент изменения удоя за лактацию

2:1	3:2	4:3	5:4	6:5	7:6	8:7	9:8	10:9
1,133	1,082	1,032	1,021	1,020	1,000	1,000	0,960	0,940

Шаг 3 в алгоритме расчета с точки зрения технологии программирования представляет собой выполнение SQL-запроса на выборку из БД суточных надоев  $Y$  (2), суммированных с группировкой по датам  $T$ , вида

$$\text{select } T, \text{sum}(Y) \text{ as SY from } \langle \text{имя таблицы} \rangle \text{ group by } T \text{ order by } T, \quad (3)$$

где SY – суммарный надой всех коров в день  $T$ .

В соответствии с синтаксисом языка SQL в поле **where** запроса (3) может быть введено условие на ограничение по дате доения или по номерам коров. Запрос вида «select sum(Y) as SY from <имя таблицы>» возвратит величину суммарного надоя стада за плановый период.

Для оценки валового производства молока с точностью до одной смены при использовании модели (1) перед выполнением шага 3 каждый суточный надой (2) следует умножить на индивидуальный сменный коэффициент коровы  $C_1$ ,  $C_2$  или  $C_3$  1-й, 2-й или 3-й смены соответственно:

$$\begin{cases} C_1 = \text{avg} \left( \frac{y(t)}{y_1(t)} \right); \\ C_2 = 1 - C_1 - C_3; \\ C_3 = \begin{cases} \text{avg} \left( \frac{y(t)}{y_3(t)} \right), & t \leq t_r; \\ 1 - C_1, & t > t_r, \end{cases} \end{cases}$$

где  $y_1(t)$ ,  $y_3(t)$  – надои дня  $t$  в 1-ю и 3-ю смены соответственно,  $t_r$  – номер с начала лактации последнего дня периода раздоя.

Можно также воспользоваться усредненными значениями из таблицы 12, что будет полезно, в частности, при оценке вклада сменных надоев в суммарные суточные надои стада, полученные в результате выполнения запроса (3) или производных от него запросов.

Таблица 12 – Относительный вклад надоев за смену в суточный надой

Сменный коэф- фициент	По суточным надоям коровы		По суточным надоям стада
	в период раздоя	после раздоя	
$C_1$	0,47	0,54	0,50
$C_2$	0,28	0,00	0,18
$C_3$	0,25	0,46	0,32

### Результаты исследований

Множество надоев (2), сохраненное в БД, является базовым для выполнения над ним разнообразных операций средствами языка SQL. Данный подход обеспечивает гибкость и технологичность программирования задач, требующих использования индивидуальных надоев коров в плановом отрезке времени, в частности определения уровней кормления и информационного обеспечения процесса автоматизированной индивидуальной нормированной выдачи кормов. Для расчета плановых надоев всех коров в стаде из 600 голов на каждый день модельного отрезка длиной 14 дней требуется 8...15 с, на 2 года – около 5 мин., на 4 года – около 10 мин. Расчет технически реализуется в виде подпрограммы на алгоритмическом языке высокого уровня. Исходный код или динамическая библиотека на его основе могут без переделки многократно использоваться в проектах по созданию программного обеспечения.

### Заключение

Предложенный способ позволяет:

- спланировать валовое производство молока с точностью до одной дойки от любой календарной даты на произвольный отрезок времени, от одного дня до нескольких лет;
- в полной мере учитывать особенности лактационной деятельности каждой коровы на ферме;
- выполнить расчет для любого целевого подмножества стада;
- исключить переносы дат отелов и запусков на начало месяца;
- свести методическую погрешность расчета только к точности моделирования индивидуальных лактационных кривых коров;
- предельно точно смоделировать фактор сезонности производства;
- обеспечить автоматическое сохранение промежуточных результатов расчета (суточные и сменные надои каждой коровы во все дни планового отрезка) и в дальнейшем использовать их в других расчетах, в частности в определении уровней кормления, визуальном представлении зоотехнику-селекционеру, составлении графика отелов, запусков и зооветеринарных мероприятий;
- применять разнообразные модели лактационных кривых для коров разных пород без изменения алгоритма расчета плана производства молока при условии единства структуры входных и выходных параметров для каждого вида моделей.

Способ может применяться в оптимизации планирования производства молока для расчета нескольких вариантов с целью выбора лучшего и планиро-



вания на его основе оборота стада. В данной связи новый метод дополнительно к вышеизложенным возможностям позволяет:

– моделировать варианты введения первотелок и выбраковки путем введения в расчет виртуальных коров;

– учитывать в расчетах математические модели климатических, технологических и иных факторов, влияющих на производство молока, с точностью до одной коровы и одной дойки.

Способ может быть применен для различных видов молочного скота с учетом особенностей математического моделирования их лактационной деятельности.

03.08.10.

### Литература

1. Berry, D.P. Accuracy of predicting milk yield from alternative milk recording schemes / D.P. Berry [et al.] // *Animal Science*. – 2005. – Vol. 80. – P. 53-60.

2. DeLorenzo, M.A. Dairy Records and Models for Economic and Financial Planning / M.A. DeLorenzo, C.V. Thomas // *Journal of Dairy Science*. – 1996. – Vol. 79. – No. 2. – P. 337-345.

3. Трофимов, А.А. Моделирование оборота стада крупного рогатого скота и оптимальное планирование производства в агрохозяйстве / А.А. Трофимов, И.В. Чугин // *Проблемы информационной экономики. Вып. VI. Моделирование инновационных процессов и экономической динамики: сб. науч. тр. [Электронный ресурс]*. – М.: ЛЕНАНД, 2006. – Режим доступа: <http://www.econ.asu.ru/lib/sborn/model2006/pdf/14.pdf>. – Дата доступа: 16.09.2009.

4. Шляхтунов, В.И. Скотоводство и технология производства молока и говядины: учеб. пособие для учащихся специальности «Зоотехния» учреждений, обеспечивающих получение сред. спец. образования / В.И. Шляхтунов. – Минск: Беларусь, 2005. – 390 с.

5. Хакана, И.А. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям по курсу «Скотоводство» / И.А. Хакана // *Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс]*. – Петрозаводск, 2000. – Режим доступа: [http://window.edu.ru/window\\_catalog/files/r28033/petrsu015.pdf](http://window.edu.ru/window_catalog/files/r28033/petrsu015.pdf). – Дата доступа: 24.04.2008.

6. Терновых, К.С. Планирование производственной программы животноводства / К.С. Терновых // *ООО «ЦентрПрограммСистем» [Электронный ресурс]*. – Белгород, 2004. – Режим доступа: <http://www.1cps.ru/stat4.html>. – Дата доступа: 07.09.2009.

УДК 636.2.034:519.8

**Е.В. Тернов**

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

**ТОЧНОСТЬ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛАКТАЦИОННЫХ КРИВЫХ КОРОВ НА РАЗЛИЧНЫХ СРОКАХ ЛАКТАЦИИ**

### Введение

Аналитическое моделирование лактационной кривой широко применяется в научных исследованиях факторов, влияющих на молочную продуктивность [1]. В силу своей простоты и высокой точности, в большинстве случаев применяется модель Вуда [2]. При этом точность представления участка лактационной кривой от начала лактации до дня максимального надоя может быть существенно повышена (предварительные результаты такого улучшения представлены автором в 2008 году [3]). В практических целях предлагается экстраполи-

ровать надой на ближайшие сутки методом линейной фильтрации результатов предшествующих 3...10 дней (DeLaval, 2006; В.Р. Краусп, 1997), что не позволяет достоверно оценить лактационную деятельность коровы на продолжительный период времени. Представляется технически возможным численными методами получать аналитическую модель лактационной кривой коровы для ежедневного практического применения. На сегодняшний день не выяснена минимальная продолжительность временного периода с начала лактации, достаточного для накопления фактических ежедневных надоев с целью достоверной экстраполяции последующей лактационной деятельности коровы на период 305 дней и более. Для ее количественной оценки автором был проведен вычислительный эксперимент и выполнена статистическая проверка адекватности математических моделей лактационной кривой коровы, полученных для разных сроков в диапазоне 30...210 дней с начала лактации.

### Объекты и методы исследований

Аналитическая модель лактационной кривой коровы черно-пестрой породы на основе модели Вуда имеет вид:

$$y(t) = \begin{cases} a_1 t^2 + b_1 t + c_1, & 1 \leq t < t_m; \\ a t^b e^{-ct}, & t_m \leq t \leq t_f, \end{cases} \quad (1)$$

где  $t_m$  – день максимального надоя;

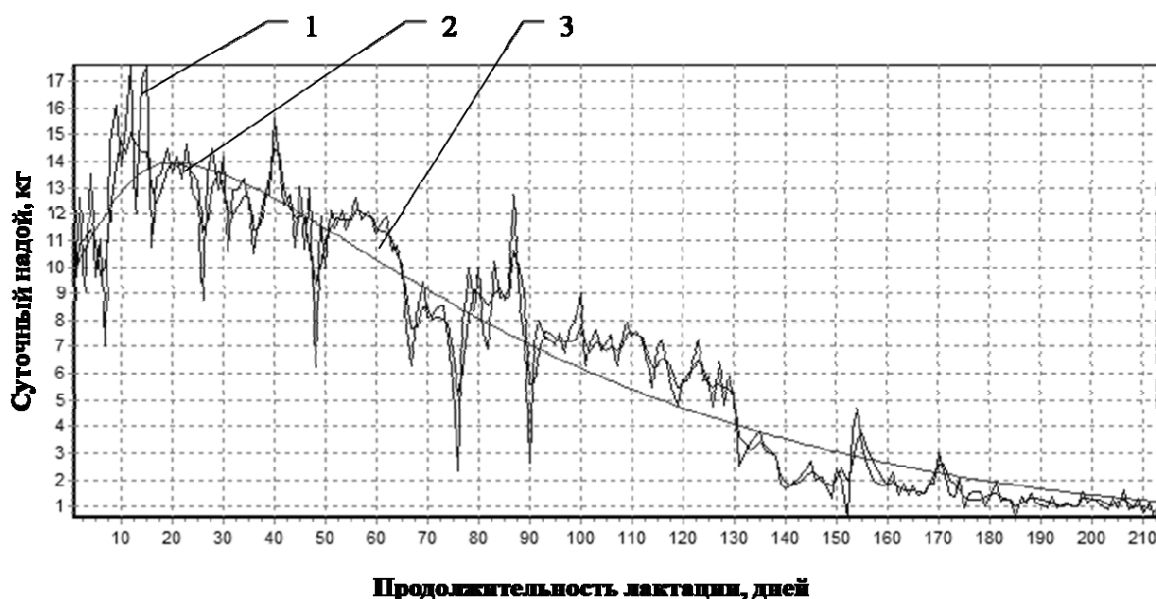
$t_f$  – последний день лактации;

$t = \overline{1, t_f, 1}$  – день лактации;

$y(t)$  – общий надой в день  $t$  с начала лактации, кг;

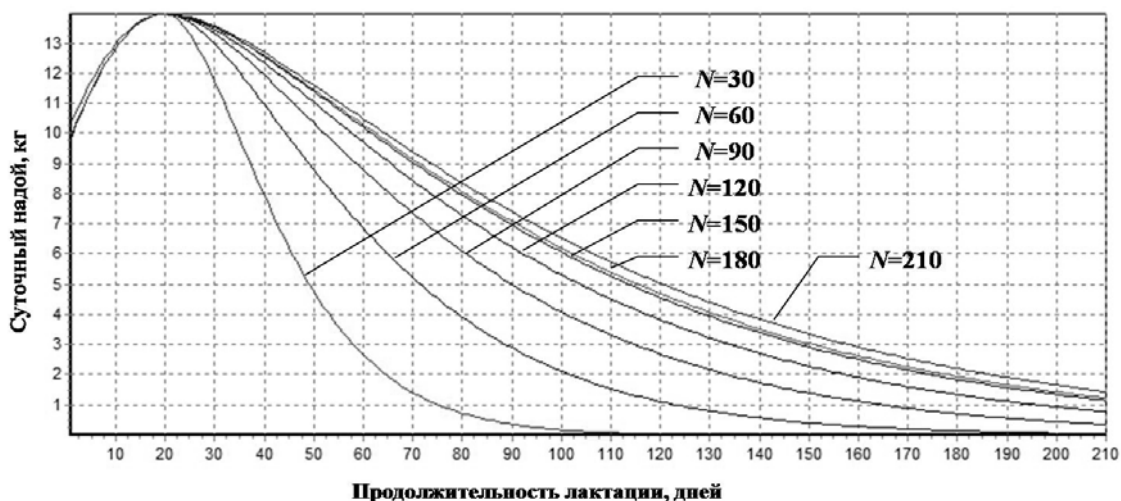
$a, b, c, a_1, b_1, c_1$  – индивидуальные параметры для каждой коровы.

Для оценки точности ряда моделей была построена эталонная модель (1), интерполирующая суточные надои всего модельного отрезка с 1-го по 213-й день лактации. Коэффициенты  $a_1, b_1, c_1$  для участка от начала лактации до дня максимального надоя (20-й день) были получены методом наименьших квадратов для аппроксимации параболой. Коэффициенты  $a, b, c$  для выражения Вуда, описывающие лактационную кривую на отрезке 20...213 дней, были получены методом наименьших квадратов для линейной аппроксимации спада надоев с последующей коррекцией по наилучшему приближению суммы модельных надоев за данный период к сумме фактических надоев за 213 дней. Для лучшей формы модельной кривой аппроксимировались не сами фактические надои, а среднее их верхней и нижней огибающих (рисунок 14).



1 – фактические надои, 2 – среднее верхней и нижней огибающих фактических надоев, 3 – эталонная модель лактационной кривой

**Рисунок 14 – Эталонная модель лактационной кривой**



$N$  – длина интерполируемого отрезка с 1-го дня лактации, дней

**Рисунок 15 – Проверяемые модели лактационной кривой**

Аналогичным образом был построен ряд моделей, интерполирующих суточные надои за первые 30...210 дней и далее экстраполирующих надои до 213-го дня включительно. Длина интерполируемого отрезка изменялась с шагом 30 дней (рисунок 15).

Дисперсия для каждой модели, включая эталонную,

$$S_i^2 = \frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (Y_i^{\text{факт}} - Y_i^{\text{м}})^2, \quad i = \overline{1, N, 1}, \quad (2)$$

где  $N=213$  – длина модельного отрезка, дней;

$Y_i^{\text{факт}}$  – среднее верхней и нижней огибающих фактических надоев в  $i$ -день;

$Y_i^{\text{м}}$  – надой проверяемой модели в  $i$ -день.

Адекватность моделей оценивалась по критерию Фишера ( $p=0,05$ ; верхняя доверительная граница 1,25 для  $v_1=v_2=213$ ):

$$F = \frac{S_э^2}{S_м^2} \text{ при } S_э^2 > S_м^2, \quad (3)$$

где  $S_э^2$  – дисперсия эталонной модели;

$S_м^2$  – дисперсия проверяемой модели.

Абсолютная погрешность вычисления удоя

$$\Delta Y = Y_{факт} - Y_м, \quad (4)$$

где  $Y_{факт} = 1413,59$  кг – фактический удой за 213 дней;

$Y_м$  – модельный удой за 213 дней, кг.

Относительная погрешность вычисления удоя

$$\varepsilon = \Delta Y / Y_{факт} \cdot 100. \quad (5)$$

### Результаты исследований

Результаты расчета (2)–(5) представлены в таблице 13. На отрезке 90...150 дней были рассчитаны дополнительные модели с изменением длины интерполируемого отрезка через 10 дней.

Таблица 13 – Показатели точности моделирования

Интерполяция, дни	Дисперсия	Критерий Фишера $F$	$F < 1,25$ ( $p=0,05$ )	$\Delta Y$ , кг	$\varepsilon$ , %
30	24,517	9,787	Нет	798,52	56,45
60	10,910	4,355	Нет	511,08	36,13
90	5,025	2,006	Нет	279,18	19,74
100	4,013	1,602	Нет	213,56	15,10
110	2,768	1,105	Да	81,95	5,79
120	3,042	1,214	Да	122,41	8,65
130	2,889	1,153	Да	101,59	7,18
140	2,547	1,017	Да	26,22	1,85
150	2,533	1,011	Да	19,76	1,40
180	2,526	1,008	Да	-47,07	-3,32
210	2,505	1,000	Да	0,97	0,07
213	2,505	1,000	Да	0,97	0,07

Как видно из таблицы, адекватная аналитическая модель лактационной кривой (1) на весь период лактации может быть получена по фактическим суточным надоям после 100 дней лактации, что соответствует завершению раздоя коровы. При этом, начиная с длины отрезка интерполяции в 140 дней, существенно снижается погрешность аппроксимации на полном отрезке в 213 дней. Разброс значений погрешности на отрезке 140...210 дней связан с колебаниями фактических надоев (рисунок 14).

Для экстраполяции лактационной кривой коровы по результатам интерполяции надоев в первые 30...100 дней лактации следует как вариант принимать во внимание форму лактационной кривой конкретной коровы (либо обобщенную), выраженную через отношение удоя за  $i$ -месяц лактации к удою за 1-й месяц [4] либо через показатель постоянства лактации [5].

Компьютерный расчет параметров модели (1) и модельных надоев за 305 дней занимает менее 1 с для одной коровы. При достоверно заданных вручную датах начала лактации для каждой коровы в стаде модели (1) могут быть кор-

ректно рассчитаны по выбору оператором соответствующего органа управления в программном интерфейсе (меню, кнопки).

### Заключение

1. Предложенный подход к моделированию может быть применен в практике компьютерного управления стадом.

2. Представляется целесообразным провести вычислительный эксперимент для апробации предложенной методики экстраполяции лактационной кривой во время периода раздоя (до 90–100 дней с начала лактации).

3. Представляется целесообразным оценить точность моделирования лактационной кривой на выборке из 5–10 коров стада.

27.05.10.

### Литература

1. Ehrlich, Jim. Quantification of Lactation Curves for Diagnosis / Jim Ehrlich [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: <http://milkbot.com/RS2006/researchsummary.html>. – Дата доступа: 7.09.2009.

2. Франс, Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж. Х. М. Торнли. – М.: Агропромиздат, 1987. – 400 с.

3. Тернов, Е.В. Математическое моделирование индивидуальных лактаций коров по фактическим значениям суточных надоев и их применение в компьютерной системе управления стадом / Е.В. Тернов // Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве: сб. докл. X Междунар. науч.-практ. конф., Углич, 16–17 сентября 2008 г. / ГНУ ВИМ Россельхозакадемии; редкол. Ю.Ф. Лачуга [и др.]. – Москва, 2008. – Ч. 1. – С. 409–414.

4. Трофимов, А. Продуктивность первотелок можно прогнозировать / А. Трофимов, В. Тимошенко, А. Музыка // Животноводство России. – 2004. – № 8. – С. 9–10.

5. Егизарян, А. Взаимосвязь хозяйственно полезных признаков у коров с различным уровнем молочной продуктивности / А. Егизарян, С. Брагинец // Молочное и мясное скотоводство. – 2010. – № 2. – С. 8–10.

УДК 637.115

**В.О. Китиков**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»),*

*г. Минск, Республика Беларусь)*

## **МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНЫХ СТЕРЕОТИ- ПОВ МЕХАНИЗИРОВАННОГО ДОЕНИЯ КОРОВ**

### Введение

Проблема физиологичности рабочих органов доильного аппарата, взаимодействующих с выменем животного, была остро обозначена учеными во второй половине XX века в связи с многообразием технических подходов в доении, а также в связи с развитием интенсивных технологий промышленного производства молока, эффективность внедрения которых зависит в том числе 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 [1, с. 23], установлено, что «максимальная молокоотдача возможна только при условии возбуждения полноценного рефлекса, являющегося результатом условных и безусловных рефлекторных реакций организма на определенные виды раздражения».

Условие адекватности в текущий момент времени настроек доильного оборудования физиологическому состоянию животного – основа развития щадящего доения.

### **Методика обоснования эффективных стереотипов доения**

С появлением автоматизированных доильных установок в 70-80-х годах прошлого столетия возник 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 и съема подвешной части с вымени и др.

В соответствии с методологией советской школы физиологов, ученых и практиков молочного дела эти задачи объединены в комплексную проблему оптимизации биотехнической системы «человек–машина–животное» [2]. Вместе с тем в решении проблемы адекватности воздействия звена «машина» на органы животного нет четкого ответа на вопрос: «кто управляет доением» – человек или животное [3].

Развитие новой двухзвенной биотехнической системы «робот–животное» позволяет значительно упростить функционально-технологические связи и обеспечивает ряд преимуществ в выполнении процесса [4].

В зависимости от степени влияния режимов работы доильной установки и материала рабочих органов на состояние животного во время и после доения, определяется уровень физиологичности оборудования (рисунок 16). 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.

Результаты исследований, проведенных РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» и ГНУ «ВИЭСХ» (РФ), говорят о том, что при таком доении можно получать дополнительно от 15 до 20% продукции, но главное – существенно снизить выбраковку животных за счет сокращения случаев мастита. Опыт разработки технических средств доения коров, полученный при реализации совместной белорусско-российской программы «Развитие производства оборудования для обеспечения получения качественной молочной продукции», свидетельствует о необходимости научного обоснования эффективных стереотипов щадящего механизированного доения коров.

Процесс обоснования эффективных стереотипов механизированного доения (далее – ЭСМД) включает три этапа.

I.

**A.** Оценка рабочих органов и режимов работы доильной установки (доильных установок) по техническим параметрам.

**B.** Технологическая оценка показателей состояния вымени и динамики молокоотдачи (рисунок 1).

II. Оценка эффективности внедрения.

III. Формирование базы данных ЭСМД для заданных производственно-климатических условий.



**Рисунок 16 – Оценка физиологичности рабочих органов и режимов работы доильных установок**

Показатели технологической оценки ЭСМД могут быть объединены в один обобщенный показатель, предложенный профессором Л.П. Карташовым [2, с. 31]:

$$K_T = (1 - \Pi / 100)^2 + (1 - V_{cp} / V_{max})^2, \quad (1)$$

где  $\Pi$  – полнота извлечения молока из вымени, %;

$V_{cp}$  – средняя фактическая скорость доения, *кг/мин*;

$V_{max}$  – средняя максимальная скорость доения, *кг/мин*.

Предложенная методика обоснования ЭСМД может быть представлена в виде блок-схемы (рисунок 17). Методика включает также оценку эффективности внедрения, которая проводится на основе энергетического и экономико-энергетического расчетов.

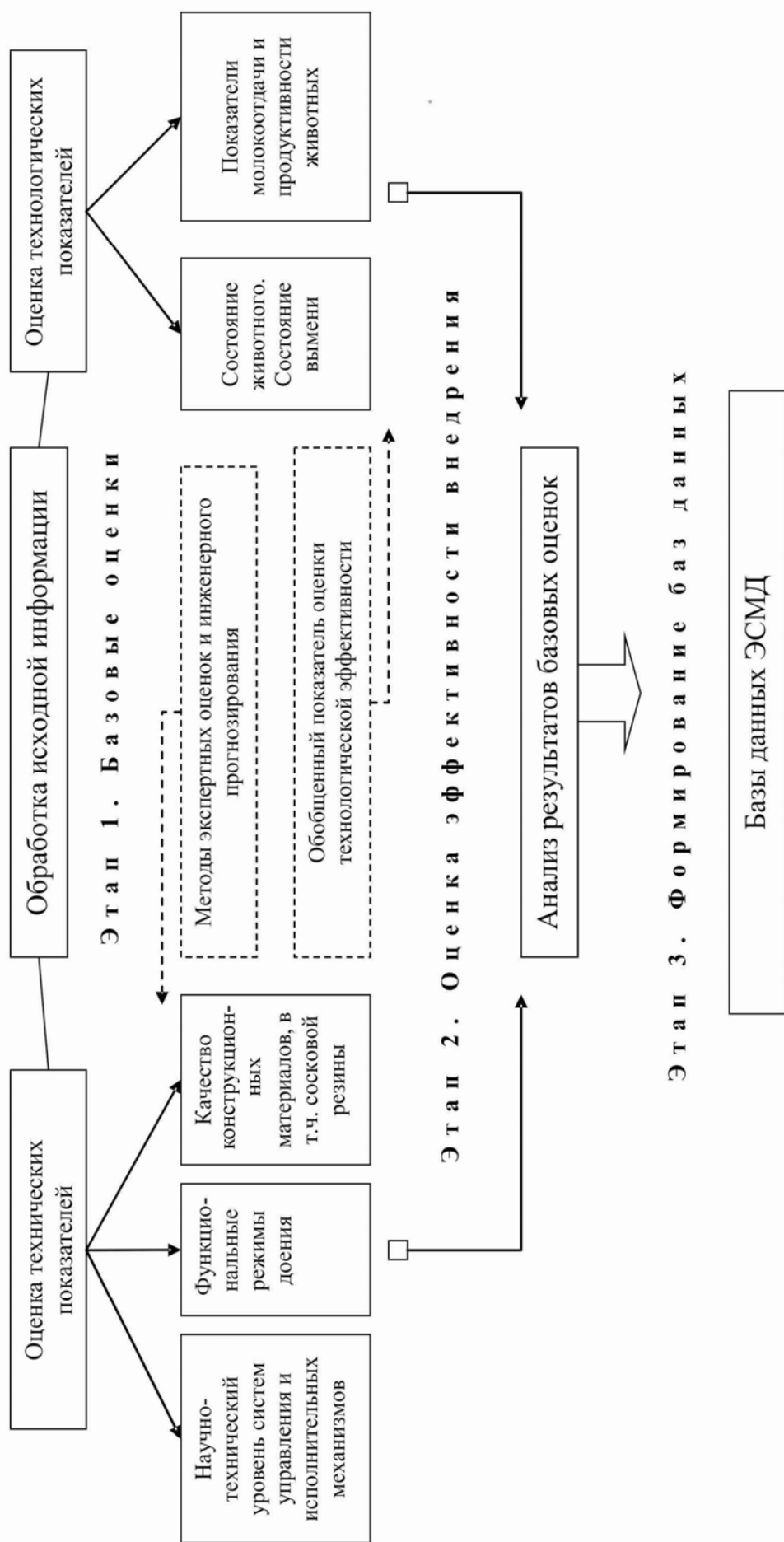
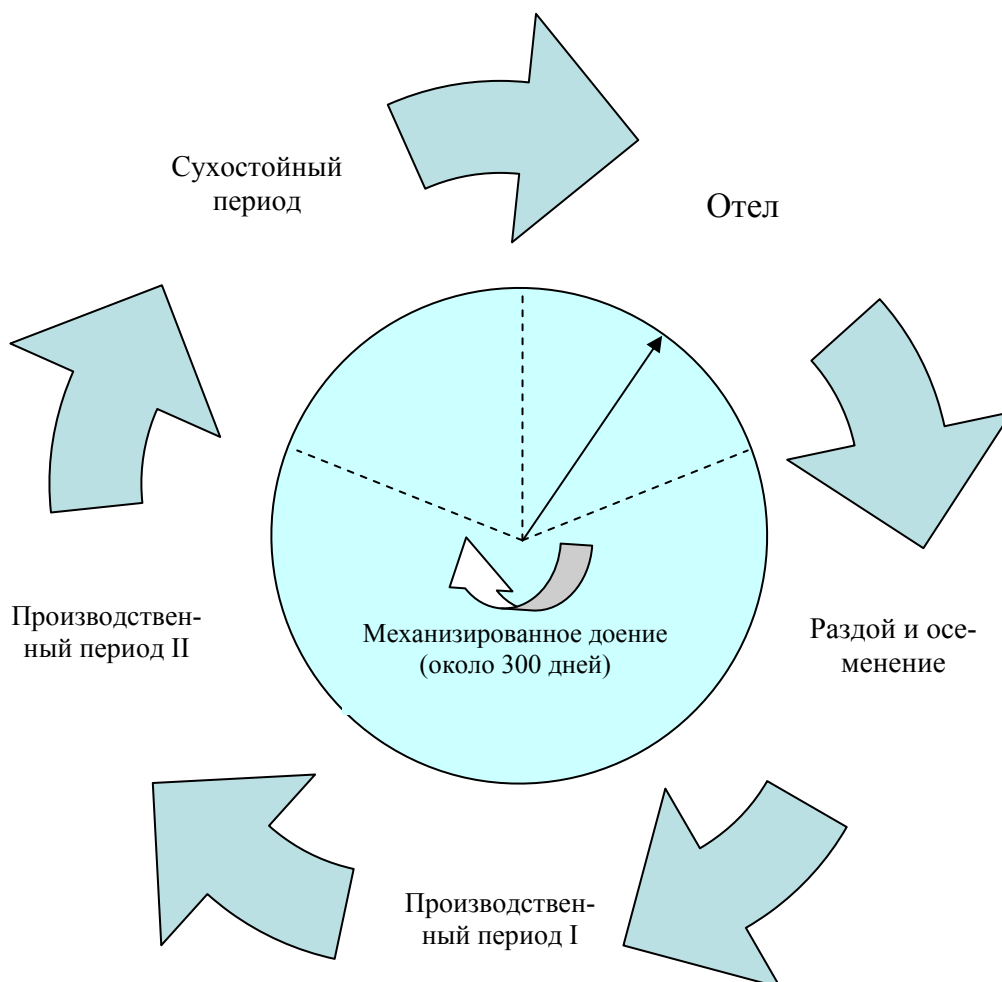


Рисунок 17 – Блок-схема методики обоснования эффективных стереотипов механизированного доения



## Поточность и производительность доения коров

Последовательность во времени протекающих в организме коровы физиологических процессов может быть представлена в виде механизма биологических часов. На основе использования этого механизма формируются условия для эффективного ведения промышленного молочно-товарного производства (рисунок 18).



**Рисунок 18 – «Биологические часы коровы» в производственном цикле молочно-товарной фермы**

На современном этапе научно-технического прогресса основой развития механизированных технологий доения, на наш взгляд, является непрерывная оптимизация физиологических функций организма животного в заданных природно-производственных условиях для достижения высокой молочной продуктивности, с одной стороны, и формирование эффективных стереотипов щадящего машинного доения для повышения его производительности – с другой.

Технологический процесс доения коров на индустриальной ферме в общем случае состоит из трех видов технологических операций: подготовительных, основных и заключительных. Длительность этих операций, особенно подготовительных и заключительных, зависит от уровня их механизации-

автоматизации, и, по сути, определяет производительность процесса. На основе известных зависимостей фонда времени доения [5-7] нами предложено выражение (2) для более полной оценки производительности доильного зала  $Q_{дз}$  с учетом современных операций механизированного доения (рисунок 19).

$$Q_{дз} = 3600k (1 - T_d / T) / T_d;$$

$$T_d = \sum_{i=1}^n (t_1 + t_2 + t_3), \quad (2)$$

где  $k$  – количество мест доения;

$T_d$  – среднее время цикла доения;

$T$  – время выполнения процесса доения за  $n$  циклов (загонок);

$t_1, t_2, t_3$  – время выполнения технологических операций подготовительных, основных и заключительных соответственно.

В технологиях производства молока понятие поточности возникло в связи с их интенсификацией. Наряду с техническими возможностями механизации-автоматизации доения, поточная организация этого процесса позволяет повысить его производительность за счет сокращения  $T_d$  по всем составляющим выражения (2).



**Рисунок 19 – Операции процесса механизированного доения**

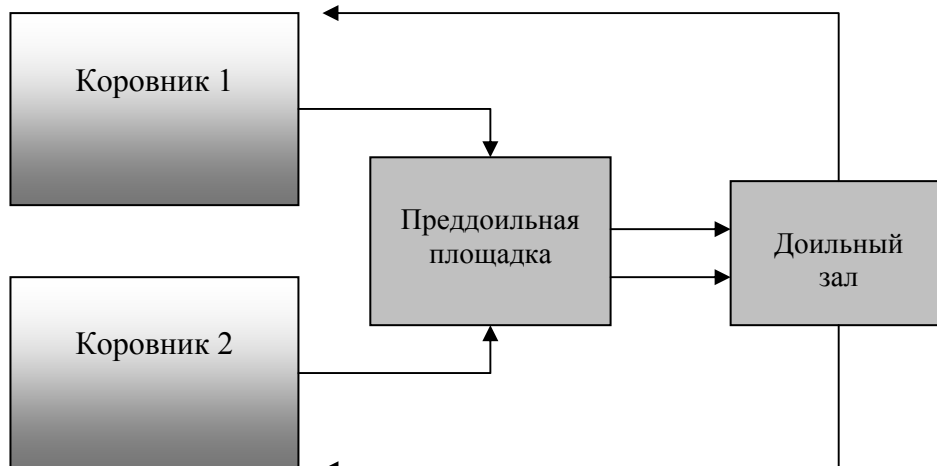
В классическом виде схема поточной организации доения коров на специальных площадках (в залах) может выглядеть следующим образом (рисунок 20):

поточный процесс доения будет характеризоваться следующими параметрами: ритмичностью потока  $R_f$  и временем доения одной коровы  $t_d$ .

Если принять во внимание (2) как общее время доения, условие эффективной ритмичности доения будет выглядеть следующим образом:

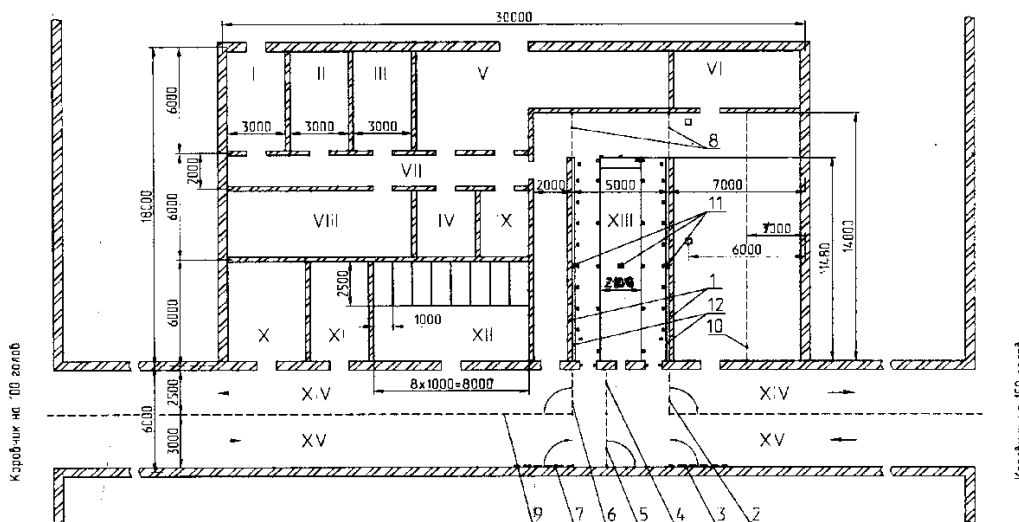
$$t_d = T_d - R_f (k - 1). \quad (3)$$

Выполненные на основе графо-аналитического метода [5, с. 143] расчеты ритмичности и плотности потока доения коров позволили выбрать эффективную компоновочную схему доильно-молочного блока [6, п. 2.5.1].



**Рисунок 20** – Схема поточной организации доения для молочно-товарной фермы с двумя производственными коровниками

В отличие от классической (рисунок 20), схема включает совмещенные с технологическими скотопрогонами преддоильную XIV и последоильную XV площадки (рисунок 21).



1 – котельная; II – лаборантская; III – операторская; IV – комната заведующего фермой; V – молочная; VI – вакуумная; VII – коридор; VIII – красный уголок; IX – раздевалка; X – склад; XI – комната осеменатора; XII – пункт искусственного осеменения; XIII – доильный зал с доильной установкой УДА-16Е; XIV – последоильная площадка; XV – преддоильная площадка; 1 – стенка из кирпича ( $h=3$  м,  $t=25$  см); 2–8 – поворотные ограждения; 9–10 – разделительное ограждение; 11 – трап; 12 – навозный желоб

**Рисунок 21** – Планировка доильно-молочного блока

## Заключение

1. Выделяются три основных технологических направления комплексной проблемы развития поточности и производительности в механизированном доении коров: оптимизация физиологических функций организма животного в зависимости от природно-производственных условий, ритмичность организации процесса доения и его эффективная механизация-автоматизация.

2. На основе условий ритмичности работы доильного зала (1)–(3), с учетом организационно-технологических методов расчета процесса механизированного доения, существует возможность обеспечить эффективное формирование технологических групп животных, пригодных к машинному доению.

3. Метод обоснования эффективных стереотипов механизированного доения позволяет формировать технологические группы животных, пригодных к машинному доению.

01.07.10.

## Литература

1. Карташов, Л.П. О проектировании физиологичной доильной техники с точки зрения открытых систем / Л.П. Карташов, З.В. Макаровская // Сб. науч. тр. / Россельхозакадемия. – Казань, 2002. – XI Международный симпозиум по машинному доению коров. – Казань, 2003. – С. 23-36.
2. Карташов, Л.П. Машинное доение коров / Л.П. Карташов. – М.: Колос, 1982. – 301 с.
3. Цой, Ю.А. Состояние, проблемы и пути технического переоснащения молочных ферм / Ю.А. Цой // Сб. науч. тр. / НАН Беларуси. – Гомель, 2006. – XIII Международный симпозиум по машинному доению сельскохозяйственных животных. – Минск, 2006. – С. 27-30.
4. Китиков, В.О. Научные и технологические подходы в создании передовых технологий в молочном животноводстве на базе роботизированного оборудования / В.О. Китиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2008. – Вып. 42. – С. 160-165.
5. Фененко, А.И. Механізація доїня корів. Теорія і практика: монографія / А.І. Фененко. – Київ, ННЦ «ІАЕ», 2008. – 198 с.
6. Дашков, В.Н. Содержание коров и реконструкция ферм: пособие / В.Н. Дашков, В.О. Китиков, Э.П. Сорокин. – Минск: ГУ «Учебно-методический центр Минсельхозпрода», 2007. – 99 с.
7. Винников, И.К. Технологии, системы и установки для комплексной механизации и автоматизации доения коров / И.К. Винников, О.Б. Забродина, Л.П. Кормановский. – Волгоград: Изд-во РАСХН, 2001. – 354 с.

УДК 519.6:637.116.4

**В.О. Китиков, Е.В. Тернов**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,*

*г. Минск, Республика Беларусь)*

**М.М. Чуйко**

*(ГНУ «Институт математики НАН*

*Беларуси,*

*г. Минск, Республика Беларусь)*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДООИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ ПРИ СТАБИЛИЗАЦИИ РАЗРЕЖЕНИЯ**

### **Технологические требования к режиму работы вакуумной системы**

Одним из основных факторов, влияющих на эффективность машинного доения коров, является величина рабочего вакуума под соском. Молоко в вымени коровы между дойками находится под давлением в пределах 102–103 *кПа* и может достигать 104–105 *кПа* [1]. Вакуумная система современных доильных установок создает разрежение в подсосковом пространстве доильного стакана порядка 45–50 *кПа* [2]. Чем выше перепад этих давлений, тем быстрее молоко отсасывается из вымени. В то же время чем ниже давление под соском коровы, тем сильнее болевое воздействие на вымя и выше вероятность заболевания коров маститом.

В соответствии с требованиями [3] произведение амплитуды изменения вакуума от номинального значения на продолжительность этого изменения не должно превышать 20 *кПа·с*. На практике рекомендуется допустимое значение 6,67 *кПа* и время действия такого вакуума не более 3 секунд. Перепад вакуумметрического давления между вакуумной установкой и вакуумным регулятором, а также между вакуумным регулятором и любой точкой в вакуум-проводе в условиях испытаний не должен превышать 2,5 *кПа*. Просачивание атмосферного воздуха в вакуумную систему не должно превышать 5% номинальной производительности вакуумной установки. Просачивание воздуха через трубопроводы и фитинги молокопровода при рабочем вакууме не должно превышать 20 *л/мин*. Отклонение вакуума от заданных параметров не должно превышать 2,66–3 *кПа* [2, 4]. Поток воздуха, подсасываемого через доильные аппараты, составляет  $(0,62 \dots 0,79) \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$  [1].

Анализ современной методики измерений технологических параметров доильных установок [4] показывает, что положение измерительных контрольных точек отражает требования к обеспечению баланса вакуума в вакуумной системе доильной установки. При этом состав процедур измерений и порядок их выполнения строго формализован, что является существенным условием реализуемости автоматизации стабилизации разрежения.

### **Обобщенные критерии оценки состояния вакуумной системы**

Баланс вакуума в вакуумной системе зависит от количества воздуха, которое откачивает вакуумный насос, и количества воздуха, которое попадает в систему [1]. Его выражают соотношением:

$$Q_t = Q_{BA} + Q_{BX} + Q_P, \quad (1)$$

где  $Q_t$  – количество воздуха, которое откачивает вакуумный насос;

$Q_{BA} = q_B \cdot N$  – количество воздуха, которое подсасывают доильные аппараты;

$Q_{BX} = 0,15 \cdot Q_{BA}$  – оценка количества воздуха, просачиваемого в систему через неплотности в соединениях вакуум- и молокопровода;

$Q_P = 1,5 \cdot Q_{BA}$  – оценка количества воздуха, впускаемого в систему вакуумным регулятором;

$q_B$  – подсос воздуха доильным аппаратом,  $m^3/c$ ;

$N$  – общее количество доильных аппаратов, подключенных к вакуумной системе.

Таким образом, приближенная оценка баланса вакуума

$$Q_t = 2,65q_B \cdot N. \quad (2)$$

Выражения (1) и (2) справедливы для вакуумной системы без утечек. В действительности же имеет место приток окружающего воздуха в вакуумную систему через доильные стаканы при их надевании или спадании, через неплотности трубопроводных соединений, точки подсоединения переносных доильных аппаратов к линейному вакуум-проводу. Существенное изменение рабочего вакуума может быть обусловлено образованием газовой фазы за счет испарения молока, так как молочная линия сообщается с вакуумной.

В общем случае четкими критериями оценки вакуумной системы являются рабочий уровень вакуума в вакуум-проводе, а также разница между уровнями вакуума в его начале (вакуумный насос) и конце (молокоприемник). Чем она меньше, тем стабильнее работа доильных аппаратов. Оценка параметров вакуумной системы с использованием названных критериев реализована в современном измерительном оборудовании ведущих производителей оборудования доильных залов (DeLaval, Westfalia Surge) и в методике его применения.

#### **Технологические требования к системе автоматического регулирования уровня разрежения**

Эффективный режим работы доильной установки требует постоянной поддержки необходимого уровня вакуумметрического давления в системе. Доставка молока от доильных аппаратов в молокоприемник кроме поддержания вакуума требует наличия необходимого потока воздуха. Контроль этих показателей в различных точках и узлах доильной установки является важным моментом для оптимального режима работы доильной установки.

Система регулирования и контроля уровня разрежения должна обеспечивать решение следующих основных задач:

- измерение уровня разрежения и потока воздуха;
- контроль вакуумметрического давления и потока воздуха в системе;
- выдача рекомендаций о возможных источниках неисправностей в работе системы разрежения.

На основании анализа порядка измерений [4] может быть разработан алгоритм автоматического регулирования уровня рабочего вакуума в частях магистрального вакуум-провода. При этом сложность технической реализации системы автоматического регулирования (далее – САР) будет зависеть от числа

опорных и вспомогательных контрольных точек. Для их уточнения требуется теоретическое исследование неустойчивости уровня вакуума, а также накопление набора экспериментальных данных измерений в соответствии с тестом ISO 6690 и его статистическая обработка.

Предположительно наиболее простая САР уровня вакуума может содержать опорные точки в месте подключения кольцевого магистрального вакуумпровода к ресиверу, молокоприемнику, а также посередине длинных сторон магистрального вакуумпровода. Роль регулятора может выполнить программируемый контроллер (либо реле – если пренебречь передачей накопленных параметров в компьютер для анализа). Предварительный поиск датчиков давления с исполнительными механизмами может быть выполнен по каталогам.

### **Основные положения математической модели, описывающей динамику вакуума в системе**

Практически все типы доильных установок представляют собой более или менее сложную гидравлическую сеть, содержащую в своем составе несколько типов отличающихся по своим характеристикам гидравлических трактов. К ним относятся молокопроводы, по которым движется двухфазный поток молоковоздушной смеси, воздухопроводы с однофазным воздушным потоком, молокосорборники, где, благодаря значительному объему внутреннего пространства, скорость потока стремится к нулю и происходит разделение жидкой и газообразной фаз (молока и воздуха), а также доильные стаканы, в которых осуществляется пульсирующий режим течения как молока, так и воздуха, затрачиваемого на привод доильных пульсаций. Вся гидравлическая система типичной доильной установки представляет собой практически герметичную систему с характерным объемом порядка  $V=1000$  л. Этот объем не полностью герметичен, так как имеются натекания воздуха внутрь, связанные с затратами его на привод доильных аппаратов, с негерметичностью контактов доильных стаканов и сосков, с натеканием воздуха в стакан с открытым клапаном при надевании стакана на сосок и снятии с соска, с негерметичностью трубопроводных соединений. Кроме воздушного потока имеется также и натекание жидкой фазы (молока), а также образование дополнительного количества газовой фазы за счет испарения молока. Пониженное давление (вакуум) в этом объеме поддерживается за счет работы вакуумного насоса (вакуумной станции), который компенсирует натекающие потоки. Поскольку все эти потоки достаточно неустойчивы, а поддерживающая вакуум в системе насосная станция работает в стационарном режиме, то в большинстве доильных аппаратов применяются регуляторы вакуума, представляющие собой дифференциальный клапан, открывающийся, если разность между наружным и внутренним давлением превышает допустимый предел. Таким образом, на работу регулятора вакуума также требуется расход (натекание) воздуха. Вакуум был бы стабильным в стационарном режиме, когда натекающие потоки воздуха компенсировались бы работой вакуумной установки, то есть выполнялись бы соотношения (1) и (2).

Рассмотрим характерные значения расходов. При затратах воздуха на привод одного пульсатора  $q_B=2,7 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с [1] доильная установка с четырьмя до-

ильными аппаратами, согласно (2), должна потреблять  $2,65 \cdot 4 \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} = 0,029 \text{ м}^3/\text{с}$ . Эта величина примерно соответствует производительности насосной станции СН-60А. При этом максимальная молокоотдача от четырех доильных аппаратов  $Q_M = 4 \cdot 0,04 \text{ л/с} = 0,16 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ , из чего следует, что объемный расход молока составляет менее одного процента от расхода воздуха, потребляемого доильной установкой. Это говорит о том, что объемом, занимаемым молоком, при расчете текущего баланса расходов воздуха в доильной установке можно пренебречь. Данный фактор следует учитывать при построении математической модели доильной установки.

Таким образом, стационарное уравнение баланса воздуха (1) может строго выполняться лишь в исключительных случаях. Как правило, все потоки воздуха нестационарны, и для анализа процессов необходимо применять нестационарные уравнения. Это обусловлено в первую очередь тем, что вакуумный насос не обладает фиксированной производительностью, а имеет близкую к линейной расходно-напорную характеристику [5]. Это значит, что его производительность обратно пропорциональна разности давления между вакуумируемым объемом и атмосферой. Так, линейной расходно-напорную характеристику насосной станции СН-60А [5] можно представить в виде:

$$Q_H(p) = C - B(p_0 - p), \quad (3)$$

где  $p_0$  – атмосферное давление,  $p$  – давление в системе,  $C=166 \text{ м}^3/\text{час}$ ,  
 $B=20 \text{ м}^3/(\text{час} \cdot \text{МПа})$ .

Аналогично расход воздуха через регулятор давления определяется его расходно-напорной характеристикой, которую качественно можно выразить уравнением:

$$Q_X(p) = \begin{cases} 0 & \text{если } p \geq p_{nom}; \\ D(p_{nom} - p) & \text{если } p < p_{nom}, \end{cases} \quad (4)$$

где  $p_{nom}$  – номинальное давление,  $D$  – наклон характеристики регулятора.

Натекание воздуха через неплотности в системе также есть функция разности давлений. Согласно [6], массовый расход воздуха  $\dot{m}$  через неплотность с поперечным сечением  $\bar{A}$  определяется соотношением:

$$\dot{m}(p, \bar{A}) = \begin{cases} \left( \frac{2}{1+k} \right) \frac{k+1}{2(k-1)} \sqrt{k \rho_0 p_0 \bar{A}} \sqrt{\frac{k+1}{k-1} \left( \frac{1+k}{2} \right)^{\frac{2}{k-1}} \left( \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{2}{k}} \left( 1 - \frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}}} & \text{если } p \geq p_0 \left( \frac{2}{1+k} \right)^{\frac{2}{k-1}}; \\ \left( \frac{2}{1+k} \right) \frac{k+1}{2(k-1)} \sqrt{k \rho_0 p_0 \bar{A}} & \text{если } p < p_0 \left( \frac{2}{1+k} \right), \end{cases} \quad (5)$$

где  $k = 1,4$  – показатель адиабаты,  $\rho_0$  – плотность воздуха при нормальных условиях.

Тогда балансное уравнение, выражающее динамику вакуума в системе, можно записать как



$$\frac{V}{R_g T} \frac{dp(t)}{dt} = \rho_0 q_B(t) N(t) + \dot{m}(p(t), \bar{A}(t)) + \rho_0 Q_X(p(t)) - \rho_0 Q_H(p(t)), \quad (6)$$

где  $R_g$  – газовая постоянная для воздуха,  $T$  – температура; в правой части стоят функции давления, определенные в (3), (4), (5), а также задаваемые функции времени, описывающие динамику изменения суммарного поперечного сечения неплотностей  $\bar{A}(t)$ , количество одновременно включенных доильных аппаратов  $N(t)$ , динамику потребления воздуха отдельным доильным аппаратом  $q_B(t)$ , включающую скачки расхода воздуха при надевании и снятии аппарата.

Решая (6) совместно с (3)–(5) при заданных функциях  $\bar{A}(t)$ ,  $N(t)$ ,  $q_B(t)$ , можно рассчитать динамику изменения вакуума в системе, определяемую параметрами характеристик насоса и регулятора давления.

Описанная модель является лишь первым приближением для исследуемой задачи. Уточненная модель будет учитывать тот факт, что все балансообразующие потоки приложены в разных точках довольно сложной гидравлической сети, какой является доильная установка, поэтому в ней осуществляются перетоки из одной точки в другую. При этом возникают потери давления на вязкое трение, так что давления в разных точках установки разные и, следовательно, составляющие баланса будут определяться разными давлениями, а не одним, как в (6). Необходимо будет учитывать наличие молока в молокопроводе, так как потери давления в двухфазном потоке значительно отличаются от потерь в однофазном, содержащем только газовую фазу.

### Заключение

1. Стабильность разрежения в современных доильных установках должна обеспечиваться на основе автоматического саморегулирования в системе производства и распределения технологического вакуума.

2. Математическое моделирование процесса изменения разрежения во времени может быть выполнено как имитационными, так и аналитическими методами. Создаваемые с данной целью математические и компьютерные модели позволят уточнить состав технических средств и архитектуру САР рабочего вакуума доильной установки.

05.07.10.

### Литература

1. Фененко, А.І. Механізація доїння корів. Теорія і практика: монографія / А.І. Фененко. – К.: ННЦ «ІАЕ», 2008. – 198 с.
2. Техническое обеспечение производства молока: практическое пособие / О.А. Борисенко [и др.]. – Гомель: ЧУП «ЦНТУ «Развитие», 2006. – 188 с.
3. Установки доильные. Конструкция и технические характеристики: ГОСТ 28545–90 (ИСО5707–83). – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 18 с.
4. Тест ISO: системное руководство. – 9699001 / Перевод 2M\_0100\_311\_en\_752 (9905). – DeLaval, 2004. – 50 с.
5. Станция насосная СН-60А. Паспорт / КУП «Гомельский мотороремонтный завод». – Гомель, 2000. – 25 с.
6. Лойцянский, Л.Г. Механика жидкости и газа / Л.Г. Лойцянский. – М.: Наука, 1973.

### Введение

Доильные установки проектируются с учетом использования определенного (номинального) вакуумметрического давления. Установка будет работать в заданном режиме, если поддерживается номинальный вакуум в системе. При изменении вакуумметрического давления в системе режим работы доильной установки может выйти за пределы допустимого. При этом происходит отказ системы, хотя она будет продолжать доить, а доильные аппараты не обязательно будут спадать с вымени. В связи с этим поиск путей создания промышленных технологий получения молока приводит к необходимости повышения стабильности вакуумметрического давления в молоко-вакуумных системах.

### Объекты и метод исследований

Объектом исследований является доильная установка типа «Елочка 2x12». При исследовании применялся расчетный метод.

### Результат исследований

Основными конструктивными параметрами, определяющими стабильность вакуума в системе, являются диаметры труб вакуум- и молокопроводов, производительность вакуумного насоса и качественное регулирование величины вакуума. Помимо конструктивных параметров, влияние на величину вакуума в системе оказывают эксплуатационные факторы – подсос воздуха, засорение трубопроводов.

Трубы вакуум-провода рассчитываются в зависимости от длины вакуумной магистрали, диаметра труб и количества доильных аппаратов в соответствии с международным стандартом ИСО 5707 [1]. Перепад вакуумметрического давления между вакуумной установкой и вакуумным регулятором, а также между вакуум-регулятором и любой точкой в вакуум-проводе (доильный вакуум) не должен превышать 2,5 кПа. На основании этих данных и рассчитывается диаметр вакуум-провода.

Начальные потери вакуума для участка вакуумной линии доильных машин длиной  $l$  (например, для 12 доильных аппаратов) складываются из потерь по длине  $\Delta P_{тр}$  и местных потерь  $\Delta P_m$  [2].

$$\Delta P_n = \Delta P_{тр} + m\Delta P_m; \quad (1)$$

$$\Delta P_{тр} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{c^2}{2} \rho; \quad (2)$$

$$\Delta P_m = \xi \cdot \frac{c^2}{2} \rho, \quad (3)$$

где  $\lambda$  – коэффициент гидравлического сопротивления по длине;

$\xi$  – коэффициент местных гидравлических сопротивлений;

$l$  – длина расчетного участка вакуумной линии, м;

$d$  – диаметр трубопровода, м;

$c$  – средняя скорость воздуха в трубе, м/с;

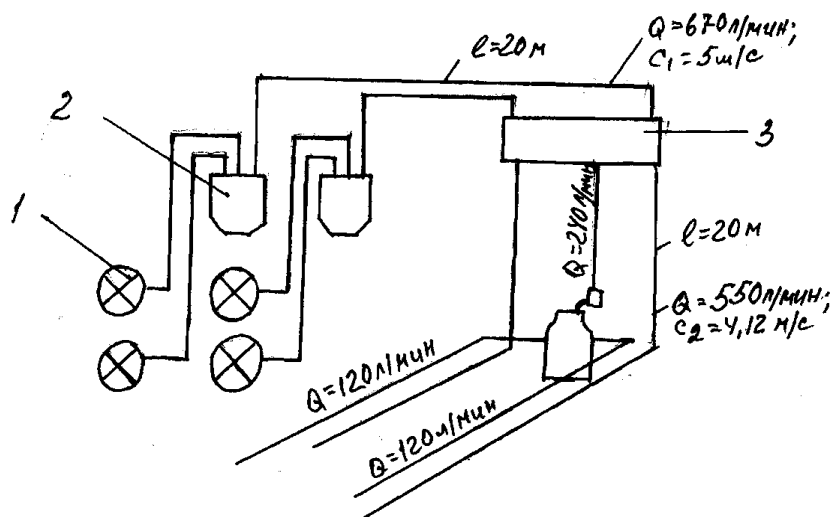
$\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$m$  – число местных гидравлических сопротивлений.

Для труб, не бывших в употреблении,  $\lambda$  определяют по таблицам ( $\lambda = 0,046$ ).

Скорость воздушного потока  $c$  определим на основании следующих данных. В соответствии с ИСО 5707 производительность вакуумной установки на 12 доильных аппаратов составляет  $Q = 1040$  л/мин. Очевидно, расход воздуха по линейному вакуум-проводу будет меньше этого значения на величину запаса производительности (370 л/мин) и расхода воздуха коллектором (10 л/мин x 12 аппаратов = 120 л/мин). Тогда расход воздуха по линейному вакуум-проводу составит  $Q = 1040 - 370 - 120 = 550$  л/мин.

Вакуум-провод на всем протяжении имеет 2 участка длиной по 20 м и диаметром  $d = 0,05$  м (рисунок 22). Первый участок магистральный, имеет расход воздуха  $Q_1 = 1040 - 370 = 670$  л/мин, или  $0,011$  м<sup>3</sup>/с.



1 – вакуумный насос; 2 – вакуумный баллон; 3 – ресивер

**Рисунок 22 – Схема прокладки вакуум-провода доильной установки «Елочка» 2x12**

Скорость воздушного потока в магистральных трубопроводах диаметром 53 мм составит:

$$c_1 = \frac{Q}{F} = \frac{0,011}{0,0265^2 \cdot 3,14} = 5,0 \text{ м/с.} \quad (4)$$

Скорость воздушного потока в линейном трубопроводе

$$c_2 = \frac{Q}{F} = \frac{0,0091}{0,0265^2 \cdot 3,14} = 4,12 \text{ м/с,} \quad (5)$$

где  $Q = 1040 - 370 - 120 = 550$  л/мин, или  $0,0091$  м<sup>3</sup>/с – потребление воздуха 12 доильными аппаратами.

$$\text{Тогда } \Delta P_{1mp} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{c^2}{2} \rho = 0,046 \frac{20}{0,053} \cdot \frac{5^2}{2} \cdot 0,68 = 0,147 \text{ кН/м}^2;$$

$$\Delta P_{2mp} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{c^2}{2} \rho = 0,046 \frac{20}{0,053} \cdot \frac{4,12^2}{2} \cdot 0,68 = 0,100 \text{ кН/м}^2;$$

$$\Delta P_{mp} = \Delta P_{1mp} + \Delta P_{2mp} = 0,147 + 0,100 = 0,247 \text{ кН/м}^2 \text{ (2,47 кПа)}.$$

Местные потери

$$\Delta P_{ml} = m \xi \frac{c^2}{2} \rho = 5 \cdot 1 \frac{5^2}{2} \cdot 0,68 = 0,04 \text{ кН/м}. \quad (6)$$

Общие потери давления  $\Delta P = \Delta P_{mp} + \Delta P_{ml} = 2,47 + 0,0004 = 2,47 \text{ кПа}$ , что допустимо по ИСО 5707 (не более 2,5 кПа).

Вместе с тем в вакуум-проводе со временем происходит накопление загрязнений, образование коррозии, что ведет к значительным потерям вакуума. Расчетная формула увеличения потерь вакуума в вакуумной линии [2]:

$$\frac{P_k}{P_n} = 1 + 0,1kt^n, \quad (7)$$

где  $P_n$  – величина вакуума в вакуум-проводе после чистки или в новых, не бывших в употреблении, трубах,  $\text{Н/м}^2$ ;

$P_k$  – величина абсолютного давления того же сечения через  $t$  месяцев эксплуатации,  $\text{Н/м}^2$ ;

$k$  и  $n$  – коэффициенты, зависящие от сезона и продолжительности эксплуатации (таблица 14).

Таблица 14 – Зависимость коэффициентов  $k$  и  $n$  от сезона и продолжительности эксплуатации

Сезон	Продолжительность эксплуатации, $t$ , мес.	Коэффициенты	
		$k$	$n$
летний	1	0,9	0,5
	2	0,98	
	3	0,98	
весенне-осенний	1	2,0	0,45
	2	2,25	
	3	2,44	
зимний	1	3,6	0,35
	2	4,44	
	3	4,9	

Подставляя в формулу самые неблагоприятные значения таблицы, получим, что увеличение потерь вакуума в вакуум-проводе без его чистки в течение 3 месяцев может составить до 0,7 от нового, то есть потери вакуума в вакуум-проводе составят  $\Delta P = 2,3 + 0,7 \cdot 2,3 = 3,9 \text{ кПа}$ .

$$\frac{D_e}{D_i} = 1 + 0,1 \cdot 4,9 \cdot 3^{0,35}.$$

В случае если вакуум-провод не подвергать чистке более длительное время, увеличение потерь вакуума может составить более значительную цифру.

Внутренний диаметр молокопровода выбирают с таким расчетом, чтобы перепад давления в молокопроводе не превышал 3 *кПа* при работе всех доильных аппаратов [1]. Исходя из этого, определим минимальный диаметр молокопровода на 12 доильных аппаратов установки «Елочка». Длина молокопровода 20 м. Падение вакуума в молокопроводе определяют по формуле [3]:

$$\Delta h = \frac{8\lambda G_m^2 n^2}{\pi^2 g \rho (1 - \beta) D^5}, \quad (8)$$

где  $\lambda$  – коэффициент сопротивления трению. Для требуемого режима движения газо-жидкостной смеси в молокопроводе и при числе Рейнольдса  $Re = 10000$  для технически гладких труб молокопровода  $\lambda = 0,0315$  [4];

$l$  – длина рабочего участка молокопровода,  $l = 20$  м;

$G_m$  – весовой расход молока на один доильный аппарат,  $G_m = 0,05$  кг/с;

$n$  – количество доильных аппаратов на одной рабочей ветви молокопровода,  $n = 12$ ;

$\rho$  – плотность молока,  $\rho = 1027$  кг/м<sup>3</sup>;

$D$  – диаметр молокопровода, м;

$\beta$  – коэффициент газосодержания.

$$\beta = \frac{V_{mv} P_p / P_{атм}}{V_{mv} P_p / P_{атм} + V_{mm}}, \quad (9)$$

где  $V_{mv}$  – объемный расход воздуха, отнесенный к одному доильному аппарату. В соответствии с ИСО 5707 объемный расход воздуха одним доильным аппаратом составляет 10 л/мин, или 0,00017 м<sup>3</sup>/с. Следовательно,  $V_{mv} = 0,00017$  м<sup>3</sup>/с;

$V_{mm}$  – объемный расход молока на один доильный аппарат. В соответствии с ИСО 5707  $V_{mm} = 0,00005$  м<sup>3</sup>/с;

$P_p/P_{атм}$  – отношение рабочего давления к атмосферному,  $P_p/P_{атм} = 0,5$ .

Коэффициент газосодержания

$$\beta = \frac{V_{mv} P_p / P_{атм}}{V_{mv} P_p / P_{атм} + V_{mm}} = \frac{0,00017 \cdot 0,5}{0,00017 \cdot 0,5 + 0,00005} = 0,63.$$

Падение вакуума в молокопроводе на рабочем участке при работе двенадцати доильных аппаратов

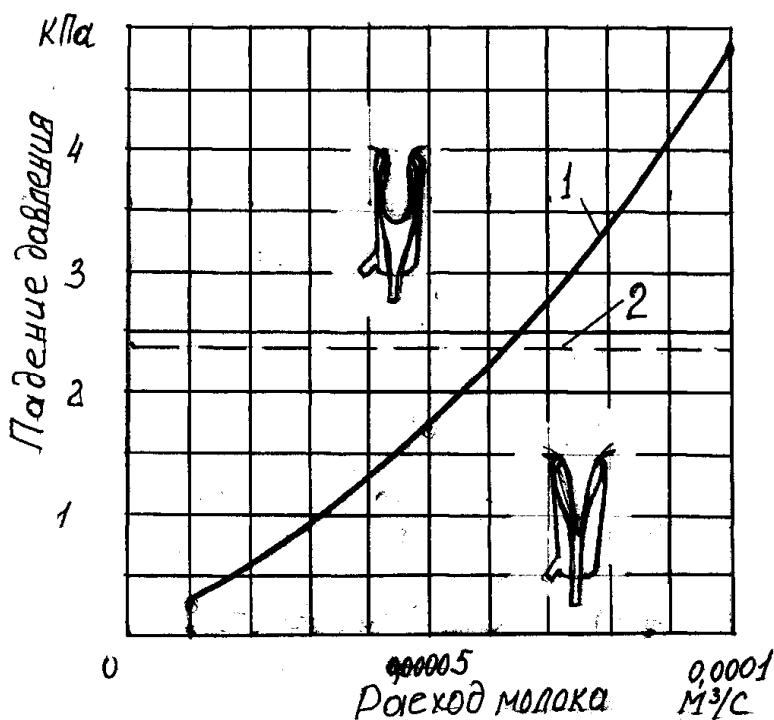
$$\Delta h = \frac{8\lambda G_m^2 n^2}{\pi^2 g \rho (1 - \beta) D^5} = \frac{8 \cdot 0,0315 \cdot 20 \cdot 0,05^2 \cdot 12^2}{3,14^2 \cdot 9,8 \cdot 1027 (1 - 0,63) \cdot D^5} = \frac{0,000049}{D^5}.$$

При  $D = 0,05$  м  $\Delta h = 163$  кг/м<sup>3</sup>, или 1,63 *кПа*, что соответствует требованиям нормативной документации.

При конкретных стабильных условиях падение давления по длине молокопровода находится в пределах, допустимых нормативными документами (ИСО 5707, ГОСТ 28545–90). Однако необходимо отметить, что падение давления по длине молокопровода, а следовательно, и режим работы сосковой резины в значительной степени зависят от количества молока, движущегося по нему. Количество молока в молокопроводе при доении зависит от продуктивности

животных, времени, прошедшего от начала доения коровы, и от других факторов и находится в пределах от нуля до некоторого максимума. Подставляя в формулы для  $\beta$  и  $\Delta h$  различные значения объемного и весового расхода молока, мы получим и различные значения  $\Delta h$ . Зависимость падения давления от расхода молока в молокопроводе при постоянных остальных значениях, представленных в указанных формулах, приведена на рисунке 23.

Как видно из рисунка 2, в правильно спроектированной доильной установке режим работы сосковой резины может иметь непостоянное значение. И на протяжении доения, например, тугодойной коровы, резина может подвергаться деформации в сторону ее баллонизации, когда потери вакуума под соском значительны (верхняя половина рисунка 23), или в сторону соска (нижняя половина рисунка 23). В первом случае трение между резиной и соском уменьшается, стакан наползает на сосок и пережимает молочный канал, а при больших перепадах давления происходит повреждение соска. Во втором случае резина при переходе к такту сжатия бьет по соску и загоняет часть выдоенного молока обратно в сосок, что также имеет негативные последствия.



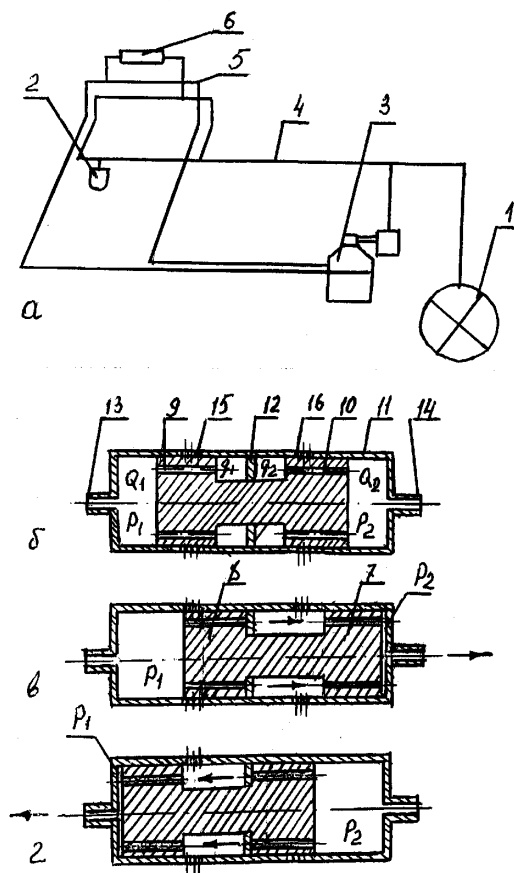
1 – в молокопроводе; 2 – в вакуум-проводе

**Рисунок 23 – Падение давления в молоко- и вакуум-проводе в зависимости от скорости доения**

На перепады давлений в вакуум- и молокопроводе в большой степени влияют и эксплуатационные факторы: подсосы воздуха в систему, несоблюдение диаметров вакуум-провода, неправильное подсоединение вакуумных насосов, несоблюдение диаметров отверстий в вакуум-проводе под молочно-вакуумные краны и др.

Для устранения перепадов давлений между вакуум-проводом и молокопроводом необходимо их соединить. Обеспечение одинакового вакуума в ваку-

ум- и молокопроводе с помощью соединения их трубой или шлангом не представляется возможным по причине попадания молока из молокопровода в вакуум-провод и загрязнения последнего, если разрежение выше в вакуум-проводе, и наоборот, вследствие попадания грязного воздуха из вакуум-провода в молокопровод и загрязнения молока, если разрежение выше в молокопроводе.



а – общий вид доильной установки; б-г – выравниватель давления  
 1 – вакуум-насос; 2 – вакуум-регулятор; 3 – молокоприемник; 4 – вакуум-провод;  
 5 – молокопровод; 6 – выравниватель давления; 7, 8 – поршень;  
 9, 10 – продольное отверстие; 11 – цилиндр; 12 – перегородка; 13, 14 – штуцер;  
 15, 16 – калиброванные отверстия

Рисунок 24 – Выравниватель давления в вакуум- и молокопроводе

Для выравнивания давления в вакуум- и молокопроводе нами предложен специальный выравниватель давления. Он состоит (рисунок 24) из поршня, выполненного из двух половин 7 и 8, имеющих сквозные продольные отверстия 9 и 10, и цилиндра 11, содержащего в средней части разделительную перегородку 12, штуцеры 13 и 14 для подсоединения к вакуум- и молокопроводу и два ряда калиброванных отверстий 15 и 16 для поступления воздуха в вакуум- и молокопровод при нахождении поршня в крайних положениях.

Выравниватель давления работает следующим образом. При включении вакуум-насоса и одинаковом разрежении в вакуум- и молокопроводе ( $P_1 = P_2$ ) силы  $Q_1$  и  $Q_2$ , действующие на поршни 1 и 2, будут также одинаковы. Поршни будут расположены в некотором среднем нейтральном положении (рисунок 24б).

Если по ряду причин разрежение, например, в вакуум-проводе будет выше ( $P_2 > P_1$ ), то сила  $Q_2$ , действующая на поршень, будет больше силы  $Q_1$ . При этом

поршень переместится вправо (рисунок 24в), откроет одно или несколько калиброванных отверстий 16. Воздух через эти отверстия и отверстие 10 будет поступать в вакуум-провод, понижая в нем разрежение до соответствующего уровня вакуума в молокопроводе. Чем больше поршень передвигается вправо, тем больше отверстий он открывает, тем большее количество воздуха будет поступать в вакуум-провод. Перегородка 12 препятствует поступлению воздуха из одной половины цилиндра в другую. При поступлении воздуха в вакуум-провод через выравниватель давления вакуум-регулятор, соответственно, снизит поступление воздуха в вакуум-провод через себя, обеспечивая в нем номинальный уровень вакуума.

Если разрежение будет выше в молокопроводе (рисунок 24г), то подсос воздуха по аналогии обеспечивается уже в молокопроводе, и разрежение в молокопроводе и вакуум-проводе выравнивается. Таким образом, в вакуум- и молокопроводе постоянно будет поддерживаться один уровень разрежения, что способствует повышению эффективности работы доильной установки и безопасному воздействию на животных.

Сила  $q_1 < Q_1$  и сила  $q_2 < Q_2$ , так как они действуют на различные площади поршня.

Более стабильный вакуум в доильных установках можно обеспечить с помощью электронных устройств, которые будут контролировать величину вакуума в вакуум-проводе и молокопроводе и при необходимости давать команду исполнительным механизмам (например, выравнивателю давления) для его стабилизации.

### Заключение

1. В результате исследований установлено, что перепады давлений в вакуум- и молокопроводе в течение одного доения непостоянны. Давление в молокопроводе в процессе доения может быть выше или ниже давления в вакуум-проводе. Величина колебаний находится в пределах от  $+2$  до  $-2$  *кПа*.

2. Для стабилизации вакуумметрического давления в вакуум- и молокопроводе предложено устройство – выравниватель вакуумметрического давления. Предложенное устройство позволяет обеспечить поддержание стабильного вакуума, независимо от условий эксплуатации доильной установки.

24.06.10.

### Литература

1. Установки доильные. Конструкция и техническая характеристика: международный стандарт ИСО 5707–83. – М.: Международная организация по стандартизации, 1987. – 17 с.
2. Дамшиц, Н.А. Методические рекомендации по расчету и конструированию вакуум-проводов доильных машин и техническому уходу за ними / Н.А. Дамшиц, В.П. Ларин. – М.: ВИЭСХ, 1973. – 116 с.
3. Карташов, Л.П. Размеры молокопроводов доильных установок / Л.П. Карташов, М.К. Базаров // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1969. – № 3.
4. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / И.Е. Идельчик. – М.: Госэнергоиздат, 1960. – 464 с.



### **Введение**

В настоящее время в Республике Беларусь работают около 5000 молочно-товарных ферм. Значительное влияние на эффективность производства молока на них оказывает способ содержания дойного стада – привязный или беспривязный. Основное достоинство привязного способа содержания состоит в том, что он создает благоприятные условия для индивидуального кормления и обслуживания каждой коровы в отдельности в соответствии с ее продуктивностью и физиологическими особенностями. Однако это влечет за собой и все основные недостатки данного способа, прежде всего, высокую трудоемкость производства молока. Так, затраты труда на доение 1 коровы в год при привязном ее содержании и доении в молокопровод составляют 40 чел.-ч. При изменении технологии содержания животных на беспривязную и доении коров в доильных залах этот показатель снижается до 17,6 чел.-ч, то есть более чем в два раза, а на привязывание, отвязывание и выгон скота затраты труда на 1 корову в год снижаются с 5,2 чел.-ч. при привязном содержании до 1,16 чел.-ч при беспривязном, то есть почти в 5 раз. Все это вынуждает переводить животных на беспривязное содержание с выбором современного оборудования для доения. Практика также свидетельствует, что лучшие результаты по продуктивности, качеству молока, условиям содержания и здоровью животных, гигиене отелов, безопасности и условиям труда оказались на фермах с беспривязным содержанием. Исходя из этого, в республике широко внедряется беспривязный способ содержания животных, разрабатываются прогрессивные технологии производства молока. К настоящему времени построено или реконструировано около 1000 ферм. В то же время значительное число ферм работает по старой привязной технологии содержания животных.

На молочно-товарных фермах для доения коров используется широкий спектр доильных установок. На малых фермах с привязным содержанием используются установки для доения в ведра УДС-В, ДАС-2Б, на бóльших – установки для доения коров в стойлах в молокопровод АДС, 2АДС, АДМ-8А, УМД-200. При беспривязном содержании и доении в залах используются отечественные доильные установки типов «Тандем» УДА-8Т, «Елочка» УДА (УДМ) на 8, 12, 16, 20, 24 доильных места, «Параллель» УДП на 24 доильных места. Кроме отечественных на реконструируемых и новых фермах широкое применение нашли зарубежные доильные установки типов «Елочка», «Елочка» с быстрым выходом, «Параллель» разных модификаций и вместимости фирм Westfalia Surge, De Laval, Impulsa, Itec, Fulwood, Boumatik, Larta и др., а также доильные роботы.

## Основная часть

Пропускная способность доильной установки выбирается исходя из количества дойных коров и планируемой продолжительности разового доения стада. Эта продолжительность, в свою очередь, зависит от системы содержания коров, кратности доения и организации труда. При пастбищной системе содержания коров доение должно проходить быстро, для этого нужны высокопроизводительная установка и несколько дояров. При беспастбищной системе доить можно в течение всей смены по сдвинутому графику, особенно при двукратном доении и двухсменной организации труда. В этом случае можно использовать менее производительную и более дешевую установку, для обслуживания которой потребуется меньше операторов. Пусть, например, на ферме из 400 дойных коров при пастбищной системе содержания все стадо должно быть выдоено максимум за два часа. Как видно из таблицы 15 (графа 5), для этого потребуются установка типа «Параллель 2x20» с двумя операторами.

При пастбищной системе содержания, трехразовом доении и времени выдаивания стада 2 часа пропускная способность доильной установки будет как и при двухразовом доении (см. таблицу 15, графа 6).

При беспастбищном содержании, двухразовом доении и двухсменной организации труда продолжительность разового доения поголовья с учетом подготовительного (10–15 мин) и заключительного (около 50 мин) времени, времени отдыха и технического обслуживания может составлять около пяти часов. В этом случае достаточно иметь установку пропускной способностью около 80 коров в час, то есть «Елочку» или «Параллель 2x8» с одним оператором (см. таблицу 15, графа 7).

При трехразовом доении продолжительность разового доения составит не более 4 ч. В этом случае необходимо иметь установку с пропускной способностью не менее 100 коров в час, то есть «Елочку» или «Параллель 2x12» (см. таблицу 15, графа 8).

Если при двукратном доении дояры работают четыре часа утром и четыре часа вечером, то с учетом подготовительного и заключительного времени на само доение остается около трех часов. Чтобы подоить за это время 400 коров, нужна установка пропускной способностью около 140 коров в час, то есть «Параллель 2x14». Это достаточно большая установка, приобретение и эксплуатация которой связаны с серьезными затратами.

Выбирая доильную установку, нужно иметь в виду, что пропускная способность одного станка в установках с групповым принципом обслуживания, какими являются установки «Елочка» и «Параллель», с увеличением количества станков уменьшается. Это объясняется увеличением продолжительности заполнения и опорожнения установки, а также самого доения группы животных, продолжительность которого определяется временем выдаивания самой тугодойной коровы.

Таблица 15 – Пропускная способность доильных установок

Установка	Число станков	Число дояров	Пропускная способность установки в час, коров	Система содержания			
				пастбищная		беспастбищная	
				Организация доения			
				односменная		двухсменная	
				2-разовое, 2 ч на доение	3-разовое, 2 ч на доение	2-разовое, 5 ч на 1 доение	3-разовое, 4 ч на 1 доение
1	2	3	4	5	6	7	8
«Елочка»	2x6	1					
	2x8	1	65–93	158	158	395	316
	2x10	1	78–96	174	174	435	348
	2x12	1	86–102	192	192	480	384
	2x14	2	112–136	248	248	620	496
	2x16	2	132–156	288	288	720	576
«Параллель»	1x8	1	44–58	100	100	250	204
	1x12	1	55–69	100	100	300	248
	2x8	1	72–92	150	150	400	328
	2x10	1	84–106	190	190	475	380
	2x12	1	92–114	210	210	515	412
	2x14	2	120–138	240	240	645	516
	2x16	2	136–160	300	300	740	592
	2x18	2	154–172	320	320	860	652
	2x20	2	170–206	400	400	940	752
	2x24	2	192–224	416	416	1040	832
	2x30	2	246–288	536	536	1335	1068

Таким образом, выбирая доильную установку с меньшей производительностью («Параллель 2x8»), продолжительностью работы 5 или 4 ч в день, хозяйство за 1 год работы сэкономит на стоимости этой доильной установки («Параллель 2x8») по сравнению с доильной установкой «Параллель 2x20», так как стоимость последней в 2–2,5 раза выше. Эта экономия составляет порядка 10% от объема молока, выдаваемого за год на ферме из 400 голов.

Учитывая, что при выборе доильной установки обычно ориентируются на трехразовое доение в день, пропускную способность необходимо выбирать в соответствии с графой 8 таблицы.

Что касается типа доильной установки «Елочка» или «Параллель», то на этот выбор большее влияние оказывают планировочные решения доильных залов. В последнее время все большее распространение получают установки «Елочка» с быстрым выходом, которые по производительности одинаковы с «Параллелью».

Выбор типа доильной установки связан также с определенными размерами доильного зала, необходимыми для ее расположения. Так, для доильных установок типа «Елочка» с обычным выходом ширина доильного зала должна быть равна 5 м с учетом технологической траншеи шириной 2100 мм посередине доильного зала. Длина зала зависит от числа доильных мест и для отечественных доильных установок без поперечного прохода в торце зала и при расположении

молокосборника в траншее на выходе коров составляет: для УДА-12Е(2х6) – 9080 мм; для УДА-16Е(2х8) – 11480 мм; для УДА-20Е(2х10) – 13880 мм; для УДА-24Е(2х12) – 16280 мм. Длина доильного зала с поперечным проходом составляет 10330, 12730, 15130, 17530 мм соответственно. В случае, когда молокоборник в технологической траншее располагается у входа коров в доильный зал, длина доильного зала и технологической траншеи увеличивается на 800–1000 мм.

Ширина доильного зала доильных установок «Елочка» с быстрым выходом и «Параллель» составляет 14000 мм, а доильной установки «Тандем» – 6200 мм. Длина доильного зала установки «Параллель 2х12» составляет 10700 мм, длина технологической траншеи – 13000 мм. Длина технологической траншеи установки УДА-8Т составляет 10000 мм, а длина доильного зала с учетом поперечного прохода – 11500 мм.

Площадь доильного помещения, отнесенная на один доильный станок, у доильных установок разных типов составляет, с учетом поперечного (1,25 м) и продольного (1,5 м) проходов: «Елочка» – 4,75–5,6 м<sup>2</sup>; «Елочка» с быстрым выходом – 10,22–19,05 м<sup>2</sup>; «Параллель» – 8,46 м<sup>2</sup>; «Тандем» – 10,82 м<sup>2</sup>.

Следующий фактор, который нужно учитывать при выборе количества станков в установках «Елочка» и «Параллель» – это величина технологической группы коров, то есть вместимость одной секции коровника. Для эффективного использования таких доильных установок важно, чтобы величина технологической группы была кратна числу станков, размещенных по одну сторону траншеи для дояра. Если, например, из соображений пропускной способности выбрана доильная установка «Елочка» или «Параллель 2х12», то величина технологической группы коров должна быть кратна 12. Если же величина технологической группы коров задана планировкой коровника, то число мест в доильной установке должно быть откорректировано в соответствии с условием кратности.

Кроме доильного зала необходимо обращать внимание и на устройство преддоильной площадки. Республиканскими нормами РНТП–1–2004 предусмотрена площадь преддоильной площадки 1,4–2 м<sup>2</sup>/гол. Общую площадь преддоильной площадки необходимо устанавливать, чтобы количество коров, находящихся на ней, было не более 3-кратного количества мест в доильной установке. В этом случае время пребывания коров на преддоильной площадке не будет превышать 20 мин, чего требуют нормативы.

Данные объективной сравнительной оценки доильных установок разных производителей пока отсутствуют. В связи с этим при выборе производителя доильной установки хозяйственники руководствуются субъективной оценкой, а также стоимостью, условиями оплаты и технического сервиса. В этой связи необходимо отметить, что отечественные доильные установки близки по своему техническому уровню к зарубежным. Их преимущество – в низкой стоимости, бесперебойном получении запчастей и необходимого технического сервиса. Один из основных недостатков отечественных доильных установок – низкое качество сосковой резины и отсутствие ее технического обслуживания: гарантийный срок службы составляет всего 900 ч. Однако сосковая резина может от-

работать гарантийный ресурс и выполнять свои функции в доильном аппарате, если она будет подвергаться техническому обслуживанию, которое предусматривает ежемесячную разборку доильных стаканов, мойку, дефектовку, контроль соответствия геометрических размеров, величины вакуума смыкания или удлинения, состояния поверхностей деталей, непосредственно контактирующих с сосковой резиной, а также будет производиться комплектование сосковой резины в доильные аппараты по жесткости. Эксплуатация сосковой резины без регулярного технического обслуживания приводит к неравномерному натяжению, уменьшению скорости доения, времени такта сосания и к разрыву, что является причиной болезней вымени, а также ухудшения доильного оборудования.

Наиболее надежным, на наш взгляд, производителем отечественных доильных установок в Республике Беларусь является ОАО «Гомельагрокомплект», которое укомплектовывает доильные установки отечественными комплектующими, производит поставку запчастей, организовывает технический сервис.

Производителя зарубежных установок следует выбирать, исходя из надежности техники и наличия сервисной службы. Поскольку надежность зарубежных доильных установок всех производителей довольно высока, то главным критерием выбора производителя установок в данном случае является наличие сервисной службы.

Дальнейшая реконструкция ферм в Республике Беларусь в части использования доильных установок должна идти по следующим направлениям:

- исключение из использования доильных установок с доением в ведра АДМ-8А и АДС и замена их на доильные установки с молокопроводом типа АДС-А, УМД-200;

- замена доильных установок с доением в стойлах на станочные доильные установки с доением в залах;

- при строительстве новых ферм на 600–1200 голов необходимо применять только высокопроизводительные станочные доильные установки с доением в залах.

Использование доильных роботов существенно изменяет технологический процесс, ставит его на более высокую ступень: доение происходит без участия человека; с помощью робота производятся автоматическая очистка вымени и подключение доильных стаканов, работа каждого доильного стакана управляется автономно, первые струйки из каждого соска и молоко от больных коров собираются в отдельную емкость, производятся мойка доильных стаканов и обработка их паром после доения каждой коровы. Все это предопределяет получение молока экстра-класса. Кроме того, взвешивание коровы в процессе каждой дойки, определение соматических клеток в молоке и его цветности способствуют раннему обнаружению болезней животных. В этом отношении доильные роботы имеют бесспорное преимущество. Однако стоимость роботов довольно высока, окупаемость проблематична. Для их окупаемости, без учета строительства доильных залов, необходимо получать удой от коровы около 10 тыс. л молока в год или ожидать снижения стоимости роботов примерно в 2 раза. Вместе с тем доильные роботы располагаются в стойловых помещениях

коровников, для их использования не нужно строить доильные залы, преддоильные и последоильные площадки и переходы. Удешевление строительства указанных помещений, меньшая выбраковка стада вследствие более раннего распознавания болезней животных, индивидуальная выдача концентрированных кормов с использованием роботов позволяют прогнозировать, что применение доильных роботов в будущем будет расширено.

### Заключение

1. Пропускная способность доильной установки выбирается исходя из количества дойных коров и планируемой продолжительности разового доения стада.
2. Продолжительность разового доения стада определяется исходя из системы содержания животных, кратности доения и организации труда.
3. При выборе количества мест в доильной установке необходимо учитывать величину технологической группы, размеры доильного зала и преддоильной площадки.

13.09.10.

### Литература

1. Рекомендации по модернизации и техническому перевооружению молочных ферм / Е.Е. Хазанов [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 126 с.
2. Дашков, В.Н. Содержание коров и реконструкция ферм / В.Н. Дашков, В.О. Китиков, Э.П. Сорокин. – Минск: Учебно-методический центр Минсельхозпрода, 2007. – 100 с.
3. Дашков, В.Н. Технология и оборудование для доения коров / В.Н. Дашков, В.О. Китиков, Э.П. Сорокин. – Минск: Учебно-методический центр Минсельхозпрода, 2007. – 175 с.
4. Сорокин, Э.П. Ремонт, совершенствование и реконструкция доильных установок / Э.П. Сорокин, С.А. Киршенков. – Минск: Учебно-методический центр Минсельхозпрода, 2009. – 150 с.

УДК 628.8:631.22.014

**В.Н. Гутман, Н.О. Шевчук,  
С.П. Рапович, А.А. Зубарик,  
И.В. Пуляева**

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

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИТОЧНОЙ УТЕПЛЕННОЙ ШАХТЫ С РАС- ПРЕДЕЛИТЕЛЕМ ВОЗДУХА

### Введение

Одним из резервов интенсификации животноводства и птицеводства является нормализация состояния воздушной среды животноводческих и птицеводческих помещений. Оптимизация микроклимата позволяет достичь физиологического потенциала продуктивности животных и птицы. Нормальная воздушная среда способствует также долговечности зданий, увеличению сроков службы и надежности работы установленного оборудования.

До настоящего времени в большинстве производственных помещений параметры воздушной среды значительно отклоняются от уровней, установленных зоотехническими и санитарными требованиями. Ухудшение микроклимата сопровождается не только снижением жизнедеятельности и продуктивности животных, но и повышением расхода кормов на единицу продукции. В себестоимости продукции на долю кормов приходится 60–70% всех затрат.

Для создания регулируемого воздухообмена внутри помещения по периодам года и поддержания нормативных показателей микроклимата в системах вентиляции используются приточные и вытяжные устройства. Шахты с регулируемыми заслонками устанавливаются на крышах помещений вдоль конька и обеспечивают приток наружного воздуха в помещение разряжением, создаваемым вентиляционным оборудованием с движением воздуха «сверху вниз». Клапаны с регулируемыми форточками располагаются по периметру продольных стен и обеспечивают приток наружного воздуха с движением его в помещении «снизу вверх». В холодный период года из-за разности температур наружного и внутреннего воздуха на поверхности неутепленных шахт образуется конденсат, заслонки в полуприкрытом положении обеспечивают нормативную подачу наружного воздуха в помещение с неравномерным распределением воздуха по поперечному сечению на выходе из шахты.

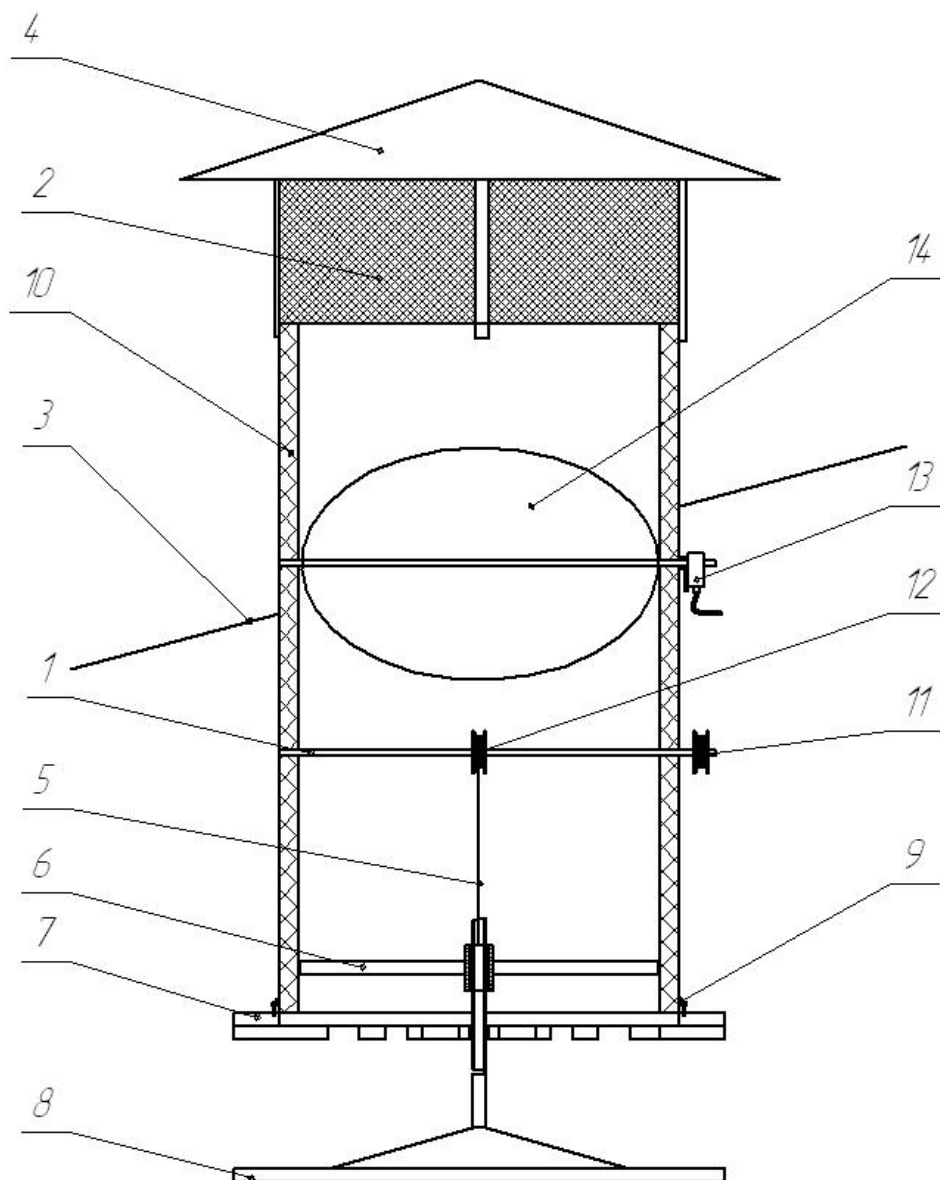
В настоящее время прикладывается много усилий, чтобы найти рациональные схемно-конструкторские решения приточных устройств на основе исследований регулировки распределения приточного воздуха и оценки новых технических решений в данной области. Однако результаты многих исследований не находят отражения в практических приемах конструирования, изготовления и испытаний приточных устройств, вследствие чего потребителям этих устройств приходится нести производственные издержки из-за нарушения режимов работы систем микроклимата.

Непрерывное улучшение технологии содержания животных и птицы вызывает необходимость внесения соответствующих изменений в системы обеспечения микроклимата путем совершенствования конструкции приточно-вытяжных устройств и средств автоматики.

### **Исследование приточной утепленной шахты с распределителем воздуха**

Аэродинамические исследования проводились на одной из шести установленных утепленных приточных шахт с экспериментальными распределителями воздуха в секции на 600 голов свинарника-откормочника ОАО «Агрокомбинат «Восход» Могилевского района Могилевской области. При проведении исследований параметры микроклимата (скорость движения воздуха, температура и относительная влажность) в секции помещения поддерживались системой автоматического управления микроклиматом (САУМ) с плавным регулированием производительности вентиляционного оборудования (шесть вентиляторов ВО-7,1), а их численные значения измерялись при помощи прибора «Тесто-435».

Схемно-конструкторское решение приточной утепленной шахты с экспериментальным распределителем воздуха представлено на рисунке 25. Конструктивно корпус шахты состоит из набора утепленных секций с внутренним диаметром 900 мм и высотой 1000 мм, к которым крепятся: защитная решетка 2, зонт 4 и распределительное кольцо 7. Внутри секций корпуса размещаются заслонка 14 с электроповоротным мотором 13 и устройством для линейного перемещения распределительного диска приточного воздуха, в состав которого входят вал 1 со шкивами 11, 12 и трос с тягой 5.



- 1 – вал привода распределителя; 2 – защитная решетка; 3 – опорная пластина; 4 – зонт; 5 – трос распределителя; 6 – распорная пластина;  
 7 – распределительное кольцо с соплами; 8 – распределительный диск;  
 9 – крепеж распределителя; 10 – корпус шахты; 11–12 – шкивы привода распределителя;  
 13 – электроповоротное устройство; 14 – заслонка

**Рисунок 25 – Схема приточной утепленной шахты с экспериментальным кольцом и диском**

Программой испытаний предусматривалось:

- выявить связь между скоростью движения воздушных потоков на выходе приточно-распределительного кольца с 24 сегментами и различными режимами работы вентиляционного оборудования;
- определить производительность приточно-распределительного кольца шахты в планируемых режимах работы вентиляционного оборудования и заслонки подачи воздуха;
- определить потребляемую мощность при работе вытяжных вентиляторов на разных частотах.



В процессе испытаний заслонка в шахте устанавливалась электроповоротным устройством в трех положениях: закрыта, открыта на 50% и открыта на 100%. Вытяжные вентиляторы работали при различных режимах с частотами 20, 30, 40 и 50 Гц.

Переналадка положения заслонки и режимов работы вентиляторов проводилась в ручном режиме управления с блока оператора электроповоротным мотором, частотным преобразователем и сервоприводом, обеспечивающим линейное перемещение распределительных дисков 8 в шахтах.

При нахождении распределительного диска в верхнем положении (закрыто) образуются в распределительном кольце сопла, по которым в помещение поступает приточный воздух из шахты. Суммарная производительность воздухо-распределительного кольца с соплами  $Q_{\text{шп}}$  рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{шп}} = 3600 \cdot n \cdot V \cdot S, \quad (1)$$

где  $n$  – количество сопел в воздухо-распределительном кольце, шт. – 24;

$V$  – средняя скорость воздушного потока на выходе из сопла шахты, м/с;

$S$  – площадь поперечного сечения сопла, м<sup>2</sup>;  $S = 0,0035$ .

Скорость воздушных потоков на выходе из четырех диаметрально расположенных сопел кольцевого распределителя при разных частотах работы вентиляторов и положениях заслонок измерялась прибором «Тесто-435».

По результатам исследований основные аэродинамические и энергетические показатели приточной утепленной шахты с установленным распределительным диском в верхнем положении представлены на рисунках 26–28. На рисунках 29–31 представлены показатели приточной утепленной шахты при снятом с шахты диске, характеризующие изменения скорости приточного воздуха на выходе из сопел распределителя шахты, ее производительности и мощности электроприводов вентиляторов.

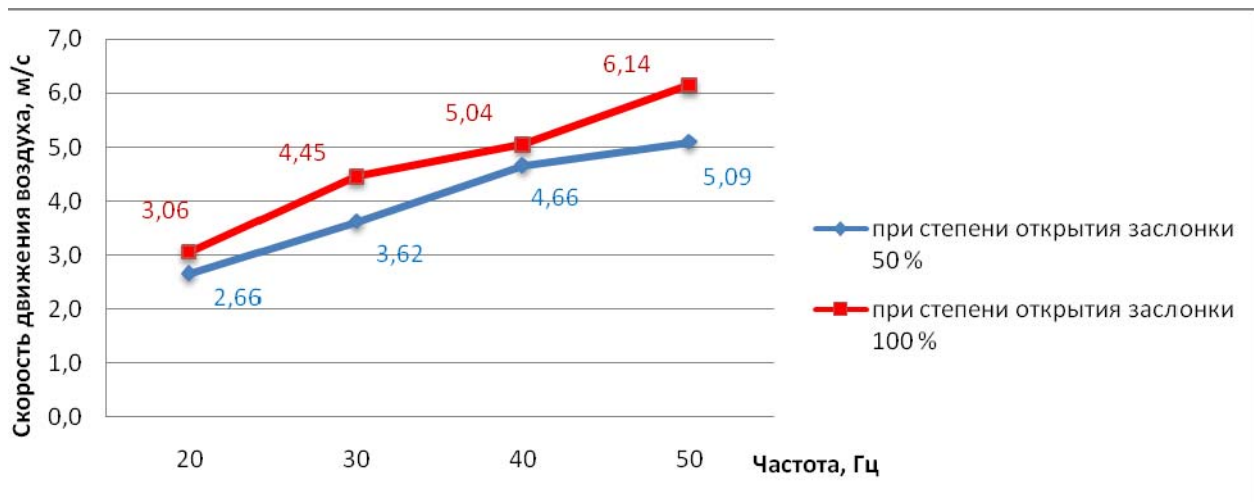
Вытяжные вентиляторы в режимах работы от 20 до 50 Гц с интервалом в 10 Гц создают разрежение в секции помещения и шахте, обеспечивающее забор наружного воздуха через щель между диском заслонки и внутренней поверхностью шахты с последующей подачей его через сопло распределительного кольца в зону размещения животных. Конструктивно щель задается на этапах разработки и изготовления шахты и в закрытом положении заслонки обеспечивает объем приточного воздуха в планируемых режимах от 62,4 м<sup>3</sup>/ч до 150,5 м<sup>3</sup>/ч со скоростью движения от 0,29 м/с до 0,7 м/с.

Объем подаваемого шахтой наружного воздуха в режимах работы вытяжных вентиляторов по периодам года регулируется углом поворота заслонки от 0° до 180° с движением воздуха до 70% по наружной поверхности диска заслонки. В холодный и переходный периоды года подача приточного наружного воздуха регулируется заслонкой в диапазоне от 0° до 90° и в теплый период – от 90° до 180°.

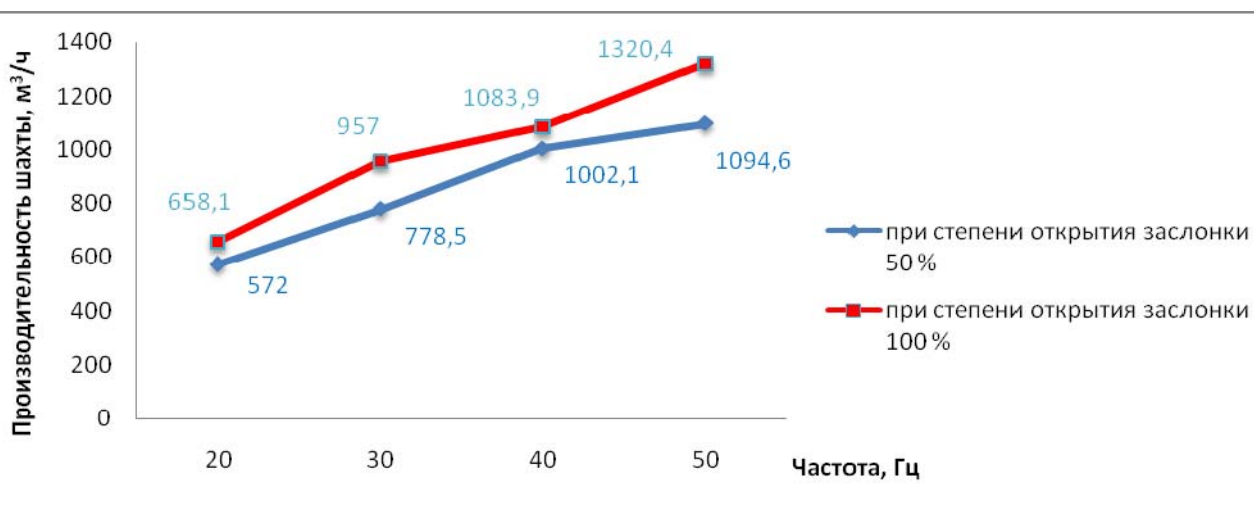
При постоянном сечении сопел в распределителе воздуха и открытии заслонки на 50% (90°) (рисунок 26, 27) производительность шахты в режимах работы вентиляторов от 20 Гц до 50 Гц изменяется от 572 м<sup>3</sup>/ч до 1004,6 м<sup>3</sup>/ч со скоростью от 2,66 м/с до 5,09 м/с подаваемого приточного наружного воздуха,

при 100% (180°) открытия заслонки – от 658,1 м<sup>3</sup>/ч до 1320,4 м<sup>3</sup>/ч со скоростью от 3,06 м/с до 6,14 м/с соответственно. Наибольшее препятствие движению потока воздуха в шахте создается заслонкой в диапазоне регулирования от 0° до 90°, а неравномерность подачи его на выходе из сопел распределителя достигает 40%.

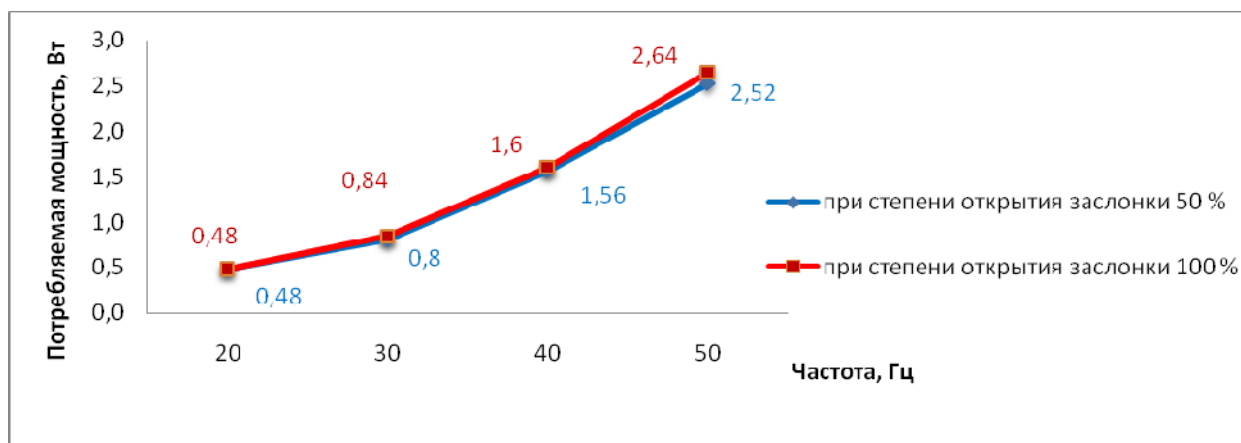
Аэродинамические показатели приточной шахты с распределительным кольцом и снятым диском (рисунок 29, 30) характеризуются следующими данными. В тех же режимах работы вентиляционного оборудования производительность шахты при открытии заслонки на 50% возрастает от 2345,6 м<sup>3</sup>/ч до 5086,8 м<sup>3</sup>/ч при изменении скорости движения воздуха от 0,83 м/с до 1,8 м/с; при 100%-ном открытии заслонки – от 2289,1 м<sup>3</sup>/ч до 4352,0 м<sup>3</sup>/ч со скоростью движения от 0,81 м/с до 1,54 м/с соответственно.



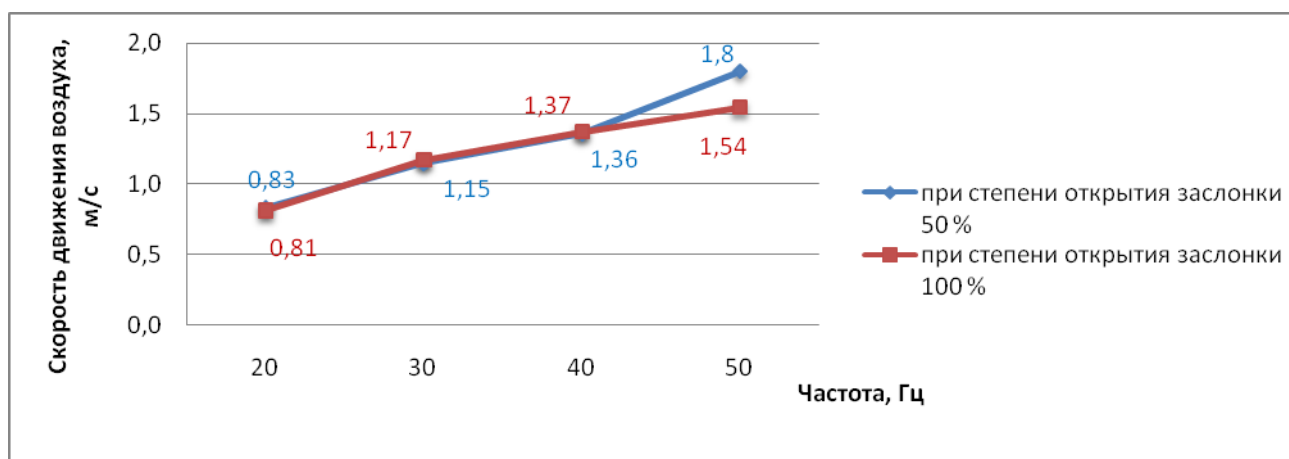
**Рисунок 26 – Зависимость скорости движения воздуха в приточной утепленной шахте при различных режимах работы с распределительным кольцом и диском**



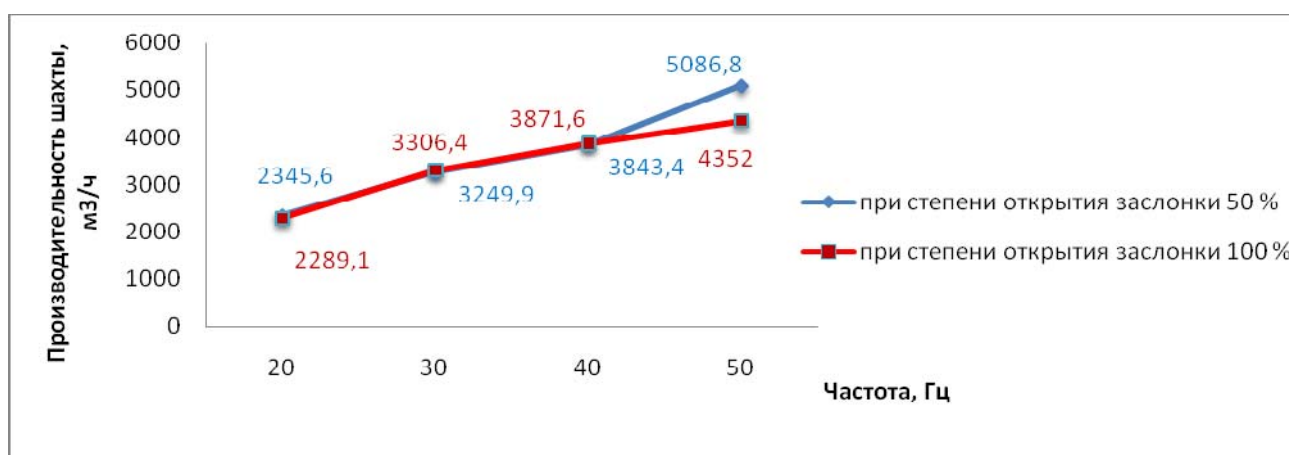
**Рисунок 27 – Зависимость производительности приточной утепленной шахты при различных режимах работы с распределительным кольцом и диском**



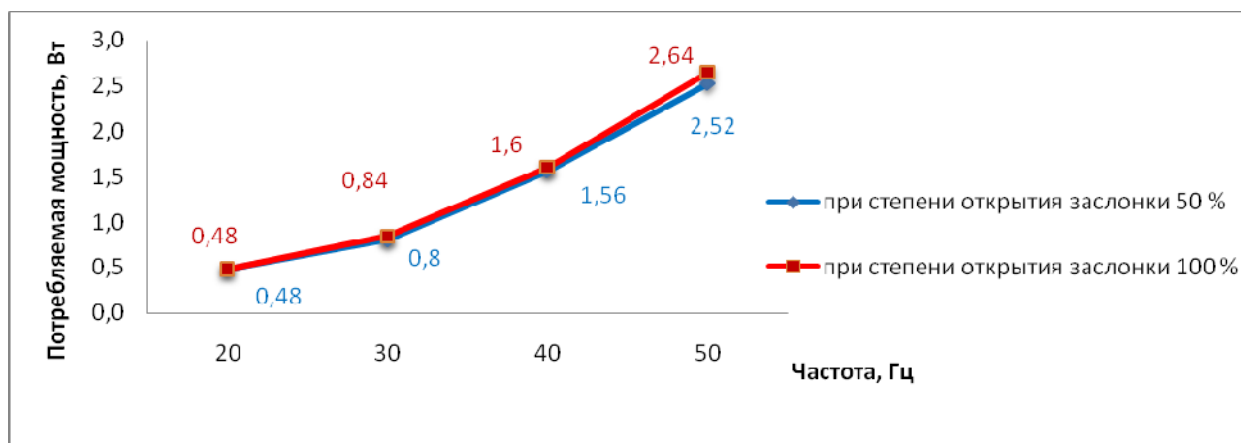
**Рисунок 28 – Зависимость потребляемой мощности электроприводов вентиляторов при различных режимах работы с распределительным кольцом и диском**



**Рисунок 29 – Зависимость скорости движения воздуха в приточной утепленной шахте при различных режимах работы с распределительным кольцом и снятым диском**



**Рисунок 30 – Зависимость производительности приточной утепленной шахты при различных режимах работы с распределительным кольцом и снятым диском**



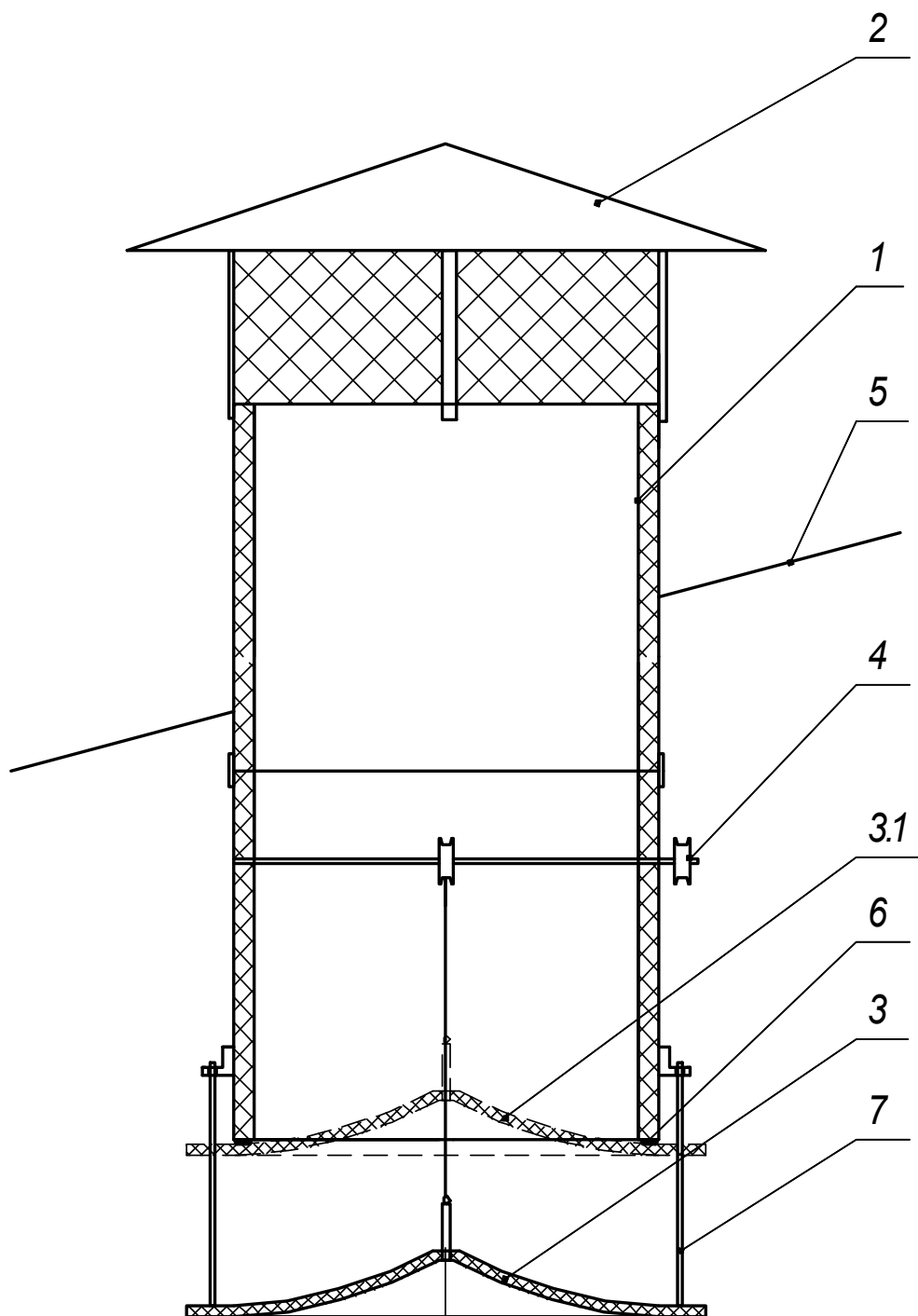
**Рисунок 31 – Зависимость потребляемой мощности электродвигателей вентиляторов при различных режимах работы с распределительным кольцом и снятым диском**

### Заключение

1. Установлено, что наружный воздух в шахте распределяется по обеим сторонам диска заслонки с разными объемами и скоростями на выходе из шахты. Неравномерность по длине окружности шахты по этим показателям достигает 40%. Самое высокое сопротивление движению воздуха в шахте оказывает заслонка в диапазоне регулирования от 0° до 90° и минимальное – от 90° до 180°, в результате производительность шахты снижается до 35%.

2. На рисунке 32 представлена рациональная схема утепленной приточной шахты с углом подачи и распределителем приточного воздуха, обеспечивающими во все периоды года дифференцированный воздухообмен, необходимую дальнобойность приточных струй, равномерное, без образования застойных зон, распределение приточного воздуха в местах обитания животных. Конструктивно распределитель приточного воздуха имеет сферически симметричную форму с плавным переходом поверхности к горизонтальной плоскости, прилегающей к торцу нижней секции корпуса шахты с эластичным резиновым кольцом в закрытом положении. Управление линейным перемещением распределителя воздуха может быть автономным, с использованием сервомотора, и централизованным – в зависимости от температуры наружного и внутреннего воздуха.

3. Потребляемая мощность вытяжными электровентиляторами в режимах работы с частотой от 20 Гц до 40 Гц изменяется от 0,4 кВт до 1,6 кВт, а при частоте 50 Гц составляет 2,64 кВт.



1 – корпус; 2 – крыша; 3 – распределитель (положение открыто); 3.1 – распределитель (положение закрыто); 4 – шкив; 5 – опорный лист; 6 – уплотнительное кольцо; 7 – направляющие

**Рисунок 32 – Схема утепленной приточной шахты с распределителем воздуха**

*16.07.10.*

### Литература

1. Бронфман, Л.И. Микроклимат помещений в промышленном животноводстве и птицеводстве / Л.И. Бронфман. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 208 с.
2. Пчелкин, Ю.Н. Устройства и оборудование для регулирования микроклимата в животноводческих помещениях / Ю.Н. Пчелкин, А.И. Сорокин. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 216 с.

УДК [631.171+631.3]:636] 476

**И.И. Пиуновский,**  
**М.М. Устинова,**  
**В.И. Володкевич, А.А. Молош**  
*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по  
механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ МИКРО- КЛИМАТА ЖИВОТНОВОДЧЕ- СКИХ ПОМЕЩЕНИЙ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИ- РОВАНИЯ**

В обеспечении оптимального микроклимата животноводческих помещений важная роль принадлежит правильно устроенной и хорошо действующей системе вентиляции, а также необходимым теплотехническим характеристикам ограждающих конструкций коровников, от которых зависит температурно-влажностный и газовый режим помещений. В качестве объектов исследований были взяты типовые проекты молочно-товарных ферм всех областей Республики Беларусь с привязным и беспривязным содержанием животных.

От системы вентиляции в животноводческих зданиях зависит уровень воздухообмена. Воздухообмен в помещении является наиболее важным показателем микроклимата, обуславливает производительность системы вентиляции и служит исходной величиной при подборе вентиляционного оборудования.

Одним из условий обеспечения требуемого воздухообмена в помещениях является сравнительно точный оптимальный расчет часового объема вентиляции. При этом обычно учитывают содержание в воздухе диоксида углерода (углекислого газа) или водяных паров (по влажности). В природно-климатических условиях Республики Беларусь расчет содержания в воздухе углекислого газа не обеспечивает необходимый уровень воздухообмена для создания нормируемого микроклимата, поэтому расчеты проводили в зависимости от содержания в воздухе водяных паров.

В ходе работы выполняли:

– расчет объема вентиляции по водяным парам (влажности)  $L$  (где  $L$  – количество воздуха,  $m^3$ , которое необходимо удалить из помещения за час, чтобы поддержать в нем относительную влажность в пределах нормы,  $m^3/ч$ );

– определение кратности воздухообмена в помещении  $K_p$  (где  $K_p$  – кратность воздухообмена, показывает, сколько раз в течение часа воздух в помещении необходимо заменить на свежий);

– определение объема вентиляции на 1  $ц$  живой массы  $I$  (где  $I$  – объем вентиляции на 1  $ц$  живой массы,  $m^3/ч$ );

– определение требуемого сопротивления ограждающих конструкций, за исключением световых проемов,  $R_o^{TP}$ . Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций проводились согласно СНиП «Строительная теплотехника» СНБ 2.04.01–97.

Определив требуемое сопротивление теплопередачи  $R_o^{TP}$ , находили необходимые толщины стен и утеплителя крыши для поддержания микроклимата животноводческого помещения в пределах зоогигиенических норм.

С целью определения возможности обеспечения в животноводческих помещениях оптимального микроклимата, особенно в холодное время года, был

произведен расчет теплового баланса. Для этого необходимо знать величину поступления тепла от всех животных, содержащихся в здании (свободное тепло), и поступления дополнительного тепла, если имеются источники искусственного обогрева, а также расходы тепла: теплопотери на нагревание холодного вентиляционного воздуха  $Q_{\text{вент}}$ , потери через ограждающие конструкции  $Q_{\text{огр}}$ , потери на испарение влаги с ограждающих конструкций в помещении  $Q_{\text{исп}}$ .

Расчет параметров микроклимата проводился по всем областям Республики Беларусь по наиболее часто встречающимся типовым проектам коровников с привязным и беспривязным содержанием животных.

В качестве примера приведем математическое моделирование оптимизации микроклимата животноводческих помещений для типовых хозяйств республики с поголовьем 200 голов привязного содержания.

Исходные данные:

1-я группа – коровы лактирующие, живая масса 500 кг, удой 15 л, количество – 102 головы;

2-я группа – коровы лактирующие, живая масса 600 кг, удой 20 л, количество – 63 головы;

3-я группа – коровы сухостойные, живая масса 500 кг, количество – 35 животных.

Внутренние размеры коровника (без учета тамбуров): длина – 66 м, ширина – 21 м, высота стены – 3 м, высота в коньке – 6,1 м.

Полученные в результате расчетов параметры, характеризующие микроклимат в животноводческих зданиях, приведены в таблице 16.

Таблица 16 – Оценка параметров микроклимата животноводческих зданий

Хозяйства по областям	Часовой объем вентиляции по влажности воздуха $L, м^3/ч$	Кратность воздухообмена $K_p, раз/ч$	Объем вентиляции на 1 и живой массы $V_1, м^3/ч$	Теплопоступления от животных $Q_{ж}, кДж/ч$	Теплопотери на нагрев вентиляционного воздуха, $Q_{\text{вент}}, кДж/ч$	Расход тепла на испарение влаги $Q_{\text{исп}}, кДж/ч$	Теплопотери через ограждающие конструкции $Q_{\text{огр}}, кДж/ч$	Разность между температурой воздуха внутри и снаружи помещения, $\Delta t, ^\circ C$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Брестская	36259,3	5,75	34,11	121551	96323,4	4849,17	40510,2	12,3
Витебская	27130,2	4,3	25,5	121551	119967,7	4849,17	44506,4	12,6
Гомельская	21953,3	3,48	20,7	121551	113902	4849,17	45603	12,2
Гродненская	28654,4	4,54	26,97	121551	101006	4849,17	41627,4	12,4
Минская	29425,8	4,67	27,68	121551	113902	4849,17	43946,8	12,5
Могилевская	36306,3	4,48	26,46	121551	117945,8	4849,17	43587	12,3

Нормируемые параметры микроклимата в животноводческих помещениях могут быть обеспечены только при условии правильно подобранного уровня и кратности воздухообмена и при соблюдении требуемого сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций. При этом исходными данными являются: количество животных, их живая масса, уровень продуктивности, а также климатические условия, в которых находится данный животноводческий объект.

Созданная математическая модель оценки параметров микроклимата, обеспечиваемого в животноводческих зданиях, показала, что имеющиеся в республике типовые производственные здания для содержания дойных коров не обеспечивают отдельные зоогигиенические нормативы. Было установлено, что при соблюдении требуемых норм воздухообмена в зимний период не удается поддерживать требуемый температурный ( $+10^{\circ}\text{C}$ ) и влажностный (75%) режимы, в результате чего происходит увеличение теплопотерь через ограждающие конструкции. Существующие типовые помещения коровников с соответствующим уровнем сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций и уровнем воздухообмена для обеспечения необходимого температурно-влажностного режима требуют дополнительных источников тепла.

15.07.10.

### Литература

1. Кузнецов, А.Ф. Общая зоогигиена / А.Ф. Кузнецов, М.В. Демчук, А.И. Карелин. – М.: Агропромиздат, 1991. – 399 с. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высших учебных заведений).
2. Мотес, Э. Микроклимат животноводческих помещений / Э. Мотес; пер. с нем. и предисл. В.Н. Базанова. – М.: Колос, 1996. – 192 с., ил.
3. Онищенко, В.Н. Основы зоогигиены и ветпрофилактики: учебник для сред. сел. проф.-техн. училищ / В.Н. Онищенко, Н.С. Калужный. – М.: Высш. шк., 2004. – 304 с.

УДК 621.31:681.5.08

**А.Л. Тимошук, И.И. Гируцкий,  
И.И. Колосов**  
(*РУП «НПЦ НАН Беларуси  
по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь*)

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА И УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГО- ПОТРЕБЛЕНИЕМ НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕН- НЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ**

### Введение

Повышение конкурентоспособности сельскохозяйственного производства в немалой степени связано с эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов (далее – ТЭР). Это обусловлено высокими ценами на импортируемое углеводородное сырье и отсутствием в республике Беларусь достаточных объемов собственных топливно-энергетических ресурсов. Доля сельскохозяйственных потребителей в общем потреблении электроэнергии в Республике Беларусь превышает 7% и имеет тенденцию к росту [1]. Рациональное использование дорогостоящих ТЭР требует развития, во-первых, средств приборного учета, передачи, хранения и переработки информации о потребляемых ресурсах, во-вторых, средств принятия управленческих решений в соответствии с целями производства.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследований являлись технологические процессы и оборудование как потребители ТЭР, а также программно-технические средства получения данных о текущем потреблении энергетических ресурсов и управления их по-



треблением. При исследовании применяли теоретический и экспериментальный методы.

### Результаты исследований

В качестве первого шага по упорядочению потребления ТЭР необходимо рассматривать развитие систем учета потребления энергоресурсов в реальном масштабе времени. Получение оперативной информации о потреблении энергоресурсов позволяет своевременно определить и устранить отклонения от нормативных показателей.

Автоматизированная система контроля и учета энергии (далее – АСКУЭ) – инструмент, позволяющий не только получить развернутую картину энергопотребления предприятия, но и добиться рационального расхода каждого из энергоносителей – электроэнергии, горячей воды, пара и газа с учетом индивидуальных особенностей производства.

Сегодня признанные лидеры использования АСКУЭ – США, Канада, Япония, Франция и Германия. Надо сказать, что Беларусь также не стоит в стороне от этих процессов.

Достоверность и оперативность учета электрической энергии становится все более актуальной задачей как для предприятий энергетики, так и для конечных потребителей. АСКУЭ является рациональным решением для:

- повышения точности учета электроэнергии;
- снижения потребляемой мощности на предприятии в часы пиковых нагрузок энергосистемы;
- перехода на расчет за электроэнергию с энергосистемой по дифференцированным тарифам;
- контроля качества электроэнергии.

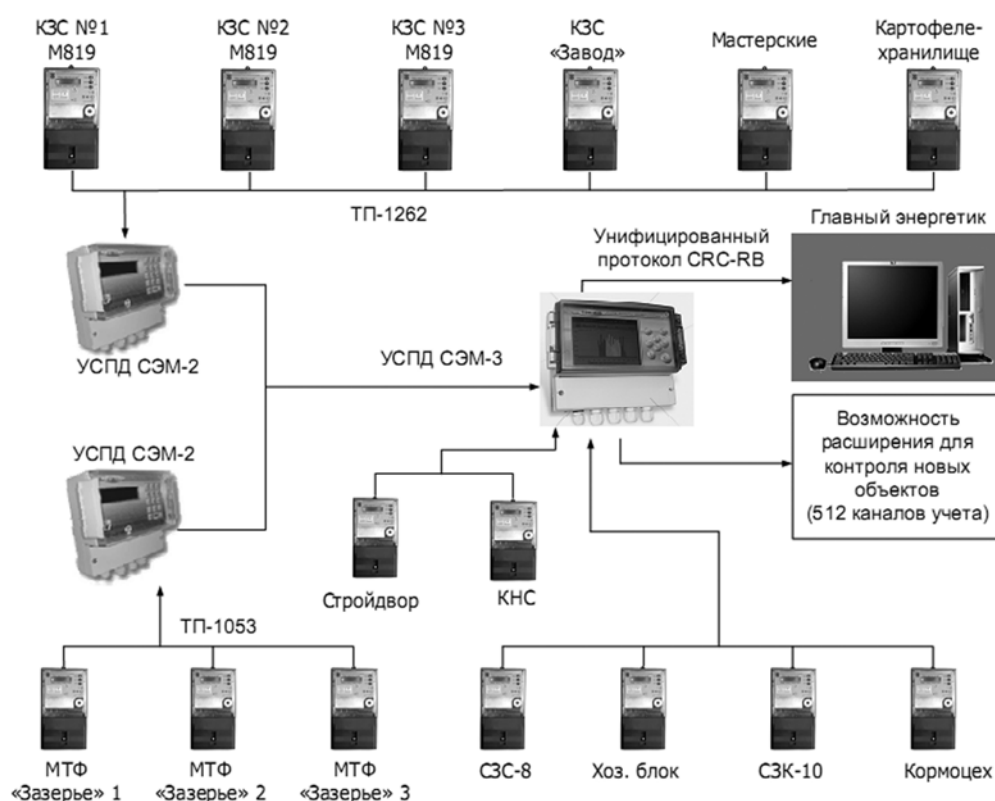
Задача системы состоит в точном измерении количества потребленной или переданной энергии и мощности с учетом суточных данных, зонных и каких-либо других тарифов. Также АСКУЭ обеспечивает доступ к этим данным для произведения расчетов между поставщиком и потребителем. Одним из главных преимуществ системы АСКУЭ является возможность анализа текущего потребления энергии, мощности, что позволяет выявить допущенные просчеты в организации работы предприятия с точки зрения потребления электроэнергии.

Важнейшим элементом системы являются микропроцессорные счетчики электрической энергии. Счетчики различают по классу точности: 0,2S; 0,5S; 1,0S. Почти все современные цифровые счетчики способны учитывать по тарифам как активную, так и реактивную энергию, кроме того, они способны фиксировать максимальную мощность нагрузки заданного интервала времени и хранить измеренные данные в своей памяти до года. Также системы АСКУЭ отличает наличие цифровых выходов, или интерфейсов счетчика, через которые данные передаются на компьютер. Счетчик передает уже готовые данные только в то время, когда с ним установлена связь.

Вторым звеном в цепочке системы АСКУЭ является интерфейс. Сегодня используется несколько видов интерфейса: интерфейс RS-485, представляющий собой кабель, при помощи которого можно подключить до 32 счетчиков, что увеличивает скорость передачи данных, однако он может использоваться лишь

на небольших объектах. При использовании интерфейса PLC передача данных происходит по линиям, которые обеспечивают питание счетчика. Существует также интерфейс, передающий данные по мобильной связи через GSM модем. Неотъемлемым элементом системы АСКУЭ является устройство сбора и передачи данных (далее – УСПД). Оно предназначено для самостоятельной обработки и передачи данных со счетчиков на верхний уровень. УСПД используется обычно в сложных системах.

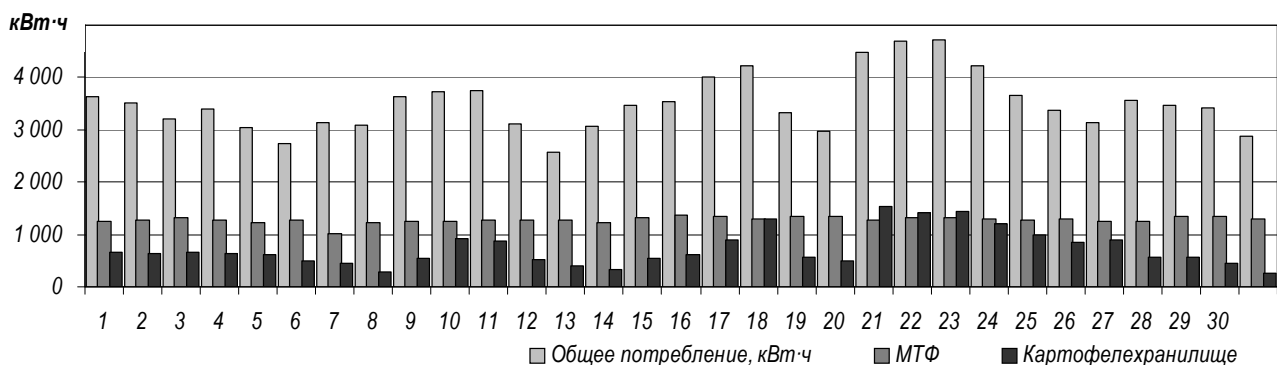
В настоящее время в сельском хозяйстве экспериментальная АСКУЭ установлена в РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Данная система предназначена для технического учета, контроля процессов энергопотребления внутри предприятия и дает только информационную картину по потреблению энергии хозяйства (рисунок 33).



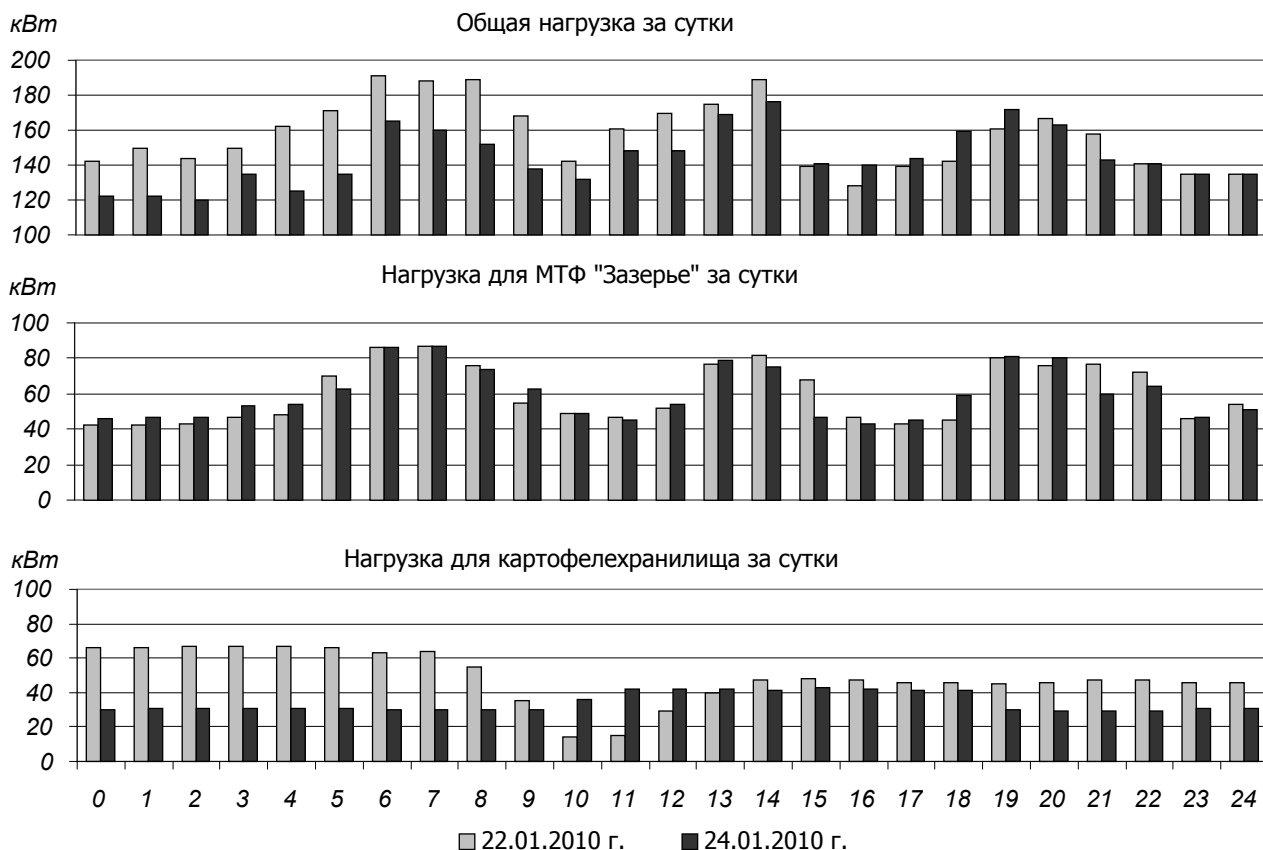
**Рисунок 33 – Структурная схема системы АСКУЭ в РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»**

Учет ведется на объектах с большим потреблением электроэнергии в течение суток. Полученные графики (рисунок 34, 35) дают возможность анализа для составления сбалансированной нагрузки хозяйства за данный промежуток времени и расчета за электроэнергию по многотарифным ставкам.

В соответствии с концепцией приборного учета электроэнергии в РБ, утвержденной Минэнерго [3], предполагается замена в течение ближайших 12 лет морально и физически устаревшего парка индукционных счетчиков у всех групп потребителей на современные электронные многотарифные программируемые средства учета с объединением их в системы АСКУЭ.



**Рисунок 34 – Потребление электроэнергии в течение месяца**



**Рисунок 35 – Изменение потребляемой мощности в течение суток**

Опыт реализации пилотного проекта системы контроля и учета энергопотребления в рамках создания сельскохозяйственного научно-технологического полигона на базе РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» показывает:

- внедрение системы мониторинга на крупных предприятиях АПК является необходимой основой для разработки мероприятий по энергосбережению;
- достоверные данные повышают эффективность вложений в мероприятия по энергосбережению от 5 до 20%;
- применение цифровых счетчиков электрической энергии позволяет организовать многотарифную систему учета и оптимизировать работу потребителей с учетом дифференцированных по временным периодам тарифов;

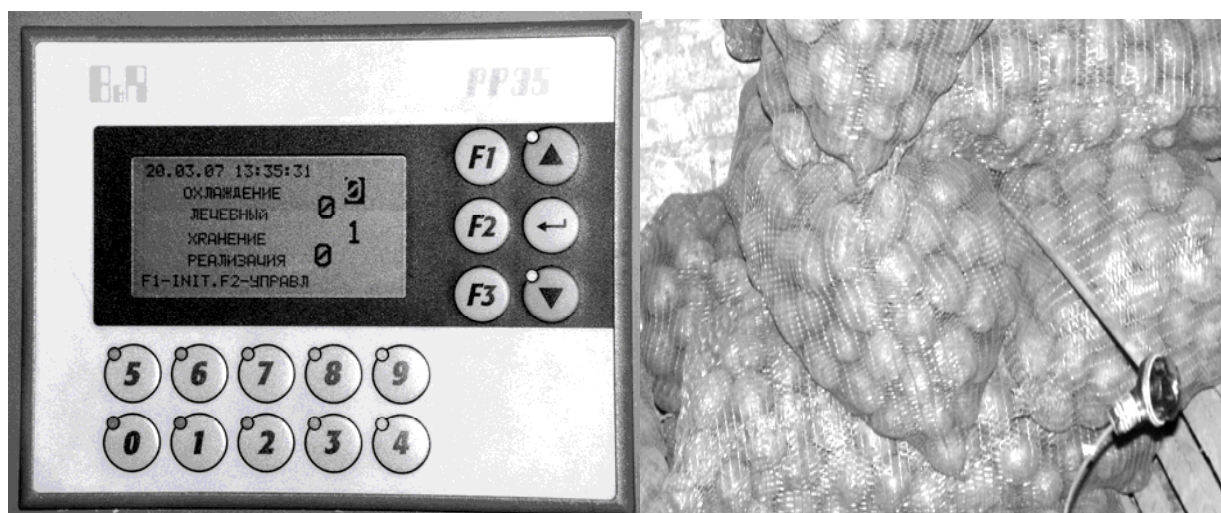
– система мониторинга позволяет организовать дистанционный сбор и последующую централизованную обработку учетной информации об индивидуальном потреблении электроэнергии каждым потребителем;

– обеспечивается окупаемость системы мониторинга электропотребления за счет повышения эффективности разработки и реализации мероприятий по энергосбережению.

Автоматизированный учет потребления энергоресурсов обеспечивает большой объем полезной информации для менеджмента предприятия, но эффект от этой информации будет получен лишь в случае проведения соответствующих организационных мероприятий. В то же время придание информационной системе, которой по существу является АСКУЭ, управляющих функций позволяет не только контролировать, но и оптимизировать потребление энергоресурсов в соответствии с реальными потребностями.

Разработка микропроцессорной системы управления температурно-влажностным режимом картофелехранилища позволила обеспечить (рисунок 36):

- точное соблюдение технологических режимов хранения картофеля;
- эффективное использование естественного холода, преимущественно в ночное время, для поддержания требуемых температурных режимов;
- расширение информационных и управляющих функций системы, запись и хранение значений температур за заданный интервал хранения;
- отображение техпроцесса: графическое и буквенно-цифровое;
- вывод и архивацию аварийных сообщений.

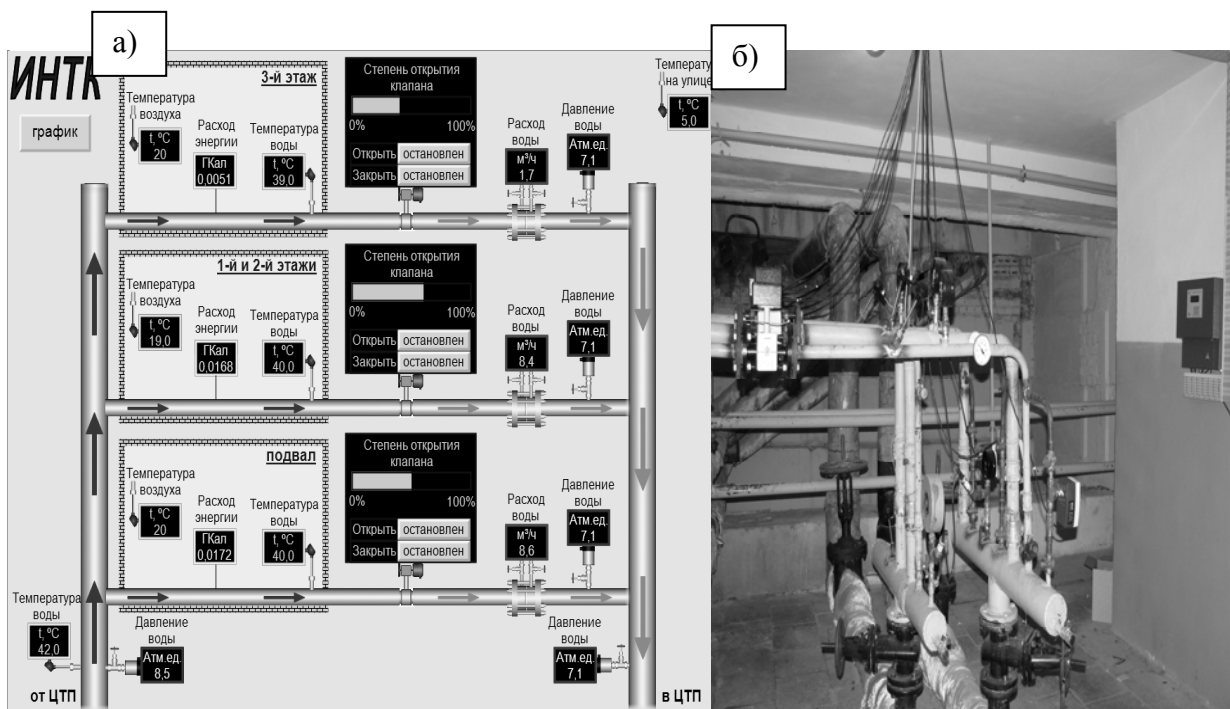


**Рисунок 36 – Элементы микропроцессорной системы управления температурно-влажностным режимом картофелехранилища**

Все большее внимание уделяется экономии энергоресурсов путем автоматизации систем теплоснабжения не только производственных, но и административных и жилых зданий. Нами разработана и введена в промышленную эксплуатацию интеллектуальная система управления и учета теплоснабжения здания инновационного центра ФГОУ ВПО МГАУ (г. Москва) и здания энергетического факультета Ставропольского ГАУ (рисунок 5).

Применение системы обеспечивает:

- гибкое (день/ночь, часы) изменение температуры воздуха в помещениях в соответствии с заданным графиком;
- распределенный учет энергопотребления по участкам, суткам, часам;
- архив данных об авариях;
- экономию энергоресурсов 10..30%;
- дистанционную передачу данных.



а) мнемосхема системы, разработанная в среде SCADA DateRate;  
 б) тепловой узел

**Рисунок 37 – Элементы интеллектуальной системы управления и учета энергопотребления административно-учебного здания**

Программно-технический комплекс включает:

- расходомеры-счетчики теплоносителя ВИСТ;
- датчики температуры воздуха и теплоносителя;
- датчики давления теплоносителя;
- промышленный контроллер ТКМ-410 с панелью V04M;
- ПЭВМ и сети передачи данных ETHERNET и RS-485;
- прикладное программное обеспечение написано с использованием систем программирования IsaGRAF, VisiBuilder и SCADA DateRate.

### Заключение

1. Эффективное использование дорогостоящих топливно-энергетических ресурсов при нестационарном и распределенном характере сельскохозяйственного производства требует получения оперативной и достоверной информации о потребляемых ТЭР.

2. В качестве первого шага решения задачи повышения эффективности использования ТЭР следует рассматривать внедрение на сельскохозяйственных предприятиях автоматизированных систем учета и контроля потребления энер-

горесурсов. Однако чисто информационные системы требуют от менеджмента предприятий принятия адекватных управленческих решений.

3. Разработка и внедрение информационно-управляющих систем позволяет оптимизировать расход ТЭР в соответствии с целями производства. А возможности современной микропроцессорной техники создают предпосылки интеллектуализации управления, которые должны быть реализованы в новых проектах.

10.06.10.

### Литература

1. Воротницкий, В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / В.Э. Воротницкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 368 с.
2. Гуртовцев, А. Рынок электронных счетчиков и отраслевые испытания по отбору средств учета для АСКУЭ / А. Гуртовцев // Энергетика и ТЭК. – 2008. – № 9 (66).
3. Правила приборного учета электрической энергии в Республике Беларусь / Министерство энергетики Республики Беларусь. – 1-е изд. – Минск, 2004. – 34 с.
4. Гируцкий, И.И. Интеллектуальная автоматизация отопительно-вентиляционных систем / И.И. Гируцкий, К.Н. Семененко // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: труды 6-й МНТК, Москва, 12–13 мая 2008 г. / ГНУ ВИЭСХ. – М., 2008. – С. 65-69.

УДК 631.22:628.81

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

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕ- НИЯ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНА- СОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

#### **Введение**

В условиях динамично развивающейся экономики Республики Беларусь особенно обостряется энергетическая проблема. Наша страна способна обеспечить себя примерно на 16% собственными топливными ресурсами, остальное количество их приходится завозить из-за рубежа. Удельный вес ввоза топливно-энергетических сырьевых и материально-технических ресурсов в ВВП составляет более 43%. Кроме того, если сравнивать энергоемкость продукции наших предприятий, то она значительно выше, чем в индустриально развитых странах. Однако следует учитывать, что климат в нашей стране более холодный, что обуславливает и больший расход топливно-энергетических ресурсов (далее – ТЭР) на обогрев.

Поэтому в общем комплексе задач по экономии и эффективному использованию топливно-энергетических ресурсов одним из важных направлений является разработка и внедрение энергосберегающего оборудования для создания микроклимата в животноводческих помещениях.

Уменьшение энергопотребления на создание микроклимата предлагается производить за счет сокращения затрат на отопление, этому способствуют переход на децентрализованные системы отопления, применение локального обогрева и сис-

тем утилизации тепла, а также автоматизация тепловентиляционного оборудования, оптимизация управления тепловой мощностью и подачей воздуха [1].

Оптимальный микроклимат в животноводческих и птицеводческих помещениях способствует более полной реализации генетического потенциала животных и птицы, профилактике заболеваний, повышению естественной резистентности, а также удлинению сроков службы построек и установленного в них оборудования [2].

### Основная часть

В данной работе предлагается в качестве одного из энергосберегающих мероприятий применение на животноводческих комплексах обогреваемых полов в сочетании с тепловым насосом. Система отопления в таком случае будет состоять из трех основных элементов: первичного контура низкопотенциального источника тепла, теплового насоса на базе герметичного компрессора и вторичного контура, включающего теплообменник, расширительный бак и систему «теплого пола».

Система, служащая для нагрева поверхности пола и использующая его же в качестве теплоаккумулятора и теплоизлучателя, называется системой «теплый пол». Суть водяного теплого пола сводится к монтажу между полом и напольным покрытием сети мини-трубопроводов (контуров теплого пола), по которым циркулирует теплоноситель – нагретая вода с температурой в пределах 35–45°C. Поэтому водяной теплый пол называют еще «низкотемпературной системой отопления». Благодаря циркуляции теплоносителя поверхность пола нагревается и отдает свое тепло окружающему воздуху и предметам. В общей сложности, теплоотдача, приходящаяся на каждый градус разницы между средней температурой поверхности пола и температурой в комнате, равна 11,5 Вт/м<sup>2</sup>. Это означает, что для поддержания температуры в помещении 20°C при отопительной нагрузке 50 Вт/м<sup>2</sup> температура поверхности пола должна быть на 4,5°C выше температуры в комнате [3].

Теплый пол по сравнению с радиаторным отоплением имеет преимущества:

- при напольном отоплении распределение тепла в помещении с точки зрения физиологии близко к идеальному;
- большая часть тепла (до 70%) передается излучением, благодаря чему воспринимается более комфортно;
- экономия тепловой энергии: в жилых зданиях 20–30%, в помещениях с высокими потолками (высотой от трех метров) – до 50% и выше;
- отсутствие традиционных отопительных приборов позволяет более эффективно использовать площадь;
- отсутствие конвективных потоков приводит к уменьшению количества пыли в воздухе обогреваемого помещения;
- из-за низкой температуры теплоносителя исключается возникновение положительной ионизации воздуха [4].

Кроме этого, срок эксплуатации теплых полов очень высок и зависит лишь от срока службы и пропускной способности трубки, по которой течет теплоноситель. А это минимум 50 лет. В отличие от систем электроподогрева теплый пол вполне ремонтпригоден, так как в бетоне находится всего лишь металлопластиковая трубка, которая легко очищается от отложений через 10–15 лет. А при использовании специального теплоносителя эта проблема не возникает вообще. Водяной обогрев позволяет не зависеть от ограничений по электрической мощности. Монтировать водяной теплый пол можно как на стадии строительства, так и в готовом здании.

Тепловой насос представляет собой источник энергии для системы отопления и горячего водоснабжения помещения, но одновременно он может поддерживать и систему кондиционирования. Основное отличие теплового насоса от других генераторов тепловой энергии (электрических, газовых и дизельных) заключается в том, что при производстве тепла до 80 процентов энергии извлекается из окружающей среды. В тепловом насосе реализуется процесс переноса низкотемпературной теплоты из различных сред (земли, водоемов, воздуха), непригодной для прямого использования, на более высокий уровень. Отношение полученной потребителем тепловой энергии к затраченной (в тепловом эквиваленте) определяет эффективность работы теплового насоса и носит название коэффициент преобразования:

$$\varphi = \frac{Q_n}{Q_k},$$

где  $Q_n$  – теплота, полученная потребителем;

$Q_k$  – мощность в тепловом эквиваленте, затраченная на привод компрессора.

При повышении температуры низкопотенциального источника тепла и понижении температуры теплоносителя, подаваемого потребителю, коэффициент преобразования повышается. Реально достигаемые на практике разности температур составляют от 70 до 30°C, при этом коэффициент преобразования изменяется от 2,0 до 5,0 соответственно.

Водяной теплый пол представляет собой низкотемпературную систему отопления. Если же сравнивать ее с традиционной радиаторной, где температура теплоносителя составляет 70–95°C, то экономия тепловой энергии может достигать 40–50%. В силу технических ограничений температура, подаваемая в систему отопления из теплового насоса, не превышает 55 градусов, причем температура обратной воды не должна превышать 50 градусов. При радиаторной системе отопления необходимо специально рассчитывать технические характеристики отопительных приборов, чтобы использовать теплонасосную установку. При использовании же водяного теплого пола никаких специальных расчетов не требуется. Даже при правильном расчете радиаторной системы отопления использование системы отопления «теплый пол» всегда будет давать более эффективное использование энергии, накопленной в окружающей среде.



## Результаты исследований

Сотрудниками РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» в 2009 г. проводились работы по созданию системы теплоснабжения производственных помещений на базе теплового насоса «воздух-воздух». Тепловой насос (рисунок 38) служит источником тепла в системе теплоснабжения для помещений пунктов технического обслуживания (ПТО) опытно-экспериментального мехдвора в РСДУП «Экспериментальная база «Зазерье» РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». Система теплоснабжения предназначена для отопления трех ПТО.



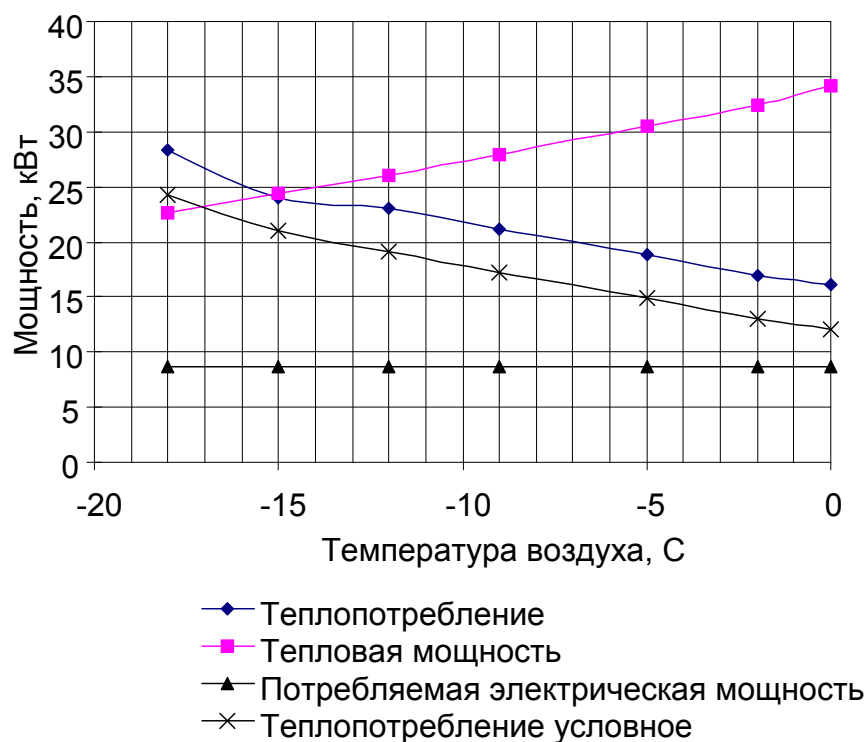
**Рисунок 38 – Тепловой насос**

В качестве нагревательных приборов применяются воздушные конденсаторы, в качестве теплообменника, использующего низкопотенциальное тепло атмосферного воздуха, применяется воздухоохладитель. Расчетная продолжительность отопительного периода составляет 197 суток. В таблице 17 приведены результаты испытаний теплового насоса, проводившиеся в первом квартале 2010 г.

Таблица 17 – Параметры работы теплового насоса в период испытаний

Температура атмосферного воздуха, °С	Продолжительность работы, ч	Теплопотребление, кВт	Потребленная энергия, кВт·ч	Коэффициент преобразования
-18	140	28,3	1523	2,6
-15	37	24,0	317	2,8
-12	72	23,1	554	3,0
-9	147	21,2	970	3,21
-5	168	18,9	907	3,5
-2	216	17,0	987	3,72
0	216	16,1	884	3,93

Используя данные таблицы 17, можно построить зависимости рабочих характеристик теплового насоса от температуры атмосферного воздуха. Затем, нанеся на график зависимость теплопотребления любого другого объекта (условное теплопотребление) от температуры воздуха, можно определить пригодность теплового насоса для использования в системе отопления данного объекта (рисунок 39).



**Рисунок 39 – Рабочая характеристика теплового насоса**

Разработанная конструкция теплового насоса может служить и источником тепла для системы отопления, использующей теплый пол. При этом необходима лишь замена вторичного контура.

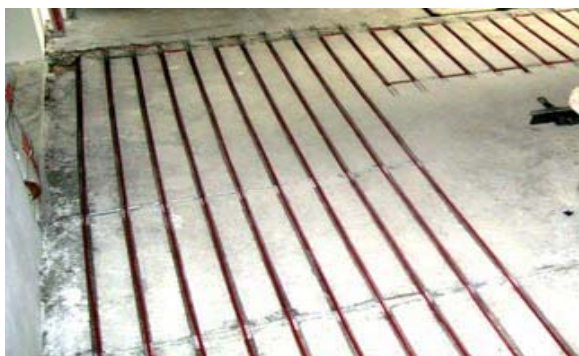
Однако многие специалисты отмечают, что в силу технических причин теплонасосные установки с воздушным контуром имеют серьезное ограничение в применении. Минимальная температура наружного воздуха не должна быть ниже минус 20°C. При этом приходится, начиная с температуры минус 15°C, к установке ступенчато подключать электронагреватели. То есть чем холоднее воздух, тем ниже коэффициент полезного действия. Таким образом, при температуре ниже минус 20°C, по сути, работает только электронагрев. Для решения данной проблемы мы предлагаем расположить первичный контур непосредственно в животноводческом помещении, используя в качестве источника низкопотенциального тепла вытяжной воздух из животноводческого помещения. Но при этом необходимо иметь в виду, что используемый воздух должен быть очищен и не должен содержать аммиак и другие едкие вещества.

Таблица 18 – Нормативные значения температуры, влажности и скорости внутреннего воздуха в помещениях и зданиях для крупного рогатого скота

Наименование зданий и помещений	Группа животных, содержание животных	Расчетная температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %		Скорость воздуха максимальная, м/с
			максимальная	минимальная	
Доильно-молочный блок, доильный зал, молочная)		17	75		0,5
Коровники и здания для молодняка молочных пород (в районах с расчетной зимней температурой 25°С и ниже)	Коровы и молодняк всех возрастов; беспривязное на глубокой подстилке с кормлением в здании	3	85	40	1
Коровники и здания для молодняка молочных пород (в районах с расчетной температурой ниже 25°С)	Коровы и молодняк всех возрастов; беспривязное на глубокой подстилке с кормлением на выгульно-кормовых дворах				

Учитывая нормативные значения температуры (таблица 18) при создании систем микроклимата молочно-товарного комплекса, особое внимание следует уделять обогреву доильного зала. При этом наиболее экономичным способом создания и регулирования микроклимата в мировой практике признана система «теплый пол» [5]. Благодаря низкой температуре поверхности пола и равномерному распределению тепла, нагретый воздух поднимается настолько медленно, что человек этого движения не ощущает. Это позволяет, помимо оптимальной температуры, поддерживать поверхность пола постоянно сухой, а влажность и скорость воздуха – в пределах зоогигиенических норм. Все это создает благоприятную среду для здоровья и работы человека, эксплуатации техники и получения максимума от животных.

Теплый пол целесообразно устраивать в местах проходов животных и их доения (рисунок 40), а также в доильной яме (рисунок 41). Такое расположение теплого пола способствует оптимальному обеспечению условий микроклимата в доильном зале, снижению травматизма животных на подиумах при входе в доильный зал и обеспечению комфортных условий труда персонала. В этом случае нагрев зоны рабочего места в доильной яме происходит таким образом, что на уровне ног температура незначительно выше, чем на уровне головы. Такое распределение тепла наиболее адекватно субъективному восприятию комфорта человеческим организмом.



**Рисунок 40 – Укладка теплого пола на подъеме в доильный зал**



**Рисунок 41 – Укладка теплого пола в доильной яме**

Таким образом, тепловой насос и система отопления «теплый пол» в системе микроклимата имеют следующие преимущества:

- при установке теплового насоса в системе отопления «теплый пол» энергия не только экономно производится, но и экономно распределяется;
- тепловой насос позволяет сэкономить до 80% энергоресурсов по сравнению с использованием традиционных источников тепла (электрочувствительного котла, котла на жидком или твердом топливе);
- снижаются потери в отопительных приборах, поскольку, благодаря теплоте полу, равномерному распределению тепла и отсутствию сквозняков, в помещениях можно поддерживать более низкую температуру, чем в случае отопления с помощью радиаторов. Экономия расходов на отопление составляет 10...30%.

#### **Заключение**

1. Применение теплового насоса в общей системе создания микроклимата животноводческих помещений является наиболее эффективным, поскольку не требуется прокладка централизованной системы отопления, тепловой насос работает с высоким коэффициентом преобразования тепла и позволяет реализовывать различные схемы отопления.

2. Наиболее эффективным сочетанием является комбинация теплого пола и теплового насоса (в отличие от систем, где используется радиаторное отопление).

3. Устройство теплого пола позволяет экономить тепловую энергию, так как нагревается в первую очередь пространство жизнедеятельности.

4. Тепловой насос позволяет сэкономить до 80% энергоресурсов по сравнению с использованием традиционных источников тепла, а при использовании теплого пола в сравнении с радиаторным отоплением экономия расходов на отопление дополнительно составляет 10...30%.

5. Использование программируемой системы управления позволяет анализировать температурные характеристики отдельных помещений и отдельных зон самих помещений. Такая система также регулирует время включения / выключения теплового насоса и отдельных его элементов (теплого пола, системы подогрева воды и т.д.), тем самым способствуя экономичному расходу электроэнергии.

*01.07.10.*

## Литература

1. Цубанов, А.Г. Теплоснабжение, отопление и вентиляция животноводческих помещений. / А.Г. Цубанов. – Минск: Ураджай, 1987. – 151 с.
2. Студенцов, П.Н. Теплые полы в животноводческих помещениях / П.Н. Студенцов. – М.: Стройиздат, 1974. – 71 с.
3. ООО «Термотехник-сервис» Taros. Респ. Беларусь // Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2010. – Режим доступа: <http://www.vodaiteplo.com/?id=304>. – Дата доступа: 14.06.2010.
4. Бойко, А. Водяные теплые полы / А. Бойко // Идеи вашего дома. – 2004. – № 9 (77).
5. ООО «ЭлектрикГрупп» Респ. Беларусь // Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Минск, 2009. – Режим доступа: <http://electricgroup.by/Danfoss-selskoe-hoz.html>. – Дата доступа: 14.06.2010.

УДК 628.35:628.255

**Н.Ф. Капустин, А.Н. Басаревский,  
С.Н. Поникарчик**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по  
механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

## ИССЛЕДОВАНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА ДО И ПОСЛЕ АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ

### Введение

Развитие животноводства и птицеводства создало глобальную проблему утилизации большого объема органических отходов, основными источниками которых являются крупные животноводческие и птицеводческие комплексы. Сельское хозяйство становится источником загрязнения окружающей среды. Решение этой проблемы требует особого внимания. По данным Министерства статистики Республики Беларусь, в отрасли работает 203 животноводческих комплекса, в том числе 98 – крупного рогатого скота, 105 – свиноводческих и 43 птицефабрики. Общее количество отходов, которые характеризуются высокой влажностью и бактериальной обсемененностью, в том числе наличием патогенной микрофлоры и яиц гельминтов, достигает более 70 млн. *т* в год.

Современные методы переработки и утилизации отходов животноводства должны выбираться с учетом возросших требований к экономии минеральных удобрений, к рациональному использованию имеющегося огромного удобри-тельного потенциала навоза, охране окружающей среды, повышению плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур, затратам топливно-энергетических ресурсов. Наиболее полно предъявленным требованиям удовлетворяют технологии, основанные на биологической переработке отходов в анаэробных условиях. Технология анаэробного сбраживания позволяет уменьшить негативное воздействие органических отходов на окружающую среду, является одним из способов их обезвреживания и частичного обеззараживания. Метод следует оценивать как локальное природоохранное мероприятие, одновременно улучшающее и энергетический баланс животноводческого комплекса. Важнейшим продуктом анаэробной биоконверсии органических отходов животноводства является сброженная биомасса, представляющая собой высококачественное органическое удобрение.

Целью данной работы является оценка изменения агрохимических показа-

телей субстратов на основе животноводческих отходов в процессе анаэробного сбраживания в биогазовых установках, эксплуатируемых в республике.

### Объекты и методы исследований

Объектом исследований служили отходы жизнедеятельности животных: жидкие экскременты свиней на откорме (свиные стоки), твердая фракция свиных стоков после их сепарирования и субстрат на основе биомассы исходных компонентов сырья после анаэробного сбраживания в биореакторах биогазового энергетического комплекса (далее – БЭК) РУСП СГЦ «Западный».

Свиные стоки представляют собой растворы минеральных солей и органических продуктов обмена животных. Твердые экскременты свиного навоза состоят из непереваренных частей корма, нерастворимых минеральных и органических соединений, биомассы микроорганизмов. С экскрементами выделяются около 20% органических веществ из общего количества органической массы, скормленной животным, и основная часть питательных веществ. Преобладающая часть органического вещества – это структурные соединения с высоким содержанием углерода [1].

Сепарированный свиной навоз представляет собой взвешенную массу бурого цвета, состоящую из частиц от 1 до 3 мм. Влагосодержание навоза постоянно и зависит от продолжительности нахождения навоза на открытой площадке БЭК и атмосферных условий (температуры воздуха, выпадения осадков и т.д.) перед поступлением в ферментер (рисунок 42).

Дополнительным сырьем для производства биогаза и органоминеральных удобрений в хозяйстве комплекса могут быть и отходы мясопереработки, смывы жира, жидкие отходы корма, кукурузной и костной муки, отходы зерноочистки и другие.



**Рисунок 42 – Сепарированный свиной навоз**

Анаэробная ферментация исследуемых отходов проводилась в герметичных ферментерах и дображивателе емкостью  $1527 \text{ м}^3$  каждый (полезный объем –  $1400 \text{ м}^3$ ) при температуре  $40^\circ\text{C}$ , при перемешивании и откачке образующегося биогаза. Загрузка ферментера свиными стоками из приемной емкости и сепарированным свиным навозом из дозатора-миксера производилась дробно, в автоматическом режиме, в соответствии с выбранной суточной величиной дозы загрузки и связанной с ней длительностью

сбраживания, степенью разложения органического вещества [2].

Пробы на определение химического и бактериологического состава свиных стоков отбирали из приемной емкости, сепарированного свиного навоза – из дозатора-миксера, анаэробно сброженного субстрата – из дображивателя.

Совместно с ГНУ «Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси» были проведены исследования по определению агрохимических показателей исходного сырья и переработанного субстрата. Все виды исходного сырья и продукта анаэробной ферментации – органического



удобрения – характеризовали по содержанию сухого вещества (*СВ*), органического сухого вещества (*ОСВ*), по величине кислотности (*pH*), азота общего (*N<sub>общ</sub>*), аммиачного азота (*NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N*), фосфора общего (*P<sub>общ</sub>*), подвижных форм фосфора (*P<sub>подв</sub>*), калия (*K*), углерода (*C*).

Следует отметить, что качественные и количественные характеристики навоза, то есть его химический и структурный состав, зависят от вида животных, породы, возраста, рациона кормления, качества кормов, способа содержания, принятой системы навозоудаления. По этой причине диапазон данных по химическому составу навозных стоков даже у одного и того же вида животных у разных авторов существенно отличается.

### Результаты исследований

При использовании анаэробно переработанной биомассы в качестве удобрений особое внимание уделяется их удобрительной ценности и агроэкологической оценке. К обязательным показателям контроля сброженной массы (удобрения) относятся элементы питания растений – азот, фосфор, калий.

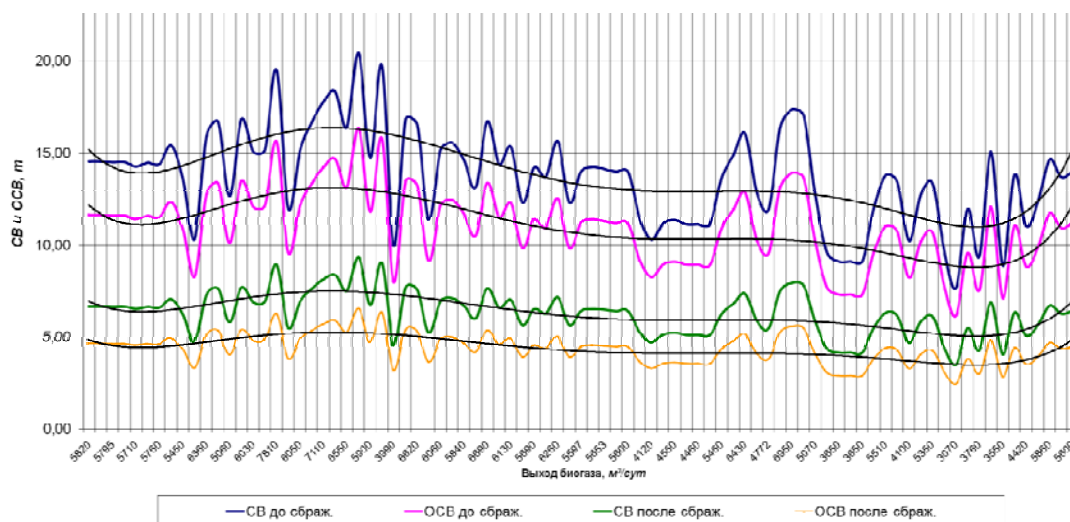
Исследования показали, что основной вклад в содержание *СВ* и *ОСВ* субстрата вносит сепарированный свиной навоз. По результатам анализа прослеживаются существенно более высокие значения массовых долей общего азота, общего фосфора и калия, а также массы аммиачного азота в жидких стоках и втором ферментере в сравнении с этими же показателями в сепарированном навозе (таблица 19). Повышение массовых долей по всем питательным элементам и углероду в свиных стоках (проба 2 от 01.08), очевидно, связано с изменением рациона кормления животных.

Таблица 19 – Агрохимические показатели животноводческих стоков до и после сбраживания

Наименование показателя	Свиные стоки		Сепарир. свиной навоз	Субстрат из 1-го ферм.	Субстрат из 2-го ферм.	
	проба 1 (5.06)	проба 2 (1.08)	проба 1 (5.06)	проба 2 (1.08)	проба 1 (5.06)	проба 2 (1.08)
Массовая доля сухого вещества, %	4,2	4,0	27,1	7,9	8,5	9,9
Массовая доля органического вещества, % на а.с.м.	74,4	74,5	89,7	82,5	80,5	83,2
<i>pH</i>	6,7	6,5	7,7	7,5	7,9	7,6
Массовая доля общего азота, % на а.с.м.	9,5	9,9	1,8	6,2	5,7	5,1
Масса аммиачного азота, мг/100 г а.с.м.	5000	7075	371	4430	4400	3322
Массовая доля общего фосфора (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), % на а.с.м.	7,2	6,9	2,9	4,5	4,2	4,2
Масса подвижного фосфора (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ), мг/100 г а.с.м.	6036	6225	2258	4171	4082	3652
Массовая доля общего калия, % на а.с.м.	4,2	5,3	0,35	2,7	2,2	2,1
Массовая доля общего углерода, % на а.с.м.	29,8	40	38,5	30,3	34,4	32,3

Примечание – а.с.м. – абсолютно сухая масса.

На рисунке 43 отражена диаграмма изменения *СВ* и *ОСВ* до и после сбраживания. Как и следовало ожидать, содержание в субстрате *СВ* и *ОСВ* после сбраживания ниже, чем до сбраживания. Из диаграммы также видно, что при повышении *СВ* и *ОСВ* (до допустимых технологических значений) выход биогаза также будет увеличиваться. Текущие удельные суточные дозы загрузки по органическому сухому веществу находятся в диапазоне 2,2–5,6 кг орг/м<sup>3</sup>. Нестабильный характер кривых по общей дозе загрузки и удельному содержанию *СОВ* в 1 м<sup>3</sup> субстрата ферментера говорит о том, что исходный субстрат не контролируется по *СВ* на стадии приготовления его для ферментации.



**Рисунок 43 – Динамика *СВ* и *ОСВ* от выхода биогаза**

Исследования содержания биогенных элементов, углерода, отношения *C:N* в исходном и сброженном субстратах показали, что в процессе анаэробной био-конверсии субстрата содержание азота и калия по массе практически не изменяется. Содержание аммонийного азота в сброженном субстрате и величина соотношения *C:N* уменьшается в 2 раза. Увеличение *pH* (до 7,9) и небольшая величина соотношения *C:N* (6) свидетельствуют о начале ингибирования ионом аммония процесса анаэробного сбраживания (таблица 20).

Количество углерода, конвертируемого в биогаз, составляет в среднем 51,5%. Масса общего калия, азота и фосфора изменяется в пределах допустимой погрешности анализа сложных по своему составу и субстрату проб. Количество подвижного фосфора в сброженном субстрате увеличивается в 2,9 раза вследствие трансформации органической формы в минеральную.

Следует отметить, что загрузка субстрата в ферментеры на БЭЖ РУП СГЦ «Западный» осуществлялась одновременно в оба ферментера. Доза загрузки субстрата в первый ферментер составляла 1,3% (от общего объема ферментера) при времени экспозиции 78 сут., доза загрузки субстрата во второй ферментер – 2,5% при времени экспозиции 39 сут. Использование такой схемы загрузки неизбежно приводит к проскокам свежего субстрата со сброженным в навозохранилище. Известно также, что при малых дозах загрузки, когда в сырье много азота, процесс может выйти из-под контроля, то есть ингибироваться из-за уве-



личения содержания аммиака. Об этом можно судить по повышению  $pH$  (более 8) и снижению выхода биогаза.

Таблица 20 – Результаты исследований содержания биогенных элементов, углерода, отношения  $C:N$  в исходном и сброженном субстратах

Наименование	СВ		ОСВ		$N_{общ}$		$NH_4^+ - N_{общ}$		$P_{общ}$		$P_{подв}$		К		С		C:N
	%	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	% от СВ	<i>m</i>	
Свиные стоки	4,2	1,63	74,4	1,22	9,5	0,155	5,0	0,008	7,2	0,117	6,04	0,007	4,2	0,069	29,8	0,486	3,14
Сепарир. свиной навоз	24,1	8,83	89,7	7,92	1,8	0,159	0,37 1	0,001	2,9	0,256	2,258	0,006	0,35	0,031	38,5	3,4	21,4
Субстр. до сбражив.	14,6	10,64	–	–	3,0	0,314	2,66	0,008	3,57	0,373	3,45	0,013	1,91	0,099	37,15	3,886	12,6
Субстр. после сбражив.	8,5	6,08	80,5	4,89	5,7	0,35	4,4	0,015	4,2	0,029	4,082	0,001	2,2	0,013	34,4	2,09	6,0

Таким образом, опираясь на работы других авторов [3, 4], а также на основе проведенных исследований [2] можно утверждать, что при анаэробной био-конверсии органических отходов образуется высокоэффективное органическое удобрение. Метангенерация снижает сроки приготовления органических удобрений с 0,5–1 года до 20–60 сут. Выход сброженного биослама составляет 60% от количества исходного навоза. Во время брожения в герметичных ферментерах питательные вещества – азот, фосфор, калий, микроэлементы, витамины – полностью сохраняются в составе удобрений. Более того, доля аммонийного азота в общем количестве азота увеличивается с 27 до 48%, что делает его более доступным для питания корневой системы растений. Фосфор представлен фосфатитами и нуклеопротеидами, которые усваиваются растениями лучше, чем соли минеральных веществ. Содержание усваиваемого фосфора удваивается и составляет 50% от общего фосфора. Калий весь находится в жидкой фазе и полностью доступен растениям. Усваиваемость его растениями составляет 75–100%. Коэффициент использования всех питательных для растений веществ достигает 80% по сравнению с 30% для необработанного сырья.

### Заключение

1. Анаэробная технология переработки органических отходов является комплексным природоохранным мероприятием: улучшает экологическую обстановку, восстанавливает плодородие почвы за счет внесения высококачественных органических удобрений, включает в энергобаланс биогаз как возобновляемый источник энергии.

2. Выполненный комплекс исследований агрохимических показателей животноводческих стоков до и после анаэробного сбраживания в БЭЖ СГЦ «Западный» подтвердил высокую эффективность их переработки:

– по результатам анализа прослеживаются существенно более высокие значения (в 1,5 раза) массовой доли  $N_{общ}$ ,  $P_{общ}$ ,  $K_{общ}$ ,  $NH_4^+-N$  в жидких свиных стоках и сброженном субстрате (второй ферментер) в сравнении с этими же показателями в сепарированном навозе;

– содержание  $N_{общ}$  в сброженном субстрате составляет 5,7%,  $P_{общ}$  – 4,2%,  $K$  – 2,2%;

– сравнительный анализ субстратов до и после сбраживания свидетельствует об увеличении массовой доли  $NH_4^+-N$  в 1,7 раза, что составляет 4400 мг/100 г а.с.м.;

– снижение соотношения  $C:N$  в сброженном субстрате в 2 раза (с 12,6 до 6) и уменьшение  $OCB$  в 2–3 раза свидетельствуют о высокой степени его биоконверсии (в среднем 46,5%).

16.07.10.

### Литература

1. Бацунов, И.Н. Уборка и утилизация навоза на свиноводческих комплексах / И.Н. Бацунов, И.Н. Лукьянов. – М.: Агропромиздат, 1977. – 160 с.

2. 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 механизации сельского хозяйства»; рук. темы Н.Ф. Капустин. – Минск, 2008. – 156 с.

3. Пузанков, А.Г. Обеззараживание стоков животноводческих комплексов / А.Г. Пузанков, Г.А. Мхитарян, И.Д. Гришаев. – М.: Агропромиздат, 1986. – 75 с.

4. Дубровский, В.С. Метановое сбраживание сельскохозяйственных отходов / В.С. Дубровский, У.Э. Виестур. – Рига: Зинатне, 1988. – 203 с.

УДК 63:(620.95:504.064.34)

Н.Ф. Капустин, Ю.А. Сунцова,

О.А. Дытман

(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»),

г. Минск, Республика Беларусь)

### СПОСОБ И УСТРОЙСТВО ОЧИСТКИ БИОГАЗА

#### Введение

В основе биогазовых технологий лежат сложные природные процессы биологического разложения органических веществ в анаэробных (без доступа воздуха) условиях под воздействием особой группы анаэробных бактерий. Образующийся при ферментации органических отходов биогаз содержит до 55–70% метана, 28–43%  $CO_2$  и до 2% сероводорода и примеси других сернистых соединений (меркаптаны, органические сульфиды и пр.) Для использования биогаза в технологических процессах необходимо максимально повысить содержание в нем метана и исключить примесные газы, особенно сероводород, который при взаимодействии с водой образует кислоту, вызывающую коррозию металла, что выводит оборудование из строя. Это является серьезным ограничением использования биогаза в двигателях внутреннего сгорания.

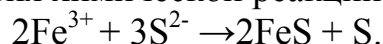
Для устранения этого негативного явления необходима специальная тех-

нология очистки биогаза, позволяющая повысить концентрацию метана в биотопливе. Ведь при широком внедрении биогазовой техники в Республике Беларусь, которое, несомненно, будет происходить в ближайшее время, необходимо ориентироваться на новейшие достижения в области очистки биогаза от примесей и повышения его теплотворной способности.

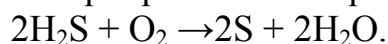
### **Биогаз и методы его очистки от сероводорода**

Существуют различные технологии очистки биотоплива от сероводорода. Среди них различают методы очистки биогаза внутри ферментеров биогазовых установок. К ним относятся:

1. Химический метод, который заключается в добавлении хлорида железа в сбрасываемое сырье. Адсорбция сероводорода в биогазе оксидом железа происходит в результате действия химической реакции:



2. Микробиологический метод, который основан на биологическом аэробном окислении сероводорода до элементарной серы группой специальных микроорганизмов при взаимодействии с воздухом (до 5% объема биогаза). При этом в присутствии микроорганизмов протекает следующая реакция:



В обоих случаях в результате окисления сероводорода образуется элементарная сера, которая попадает в ферментационную жидкость и оседает на дне ферментера, а биогаз очищается от сероводорода.

Недостатками этих способов очистки являются довольно высокий расход химических реагентов и образование вторичных отходов, подлежащих дополнительной утилизации. К тому же подача в ферментер кислорода более 2% объема биогаза замедляет процесс брожения метановых бактерий.

За рубежом широкое распространение получила очистка биогаза в специальных фильтрах:

1. Метод сухой очистки биогаза. В качестве абсорбера применяется металлическая «губка», состоящая из смеси окиси железа и деревянной стружки. С помощью такой «губки» из биогаза можно извлечь серу. Для регенерации «губки» ее необходимо подержать некоторое время на воздухе. Недостатком данного метода является дороговизна эксплуатации фильтра [1].

2. Метод автономного биологического обессеривания биогаза. При добавлении ограниченного количества воздуха специальные бактерии превращают сероводород в элементарную серу. Питательными веществами и микроэлементами бактерии обеспечивает прогнивший субстрат. Недостатком данного метода является обязательное наличие в конструкции биогазовой установки сепаратора для разделения жидкой и твердой фракций сброженного субстрата [2].

3. Метод удаления сернистых соединений из биохимического газа. Газ вводят в промывную жидкость. Содержащийся в биохимическом газе сероводород растворяется в промывной жидкости. Десульфурованный биохимический газ улавливают для дальнейшего применения. Обогащенную сероводородом жидкость непрерывно выводят из первой зоны во вторую и там аэрируют

кислородсодержащим газом. Растворенный в промывной жидкости сероводород под действием растворенного в воде кислорода и элементарной серы окисляется. Недостатком этого метода являются длительность процесса очистки и громоздкость конструкции [3].

### Результаты исследований

В настоящее время на действующих импортных биогазовых энергетических комплексах (БГЭЖ), расположенных на территории Республики Беларусь, содержание сероводорода не превышает 1%. Для его устранения применяют химический и микробиологический способы очистки.

Учитывая все недостатки вышеприведенных методов очистки биогаза, предлагается автономный процесс обессеривания в виде отдельной конструкции (десульфуризатор). В принципе действия данного устройства заложены удаление  $H_2S$ , а также частичное устранение  $CO_2$  (рисунок 44).

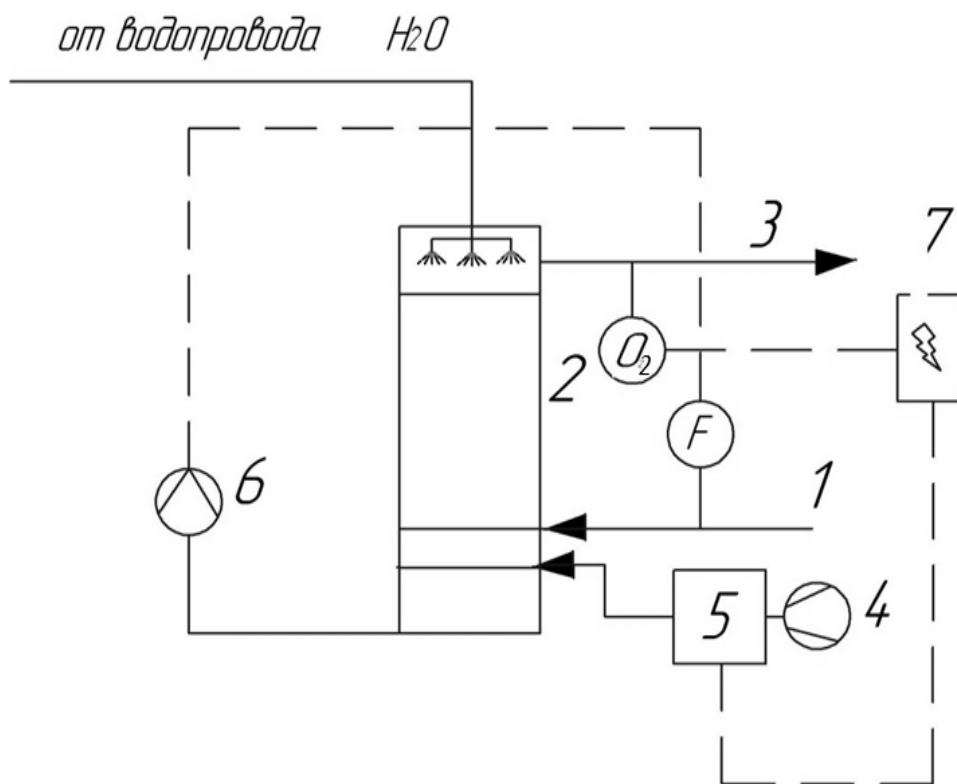
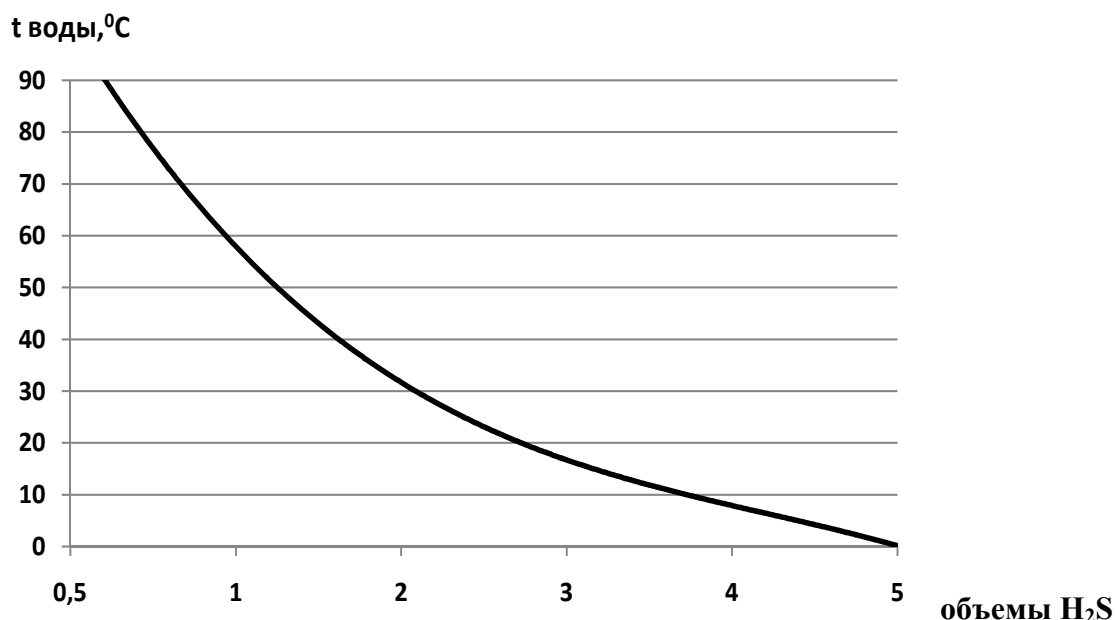


Рисунок 44 – Структурно-технологическая схема работы десульфуризатора

Биогаз 1 подается в очистную колонну 2 с насадкой, состоящей из множества пластиковых трубок, предназначенных для ускорения процесса удаления сернистых соединений из биогаза. Подача воздуха 4 осуществляется со стороны входа газа и регулируется в соответствии с его расходом 5. Вода подается из водопровода в противоположном направлении подачи газа и распыляется над пластиковыми элементами насадки. Очищенный газ 3 поступает на когенерационный блок 7, а использованная вода возвращается при помощи водяного насоса 6 обратно в ферментер F.

Таким образом, в очистной колонне происходит удаление  $H_2S$  и частично  $CO_2$ , благодаря их большей растворимости в воде по сравнению с метаном. К тому же при прохождении биогаза по газопроводу под землей при более низких температурах происходит конденсация влаги.

На рисунке 45 изображена зависимость растворения сероводорода в воде от температуры растворителя [4].

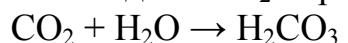


**Рисунок 45 – Растворимость сероводорода (объемы на 1 объем воды)**

В результате взаимодействия сероводорода и воды образуется сероводородная вода, которая при стоянии на воздухе постепенно мутнеет из-за выделения серы в результате окислительно-восстановительной реакции:



В результате взаимодействия воды и  $CO_2$  образуется угольная кислота:



На основании представленного материала можно сделать следующие выводы.

1. Преимуществом десульфуризатора является низкая себестоимость очистки газа, благодаря использованию воды в качестве основного компонента очистки биогаза.

2. Присутствие в десульфуризаторе развитой поверхности в виде насадки, состоящей из множества пластиковых трубок, ускоряет процесс очистки биогаза от сернистых соединений.

3. Десульфуризатор уменьшает содержание в биогазе  $CO_2$ , что повышает его качество как топлива.

4. Минимальная стоимость материалов, простота эксплуатации устройства делают этот метод надежным средством защиты двигателей внутреннего сгорания от коррозии, вызванной продолжительным воздействием сероводорода, содержащегося в биогазе.

## Заключение

Представленная информация по методам очистки биогаза от сероводо-рода и повышения качества газа не является исчерпывающей. Мы лишь использовали некоторые новые подходы к решению этой задачи и разработали структурно-технологическую схему работы десульфуризатора, весьма перспективную для применения в технологии очистки биогаза. Эффективность очистки биогаза от сероводорода этим способом составляет 85–99%. Простая по технологии разработки и экономичная система очистки в виде отдельной конструкции без использования химических реагентов и образования вторичных отходов представляет собой благоприятное в экономическом отношении и высокоэффективное решение проблемы очистки биогаза от сероводорода. При этом он обогащается метаном и повышается его теплотворная способность, а также увеличивается срок службы когенерационного блока биогазовой установки.

14.07.10.

## Литература

1. Применение биотоплива. Двигатели, работающие на биогазе // Биотехнологии [Электронный ресурс]. – Минск, 2008. – Режим доступа: <http://bio-energetics.ru>. – Дата доступа: 03.04.2010.
2. Компоненты установки: биологическое обессеривание // ААТ Акваэкология [Электронный ресурс]. – Минск, 2010. – Режим доступа: <http://aquaecology.by>. – Дата доступа: 10.04.2010.
3. Способ удаления сернистых соединений из биохимического газа: пат. DE 102004055162 A1, CO2F 11/04 / Fuchs Leonhard, Fuchs Martin; Vertreter: Patentanwälte von Kreisler, Selting, Werner et col., 50667 Köln; заявл. 16.11.2004; опубл. 08.06.2006 // Bundesrepublik Deutschland Deutsches Patent-und Markenamt. – 2006. – С. 8.
4. Один, И.Н. Сероводород / И.Н. Один // Химик: энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://xumuk.ru>. – Дата доступа: 17.06.2010.

УДК 662.81.053.346:664.76.01

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

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛИНИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГРАНУЛИРОВАННОГО ТОПЛИВА ИЗ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА**

## Введение

Одними из приоритетных в настоящее время являются научные исследования, направленные на решение проблем с повторным использованием отходов различных производств. Дополнительным импульсом к усилению работы по ресурсосбережению служит постоянный рост цен на энергоресурсы. Так как республика импортирует топливо, важность энергосбережения нельзя отрицать.

Основными документами в сфере энергосбережения и энергоэффективности являются Директива Президента республики № 3 «Экономия и бережливость – главные факторы экономической безопасности государства» и Концепция энергетической безопасности Республики Беларусь. Главная задача, по-

ставленная правительством – к 2012 году достигнуть обеспечения в республике не менее 25% объема производства электро- и теплоэнергии за счет использования местных видов топлива и альтернативных источников энергии.

Постоянный рост цен на традиционные виды топлива способствует более активному внедрению альтернативных экологически чистых видов топлива из возобновляемых источников энергии. Одним из таких источников являются непродуктивные отходы от переработки злаковых культур, льнокостры, семян рапса, трав. Эти материалы можно использовать для изготовления топливных гранул, одновременно решая проблему их утилизации [1, 2]. Кроме того, в соответствии с п. 3 ст. 1 Закона Республики Беларусь «Об обращении с отходами» зерноотходы являются вторичными материальными ресурсами, поскольку могут быть вовлечены в гражданский оборот в качестве сырья. Солома колосовых культур и непродуктивные зерновые отходы могут быть альтернативным источником для рентабельного производства топливных гранул. Поэтому разработка новой технологии производства топливных гранул и создание комплекта оборудования для ее осуществления являются актуальными.

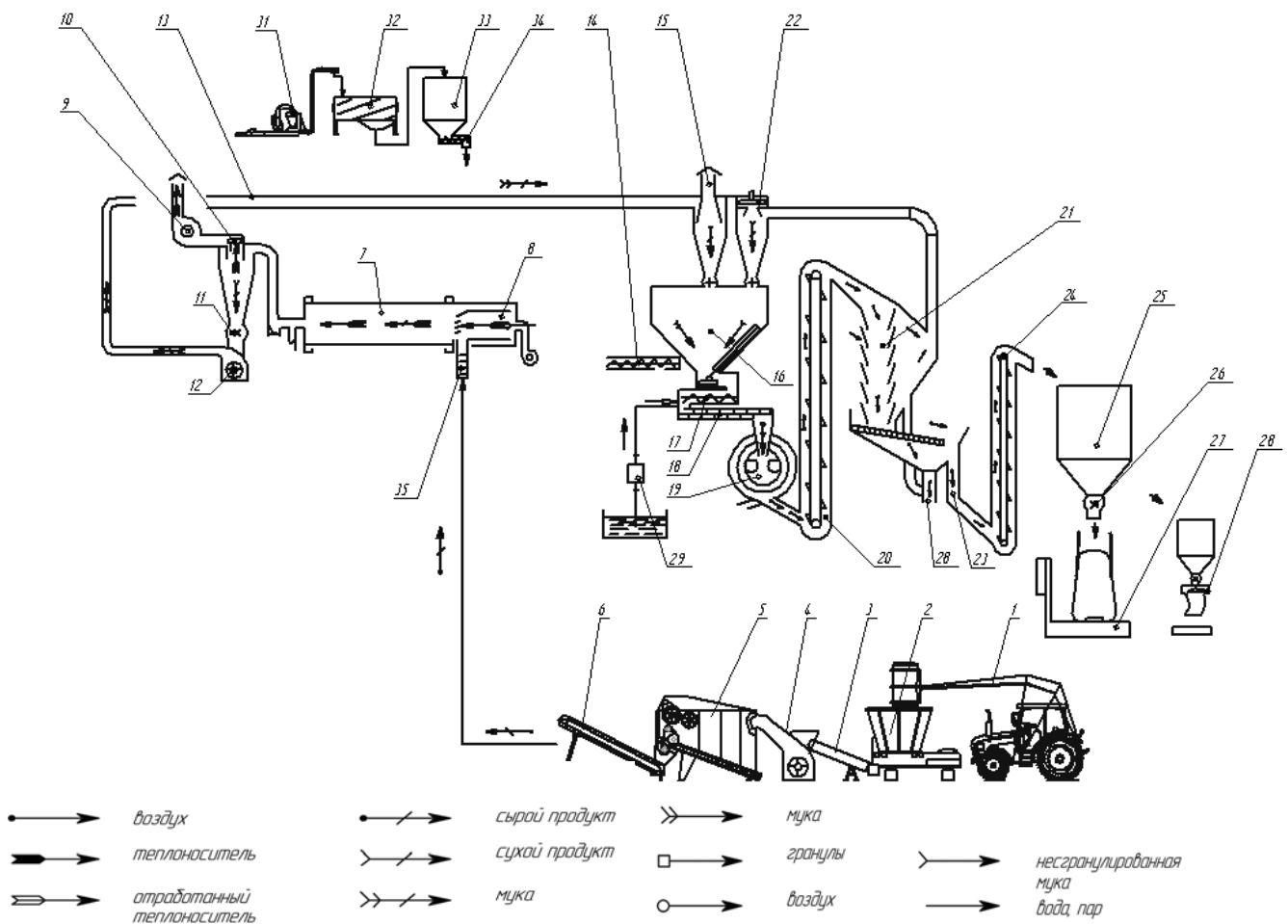
### **Основная часть**

С учетом актуальности стоящих задач в «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» с 2008 г. выполняется задание № 1.86/831 «Разработать ресурсосберегающую технологию и технологическую линию для получения гранулированного топлива из отходов от переработки зерна и других сельскохозяйственных культур» (ГНТП «Ресурсосбережение – 2010»).

Целью работы является использование отходов от переработки (очистки) зерна и других сельскохозяйственных культур (соломы, льнокостры и др.) для получения экологически чистого топлива – топливных гранул (пеллет). Актуальность тематики связана с тем, что на мелькомбинатах, комбикормовых заводах и в сельскохозяйственных предприятиях республики в процессе переработки зерна, семян рапса, трав и других культур скапливается большое количество непродуктивных отходов (около 1,0 млн. тонн), которые засоряют окружающую среду и ухудшают экологическую обстановку в республике.

Для решения поставленных задач в рамках задания разработаны технологическая схема, конструкторская документация, изготовлено и подобрано оборудование для опытного образца линии для получения гранулированного топлива, проведены экспериментальные исследования по определению режимов и параметров гранулирования исходного сырья, оптимального состава и качественных показателей топливных гранул. Технологическая схема линии производства топливных гранул из зерновых отходов приведена на рисунке 46.

Выполнены монтажные и пусконаладочные работы, проведены предварительные испытания линии и произведена опытная партия топливных гранул. Комплект оборудования (рисунок 46) смонтирован на базе производственного помещения ИП «СЭЛВИ» (д. Хвойники Червенского района Минской области).



1 – погрузчик навесной; 2 – измельчитель рулонов соломы; 3 – транспортер ленточный; 4, 12 – молотковая дробилка; 5 – питатель дозатор измельченной соломы; 6 – цепочно-планчатый транспортер; 7 – сушильный барабан; 8 – теплогенератор; 9 – дымосос; 10 – циклон; 11 – шлюзовой затвор; 13 – пневмопровод; 14 – транспортер шнековый; 15 – циклон вентилятора; 16 – бункер гранулятора; 17 – дозатор; 18 – смеситель; 19 – пресс-гранулятор; 20, 24 – норрии; 21 – охладительная колонка; 22 – вентилятор; 23 – отборщик гранул; 25 – бункер-накопитель; 26 – транспортер-дозатор; 27 – весы для фасовки в мешки типа «big bag»; 28 – расфасовщик в мешки по 16–25 кг; 29 – насос подачи воды; 31 – пневмозагрузчик; 32 – сепаратор зернового вороха; 33 – бункер-накопитель; 34 – шнековый транспортер

**Рисунок 46 – Технологическая схема линии приготовления топливных гранул**

Техническая характеристика линии, определенная в результате предварительных испытаний, приведена в таблице 21. Основные характеристики опытной партии топливных гранул, произведенных из соломы рапса, приведены в таблице 22.



Таблица 21 – Техническая характеристика линии и основное оборудование  
(при базовой влажности соломы до 25%, зерноотходов – до 14%)

Наименование параметра	Значение
<b>1. Линия подготовки сырья (измельчения соломы)</b>	
• измельчитель рулонов соломы	57,2 кВт
• ленточный транспортер	1,1 кВт
• бункер-питатель	4 кВт
• транспортер наклонный скребковый	3 кВт
Номинальная производительность <sup>1</sup> , т/ч, не менее	4
<b>2. Линия подготовки сырья из зерновых отходов</b>	
• бункер-питатель (емкость 12 м <sup>3</sup> )	4 кВт
• сепаратор зернового вороха со шнеком-питателем	2,8 кВт
• транспортер шнековый	1,5 кВт
• бункер активный для сыпучих компонентов (емкость 15 м <sup>3</sup> )	2,2 кВт
Номинальная производительность <sup>2</sup> , т/ч, не менее	2,0
<b>3. Линия сушки и измельчения</b>	
• барабан сушильный	11 кВт
• вентилятор подачи воздуха и твердого топлива в теплогенератор	6,5 кВт
• дозатор	2,2 кВт
• циклон	5,5 кВт
• шлюзовой затвор (2 шт.)	3,3 кВт
• дробилка молотковая	30 кВт
• дымосос	55 кВт
Номинальная производительность <sup>3</sup> , т/ч, не менее	2,0
<b>4. Линия гранулирования</b>	
• циклон	16,5 кВт
• шлюзовой затвор	1,1 кВт
• дозатор	1,1 кВт
• пресс-гранулятор (со смесителем)	78 кВт
• нория вертикальная	1,1 кВт
• колонка охлаждающая	2,2 кВт
Номинальная производительность, т/ч	2,0
<b>5. Линия расфасовки готовой продукции</b>	
• транспортер ленточный	2,2 кВт
• нория	1,1 кВт
• дозатор	0,8 кВт
• расфасовщик в п/э пакеты или в мешки типа «big bag»	1,3 кВт
Номинальная производительность, т/ч, не менее	2,0
Общая масса комплекта оборудования, кг, не более	30000
Общая суммарная установленная мощность, кВт, не более	350

<sup>1</sup> При базовой влажности исходного сырья (соломы) до 25%.

<sup>2</sup> При базовой влажности исходного сырья (зерноотходов 3 категории) до 14%.

<sup>3</sup> При влажности обрабатываемого продукта не более 12...14%.

Таблица 22 – Показатели качества твердого топлива

Наименование показателя	Значение согласно техническим условиям	Фактические значения	Нормативный документ
1. Массовая доля гранул крупностью 6–30 мм, %	$\geq 95$	$97 \pm 1$	ГОСТ 2093
2. Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	$\geq 450$	$630 \pm 10$	ГОСТ 13673
3. Массовая доля влаги, %	$\leq 14$	$11,9 \pm 0,2$	ГОСТ 27548
4. Массовая доля золы, %	$\leq 9$	$5,7 \pm 0,3$	ГОСТ 13979.6
5. Теплота сгорания, МДж/кг	$\geq 15,5$	$16,5 \pm 0,2$	ГОСТ 147
6. Содержание серы, %	$\leq 1$	$0,7 \pm 0,01$	ГОСТ 8606

Показатели качества топливных гранул соответствуют требованиям технических условий «Гранулы топливные» (ТУ ВУ 100230575.352–2010). Результаты предварительных испытаний опытного образца линии (протокол приемочных испытаний № 1 от 23.09.2010 г. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства») показывают, что представленное оборудование обеспечивает переработку непродуктивных зерновых отходов и соломы колосовых культур путем очистки от примесей, измельчения, гранулирования и получения из данного сырья гранулированного топлива.

#### Заключение

Широкое внедрение технологии производства топливных гранул на базе созданного оборудования позволит значительно сэкономить топливные энергоресурсы, уменьшить загрязнение окружающей среды, получить дополнительные доходы за счет перехода на использование местных видов топлива.

Анализ качественных характеристик полученных топливных гранул свидетельствует о возможности получать топливо со стабильной величиной теплоты сгорания, которая выше аналогичной величины для неподготовленного топлива.

04.08.10.

#### Литература

1. Ресурсы твердого топлива из соломы зерновых культур Республики Беларусь / О.А. Ивашкевич [и др.] // Доклады НАН Беларуси. – 2007. – Т. 51, №6. – С. 47-49.
2. Максимчук, Ю.В. Энергоэффективность использования местных ресурсов в качестве твердого топлива / Ю.В. Максимчук, З.А. Антонова, В.Н. Курсевич // Природные ресурсы. – 2007. – №4. – С. 89-94.

УДК 631.371:621.311.4

**О.А. Головач, В.В. Викторovich**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по  
механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

**А.И. Михлюк**

(РУП «МАЗ», г. Минск, Республика Бела-  
русь)

## **ТРАНЗИСТОРНЫЕ ПРЕОБРА- ЗОВАТЕЛИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕРМИИ: ОТ ИДЕИ ДО ВНЕДРЕНИЯ**

### **Введение**

Установки индукционного нагрева находят все большее применение в различных отраслях промышленного и сельскохозяйственного производства благодаря появлению энергоэффективных транзисторных источников питания, работающих в диапазоне до 1 МГц. Разработка и производство таких генераторов в Республике Беларусь является очень важной задачей, решение которой позволит ликвидировать возникшее отставание в отрасли техники, связанной с технологиями индукционного нагрева.

### **Объекты и методы исследований**

Объектом настоящего исследования являлся полупроводниковый источник питания на базе IGBT транзисторов номинальной мощностью до 250 кВт частотой преобразования 2,4–10 кГц. В работе для решения поставленных задач использовались абстрактно-логический и расчетно-конструктивный методы.

### **Основная часть**

В 2008 году специалистами лаборатории РУП «МАЗ» и лаборатории электрооборудования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» был проведен мониторинг состояния индукционного термического оборудования на наиболее крупных предприятиях Министерства промышленности РБ. Анализ полученных данных показал, что в настоящее время на промышленных предприятиях Республики Беларусь эксплуатируется более 1200 единиц оборудования индукционной термообработки. Половина индукционного оборудования РБ находится на крупных предприятиях – МТЗ, МАЗ (г. Минск), «Автогидроусилитель» (г. Борисов), ОАО «Белкард» (г. Гродно), ПО «Гомсельмаш» (г. Гомель).

По типам используемые генераторы распределены следующим образом: около 50% – это машинные генераторы, 38% – ламповые, 10% – тиристорные и 3% – транзисторные генераторы (рисунок 47).

Машинные преобразователи являются источниками устаревшей конструкции и в настоящее время постепенно выводятся из эксплуатации. В настоящее время в странах СНГ имеются сведения о двух производителях преобразователей данного типа: РФ, г. Новосибирск, НПО «ЭЛСИБ» и ДАГЗЭТО, г. Избербаш, Республика Дагестан. Оба производителя выпускают преобразователи вертикального типа – электродвигатель и генератор скомпонованы на одном валу, установленном вертикально в общем корпусе.

Основная область применения ламповых преобразователей – работа с индукционными устройствами для нагрева деталей при закалке, а также для пай-

ки, наплавки. Ламповые преобразователи частоты (высокочастотные генераторы) выпускаются мощностью от 25 до 160 кВт и частотой от 66 кГц до 13 МГц.

Выпускается несколько моделей ламповых преобразователей такой мощности. Одним из главных недостатков лампового преобразователя является его низкий к.п.д. При оптимальных режимах нагрева он составляет 73–78%, фактически в реальных условиях он может снижаться до 50%. Ресурс ламп не превышает 5000 часов.

Тиристорные преобразователи в настоящее время выпускает целый ряд производителей – в Российской Федерации это г. Санкт-Петербург, Екатеринбург, Уфа, Новозыбков, Ржев; г. Таллинн в Эстонии, в Украине – г. Мелитополь.

Диапазон выпускаемой продукции очень широк. По выдаваемой мощности – от 100 до 10 000 кВт, по рабочей частоте – от 150 до 10 000 Гц. Исполнение современного тиристорного преобразователя включает в себя: преобразователь, теплообменник, систему контроля и управления, согласующее оборудование (по необходимости). К.п.д. тиристорного преобразователя выше, чем машинного (как на холостом ходу, так и под нагрузкой) и составляет 0,85...0,9.

Транзисторные преобразователи являются наиболее современными полупроводниковыми устройствами и высокоэффективной заменой машинных и ламповых.

К.п.д. транзисторного преобразователя наиболее высокий и может достигать значений 0,95...0,97.

Срок эксплуатации основной массы оборудования – более 15 лет, причем более 50% его эксплуатируется более 20 лет (рисунок 48). По степени износа оборудование подразделяется на следующие группы: около 70% имеет 100% износа, 20% – износ более 50% и 10% изношено менее чем на 50% (рисунок 49). Анализ закупок индукционного оборудования показывает (рисунок 50), что из запланированных закупок генераторов около 50% – это транзисторные генераторы, 40% – тиристорные, около 15% из них – отечественного производства.

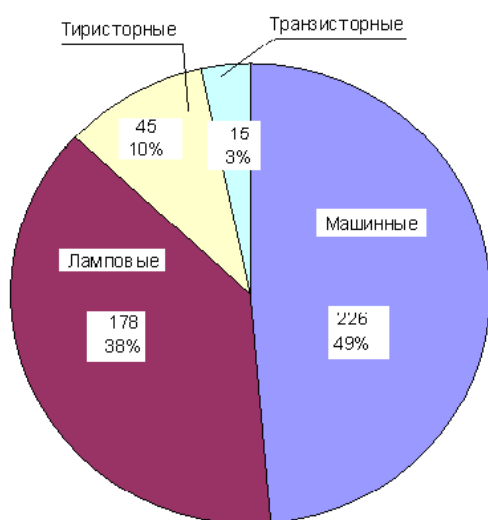


Рисунок 47 – Типы преобразователей частоты на предприятиях РБ

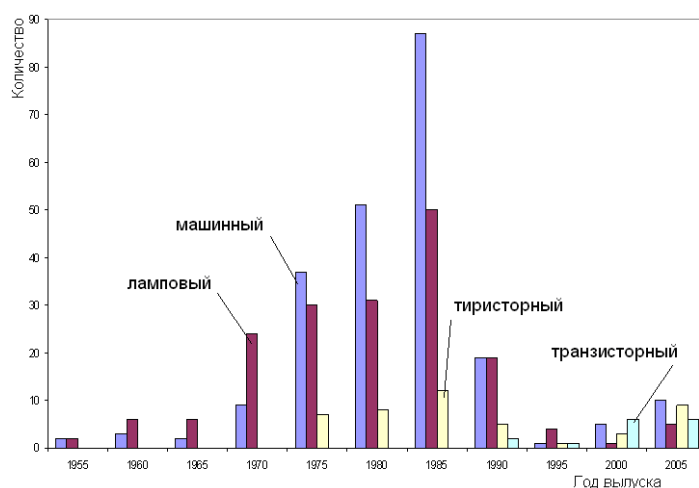
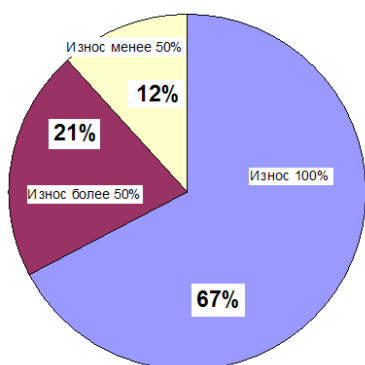


Рисунок 48 – Количественный состав преобразователей частоты на промышленных предприятиях РБ по годам выпуска



**Рисунок 49 – Процентное соотношение индукционного оборудования по степени износа**



**Рисунок 50 – Структура закупаемых преобразователей частоты по типам**

Основным поставщиком нового индукционного оборудования в РБ является Россия. Более 60% планируемого к закупке оборудования – это продукция ОАО «Элсиб», г. Новосибирск; завода «Индуктор», г. Новозыбков; НПП «Курай» и НПО «Параллель», г. Уфа; «Рэлтек», г. Екатеринбург; ООО «Интерм», г. Санкт-Петербург и др. Около 20% планируемого к закупке индукционного оборудования – производства других стран (Германии, Испании, Эстонии и др).

#### Результаты исследований

Исходя из приведенного анализа состояния индукционного оборудования в Республике Беларусь, специалистами РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» осваивается производство транзисторных преобразователей частоты мощностью 250 кВт и частотой генерации 2,4 кГц, 8,0 кГц, 10 кГц.

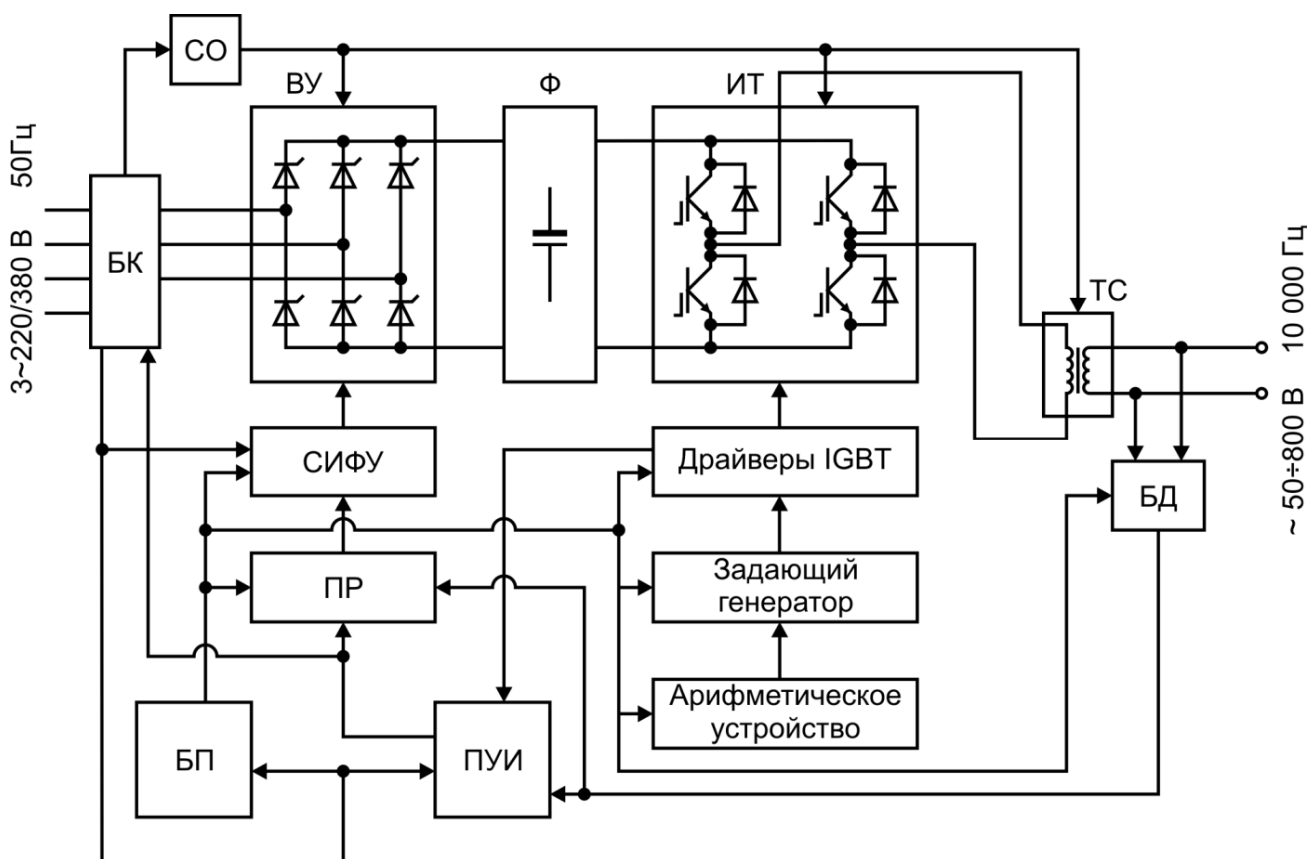
Разработка и изготовление опытных образцов выполняются в рамках Государственной программы импортозамещения «Разработать и освоить производство полупроводникового генератора колебательной мощностью до 250 кВт (далее по тексту – генератор) для электротермической ТВЧ технологии» (договор № 08.03 от 12 мая 2008 г.)».

Основные технические данные преобразователя приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Технические характеристики преобразователя

Наименование показателя	Значение
Питающая сеть	3~220/380 В, 50 Гц
Колебания питающего напряжения и частоты	По ГОСТ 13109–87
Выходное напряжение, В	50÷800
Частота переменного тока, Гц	2,4/8,0/10,0
Форма выходного напряжения	прямоугольная
Номинальная мощность на выходе, кВт, не более	250
Максимальная потребляемая мощность, кВт, не более	320
Максимальный выходной ток, А, не более	320
Габаритные размеры, мм, не более	2000x800x600
Масса преобразователя, кг, не более	200
КПД, %, не менее	90
Сos φ при номинальной мощности, не менее	0,8
Охлаждение	водяное, расход охлаждающей воды (при давлении не менее 0,15 МПа) не более 1,5 м <sup>3</sup> /ч

Разработанный преобразователь состоит из следующих составных частей и блоков:



- БК – блок коммутации;
- СО – станция охлаждения;
- ВУ – блок выпрямителя управляемого;
- БК – блок конденсаторов;
- ИТ – блок инвертора транзисторного;
- ТС – трансформатор согласующий;
- БД – блок датчиков выходных параметров;
- СИФУ – система импульсно-фазового управления;
- ПР – плата регулирования;
- БП – блок питания;
- ПУИ – панель управления и индикации

**Рисунок 51 – Функциональная схема преобразователя**

*Блок коммутации.* БК предназначен для подачи и снятия сетевого напряжения на вход ВУ и БП.

БК включает в себя силовой автоматический выключатель с независимым расцепителем, дифференциальный автомат, реле и автомат защиты.

*Блок питания БП и плата контроля питания ПКП.* БП содержит четыре стандартных модуля питания, позволяющих получить необходимые стабилизированные напряжения питания основных блоков агрегата.

Плата контроля питания контролирует наличие и уровень напряжений БП с выдачей при необходимости сигнала блокировок.

*Пульт управления и индикации.* ПУИ содержит кнопки включения-выключения выходного напряжения преобразователя, кнопку аварийного отключения, потенциометр задания выходного напряжения, приборы индикации выходных параметров выпрямителя и агрегата, а также лампочки индикации основных режимов работы преобразователя.

Все элементы ПУИ расположены на двери шкафа преобразователя. Там же расположен универсальный измерительный прибор UMG96.

*Выпрямитель управляемый.* Предназначен для преобразования входного трехфазного переменного напряжения в регулируемое постоянное.

ВУ состоит из трехфазного мостового полууправляемого выпрямителя. Для ограничения токов короткого замыкания и подавления помех в питающую сеть на входе ВУ установлен трехфазный реактор.

Управление тиристорами ВУ осуществляется от платы СИФУ через специальные драйверы форсировки управляющих импульсов.

Сигнал управления на плату СИФУ поступает от платы регулирования, анализирующей сигналы задания и обратных связей.

Конструктивно плата регулирования расположена на ПУИ.

*Блок инвертора транзисторного.* БИТ предназначен для преобразования входного постоянного напряжения в однофазное переменное частотой 2400–10 000 Гц, прямоугольное по форме.

БИТ состоит из однофазного мостового инвертора, выполненного на транзисторных IGBT модулях, и конденсаторов фильтра БК.

На каждом транзисторном модуле расположены платы защиты от перенапряжений и платы драйверов.

Плата задающего генератора формирует две последовательности импульсов управления драйверами и «мертвое время», необходимое для безаварийной работы инвертора. Здесь же анализируются сигналы ошибки с каждой платы драйвера и вырабатывается общий сигнал «авария инвертора», поступающий на БК и приводящий к аварийному выключению преобразователя.

На охладителе транзисторных модулей установлены термореле, при срабатывании которых происходит отключение реле «Нагрев».

*Трансформатор согласующий.* ТС предназначен для повышения в 1,5 раза переменного однофазного напряжения частотой 2,4/8,0/10,0 Гц, поступающего с выхода БИТ.

Общий вид транзисторного преобразователя частоты мощностью 250 кВт и частотой генерации 2,4 кГц, 8,0 кГц, 10 кГц представлен на рисунке 52.



**Рисунок 52 – Общий вид преобразователя**

Разработанное и изготовленное оборудование внедрено в РУП «МТЗ», РУП «МАЗ», РУП «МЗОР», ОАО «Бобруйскагромаш», ОАО «Бобруйский завод ТДиА».

В настоящее время идет освоение производства полупроводникового преобразователя мощностью до  $160 \text{ кВт}$  и частотой генерации  $18 \dots 66 \text{ кГц}$ .

### **Заключение**

Таким образом, проведенный анализ преобразователей частоты и индукционного оборудования показывает большое разнообразие производителей и конструкций оборудования. При этом основными производителями индукционного оборудования являются предприятия РФ.

Индукционное оборудование должно быть укомплектовано полупроводниковыми преобразователями отечественного производства.



Разработанные и освоенные специалистами РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» транзисторные преобразователи частоты мощностью до 150 кВт и частотой генерации 2,4–10,0 кГц позволяют не только увеличить скорость нагрева детали и добиться снижения затрат труда, но и уменьшить энергопотребление при внедрении преобразователя по сравнению с используемыми в данный момент на предприятиях Республики Беларусь электромашинными генераторами до 16 500 кВт·ч за год при двухсменной работе.

15.10.10.

### Литература

1. Бабат, Г.И. Индуцированный нагрев металлов и его промышленное применение / Г.И. Бабат. – М.: Энергия, 1965. – 552 с.
2. Беркович, Е.И. Тиристорные преобразователи повышенной частоты для электротехнологических установок / Е.И. Беркович. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
3. Шамов, А.Н. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок / А.Н. Шамов, В.А. Бодажков. – Л.: Машиностроение, 1974. – 280 с.

УДК 621.928.37

**А.В. Пашкевич**

(УО «БГСХА»,

г. Горки, Республика Беларусь)

## **ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ТРЕХПРОДУКТОВОГО ГИДРОЦИКЛОНА ДЛЯ ОЧИСТКИ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ**

### Введение

На ремонтных предприятиях для очистки поверхностей изделий от загрязнений используются моющие растворы и моченные воды. При работе они насыщаются смываемыми твердыми загрязнениями и нефтепродуктами, что приводит к потере моющей способности раствора. В большинстве случаев предприятия сливают загрязненный моющий раствор в канализацию, что наносит значительный ущерб окружающей среде. Авторы многих работ [1, 2] считают, что для сокращения объемов сточных вод предприятия и уменьшения наносимого окружающей среде ущерба необходима технологическая очистка моющего раствора в процессе его использования.

### Основная часть

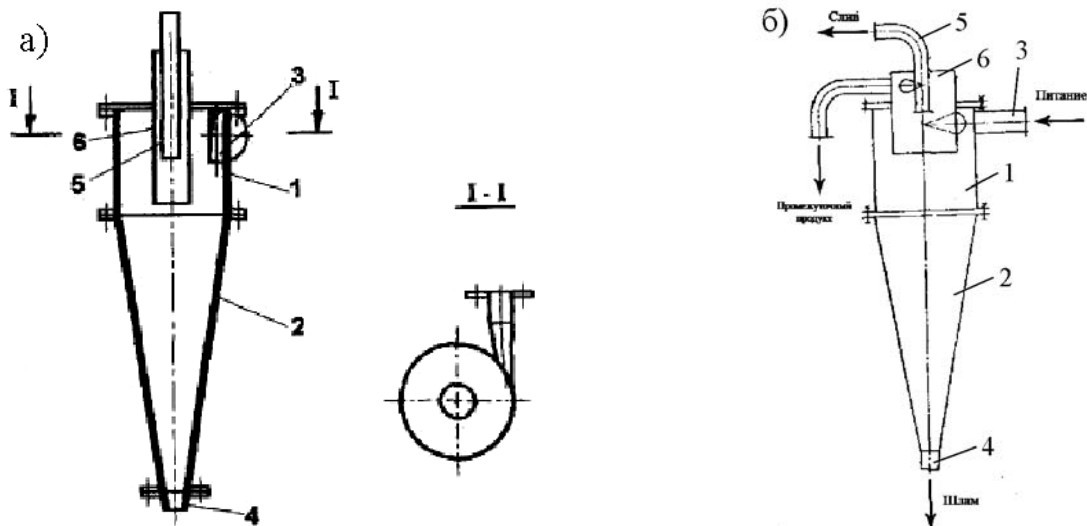
Проведенные многими авторами исследования по применению различных методов очистки моющих средств показывают, что механическая очистка в поле центробежных сил является наиболее перспективной, так как позволяет очищать моющие растворы, не изменяя их физико-химических свойств. Наиболее простыми и эффективными аппаратами, обеспечивающими создание мощных центробежных полей, являются напорные гидроциклоны. Впервые конструкция гидроциклона была предложена А.И. Востоковым в 1926 году.

Для очистки моющих растворов от накапливаемых загрязнений – твердых частиц и нефтепродуктов, применяются трехпродуктовые гидроциклоны.

Трехпродуктовый гидроциклон традиционной конструкции [1] состоит из цилиндрической 1 и конической 2 частей, соединенных между собой фланцами (рисунок 53а).

Вращение жидкости в гидроциклоне вызывается подачей исходной жидкости через тангенциальный патрубок 3, расположенный вверху цилиндрической части. Коническая часть гидроциклона оканчивается шламовой насадкой 4, через которую отводятся выделяемые из обрабатываемой жидкости твердые частицы. Для вывода жидких фракций используются два concentрических патрубка: внутренний 5 предназначен для вывода нефтепродуктов, наружный 6 – для очищенной жидкости.

Для снижения потерь очищаемой жидкости вместе с выводимыми нефтепродуктами была предложена конструкция трехпродуктового гидроциклона [3, 4], снабженного двумя concentрично расположенными сливными патрубками: внутренним 3 и наружным 4 (рисунок 53б).



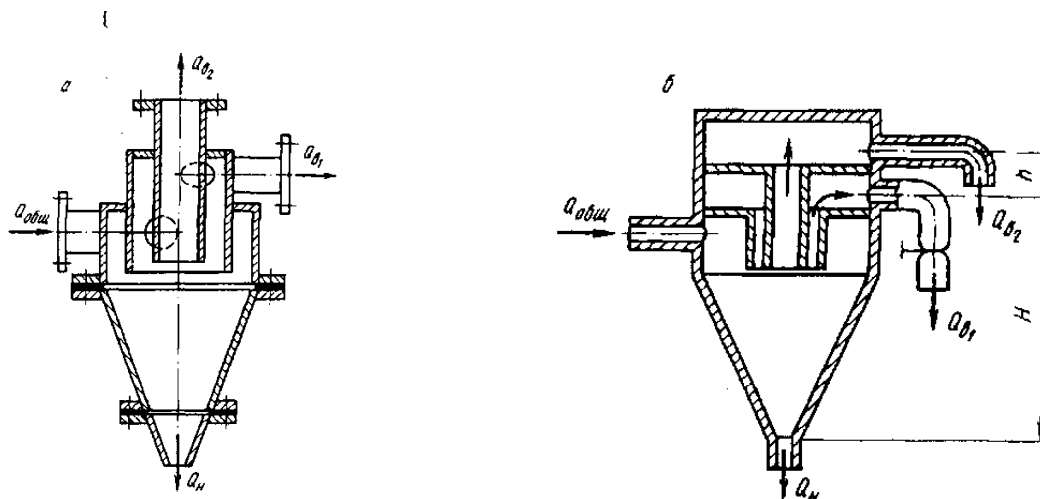
1 – цилиндрическая часть; 2 – коническая часть; 3 – впускной патрубок; 4 – шламовая насадка; 5 – отводной патрубок для вывода нефтепродуктов; 6 – отводной патрубок для вывода очищенной жидкости

### Рисунок 53 – Трехпродуктовые гидроциклоны традиционной конструкции

Из гидроциклона часть слива выходит через кольцевое пространство между патрубками, а остальное количество осветленного продукта – через внутренний патрубок. Вследствие вращательного движения слива более тяжелая его фаза концентрируется у внутренней стенки наружного сливного патрубка, более легкая – ближе к оси.

При этом через кольцевое пространство выносятся более тяжелые частицы, чем через внутренний патрубок, что дает возможность точнее разделять верхний слив на два продукта.

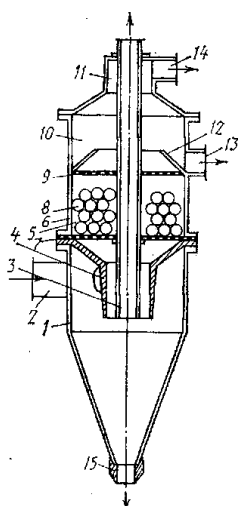
Конструкции трехпродуктовых гидроциклонов, сходных по схеме вывода нефтепродуктов с вышеописанными, представлены на рисунке 54 [5].



а – с зонной разгрузкой осветленных продуктов; б – с камерной разгрузкой осветленных продуктов с регулировкой промежуточного слива

**Рисунок 54 – Трехпродуктовые противоточные гидроциклоны**

Также известен гидроциклон с коалесцирующей камерой [4], предназначенный для осветления шламовых вод, содержащих эмульсионные нефтепродукты (рисунок 55).



1 – корпус; 2 – питающий патрубок; 3 – сливной патрубок для отвода нефтепродуктов;  
 4 – сливной патрубок для отвода осветленной жидкости с эмульгированными нефтепродуктами; 5 – коалесцирующая камера; 6 – цилиндр; 7 – нижняя решетка; 8 – твердая загрузка (фторопластовая крошка); 9 – верхняя решетка; 10 – сливная камера; 11 – колпак;  
 12 – конфузор; 13, 14 – патрубки для вывода очищенной жидкости и нефтепродуктов соответственно; 15 – шламовая насадка

**Рисунок 55 – Гидроциклон для очистки нефтесодержащих шламовых вод**

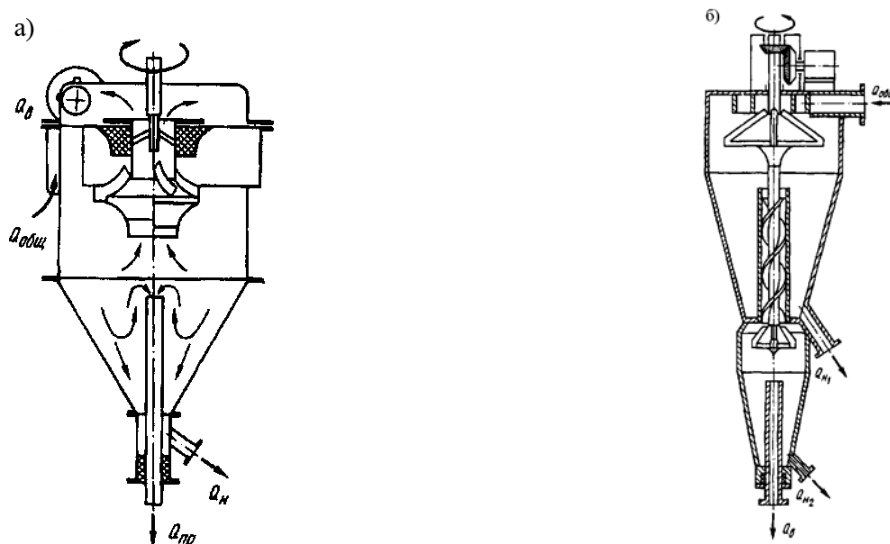
Гидроциклон работает следующим образом. Исходная шламовая вода, загрязненная нефтепродуктами, под давлением поступает через питающий патрубок 2 в рабочую полость корпуса. Тангенциальный ввод воды обеспечивает создание интенсивного вращательного движения, в результате чего под действием центробежных сил взвешенные частицы движутся по спиральной траектории к стенкам аппарата во внешнем нисходящем потоке и выводятся из него через шламовую насадку 15. Наиболее легкая фаза, состоящая из крупных включений нефтепродуктов, концентрируется у оси гидроциклона и удаляется

через сливной патрубок 3. Осветленная жидкость с эмульгированной частью нефтепродуктов, двигаясь во внутреннем восходящем потоке, поступает через сливной патрубок 4 в коалесцирующую камеру 5, загруженную фторопластовой крошкой 8. Осветленная вода, освобожденная от эмульгированных включений благодаря хорошей их смачиваемости, к материалу загрузки 8 камеры 5 проходит через верхнюю решетку 9, огибает конфузур 12 и удаляется из аппарата через патрубок 13. Накапливаемые на фторопластовой крошке 8 тонкодисперсные эмульгированные включения нефтепродуктов укрупняются и смываются восходящим потоком. В виде капель они всплывают под колпак 11 камеры 10 и затем выводятся через патрубок 14.

Недостатком такого гидроциклона является необходимость использования дополнительных материалов, в данном случае фторопластовых крошек.

Существует еще одна группа гидроциклонов – турбоциклоны (гидроциклон с турбинкой). В них в верхней части гидроциклона установлена турбинка, которая позволяет увеличить значение фактора разделения [5].

На рисунке 56 показаны конструкции трехпродуктовых турбоциклонов.



а – трехпродуктовый; б – прямоточный трехпродуктовый двухступенчатый со шнековой разгрузкой промежуточного продукта и плоскими разгонными лопастями

### Рисунок 56 – Трехпродуктовые турбоциклоны

Вращательное движение обрабатываемой суспензии в таких аппаратах создается не с помощью тангенциального ее ввода, как в гидроциклонах, а турбинкой, закручивающей поступающий поток. Разделение в центробежном поле, созданном турбинкой, происходит, как и в гидроциклонах, под действием центробежных сил инерции, сил сопротивления (вязкости), архимедовой силы и силы тяжести. Сгущенный продукт (пески) удаляется, как и в обычном цилиндрическом гидроциклоне – через нижнее разгрузочное отверстие, а осветленный продукт (нефтепродукты) – через полый вал турбинки.

Однако, по мнению авторов [6], турбоциклоны не имеют существенных преимуществ, а по многим основным показателям уступают обычным цилиндрическим гидроциклонам.

Конструкция трехпродуктового гидроциклона, в котором производится автоматический вывод нефтепродуктов по мере их накопления, представлена на рисунке 57а [7].



- 1 – цилиндрическая часть; 2 – крышка; 3 – впускной патрубок; 4 – коническая часть;  
 5 – шламовая насадка; 6 – патрубок для вывода очищенной жидкости;  
 7 – патрубок для вывода нефтепродуктов; 8 – стакан; 9 – поплавок;  
 10 – расширенная часть внутреннего патрубка;  
 11 – цилиндрическая насадка; 12 – радиальные отверстия

**Рисунок 57 – Трехпродуктовые гидроциклоны с автоматическим выводом нефтепродуктов**

Гидроциклон работает следующим образом. Загрязненная нефтепродуктами и твердыми частицами жидкость под давлением подается в гидроциклон по входному патрубку 3 в цилиндрическую часть 1 и заполняет внутреннее пространство гидроциклона. При отсутствии подачи жидкости в гидроциклон запорный поплавок 9 лежит на дне стакана 8. После заполнения гидроциклона очищаемой жидкостью запорный поплавок 9 всплывает и перекрывает выход очищаемой жидкости через отводной внутренний патрубок 7.

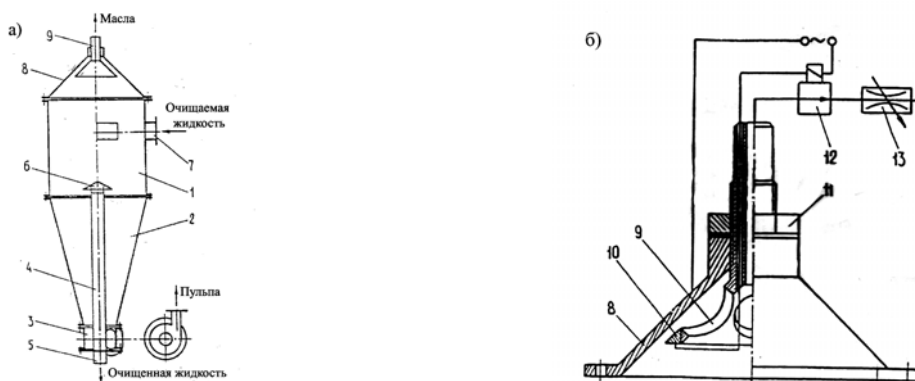
Благодаря тангенциальной установке входного патрубка 3, жидкость в цилиндрической части 1 приобретает вращательное движение, вследствие чего твердые частицы отбрасываются к стенкам цилиндрической части гидроциклона, а капельки нефтепродуктов перемещаются к его оси. После этого они всплывают вверх, накапливаются в расширенной части внутреннего патрубка 7 и в стакане 8 и коалесцируют там.

Очищенная от нефтепродуктов и твердых частиц жидкость по зазору между крышкой 2 и расширенной частью отводного внутреннего патрубка 7 поступает к отводному наружному патрубку 6 и выводится из гидроциклона. Вывод нефтепродуктов из гидроциклона через патрубок 7 начнется после того, как в расширенной части последнего скопится количество их, достаточное для того, чтобы запорный поплавок 9 начал в них тонуть. После того как скопившиеся в расширенной части отводного патрубка 7 нефтепродукты будут вытеснены из гидроциклона, запорный поплавок 9 всплывет и перекроет патрубок 7. При стабильном протекании процесса поступления нефтепродуктов в зону расположения запорного поплавка 9 он будет находиться в промежуточном положении неустойчивого равновесия, обеспечивающем постоянный вывод нефтепродуктов в зазор между запорным поплавком 9 и расширенной частью отводного патрубка 7. При их отсутствии в очищаемой жидкости поплавок 9 находится в верхнем положении, постоянно во время работы перекрывая патрубок 7.

Недостатком гидроциклона такой конструкции является то, что при подаче очищаемой жидкости в гидроциклон на запорный поплавок наряду с архимедовой силой действует сила давления жидкости в гидроциклоне, прижимающая запорный поплавок к расширенной части внутреннего отводного патрубка и тем самым снижающая надежность работы запорного поплавка, происходит это вследствие того, что даже при условии заполнения расширенной части отводного патрубка нефтепродуктами поплавок не в состоянии опуститься и открыть отводной патрубок из-за действующего на него давления.

Для устранения этого недостатка был предложен гидроциклон следующей конструкции (рисунок 57б) [8]. Отличие гидроциклона данной конструкции состоит в том, что внутренний отводной патрубок 7 дополнен насадкой 11 с радиальными отверстиями 12, установленной внутри расширенной части 10, а поплавок 9 охватывает цилиндрическую насадку 11 и во всплывшем положении перекрывает радиальные отверстия 12. Такая конструкция обеспечивает повышение надежности работы запорного поплавка за счет уравнивания силы давления жидкости, действующей на внешнюю поверхность последнего.

Однако загрязненные моющие растворы не являются смесями с постоянными характеристиками. В растворах в широких пределах меняются свойства и концентрация нефтепродуктов и твердых частиц. В зависимости от назначения гидроциклона могут изменяться требования и к качеству очистки. Поэтому возникает необходимость не только в автоматическом или саморегулирующемся выводе нефтепродуктов, но и в наличии возможности настройки гидроциклона на качество очистки. Описанные выше конструкции гидроциклонов такой возможностью не обладают. Наиболее полно отвечающим этим требованиям является трехпродуктовый гидроциклон, конструкция которого предложена Е.И. Мажугиным и А.Н. Карташевичем [9]. На рисунке 58 показан трехпродуктовый гидроциклон с автоматическим выводом нефтепродуктов.



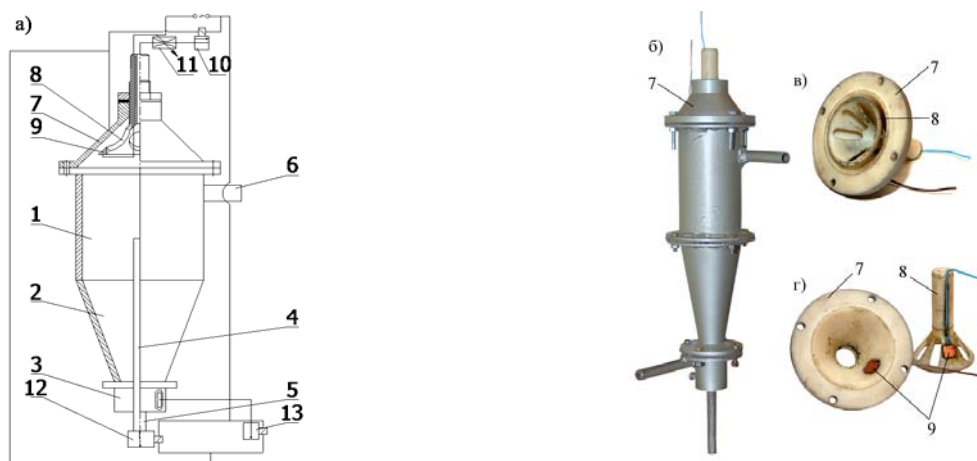
а – общий вид гидроциклона; б – крышка с электромагнитным клапаном  
 1 – цилиндрическая часть; 2 – коническая часть; 3 – разгрузочный насадок; 4 – сливная трубка вывода очищенной жидкости; 5 – отводящий патрубок; 6 – колпак; 7 – впускной патрубок;  
 8 – крышка; 9 – патрубок вывода нефтепродуктов; 10 – электроды; 11 – контргайка;  
 12 – электромагнитный клапан; 13 – дрессель

**Рисунок 58 – Трехпродуктовый гидроциклон с автоматическим выводом нефтепродуктов**

Трехпродуктовый гидроциклон снабжен конической крышкой 8, на выходе которой установлен электромагнитный клапан 12. Сигналом для срабатывания электромагнитного клапана является изменение сопротивления жидкости в зоне выделения масел. Для этого в данной зоне устанавливаются два электрода 10. 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, электромагнитный клапан открывается, при этом масла выводятся из гидроциклона.

Однако данный гидроциклон имеет низкую надежность работы вследствие нестабильного вывода нефтепродуктов.

Нами была предложена конструкция трехпродуктового гидроциклона, позволяющая устранить данный недостаток (рисунок 59а) [10].



а – схема гидроциклона; б – общий вид гидроциклона; в – коническая крышка в сборе; г – расположение электродов  
 1 – цилиндрическая часть; 2 – коническая часть; 3 – разгрузочный насадок; 4 – сливная трубка вывода очищенной жидкости; 5 – отводящий патрубок; 6 – впускной патрубок; 7 – конусная крышка; 8 – патрубок вывода нефтепродуктов; 9 – электроды; 10, 12 и 13 – электромагнитные клапаны; 11 – дроссель

**Рисунок 59 – Трехпродуктовый гидроциклон с электрическим автоматизированным процессом вывода нефтепродуктов**

Электромагнитный клапан 10 гидроциклона электрически связан с электромагнитными клапанами 12 и 13. При подаче в гидроциклон жидкости, являющейся проводником электрического тока, зазор между контактами 9 замыкается и электромагнитный клапан 10 закрывается. При этом клапаны на сливной трубке вывода очищенной жидкости 5 и на разгрузочном насадке 3 открыты.

Выделяемые в процессе очистки масла скапливаются под крышкой 7 и, являясь диэлектриком, разрывают электрическую цепь, что приводит к открытию электромагнитного клапана 10. При этом электромагнитные клапаны 12 и 13 закрываются, что приводит к увеличению давления внутри гидроциклона. При повышении давления скопившиеся масла вытесняются через открытый электромагнитный клапан 10.

При полном выводе нефтепродуктов электрическая цепь замыкается, электромагнитный клапан 10 закрывается, а электромагнитные клапаны 12 и 13 открываются.

По данной схеме для проведения дальнейших исследований по очистке моющих растворов был изготовлен трехпродуктовый гидроциклон. Общий вид гидроциклона представлен на рисунке 59б.

В результате проведения дополнительных исследований были определены оптимальные параметры гидроциклона: площадь поперечного сечения электродов  $A_3 = 1,0 \text{ см}^2$ , зазор между ними  $\Delta = 4 \text{ мм}$ .

### Заключение

Данный гидроциклон позволяет в автоматическом режиме управлять процессом выведения из него выделенных в нем нефтепродуктов, тем самым сводя к минимуму потери моющего раствора с потоком выводимого масла. К тому же в зависимости от предъявляемых требований возможна его настройка на определенное качество очистки.

14.07.10.

### Литература

1. Тельнов, Н.Ф. Технология очистки сельскохозяйственной техники / Н.Ф. Тельнов. – 2-е изд. – М.: Колос, 1983. – 256 с.
2. Дегтерев, Г.П. Применение моющих средств / Г.П. Дегтерев. – М.: Колос, 1981. – 239 с.
3. Поваров, А.И. Гидроциклоны на обогатительных фабриках / А.И. Поваров. – М.: Недра, 1978. – 232 с.
4. Кислов, Н.В. Гидроциклонное осветление воды / Н.В. Кислов, Ф.М. Санюкевич; под ред. М.А. Гатиха. – Минск: Навука і тэхніка, 1990. – 128 с.
5. Терновский, И.Г. Гидроциклонирование / И.Г. Терновский, А.М. Кутепов. – М.: Наука, 1994. – 350 с.
6. Поваров, А.И. Сравнение гидроциклонов различных конструкций / А.И. Поваров, Л.Е. Иванова // Обогащение руд. – 1958. – № 5. – С. 22-31.
7. 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.
8. Трехпродуктовый гидроциклон: пат. 3660 Респ. Беларусь, МПК В 04С 5/00, С 02F 1/00. / Е.И. Мажугин, А.Л. Казаков, А.В. Пашкевич; заявитель Бел. гос. с/х акад. – № u20060632; заявл. 04.10.2006; опубл. 02.04.2007 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2007. – № 2. – С. 86.
9. 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.
10. Трехпродуктовый гидроциклон: пат. 5479 Респ. Беларусь, МПК В 04С 5/00. / Е.И. Мажугин, А.В. Пашкевич, А.Л. Казаков, М.В. Левкин; заявитель Бел. гос. с/х акад. – № u20080838; заявл. 11.11.2008; опубл. 30.08.2009 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – С. 187.



УДК 621.48:62–634.5

**В.И. Захарчук, В.В. Ткачук**  
(*Национальный технический университет,  
г. Луцк, Украина*)

## **ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ИЗОПРОПИЛОВОГО ЭФИРА РАПСОВОГО МАСЛА**

### **Введение**

В настоящее время в Украине имеется большой парк колесных транспортных средств и мобильной сельскохозяйственной техники с дизелями, работающими на дизельном топливе (ДТ) нефтяного происхождения. Однако, по данным многочисленных источников, запасов нефти, доступных для нашего рынка, может хватить только до 2015 года, поэтому стоимость дизельного топлива будет постоянно расти. В такой ситуации использование альтернативных видов топлива становится экономически оправданным. Кроме того, автотракторная техника является одним из наибольших загрязнителей окружающей среды. Применение альтернативного топлива позволит заметно уменьшить вредные выбросы с отработавшими газами дизелей и улучшить экологическую ситуацию в городах и сельских населенных пунктах. Применение такого вида альтернативного топлива, как биотопливо, производимого из возобновляемых источников, позволит уменьшить зависимость Украины от импорта энергоносителей.

Один из основных путей выхода из сложившейся ситуации – это адаптация дизелей к работе на альтернативном топливе: компримированном (сжатом) природном газе (КПГ), диметиловом эфире (ДМЭ) и на биотопливе, в частности метиловом эфире рапсового масла (МЭРМ). Природный газ приблизительно в два раза дешевле дизельного топлива. Однако для обеспечения работы дизеля на природном газе требуется его существенное переоборудование в газодизель или в газовый двигатель с искровым зажиганием [1]. Причем газодизель работает на смеси природного газа и дизельного топлива, у него значительно более сложная система питания по сравнению с дизелем и меньший ресурс работы. Что касается газовых двигателей с искровым зажиганием, то их исследования еще не завершены.

По мнению экспертов, диметилэфир (ДМЭ) является перспективным альтернативным топливом для дизелей. Сырье для его получения – природный газ. Его большими преимуществами являются высокое цетановое число и полнота сгорания, что обеспечивает малое содержание сажи в отработавших газах. Недостатками ДМЭ являются в 1,5 раза меньшая теплота сгорания, что приводит к увеличению его расхода при работе двигателя, низкая кинематическая вязкость, а также низкие смазочные свойства. Поскольку ДМЭ производится из природного газа, то его стоимость выше стоимости газа.

Цель данной публикации – расчет и анализ эффективных показателей дизеля при его работе на разных видах биотоплива.

### **Основная часть**

В последнее время все более широкое применение находит альтернативное биотопливо на основе растительных масел. К нему принадлежит биодизельное топливо, которое является собой метиловые и этиловые эфиры растительных ма-

сел, наиболее распространенным из которых является рапсовое. Исследование топлива, изготовленного из растительных масел, проводят известные моторостроительные фирмы США, Великобритании, Германии, Швеции, Японии. В настоящее время в Европе производится более 6,5 млн. *t* биотоплива. Ведутся исследования применения эфиров растительных масел в качестве дизельного топлива на территориях бывшего СССР. Стоит отметить работы, проводимые в МВТУ им. Баумана, МГАУ им. Горячкина, Клайпедском университете, Национальном университете биоресурсов и природопользования Украины, ХПИ и др.

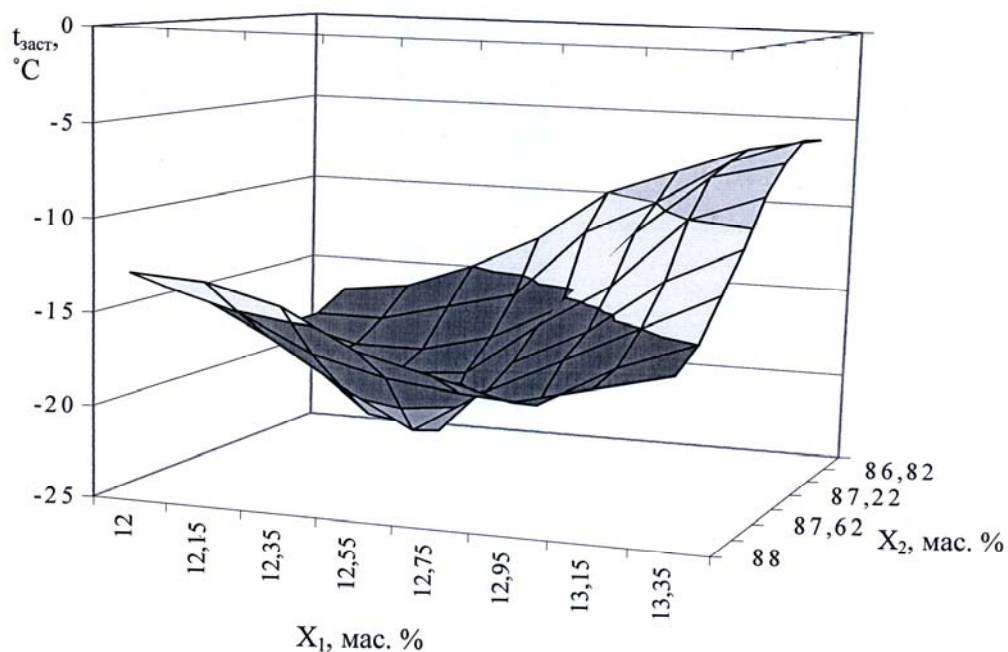
Применение биодизеля не требует никаких изменений в конструкции двигателя. Испытания показали увеличение расхода биодизельного топлива до 10%, что объясняется меньшей теплотой сгорания. В то же время уменьшаются выбросы с отработавшими газами некоторых вредных веществ [2].

Традиционное биодизельное топливо производится с применением метилового спирта, который является высокотоксичным и опасным для здоровья людей. Допустимая концентрация его в воздухе рабочей зоны составляет  $5 \text{ мг/м}^3$ , в то же время для этанола она составляет  $1000 \text{ мг/м}^3$ . Это существенный негативный фактор с точки зрения экологической безопасности при производстве биотоплива (особенно в условиях сельскохозяйственного производства) и при его использовании, ведь через эффекты деструкции возможно выделение из биотоплива метилового спирта, особенно при отклонении от нормальной работы топливной системы двигателя. Недостаток метилового эфира также в том, что он является достаточно агрессивным веществом по отношению к материалам деталей двигателя (металлы, резина). Поэтому при его применении требуется замена топливных баков, топливных шлангов и прокладок на изготовленные со стойкого к МЭРМ материала, а также более частая замена моторного масла.

Биодизельное топливо может изготавливаться также с применением этилового спирта (ЭЭРМ). Но такое топливо имеет достаточно высокую стоимость из-за высокой стоимости этилового спирта. Кроме того, реакция этиризации с этиловым спиртом протекает значительно тяжелее.

### Результаты исследований

В Луцком национальном техническом университете создано новое биодизельное топливо, которое имеет незначительную токсичность и агрессивность. Топливо получено в результате реакции переэстерификации рапсового масла изопропиловым спиртом в присутствии щелочного катализатора. Математическим моделированием определено оптимальное соотношение компонентов нового биотоплива. Поиск оптимальных параметров осуществляли, используя трехфакторный эксперимент. В качестве параметра оптимизации выбрана температура застывания  $t_{\text{заст}}^{\text{био}}$  биотоплива (рисунок 60).



**Рисунок 60 – Зависимость температуры застывания  $t_{\text{заст}}$  биодизельного топлива от содержания рапсового масла ( $X_1$ ) и изопропилового спирта ( $X_2$ )**

Был определен элементарный состав (содержание углерода С, водорода Н и кислорода О) изопропилового эфира рапсового масла (ИЭРМ) в соответствии с содержанием кислот в рапсовом масле [3]: эфира эруковой кислоты – 50,0%, олеиновой – 29,0%, линолевой – 15%, эфиров других кислот. Экспериментальные значения эксплуатационных свойств разных видов биодизельного топлива сравнивались с требованиями ДСТУ для дизельного топлива марки «Л» (таблица 24).

**Таблица 24 – Сравнительная характеристика показателей эксплуатационных свойств дизельного и биодизельного топлива**

Наименование показателя	Метод испытания	Норма по ДСТУ 3868–99	Дизельное топливо	Биодизельное топливо	
				МЭРМ	ИЭРМ
Цетановое число	ДСТУ 3868–99	Не ниже 45	47	48	49
Плотность, $г/см^3$ при 15 °С	ГОСТ 3900–99	Не больше 0,860	0,84	0,88	0,88
Вязкость кинематическая при 40 °С, $сСт$	ДСТУ 33–00	3,0–6,0 при 20 °С	5,4	5,6	16,1
Кислотность, мг КОН на 100 $см^3$	ГОСТ 5985–79	Не больше 5,0	2,7	Отсут.	Отсут.
Температура застывания, °С	ГОСТ 20287–91	Не выше	–14	–12	–22

Новое топливо имеет лучшие потребительские свойства, в частности более низкую температуру застывания. На новое топливо получен токсикологический паспорт, разработаны и утверждены технические условия. На

частном предприятии «Лимекс Инвест» осуществлена промышленная апробация производства предложенного биотоплива. В ближайшее время будут проводиться стендовые испытания дизеля на таком топливе.

Для сравнения и оценки эффективных показателей дизеля Д-240 при его работе на нефтяном дизельном топливе и биодизельном топливе при условии одинакового среднего эффективного давления на компьютере выполнен расчет его рабочего цикла для номинального режима. Выходные данные к расчету сведены в таблицу 25, а результаты расчета в таблицу 26.

Таблица 25 – Исходные данные для расчета рабочего цикла дизеля

Показатель	Топливо			
	ДП	МЭРМ	ЭЭРМ	ИЭРМ
Элементарный состав, %:				
С	87	77,5	77,54	76,28
Н	12,6	12,0	12,04	13,16
О	0,4	10,5	10,42	10,05
Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива, кг	14,45	12,70	12,73	12,98
Низшая теплота сгорания, Мдж/кг	42,44	37,50	37,56	38,33

Таблица 26 – Результаты расчета эффективных показателей дизеля при его работе на разных видах топлива

Показатель	Топливо			
	ДП	МЕРО	ЕЕРО	ИЕРО
Эффективная мощность, кВт	60,43	60,76	60,76	60,88
Удельный эффективный расход топлива, г/кВт·ч	242,63	274,54	274,06	268,05
Среднее эффективное давление, МПа	0,694	0,698	0,698	0,699
Эффективный КПД	0,350	0,350	0,350	0,350
Коэффициент избытка воздуха	1,5	1,5	1,5	1,5
Содержание двуоксида углерода CO <sub>2</sub> в отработавших газах, кмоль/кг топлива	0,0725	0,0646	0,0646	0,0636

Как видно из расчетов, меньшее количество углерода в молекулах биодизельных топлив приводит к уменьшению их низшей теплоты сгорания. Поэтому для получения одинаковой эффективной мощности дизеля при его работе на нефтяном дизельном топливе и видах биодизельного топлива удельный эффективный расход топлива будет большим в случае использования биотоплива. Кроме того, к некоторому ухудшению показателей дизеля при работе на биодизельном топливе приводит большая его вязкость по сравнению с нефтяным, вследствие чего затрудняется его распыливание форсунками. Поэтому некоторые исследователи рекомендуют использовать биодизельное топливо в смесях с дизельным (30% биодизельного и 70% ДТ).

Но среди всех видов биодизельного топлива наибольшая теплота сгорания и наименьший расход топлива у ИЭРМ, что выгодно отличает его от МЭРМ и ЭЭРМ. Наличие кислорода в молекулах биодизельного топлива позволяет интенсифицировать процесс сгорания. Другие эффективные показатели двигателя при условии увеличения удельного эффективного расхода топлива одинаковы.

Вязкость ИЭРМ более высока в сравнении с соответствующим значением нормативных требований, что может затруднить прохождение топлива через фильтры, подачу топлива форсунками и ухудшить смесеобразование. Это можно считать недостатком ИЭРМ. Поэтому при низких температурах такое топливо целесообразно использовать в смесях с нефтяным дизельным топливом. Однако повышенная вязкость топлива обеспечит хорошую смазку деталей топливной аппаратуры дизеля. Температура застывания ИЭРМ вдвое ниже, чем МЭРМ, и в 2,2 раза ниже, чем требует ДСТУ для нефтяного дизельного топлива марки «Л». Это важное преимущество нового продукта над существующими аналогами, так как оно дает возможность использовать такое топливо в зимний период при температуре до  $-22^{\circ}\text{C}$ , тогда как эталонное – до  $-12^{\circ}\text{C}$ . Кислотность у ИЭРМ отсутствует, то есть оно не является коррозионно активным. Зольность ИЭРМ в пределах нормы, что свидетельствует о низком содержании в биодизельном топливе минеральной золы.

Биодизельное топливо, и в первую очередь ИЭРМ, безопаснее с точки зрения экологии. Как показали опыты, биодизель при попадании в воду не причиняет вреда живым организмам. Кроме того, он полностью биологически разлагается в почве или в воде микроорганизмами за 28 дней. Проведенные токсиколого-гигиенические исследования ИЭРМ позволили сделать вывод, что это топливо принадлежит к 4 классу опасности (самый низкий класс).

В биодизельном топливе практически не содержится серы, благодаря чему двигатель, работающий на этом топливе, имеет практически нулевой уровень выбросов  $\text{SO}_2$ , что выгодно отличает его от дизеля, выбросы оксидов серы которого наносят существенный вред экологии. Это особенно актуально для нашего государства, потому что в дизельном топливе, которое производится на наших нефтеперерабатывающих заводах, содержание серы в несколько раз превышает допустимые нормы. Важным преимуществом двигателей, которые работают на биодизельном топливе, являются малые выбросы в атмосферу двуоксида углерода, который способствует образованию парникового эффекта на Земле. Это объясняется тем, что в биодизельном топливе содержится меньше углерода, чем в нефтяном.

### **Выводы**

Анализ эксплуатационных свойств видов биодизельного топлива свидетельствует о том, что новое биодизельное топливо имеет более низкую температуру застывания, чем метиловый эфир рапсового масла, имеет низкую токсичность и агрессивность, в чем схож с этиловым эфиром рапсового масла, но значительно дешевле его.

*19.10.10.*

## Литература

1. Технология переоборудования дизелей в газовые двигатели с искровым зажиганием для работы на природном газе (руководитель разработки Захарчук В.И.) // Каталог инновационных технологий по результатам Всеукраинского конкурса инновационных технологий. – Киев, 2006. – С. 180-181.
2. Девянин, С.Н. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей / С.Н. Девянин, В.А. Марков, В.Г. Семенов. – Харьков: Новое слово. – 2007. – 452 с.
3. Физер, Л. Органическая химия / Л. Физер, М. Физер. – М.: Химия, 1966. – 782 с.
4. Захарчук, В.И. Применение альтернативных топлив в автотракторных дизелях / В.И. Захарчук // Энергосбережение. – 2010. – № 2. – С. 26-28.

УДК 631.3:005.93

**В.П. Чеботарев, В.К. Клыбик,  
М.И. Новиков**

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

**А.В. Новиков**

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

## НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩЕЙ БАЗЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

### Введение

В последние годы количество сельскохозяйственных предприятий в стране постепенно уменьшается вследствие их укрупнения. Сопутствующее увеличение посевных площадей в хозяйствах ведет к увеличению доли высокопроизводительной энергонасыщенной техники в машинно-тракторном парке (МТП). Наряду с распространенными в республике формами фирменного сервиса заводов-изготовителей и сервиса сельскохозяйственной техники на районном уровне, основной объем работ по поддержанию техники в работоспособном состоянии, в том числе и современной высокопроизводительной, ложится на эксплуатирующие сельскохозяйственные организации. Для выполнения работ по обслуживанию и ремонту такой техники им необходима современная ремонтно-обслуживающая база.

### Основная часть

Главная задача ремонтно-обслуживающей базы (далее – РОБ) заключается в обеспечении высокой технической готовности машинно-тракторного парка и сельскохозяйственного оборудования.

Структура, размеры и функции объектов РОБ обуславливаются работами, выполняемыми при обслуживании и ремонте сельскохозяйственной техники, и в первую очередь зависят от количественного и качественного состава машинно-тракторного парка, необходимого для обработки всех сельскохозяйственных угодий предприятия.

В настоящее время РОБ сельскохозяйственных предприятий можно разделить на 3 типа [1]:

- тип А – каждое подразделение хозяйства представляет собой самостоятельный хозяйственный центр, где размещена закрепленная за ним техника и

создана ремонтно-техническая база. Данный тип характерен для крупных хозяйств с площадью пашни свыше 6000 га;

- тип Б – на центральной усадьбе находится хозяйственный центр одного подразделения хозяйства и базируется закрепленная за ним техника. В состав РОБ, кроме обязательных объектов, входит ремонтно-технологическая база подразделения. Другие отделения имеют свои РОБ, в несколько меньшем объеме. Данный тип характерен для средних хозяйств – площадь пашни от 3000 до 6000 га;

- тип В – все подразделения находятся в одном хозяйственном центре, где базируют всю технику. Хозяйства этого типа невелики по размерам. На центральной усадьбе сосредоточивают весь комплекс сооружений РОБ и на центральном машинном дворе хранят всю технику.

Анализ сложившегося состояния РОБ сельскохозяйственных предприятий показал, что из 1520 хозяйств республики только 32% имеют РОБ, отвечающую нормативным требованиям. Остальные 2/3 хозяйств не имеют возможности проводить полный комплекс работ по техническому обслуживанию и ремонту (далее – ТОиР) современной сельскохозяйственной техники. Строительство новых и реконструкция существующих РОБ – это длительный процесс, который требует существенных капиталовложений. Для осуществления этого процесса на начальном этапе необходим анализ факторов, определяющих перспективное развитие РОБ сельскохозяйственных предприятий в современных условиях.

Основополагающим фактором при проектировании РОБ предприятий является годовой объем работ по ТОиР, определяемый составом машинно-тракторного парка, требуемого для выполнения работ в установленные агросроки. Состав парка, в свою очередь, обусловлен земельной площадью хозяйства и структурой его посевных площадей.

В таблице 27 представлена информация о количестве хозяйств и ранжировании их по площадям сельхозугодий.

Таблица 27 – Количество хозяйств и ранжирование их по площадям

Наименование области	Количество хозяйств	До 3000 га	От 3000 до 6000 га	Больше 6000 га
Брестская	270	202	61	7
Витебская	301	167	117	17
Гомельская	232	150	78	4
Гродненская	181	59	100	22
Минская	366	272	81	13
Могилевская	170	89	68	13
<b>ИТОГО</b>	<b>1520</b>	<b>939</b>	<b>505</b>	<b>76</b>

В настоящее время сложилась следующая ситуация: в республике преобладают хозяйства с площадью до 3000 га – 62%, хозяйств с площадью сельхозугодий от 3000 до 6000 га – 33%, крупных хозяйств с площадью свыше 6000 га – 5%. Учитывая тенденцию постоянного укрупнения хозяйств, на ближайшую

перспективу предполагается, что основная доля хозяйств будет иметь площадь сельхозугодий от 3000 до 6000 га. Данное разделение по площадям позволяет определиться с составом МТП и необходимым типом РОБ предприятия.

С учетом распределения хозяйств по площади пашни и усредненной структуры посевных площадей определяют удельные (в расчете на 1000 га) потребность в технике и трудоемкость ремонтно-обслуживающих воздействий для поддержания ее в работоспособном состоянии [2].

Многообразие форм ведения сельскохозяйственного производства (СПК, ЧПУП и др.), а также фактическое наличие и состояние МТП и РОБ накладывают определенные особенности на проведение сервисных работ в условиях сельскохозяйственных предприятий. В зависимости от экономических возможностей и состояния объектов РОБ предполагается 4 варианта проведения работ по ТОиР. Основные варианты выполнения сервисных работ в условиях сельхозпредприятий представлены в таблице 28 [3].

Таблица 28 – Основные варианты выполнения сервисных работ в условиях сельхозпредприятий

Вид обслуживаемой сельхозтехники, комплектующих изделий	Вариант выполнения работ по ТОиР											
	работы по техническому обслуживанию и ремонту выполняются силами хозяйства			с сочетанием сервисных услуг по ремонту узлов и агрегатов для энергонасыщенной техники			с сочетанием полного обслуживания энергонасыщенной и сложной техники, узлов и агрегатов сервисной организацией			полное обслуживание МТП сервисной организацией, выполнение силами хозяйства ЕТО и хранение техники		
	2			3			4			5		
1	ТО	ТР	КР	ТО	ТР	КР	ТО	ТР*	КР	ТО	ТР	КР
<b>Тракторы</b>												
Энергонасыщенные	+	+	+	+	СО	СО	СО	СО	СО	СО	СО	СО
Общего назначения и универсально-пропашные	+	+	+	+	+	СО	+	СО	СО	СО	СО	СО
<b>Самоходные комбайны</b>												
	+	+	+	+	+	СО	+	СО	СО	+	СО	СО
<b>Сельхозмашины</b>												
Сложные	+	+	+	+	+	СО	+	СО	СО	+	СО	СО
Несложные	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	СО	СО
Узлы и агрегаты	+	+	+	+	+	СО	+	+	СО	+	+	СО
<b>Необходимые элементы ремонтно-обслуживающей базы</b>												
Центральные ремонтные мастерские**	+			+			+			-		



Окончание таблицы 28

1	2	3	4	5
<b>Сектор хранения</b>	+	+	+	+
<b>Пункты технического обслуживания**</b>	+	+	+	+
<b>Мобильные агрегаты технического обслуживания*</b>	+	+	+	-

Примечания – СО – техническое обслуживание сервисными организациями, в том числе фирменное.

+ – Работы выполняются своими силами, элементы РОБ присутствуют.

\* – Несложные виды текущих ремонтов выполняются собственными силами.

\*\* – В вариантах применяются проекты с разной оснасткой и оборудованием, агрегаты разных модификаций.

Первый и второй варианты имеют много общего в структуре организации ТОиР. Отличие заключается в необходимости у первого варианта создания участка по ремонту и восстановлению деталей, узлов и агрегатов для всех марок техники, эксплуатируемой в хозяйстве. Поэтому первый вариант не получит широкого распространения в связи с постоянным увеличением сложности и технологичности техники, поступающей в сельское хозяйство, требующей создания специализированных участков по ремонту и восстановлению деталей, что в большинстве случаев экономически нецелесообразно.

Наиболее перспективными представляются второй и третий варианты, когда сельскохозяйственное предприятие, имея полностью оборудованную ремонтно-обслуживающую базу, осуществляет обслуживание и текущий ремонт основного парка техники, а сложную энергонасыщенную и самоходную технику обслуживают сервисные службы заводов-изготовителей.

Третий вариант предпочтителен для предприятий малых и средних размеров. РОБ таких предприятий ориентирована на обслуживание и ремонт в первую очередь несложной техники и в меньшей степени оснащена. Все виды работ по ТОиР энергонасыщенной техники осуществляют сервисные службы заводов-изготовителей (дилеры).

Четвертый вариант характерен для небольших сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств. РОБ характеризуется наличием минимальных объектов для проведения ЕТО (ежедневного технического обслуживания) и хранения техники, а также текущего ремонта простых сельскохозяйственных машин. Операции ТОиР сложной сельскохозяйственной техники выполняются силами сервисной службы производителей техники.

Для осуществления рассмотренных вариантов выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники предприятию необходим комплекс производственно-технических объектов ремонтно-обслуживающей базы с комплектом технологического оборудования.

Для реализации работ ТОиР современной сельскохозяйственной техники по вариантам 1–3 необходимы следующие объекты: пост мойки и наружной очистки, пункт технического обслуживания (ПТО), передвижные посты техни-

ческого обслуживания и ремонта, центральная ремонтная мастерская (ЦРМ), технический обменный пункт (ТОП), склад запасных частей, стоянки, площадки (гаражи) для рабочей техники (тракторов, автомобилей и задействованных сельскохозяйственных машин), площадка для хранения металлолома и утильных шин, сектор хранения, нефтебаза, административно-бытовые объекты.

Пост мойки представляет собой утепленное помещение с площадкой для наружной очистки. Основным технологическим оборудованием на посту являются моечный аппарат высокого давления с подогревом воды, система фильтрации и рециркуляции воды.

Пункт технического обслуживания может находиться как в отдельном строении, так и в помещении центральной ремонтной мастерской. Основным технологическим оборудованием является комплект диагностических приборов, обеспечивающих контроль и диагностирование параметров технического состояния двигателя, топливной аппаратуры, гидрооборудования, электрооборудования, элементов шасси. Для выполнения операций технического обслуживания необходимо подъемно-транспортное, маслозаправочное и маслосборное оборудование, слесарный и специальный инструмент, пневмо- и гидравлическое оборудование, а также производственная мебель.

Для проведения текущего ремонта агрегатов основных систем тракторов, комбайнов, автомобилей и капитального ремонта агрегатов и деталей машинно-тракторного парка, а также несложной сельскохозяйственной техники необходима центральная ремонтная мастерская с комплексом станочного, контрольно-диагностического, ремонтного, вспомогательного оборудования и инструмента. Мастерская представляет собой капитальное строение, имеющее сквозной проезд и разделенное на участки для ремонта агрегатов основных систем самоходной техники.

Технический обменный пункт и склад запасных частей должны располагаться в отапливаемом помещении, иметь электронную базу данных наличия деталей, узлов и агрегатов.

Сектор хранения представляет собой комплекс площадок с твердым покрытием, зданий и сооружений, необходимых для постановки техники на длительное хранение. В сектор хранения входят: помещения (гаражи, ангары, навесы) и площадки с твердым покрытием или профилированные для хранения техники; пост (пункт) консервации сельскохозяйственной техники; площадка для комплектования, регулировки и настройки машин и агрегатов; погрузочно-разгрузочная площадка, оборудованная грузоподъемными механизмами; склад для хранения составных частей, снимаемых с машин для длительной их консервации; площадка для хранения, разборки и дефектовки списанной техники.

Пост (пункт) консервации должен обеспечивать техническое обслуживание крупногабаритной техники. Его рабочие места должны быть укомплектованы оборудованием и приспособлениями для проведения всех технологических операций подготовки техники к хранению и консервации.

Рассмотренные варианты организации работы РОБ сельскохозяйственных предприятий позволяют определить рациональное направление развития для

отдельно взятого хозяйства с учетом площади его сельхозугодий, специализации и материально-технической базы.

### **Заключение**

1. Анализ существующего состояния РОБ и развития системы ТОиР сельскохозяйственной техники на ближайшую перспективу показывает, что основные виды ремонтно-обслуживающих воздействий будут производиться на базе сельскохозяйственных предприятий.

2. При дальнейшем укрупнении хозяйств и медленном развитии дилерской сети ситуация в республике будет развиваться в следующем направлении: РОБ сельхозпредприятий будет совершать переход из типа «В» в тип «Б», а организация работ по ТОиР – выполняться по вариантам 2 и 3.

*15.10.10.*

### **Литература**

1. Техническое обслуживание и ремонт тракторов: учеб. пособие для нач. проф. образования / Е.А. Пучин [и др.]; под редакцией Е.А. Пучина. – 4-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 208 с.

2. Справочник нормативов трудовых и материальных затрат для ведения сельскохозяйственного производства / Нац. акад. наук Беларуси; Институт экономики Центра аграрной экономики; под ред. В.Г. Гусакова; сост. Я.Н. Бречко, М.Е. Сумонов. – Минск: Бел. наука, 2006. – 709 с.

3. Эффективность разных вариантов технического сервиса машинно-тракторного парка // Техника и оборудование для села. – 2006. – № 8. – С. 26-29.

4. Государственная программа возрождения и развития села на 2005–2010 годы. – Минск: РУП «Издательство «Беларусь», 2005. – 96 с.

УДК 634.739.3

**В.В. Азаренко**

*(НАН Беларуси,*

*г. Минск, Республика Беларусь)*

**А.Л. Мисун, Л.В. Мисун**

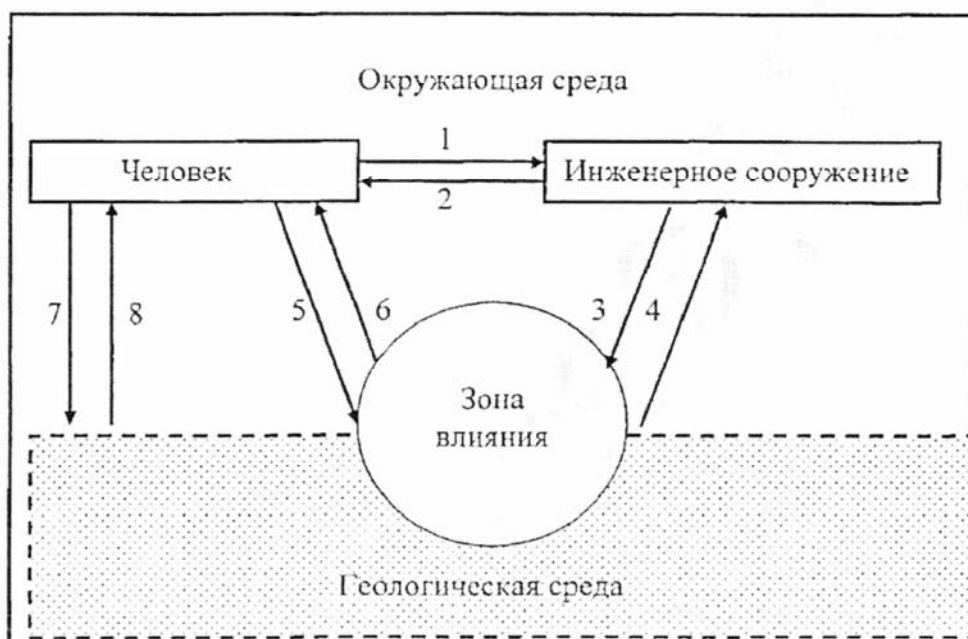
*(УО «БГАТУ»,*

*г. Минск, Республика Беларусь)*

## **ОБОСНОВАНИЕ БЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЛАНТАЦИИ КРУПНОПЛОДНОЙ КЛЮКВЫ**

### **Введение**

Безопасная эксплуатация инженерно-мелиоративного сооружения – промышленной плантации крупноплодной клюквы, например 85 чеков республиканского сельскохозяйственного унитарного предприятия «Беларускія журавіны» (Пинский район), определяется надежностью функционирования системы «человек – инженерно-мелиоративное сооружение – окружающая среда» («Ч – ИС – ОС»). Следует отметить, что все составляющие этой системы оказывают прямое и обратное воздействие друг на друга (рисунок 61). Так, прямая связь (1) выражается в управленческой функции человека над инженерно-мелиоративным сооружением при его строительстве и эксплуатации, а обратная связь (2) отражает воздействие рассматриваемого антропогенного объекта на человека и имеет определенный аспект в сфере охраны труда и производственной безопасности.



**Рисунок 61 – Схема взаимодействия человека, инженерно-мелиоративного сооружения (промышленной плантации крупноплодной клюквы) и окружающей среды**

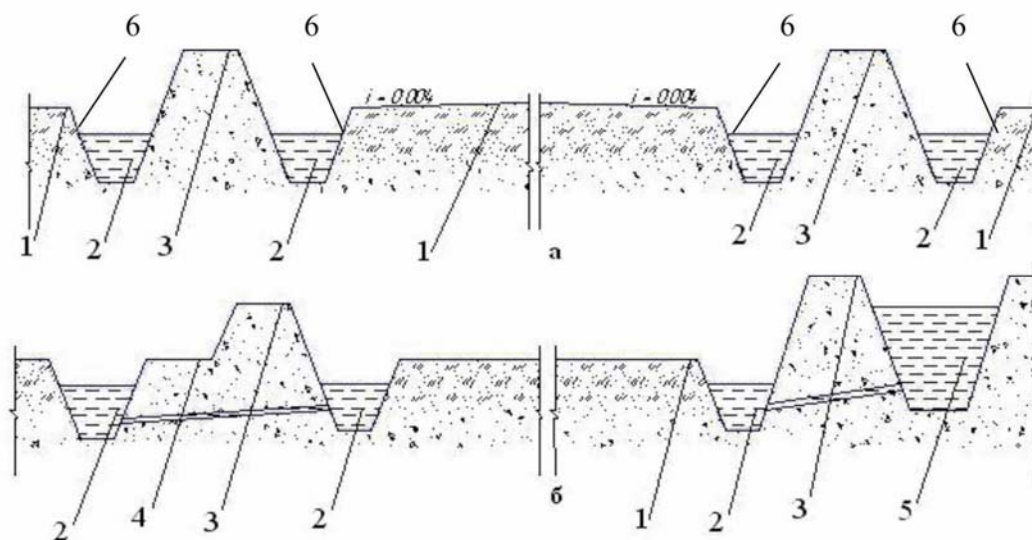
Прямая связь (3) посредством техногенного воздействия человека на инженерно-мелиоративное сооружение образует «зону влияния», а обратная связь (4) отражает реакцию окружающей среды на это воздействие (например, деформируемость откосов дамб и внутричечковых каналов плантации, изменение режима подземных и грунтовых вод и т.д.). Реакция окружающей среды может быть существенной и проявляться в виде изменения параметров состояния сооружения, особенно при отсутствии достаточной информации о свойствах геологической среды, физико-механических свойствах почвы чека, а также в тех случаях, когда допускаются ошибки в определении зоны влияния объекта на окружающую среду при его проектировании. Что же касается связей (3) и (4), то они отражают деформационные процессы элементов инженерно-мелиоративного сооружения и геологической среды, а связи (5) и (6), соответственно, показывают управляющее прямое на нее воздействие человека, выражающееся в оценке устойчивости, и реакцию «зоны влияния» по отношению к человеку.

Следует отметить, что непосредственное влияние человека на окружающую среду (прямая связь (7)) либо пренебрежимо мало, либо «в чистом виде» отсутствует, в то же время обратная связь (8) в виде реакции природной среды на человека может быть существенной и зависит от совершенства проектно-конструкторского решения при сооружении объектов ИС (системы каналов, дамб, откосов и т.д.), а также от эксплуатационной надежности и безопасности используемых на чеках технических средств.

### **Основная часть**

Важнейшим условием для безопасной эксплуатации технических средств на чеках промышленной клюквенной плантации (ИС) является соответствие фактических параметров откоса обводных внутричечковых каналов (рисунок 62)

расчетным, с учетом коэффициента запаса устойчивости и срока эксплуатации канала. В свою очередь, расчет предельно допустимых параметров откоса базируется на выборе геомеханической модели массива грунтов и основывается на изучении их физико-механических свойств как составной части геолого-структурной модели. Массив грунта клюквенного чека соответствует моделям сплошной среды. Стремление к такой схематизации массива грунта чека обусловлено желанием эффективно использовать хорошо разработанный математический аппарат дифференциального и интегрального исчисления.



- а) поперечный разрез; б) продольный разрез  
 1 – клюквенник; 2 – внутричековый обводной канал;  
 3 – чековая дамба; 4 – дамба-дорога; 5 – водоотводящий канал;  
 6 – откос обводного внутричекового канала

**Рисунок 62 – Схема клюквенного чека [1]**

С физической точки зрения использование модели сплошной среды оправдано, если наименьший из рассматриваемых объемов материала сохраняет совокупность его механических свойств как интегрального эффекта многих микрочастиц, то есть должно выполняться неравенство [2]:

$$\sqrt[3]{\Delta V} > d_m, \quad (1)$$

где  $\Delta V$  – объем материала;

$d_m$  – характерный размер элементов микроструктуры.

Исследование механического поведения массива грунта чека промышленной плантации с помощью модели сплошной среды предусматривает операцию интегрирования по объему рассматриваемого массива. С этой точки зрения объем материала  $\Delta V$  геометрически рассматривается как бесконечно малый объект. На практике это должно сводиться к выполнению неравенства:

$$\sqrt[3]{\Delta V} < L_m, \quad (2)$$

где  $L_m$  – характерный размер изучаемого массива.

Неравенство (1) можно трактовать как условие физической, а неравенство (2) – математической корректности применения модели сплошной среды при выборе безопасных параметров откоса.

Возможность схематизации массива грунта клюквенного чека промышленной плантации моделью сплошной среды имеет физическую основу, потому что почва для чека в большинстве случаев представлена торфяными породами, содержащими огромное число микрочастиц. К тому же размеры частиц несоизмеримы с размерами изучаемых участков чека – откосов внутричековых обводных каналов, длина которых достигает 500 метров.

Коэффициент запаса устойчивости «однородного» откоса с учетом разложения сил (рисунок 63), обусловленных действием собственного веса грунта, на удерживающие и сдвигающие, определяется с помощью следующего аналитического выражения:

$$n = \frac{\operatorname{tg} \varphi \left[ \sum P_i \cos \delta_i + P_1 \sin \left( \mu + \frac{\theta}{2} \right) + P_1 \sin \mu \right] + c(l_1 + l_2 + l_3)}{\sum P_i \sin \theta_i + P_1 \left( \mu + \frac{\theta}{2} \right) + P_2 \cos \mu}, \quad (3)$$

где  $\varphi$  – угол внутреннего трения грунта;

$P_i$  – вес элементарного столбика грунта в  $i$ -й точке криволинейного участка линии скольжения;

$\delta_i$  – угол наклона касательной в  $i$ -й точке криволинейного участка линии скольжения;

$P_1, P_2$  – вес призмы опорного давления  $ABEN$  и активного давления  $BCDE$  соответственно;

$$\mu = 45^\circ - \frac{\varphi}{2}; \quad (4)$$

$\theta$  – угол, стягиваемый хордой  $NE$  (изменяется от  $\theta$  до  $90^\circ - \alpha$ );

$c$  – сцепление грунта, слагающего откос;

$l_1$  – длина участка круглоцилиндрической поверхности скольжения  $GN$ ;

$l_2$  и  $l_3$  – длины двух прямолинейных участков  $NE$  и  $ED$  соответственно.

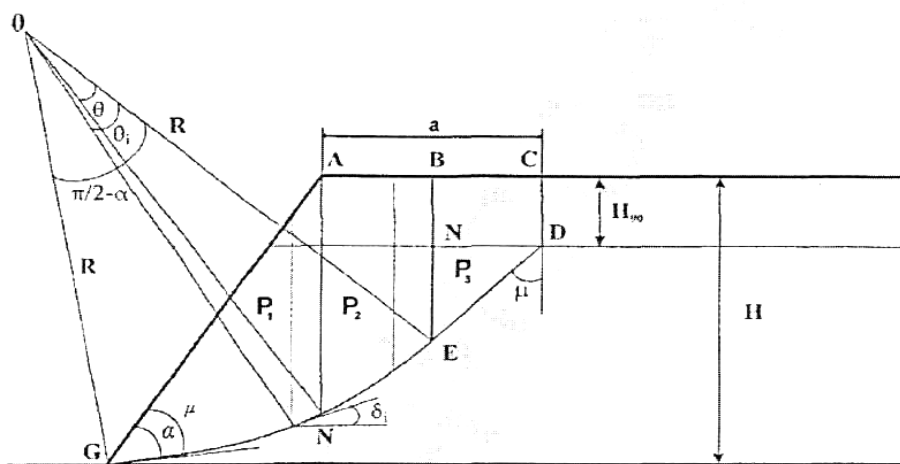


Рисунок 63 – Схема к расчету коэффициента запаса устойчивости откоса внутричековых обводных каналов

Исходя из схемы, представленной на рисунке 2, радиус поверхности скольжения призмы возможного разрушения откоса равен [3]:

$$R = \frac{(H - H_{90}) \cdot \operatorname{tg} \mu + H \cdot \operatorname{ctg} \alpha}{\cos \mu - \sin(\alpha - \mu) + \operatorname{tg} \mu \cdot \{\cos(\alpha - \mu) - \sin \mu\}}; \quad (5)$$

$$H_{90} = \frac{2c \cdot \operatorname{ctg} \mu}{\gamma}, \quad (6)$$

где  $H$  – высота откоса;

$\alpha$  – угол откоса;

$H_{90}$  – высота упругого слоя грунта;

$\gamma$  – плотность грунта.

Ширина призмы возможного разрушения откоса  $AC$  определяется из следующего выражения:

$$a = 2\{R[\cos \mu - \sin(\alpha - \mu)] - H \operatorname{ctg} \alpha\}. \quad (7)$$

Длину участка поверхности скольжения  $GN$  рассчитываем по формуле:

$$l_1 = GN = \frac{\pi R(90^\circ - \alpha - \theta)}{180^\circ}. \quad (8)$$

Длины двух прямолинейных участков  $NE$  и  $E\dot{A}$  равны:

$$l_2 = NE = 2R \sin \frac{\theta}{2}; \quad (9)$$

$$l_3 = E\dot{A} = \frac{1}{2} \cdot \frac{a}{\sin \mu}. \quad (10)$$

Угол  $\theta$ , стягиваемый хордой  $NE$ :

$$\theta = \arccos(\cos \mu - 0,5 \frac{a}{R}) - \mu. \quad (11)$$

Вес призмы опорного давления  $ABEN$  ( $P_1$ ) и активного давления  $BCDE$  ( $P_2$ ) рассчитывается по формулам:

$$P_1 = 0,25\gamma a \left\{ 2H_{90} + a \operatorname{ctg} \mu + (4R^2 \sin^2 \frac{\theta}{2} - \frac{a^2}{4})^{0,5} \right\}; \quad (12)$$

$$P_2 = 0,5\gamma a (H_{90} + 0,25a \operatorname{ctg} \mu). \quad (13)$$

Учитывая, что  $P_i = S_i \cdot \gamma = \gamma \cdot h_i \Delta x = \gamma \cdot h_i \Delta L \cdot \cos \delta_i$ , выражения для  $\sum P_i \cos \delta_i$  и  $\sum P_i \sin \delta_i$  можно записать следующим образом:

$$\sum P_i \cos \delta_i = R\gamma \int_{\theta}^{90^\circ - \alpha} h_i \cos^2 \delta_i d\theta; \quad (14)$$

$$\sum P_i \sin \delta_i = 0,5R\gamma \int_{\theta}^{90^\circ - \alpha} h_i \sin 2\delta_i d\theta, \quad (15)$$

где  $h_i$  – высота элементарного столбика:

$$h_i = 2R \sin \left( \frac{90^\circ - \alpha - \theta}{2} \right) \left[ \cos \left( \frac{\alpha + \varphi - \theta}{2} \right) \operatorname{tg} \alpha - \sin \left( \frac{\alpha + \varphi - \theta}{2} \right) \right]. \quad (16)$$

Угол наклона касательной  $\delta_i$  в любой точке кривой скольжения (рисунок 63) равен:

$$\delta_i = 45^\circ - \frac{\varphi}{2} - \theta_i. \quad (17)$$

Таким образом, используя фактические параметры инженерно-мелиоративного сооружения, можно аналитическим путем (формулы (2–17)) рассчитать коэффициент запаса устойчивости откоса внутричекового обводного канала промышленной плантации крупноплодной клюквы. При этом следует учитывать в расчетах и технологические особенности закладки откоса инженерно-мелиоративного сооружения. Нормативный коэффициент запаса устойчивости откоса определяется как произведение частных коэффициентов по следующей формуле:

$$K_n = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (18)$$

где  $K_n$  – нормативный коэффициент запаса устойчивости откоса обводного внутричекового канала клюквенной плантации;

$K_1$  – коэффициент запаса, зависящий от погрешности определения прочностных характеристик грунта [4];

$K_2$  – коэффициент запаса, зависящий от наибольшего снижения сопротивления сдвигу торфяных пород с течением времени;

$K_3$  – коэффициент запаса, зависящий от погрешности методов расчета.

Ранее проведенными исследованиями установлено [4]: прочностные характеристики грунтов рассчитываются с погрешностью до 7%, погрешность расчетов коэффициента запаса в зависимости от снижения сопротивления сдвигу достигает 20%, а значение коэффициента запаса за счет погрешности определения объемного веса и погрешности методов расчета составляет не более 15%.

Оценить степень риска разрушения откоса ( $R$ ) можно, используя следующее выражение:

$$R = \frac{1 - P}{2}, \quad (19)$$

где  $R$  – риск разрушения откоса;

$P$  – вероятность устойчивого состояния откоса (таблица 29).

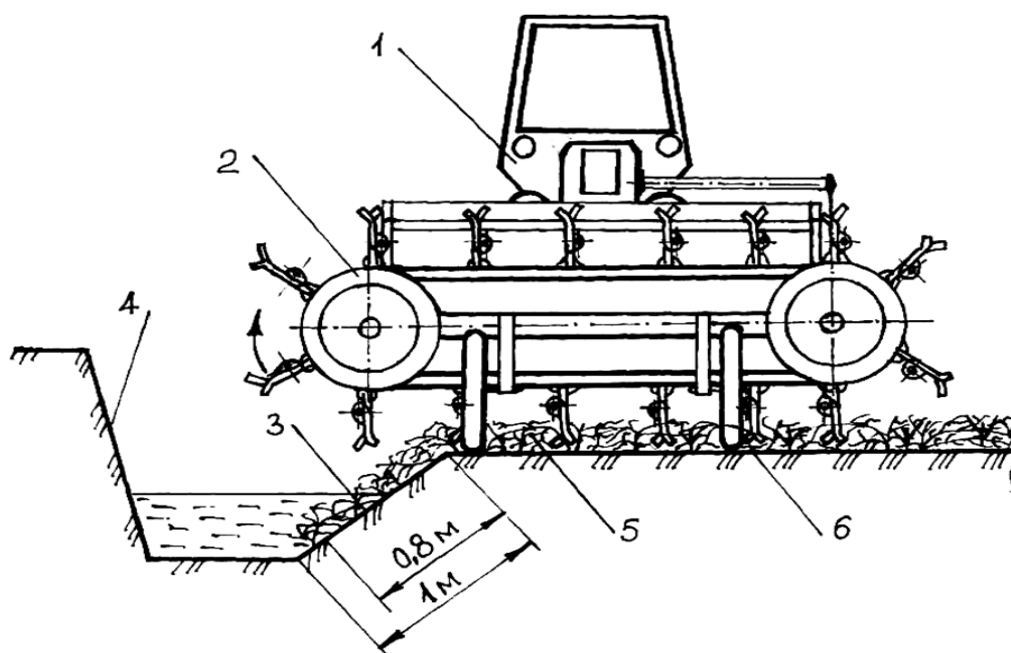
Таблица 29 – Вероятность устойчивого состояния откоса с учетом коэффициента запаса устойчивости [3]

Вероятность устойчивого состояния откоса	Коэффициент запаса откоса
0,68	1,00
0,75	1,15
0,77	1,20
0,81	1,30
0,87	1,50

Особого внимания заслуживает изучение вопроса обеспечения показателей безопасной эксплуатации, и в первую очередь устойчивости движения технического средства для поднятия, расчесывания и обрезки клюквенника на чеке. Известно, что на устойчивость движения, например, трактора оказывают влияние скорость движения, траектория поворота, продольная и поперечная базы энер-



госредства, положение его центра тяжести; характер рельефа почвы и т.д. К этому следует добавить, что безопасная эксплуатация техники во многом определяется профессиональными навыками тракториста, его физическим и психическим состоянием, возрастом, стажем работы, реакцией. Вышеприведенные факторы приобретают особую значимость для обеспечения безопасных условий выполнения технологического процесса поднятия, расчесывания и обрезки стелющихся побегов клюквенника на откосах внутричековых обводных каналов, тем более что используемое на данный момент техническое средство для ухода за клюквенным покровом чеков промышленной плантации [5] не позволяет выполнять технологический уход за растением на площадях откосов (склонов) (рисунок 64), а это примерно  $400 \text{ м}^2$  клюквенника на одном чеке (гектаре) плантации. Возможно сползание техники в канал или даже ее опрокидывание. Устранение указанного недостатка конструкции технического средства позволило бы, помимо обеспечения условий безопасной его эксплуатации, дополнительно убирать с одного чека плантации до  $400 \text{ кг}$  ягод и получать от реализованной продукции  $2,4 \text{ млн. руб.}$  (при плановой урожайности крупноплодной клюквы  $10 \text{ т/га}$  [6] и цене ее реализации, в зависимости от качества уборки,  $6.000 \text{ руб.}$  за  $\text{кг}$ ). Однако при этом необходимо выбрать такой вариант, который радикально решал бы вопросы обеспечения безопасности.



1 – энергосредство; 2 – техническое средство для расчесывания и обрезки стелющихся побегов крупноплодной клюквы; 3 – откос обводного внутричекового канала; 4 – откос дамбы чека; 5 – побеги крупноплодной клюквы (стелющиеся и прямостоячие); 6 – поверхность чека

**Рисунок 64 – Схема движения по чеку технического средства для расчесывания и обрезки стелющихся побегов крупноплодной клюквы**

### **Заключение**

1. В результате проведенных исследований предложена зависимость для определения коэффициента запаса устойчивости откоса внутричекового обводного канала промышленной плантации крупноплодной клюквы.

2. Обоснована необходимость совершенствования конструкции технического средства для выполнения работ по безопасному механизированному уходу за клюквенным покровом на откосах чека.

15.10.10.

### Литература

1. Комплект технологических карт на строительство плантаций по выращиванию и воспроизводству клюквы крупноплодной. – Пинск: Главполесьеводстрой, 1986. – 106 с.
2. Теоретические основы инженерной геологии. Механико-математические основы / Под ред. акад. Е.М. Сергеева. – М.: Недра, 1986. – 385 с.
3. Климова, Е.В. Выбор безопасных параметров откосов с целью охраны труда на карьерах / Е.В. Климова // Освоение месторождений минеральных ресурсов в сложных геологических условиях: материалы восьмого Междунар. симпозиума. – Белгород, 2005. – Ч. 2. – С. 104-108.
4. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. – Л.: ВНИМИ, 1972. – 164 с.
5. Обоснование режимов работы технического средства для ухода за клюквенным покровом промышленной плантации / Л.В. Мисун [и др.] // Агропанорама. – 2010. – № 2. – С. 6-13.
6. Технология промышленного выращивания клюквы крупноплодной на получение ягодной продукции / Е.А. Сидорович [и др.]. – Минск: Беларус. науч.-исслед. ин-т науч.-технич. информации и технико-эконом. исслед., 1992. – 120 с.

УДК 632.95.331.45

**И.И. Пиуновский, В.И. Володкевич,  
А.В. Молош**  
(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь)

**ТРЕБОВАНИЯ ПО ОХРАНЕ  
ТРУДА ПРИ ХРАНЕНИИ,  
ТРАНСПОРТИРОВКЕ И ПРИ-  
МЕНЕНИИ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ  
РАСТЕНИЙ В СЕЛЬСКОМ ХО-  
ЗЯЙСТВЕ**

### Введение

На территории республики в сельскохозяйственном производстве используется более 300 различных пестицидов и агрохимикатов. По сравнению с другими веществами они имеют ряд особенностей, определяющих их потенциальную опасность для человека и живой природы. Это – преднамеренное внесение их в окружающую среду, непредотвратимость циркуляции в ней, возможность контакта с ними больших масс населения, загрязнение ими пищевых продуктов, высокая биологическая активность. Эти особенности представляют эколого-гигиеническую проблему в связи с возможным риском увеличения химической нагрузки на население, что влечет за собой рост заболеваемости [1].

Основным документом, устанавливающим гигиенические требования при работе с пестицидами и агрохимикатами, являются Санитарные правила и нормы № 2.2.3.12–17–2003 «Гигиенические требования к хранению, применению и транспортировке пестицидов и агрохимикатов», утвержденные постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 10 декабря 2003 года.

В соответствии с Республиканской целевой программой по улучшению условий и охраны труда на 2006–2010 годы, утвержденной постановлением Совета

Министров Республики Беларусь от 16 августа 2005 г. № 905 [2], были разработаны и утверждены «Правила по охране труда при хранении, транспортировке и применении средств защиты растений в сельском хозяйстве» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 9 ноября 2009 г., № 8/21571).

### **Основная часть**

Правила по охране труда при хранении, транспортировке и применении средств защиты растений в сельском хозяйстве включают следующие разделы: общие положения, здания и сооружения, требования к технологическим процессам, требования при применении средств защиты растений (пестицидов), требования к производственному оборудованию, его размещению и организации рабочих мест, погрузочно-разгрузочные и транспортные работы.

Правила по охране труда при хранении, транспортировке и применении средств защиты растений в сельском хозяйстве (далее – Правила) устанавливают требования по охране труда при хранении, транспортировке и применении средств защиты растений в сельском хозяйстве.

Для организации работы и осуществления контроля по охране труда руководитель организации создает службу охраны труда (вводит должность специалиста по охране труда) в соответствии со статьей 227 Трудового кодекса Республики Беларусь и с Законом Республики Беларусь от 23 июня 2008 года «Об охране труда» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2008 г., №158, 2/1453). Численность и состав службы охраны труда устанавливаются в соответствии с Нормативами численности специалистов по охране труда на предприятиях, утвержденными постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 23 июля 1999 г. № 94 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 1999 г., № 63, 8/698).

В целях профилактики производственного травматизма и профессиональных заболеваний в организации разрабатываются планы мероприятий по охране труда в соответствии с Положением о планировании и разработке мероприятий по охране труда, утвержденным постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 23 октября 2000 г. № 136 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000 г., № 113, 8/4357).

При организации технологических процессов предусматриваются:

- устранение воздействия на работающих опасных и вредных факторов;
- замена технологических процессов и операций, связанных с возникновением опасных и вредных производственных факторов на те, при которых указанные факторы отсутствуют или обладают меньшей интенсивностью;
- применение механизации и автоматизации производства, дистанционного управления технологическими процессами и операциями при наличии опасных и вредных производственных факторов;
- применение средств коллективной защиты работающих;
- рациональная организация труда и отдыха с целью профилактики монотонности и гиподинамии, ограничение тяжести труда;
- своевременное получение информации о возникновении опасных и вредных производственных факторов на отдельных технологических операциях;

– система контроля и управления технологическими процессами, обеспечивающая защиту работников и аварийное отключение производственного оборудования;

– своевременное удаление и обезвреживание отходов производства, являющихся источником опасных и вредных производственных факторов.

Тара для хранения средств защиты растений должна обеспечивать безопасное для окружающей среды и здоровья человека хранение средств защиты растений в течение не менее 25 лет, а именно:

– исключение попадания (утечек) жидких средств защиты растений и (или) продуктов их разложения в окружающую среду;

– возможность безопасной перевозки средств защиты растений на обезвреживание или уничтожение.

Территория площадки склада должна иметь зонирование и включать:

– склады пестицидов;

– помещение (площадку) для протравливания семян, помещение для хранения протравленных семян, растворно-заправочный узел;

– площадку для хранения машин, аппаратов и транспорта, используемых для работ со средствами защиты растений;

– участок для складирования тары, сооружений для очистки технологических стоков;

– ремонтно-механическую зону;

– административно-бытовую зону.

Уборку помещения склада нужно производить по мере необходимости, но не реже двух раз в неделю. Склады вместимостью свыше 50 тонн следует обеспечивать необходимой пылеотсасывающей и моечной аппаратурой.

Все работы по применению средств защиты растений должны регистрироваться в журнале за подписью руководителя работ и должностных лиц организаций, в которых проводились указанные работы.

На границе участков, обрабатываемых и обработанных средствами защиты растений, должны быть выставлены знаки безопасности на расстоянии в пределах видимости от одного знака до другого, они должны контрастно выделяться на окружающем фоне.

Приготовление рабочих растворов пестицидов и их смесей, заправка специальной аппаратуры для применения средств защиты растений должны производиться только механизированным способом на специально оборудованных площадках или стационарных заправочных пунктах.

Работы по внесению в почву средств защиты растений должны выполняться только при помощи специальных машин и оборудования.

При фумигации газобаллонным способом работники должны соблюдать требования Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, утвержденных постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 27 декабря 2005 г. № 56 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2006 г., № 25, 8/13868).

Дегазация помещения должна проводиться в установленные сроки путем активного проветривания с применением приточно-вытяжной вентиляции или пассивного проветривания через окна и двери.

В разделе «Требования при применении средств защиты растений (пестицидов)» изложены требования безопасности при работе в условиях защищенного грунта, к предпосевной обработке семян (также к их хранению, транспортировке и высеву), при изготовлении и применении приманок, использовании авиации при проведении работ по защите сельскохозяйственных культур, при работе с непригодными пестицидами.

Применение средств защиты растений в условиях защищенного грунта проводится в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.3.13–58–2005 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации теплиц и тепличных комбинатов», утвержденными постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 29 декабря 2005 г. № 280.

В теплицах должны быть заведены журналы учета расхода средств защиты растений, в которых отражаются наименования, дозировки используемых химических, биологических средств, способы и даты их применения отдельно по каждому участку и в целом по организации.

Работы, связанные с обезвреживанием почвы, субстратов и оборудования, производственных помещений, необходимо проводить специально подготовленными бригадами в составе не менее двух человек (один из которых назначается старшим) с соблюдением продолжительности обработки, концентраций и норм расхода препаратов, требований безопасности.

После обработки средствами защиты растений работы, связанные с рыхлением почвы в теплицах, проводятся не ранее чем через пять дней.

Образующиеся в тепличных хозяйствах (комбинатах) производственные и хозяйственно-бытовые стоки, отработанный грунт, минераловатный субстрат и растительные остатки подлежат обязательному обезвреживанию во избежание формирования источников загрязнения почвы, водоемов, атмосферного воздуха.

Дренажные стоки тепличных хозяйств (комбинатов) в условиях применения в теплицах средств защиты растений несут опасность загрязнения окружающей среды и подлежат предварительной очистке (нейтрализации) до спуска в канализацию.

Централизованное протравливание семян осуществляется на семенных заводах и пунктах, устройство и эксплуатация которых должны соответствовать установленным требованиям к проектированию, устройству и эксплуатации отделений централизованного протравливания и нормам технологического проектирования организаций послеуборочной обработки и хранения продовольственного, фуражного зерна, масличных культур и трав. Процесс протравливания семян должен быть полностью механизирован.

При хранении, погрузке (выгрузке), транспортировке и севе протравленных семян необходимо соблюдать такие же меры предосторожности, как и при работе с пестицидами.

Для сева протравленных семян следует пользоваться только исправными сеялками. Крышка семенного ящика должна быть плотно закрыта. Выравнивание уровня семян в сеялке следует выполнять деревянными лопатками.

При работе с родентицидами (зоокумарином, глифтором, ратинданом, фосфидом цинка), которые применяются при изготовлении приманок, необходимо соблюдать правила безопасности и нормы расхода препаратов.

Отравленные приманки готовят в специально выделенном помещении, оборудованном вытяжным шкафом, с цементным или покрытым керамической плиткой полом или на специальных площадках.

Неиспользованную приманку сдают под расписку на основной склад пестицидов на хранение. Рассыпанную приманку (при изготовлении или транспортировке) или ее остатки, непригодные к дальнейшему употреблению, подлежат утилизации в соответствии с инструкцией по применению.

Использование авиации при проведении работ по защите сельскохозяйственных культур допускается лишь при необходимости проведения обработок в сжатые сроки на больших площадях.

Аэродромы сельскохозяйственной авиации должны быть оборудованы площадками для периодического обезвреживания и очистки воздушных судов, сельскохозяйственной аппаратуры, тары и средств индивидуальной защиты от пестицидов.

Командир воздушного судна должен возвратиться на аэродром, если при подлете к участку, подлежащему обработке, на нем или в пределах санитарного разрыва (1000 м от границ обрабатываемого участка) обнаружены люди или домашние животные, и известить представителя организации, в которой планировались обработки.

При переупаковке непригодных пестицидов необходимо соблюдать следующие требования по охране труда:

- переупаковка непригодных пестицидов из разрушенной первичной упаковки или слежавшихся куч должна производиться при работающей вентиляции. В этот момент необходимо исключать любую возможность возникновения или использования открытых источников огня в зоне и вблизи зоны, где производится переупаковка непригодных пестицидов;

- проливы непригодных пестицидов должны быть засыпаны песком, который затем также упаковывают в тару;

- запрещается применять для поглощения жидкостей горючие материалы (опилки, торф, ветошь);

- просыпи порошкообразных препаратов должны быть собраны пластмассовыми или деревянными совками. Запрещается применение металлических совков во избежание возможности возникновения искры при сборе отходов с пола.

Требования к производственному оборудованию включают требования безопасности при эксплуатации электрического оборудования, а также тракторов и машин для внесения средств защиты растений.

При вводе в эксплуатацию нового (модернизированного) оборудования, предназначенного для использования в производственных процессах при применении пестицидов, производится проверка его соответствия требованиям по охране труда комиссией по приемке оборудования в эксплуатацию, назначенной приказом руководителя организации. По результатам проверки составляется акт ввода оборудования в эксплуатацию.

Машины и оборудование размещаются в соответствии с проектом, паспортом и требованиями инструкции по монтажу.

Карданные, цепные, зубчатые, ременные передачи, соединительные муфты машин и оборудования ограждаются.

Все электродвигатели должны иметь соответствующую защиту от коротких замыканий и перегрузки.

При организации работы машинно-тракторных агрегатов должны быть предусмотрены мероприятия, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала. Нахождение в кабине трактора и на участке производства работ людей, не связанных с выполнением данного технологического процесса, не допускается. Число людей, перевозимых на тракторе (машине), определяется числом мест в кабине, предусмотренным конструкцией.

При проведении работ на уклонах свыше 16% следует применять машины в крутосклонном исполнении. Предельные углы наклона полей, на которых допускается работа машин в крутосклонном исполнении, устанавливаются технической документацией на соответствующую машину.

Ежесменно перед началом работ тракторист обязан проверить техническое состояние машины, в том числе исправность тормозов, рулевого управления, ходовой части и муфты сцепления. Недопустимо понижение уровня масла в картере двигателя, гидравлической системе и в гидросистеме коробки перемены передач ниже установленной нормы.

Запрещается производить работы на склонах при:

- влажности почвы, вызывающей скольжение машины (агрегата);
- густом тумане (видимость менее 50 м);
- мерзлой почве;
- темном времени суток.

К выполнению погрузочно-разгрузочных и складских работ допускаются работники, прошедшие в порядке, установленном законодательством Республики Беларусь, медицинский осмотр, обучение, инструктаж, стажировку и проверку знаний по вопросам охраны труда.

Работники моложе 18 лет к выполнению погрузочно-разгрузочных и складских, а также работ с опасными грузами не допускаются.

При погрузке и разгрузке пылящих грузов работники обеспечиваются респираторами, защитными очками.

При использовании погрузчиков все действия работающих должны быть согласованы с работником, управляющим погрузчиком.

Транспортные средства, поставленные под погрузку (разгрузку), должны быть заторможены, двигатель трактора (автомобиля) заглушен и включена низшая передача.

Перевозку баллонов на тракторных прицепах следует производить в вертикальном положении.

Перевозка баллонов с пестицидами, классифицированными как опасный груз, на тракторных прицепах запрещается.

Запрещается перевозка людей в необорудованных кузовах автомобилей, самосвалов, тракторных прицепов и на навесных, прицепных или других сельскохозяйственных машинах.

Посадку и высадку людей разрешается производить только после полной остановки автомобиля.

Транспортные средства, используемые для перевозки средств защиты растений, должны обезвреживаться не менее двух раз в месяц кашицей хлорной извести (1 кг извести на 4 л воды), которая через час смывается водой.

В приложениях к Правилам приведена форма наряд-допуска на производство работ повышенной опасности и форма учета движения протравленных семян.

### **Заключение**

Во исполнение мероприятий Отраслевой программы по улучшению условий и охраны труда на 2006–2010 гг. в организациях, занимающихся производством и переработкой сельскохозяйственной продукции, а также обслуживающих сельскохозяйственное производство, утвержденной постановлением Минсельхозпрода Республики Беларусь 27 января 2006 г., №5, разработаны Правила по охране труда при хранении, транспортировке и применении средств защиты растений в сельском хозяйстве, утвержденные постановлением Минсельхозпрода Республики Беларусь 23 января 2009 г., №5.

31.03.10.

### **Литература**

1. Ракевич, А.В. Работая с пестицидами и агрохимикатами, проявляйте осторожность / А.В. Ракевич // Охрана труда и социальная защита. – 2007. – № 1. – С. 67.

2. О республиканской целевой программе по улучшению условий и охраны труда на 2006–2010 годы: постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 августа 2005 г. № 905 // Нац. Реестр правовых актов Республики Беларусь, 2005 г., № 129., № регистр. 5/16411 / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь [Электронный ресурс] – Минск, 2005. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/lawnews/result.asp>. – Дата доступа: 05.04.2010.

УДК 631.58:331.45

**Н.А. Гордиенко**

*(Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь,*

*г. Минск, Республика Беларусь)*

**И.И. Пиуновский, В.И. Володкевич,**

**А.В. Молош**

*(РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,*

*г. Минск, Республика Беларусь)*

### **ОХРАНА ТРУДА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ СЕЛЬСКОХО- ЗЯЙСТВЕННЫМ ПРОИЗВОД- СТВОМ**

### **Введение**

Здоровье и безопасные условия труда способствуют повышению производительности, удовлетворенности работников своим трудом, созданию хорошего психологического климата в трудовых коллективах, что ведет к снижению текучести кадров, созданию стабильных трудовых коллективов.

Основными принципами государственной политики в области охраны труда являются обеспечение приоритета жизни и здоровья работников по отношению к результатам трудовой деятельности, установление полной ответственности



сти нанимателей за необеспечение безопасности труда, совершенствование правоотношений и управления в данной сфере.

Этому способствует утвержденное постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 16 апреля 2008 г. № 38 Положение о системе управления охраной труда в Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, сельскохозяйственных, перерабатывающих и обслуживающих сельское хозяйство организациях (далее – Положение о СУОТ) [1].

### Основная часть

Положение о СУОТ состоит из регламентированных законодательными и нормативными правовыми актами взаимосвязанных социальных, экономических и организационных мероприятий, методов и средств, направленных на целевое формирование безопасных и здоровых условий труда на производстве, устанавливает и регламентирует единый порядок разработки и осуществления организационно-профилактических мероприятий по обеспечению здоровых и безопасных условий труда. Целью СУОТ является обеспечение здоровых и безопасных условий труда, сохранение жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. СУОТ направлена на решение следующих задач:

- ◇ совершенствование организации работы в области охраны труда на всех уровнях управления производством;

- ◇ установление единого порядка обучения работников безопасным методам работы;

- ◇ обеспечение безопасности производственного оборудования и производственных процессов;

- ◇ соблюдение требований охраны труда на стадии проектирования, строительства и приемки в эксплуатацию объектов производственного назначения;

- ◇ содержание зданий, помещений и сооружений в соответствии с требованиями нормативных правовых актов и технических нормативных правовых актов, действующих в Республике Беларусь;

- ◇ нормализация санитарно-технических условий труда;

- ◇ обеспечение работников средствами индивидуальной защиты (далее – СИЗ);

- ◇ санитарно-бытовое обслуживание работников;

- ◇ обеспечение своевременного и правильного расследования и учета несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, устранение их причин;

- ◇ повышение активности и заинтересованности рабочих, руководителей и специалистов в работе по обеспечению безопасных условий труда;

- ◇ укрепление трудовой и производственной дисциплины;

- ◇ обеспечение соблюдения работниками требований правил, норм и инструкций по охране труда;

- ◇ повышение ответственности руководителей и специалистов за безопасность труда.

*Руководство организацией работы по охране труда* возлагается на руководителей и специалистов Минсельхозпрода Республики Беларусь и организа-

ций, подведомственных министерству. Прогнозирование и планирование работ по охране труда базируется на изучении состояния условий труда, травматизма и заболеваемости на производстве в прошлом и настоящем времени с целью получения прогнозных показателей указанных факторов в будущем при условии сохранения действующей системы работы по охране труда.

*Планирование и разработка мероприятий по охране труда* выполняется в соответствии с Положением о планировании и разработке мероприятий по охране труда, утвержденным постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 23 октября 2000 г. № 136 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000 г. № 113, 8/4357). Технические, санитарно-гигиенические, организационные и другие мероприятия по охране труда, направленные на обеспечение требований безопасности и гигиены труда, приведение санитарно-бытового обеспечения работников к установленным нормам, осуществляемые в плановом порядке, включаются в План мероприятий по охране труда (далее – План), который оформляется в качестве приложения к коллективному договору в раздел «Улучшение условий и охраны труда». Каждое осуществленное мероприятие принимается и оформляется актом комиссии организации с участием представителя профсоюза.

*Обучение и проверка знаний работников по охране труда*, а также повышение уровня знаний руководителей и специалистов по охране труда осуществляются в соответствии с Законом Республики Беларусь от 29 октября 1991 года «Об образовании» в редакции Закона Республики Беларусь от 19 марта 2002 года (Ведамасці Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь, 1991 г., № 33, ст. 598; Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2002 г., № 37, 2/844), Положением о непрерывном профессиональном обучении рабочих (служащих), утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 15 мая 2007 г. № 599 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2007 г., № 120,5/25186), Правилами обучения безопасным методам и приемам работы, проведения инструктажа и проверки знаний по вопросам охраны труда, утвержденными постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30 декабря 2003 г. № 164 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2004 г., № 22, 8/10510) и другими нормативными правовыми актами. Учебная материальная база, создаваемая для обучения по вопросам охраны труда, включает учебные помещения, учебные полигоны, мастерские, цеха, участки, отдельные рабочие места и кабинеты по охране труда, оснащенные в соответствии с Типовым положением о кабинете охраны труда, утвержденным постановлением Министерства труда Республики Беларусь от 8 ноября 1999 года № 144 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000 г., № 7, 8/1528). Организация обучения, инструктажей и проверки знаний работников по вопросам охраны труда осуществляется отделами подготовки кадров или отделами кадров совместно с соответствующими структурными подразделениями организации при участии службы охраны труда и носит непрерывный многоуровневый характер.

Контроль за своевременным и качественным проведением обучения, инструктажей и проверки знаний работников по вопросам охраны труда осуществляют службы охраны труда (специалист по охране труда или должностное ли-

цо, на которое эти обязанности возложены) в соответствии с Типовым положением о службе охраны труда организации, утвержденным постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 24 мая 2002 года № 82 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2002 г., № 89, 8/8286) и настоящим Положением о СУОТ. Для проверки знаний по вопросам охраны труда в организациях приказом руководителя создается комиссия. Ее возглавляет руководитель или его заместитель, ответственный за организацию охраны труда. В нее включаются работники службы охраны труда, юридической и кадровой служб, главные специалисты, представители органов государственного надзора и контроля (при необходимости и по согласованию с этими органами).

Руководители и специалисты не позднее одного месяца со дня назначения на должность и периодически в соответствии с Правилами обучения безопасным методам и приемам работы, проведения инструктажа и проверки знаний по вопросам охраны труда, утвержденными постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30 декабря 2003 г. № 164 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2004 г., № 22,8/10510) проходят проверку знаний по вопросам охраны труда. В организациях с работниками проводится инструктаж по вопросам охраны труда. По характеру и времени проведения инструктажи по охране труда подразделяются на вводный, первичный на рабочем месте, повторный, внеплановый и целевой. Вводный инструктаж проводит специалист по охране труда или специалист организации, на которого возложены эти обязанности. Первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктажи проводит непосредственно руководитель работ (начальник производства, цеха, участка, мастер, инструктор и другие должностные лица). Инструктажи завершаются устным опросом каждого работника руководителем работ, проводившим инструктаж, а также проверкой приобретенных навыков безопасным методам и приемам работы. Проведение первичного, повторного, внепланового, целевого инструктажей и стажировки подтверждается подписями лиц, их проводивших, в журнале регистрации инструктажей установленной формы. В случае проведения инструктажа с работниками, выполняющими работы по наряду-допуску, отметка о его проведении производится в наряде-допуске. Допускается регистрация целевых инструктажей в отдельном журнале. Журнал регистрации вводного инструктажа и журнал регистрации инструктажей нумеруются, шнуруются и скрепляются печатью. Журнал регистрации вводного инструктажа заверяется подписью руководителя организации или уполномоченного им лица. Журнал регистрации инструктажей заверяется подписью руководителя организации или структурного подразделения. Срок хранения журналов – десять лет с даты внесения последней записи.

*Контроль за соблюдением требований по охране труда, учитывая его основные задачи и виды, а также полномочия и ответственность руководителей и специалистов организации в части контроля за соблюдением законодательства об охране труда осуществляются в форме проверки, обследований, осмотров.*

Периодический контроль в зависимости от видов деятельности и структуры организации проводится ежедневно, ежемесячно и ежеквартально. Перед

началом сезонных работ (ремонтom техники, весенне-полевыми работами, заготовкой кормов, уборочными работами, постановкой техники на хранение) в обязательном порядке проводится «День охраны труда».

Итоги проведения этого мероприятия оформляются протоколом, в котором отражается состояние охраны труда в организации, структурных подразделениях и даются рекомендательные предложения по улучшению условий труда работающих.

Контроль за выполнением законодательства о труде и охране труда осуществляется службами охраны труда:

- в облсельхозпродах – службой охраны труда, транспортной и пожарной безопасности облсельхозпрода (отделом, сектором, другим структурным подразделением);
- в райсельхозпродах и сельхозорганизациях – службой охраны труда райсельхозпрода и организаций.

*Организация производственного контроля* проводится в соответствии с комплексом мероприятий, направленных на обеспечение безопасного функционирования опасных производственных объектов, предупреждение аварий на этих объектах и обеспечение ликвидации их последствий. Положение о производственном контроле разрабатывается с учетом профиля и опасности производственного объекта и утверждается руководителем организации. Ответственность за организацию и осуществление производственного контроля несут руководитель организации и должностные лица, на которых возложены эти обязанности в соответствии с приказом (распоряжением, постановлением) руководителя организации. Общественный контроль за соблюдением законодательства Республики Беларусь о труде осуществляется в соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 19 июля 2005 г. № 327 «О дополнительных мерах по защите трудовых, социально-экономических прав и интересов работников» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2005 г., №112,1/6624), постановлением Советов Министров Республики Беларусь от 23 октября 2000 г. № 1630 «Об утверждении Порядка осуществления профсоюзами общественного контроля за соблюдением законодательства Республики Беларусь о труде» (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2000 г., № 103, 5/4377).

*Задачи и функции органов управления и должностных лиц по охране труда* входят в права и обязанности руководителей и специалистов структурных подразделений центрального аппарата Минсельхозпрода, облсельхозпродов, райсельхозпродов, инспекций по охране труда, служб охраны труда облсельхозпродов, служб по охране труда райсельхозпродов, руководителей и специалистов организаций и структурных подразделений, главных специалистов по охране труда организаций и непосредственных работников производственных процессов и операций сельскохозяйственного производства в соответствии с требованиями СТБ 18001–2005 «Системы управления охраной труда».

Анализ состояния условий и охраны труда в Минсельхозпроде, облсельхозпродах, райсельхозпродах, сельхозорганизациях и их структурных подразделениях осуществляется, соответственно, инспекцией по охране труда, транспортной и пожарной безопасности Минсельхозпрода, службой охраны труда

облсельхозпродов, райсельхозпродов и сельхозорганизаций на основании показателей, характеризующих эту сферу деятельности, документов расследований несчастных случаев и профессиональных заболеваний, происшедших на производстве, выданных предписаний органов государственного надзора и контроля. Результаты анализа состояния охраны труда оформляются документально, в виде информации службами охраны труда всех уровней органов управления, рассматриваются на заседании коллегий при подведении итогов работы за отчетный период с выдачей рекомендательных предложений по устранению отмеченных недостатков в организации работы по охране труда, по совершенствованию направлений работы в этом вопросе, планированию и разработке мероприятий по улучшению условий труда. Результаты анализа состояния охраны труда оформляются в виде итоговой таблицы. Работа по охране труда в организации признается хорошей, если общая оценка составляет 110–120 баллов, удовлетворительной – от 101 до 110 баллов, неудовлетворительной – 100 баллов и ниже. Порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве в организациях проводится в соответствии с действующими нормативными правовыми актами.

### Заключение

1. Во исполнение мероприятий «Отраслевой программы по улучшению условий и охраны труда на 2006–2010 гг. в организациях, занимающихся производством и переработкой сельскохозяйственной продукции, а также обслуживающих сельскохозяйственное производство», утвержденной постановлением Минсельхозпрода Республики Беларусь 27 января 2006 г. № 5, разработано Положение о системе управления охраной труда в Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, сельскохозяйственных, перерабатывающих и обслуживающих сельское хозяйство организациях, утвержденное постановлением Минсельхозпрода Республики Беларусь 16 апреля 2008 г. № 38.

2. В Положении о СУОТ изложены права и обязанности руководителей и специалистов организаций системы Минсельхозпрода по осуществлению организационно-профилактических мероприятий по обеспечению здоровых и безопасных условий труда на основании законодательных и иных нормативных правовых актов, технических нормативных правовых актов, регулирующих отношения в сфере охраны труда.

*31.03.10.*

### Литература

1. Положение о системе управления охраной труда в Министерстве сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, сельскохозяйственных, перерабатывающих и обслуживающих сельское хозяйство организациях // Нац. реестр правовых актов Республики Беларусь, 23 июля 2008 г., № 173(1733), № регистр. 8/19086 / Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь [Электронный ресурс] – Минск, 2005. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/lawnews/result.asp>. – Дата доступа: 05.04.2010.

## Рефераты

УДК 631.172:631.353.2/3

Крылов, С.В. **Анализ и оценка энергозатрат современных машин для заготовки прессованного сена** / С.В. Крылов, И.М. Лабодский, Н.А. Горбачевич, И.Ю. Сержанин, П.В. Яровенко, А.Д. Макуть, И.М. Ковалева // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 3-10.

В статье рассматриваются анализ и оценка энергозатрат современных машин для заготовки прессованного сена. – *Рис. 1, табл. 5, библиогр. 13.*

Krylov S.V., Labotsky I.M., Gorbachevich N.A., Serzhanin I.J., Jarovenko P.V., Makut A.D., Kovaleva I.M.

### **The analysis of power inputs and their estimations of modern cars for preparation of the pressed hay**

In article the analysis of power inputs and their estimations of modern cars for preparation of the pressed hay is considered.

---

УДК 631.3:658.155

Крылов, С.В. **Проблемы методов экономической оценки различных технологий заготовки травянистых кормов** / С.В. Крылов, В.С. Костюк, В.В. Русаков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 10-14.

В данной статье рассмотрены недостатки нормативных документов, определяющих экономическую эффективность машин, и их реальная зональная загрузка. – *Табл. 2, библиогр. 5.*

Krylov S.V., Kostuk V.S., Rusakov V.V.

### **Problems of methods of economic evaluation of the different technologies of grassy forages storage**

Defects of the normative documents defining cost-effectiveness of machines and their real zonal are considered in the article.

---

УДК 636.085.55.002.2:66.013

Тимошук, А.Л. **Кондиционирование комбинированных кормов – эффективный путь к их обеззараживанию и повышению кормовой ценности** / А.Л. Тимошук, С.Л. Романов, А.В. Гришков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2009. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 14-19.

В статье приводится анализ способов обеззараживания и повышения кормовой ценности комбинированных кормов, предлагаются наиболее эффективные варианты, обеспечивающие повышение качества и экономию энергоресурсов. – *Рис. 1, библиогр. 8.*

Timoshuk A.L., Romanov S.L., Grishkov A.V.

### **The combine fodder conditioning is the affective path to neutralize and nourishing them**

Analysis of the neutralize and nourishing methods the combine fodder put in the article and proposals about the most effective paths for the quality enlargement and the energy resources economy are given.

---

УДК 631.243.2:636.085.34

Крылов, С.В. **Определение влажности заготавливаемого в траншейное хранилище сенажа при выпадении осадков** / С.В. Крылов, И.М. Лабоцкий, В.С. Костюк // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 20-23.

В статье рассматривается изменение влажности сенажа при его закладке в зависимости от нормы выпадения осадков и высоты утрамбованного слоя сенажа. – *Рис. 1, библиогр. 5.*

Krylov S.V., Labotsky I.M., Kostuk V.S.

#### **Definition of dampness of stored haylage in a trench storage of precipitations**

Change of a haylage dampness of its put in dependence of precipitations norm and height of rammed layer of haylage is considered in the article.

---

УДК [(631.363:005.512):636.085.55]

Минько, Л.Ф. **Обоснование рациональности использования мобильных комбикормовых заводов для приготовления концентрированных кормов в хозяйствах Беларуси** / Л.Ф. Минько, С.В. Гаврилович, А.А. Кувшинов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. Т. 2. – С. 24-27.

В статье описывается целесообразность применения мобильных комбикормовых заводов для приготовления концентрированных кормов непосредственно в хозяйствах, с использованием местных источников сырья самих хозяйств. – *Рис. 2, табл. 1, библиогр. 2.*

Minko L.F., Gavrilovich S.V., Kuvshinov A.A.

#### **Substantiation of rationality use of the mobile mixed fodder factories for preparation of the concentrated forages in facilities of Belarus**

In article the expediency of application mobile mixed fodder factories for preparation of the concentrated forages directly in facilities, with use of local sources of raw material of facilities is described.

---

УДК 636.4:004.3

Гируцкий, И.И. **Имитационное моделирование откорма свиней** / И.И. Гируцкий, В.Ф. Марышев, А.А. Жур // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 27-33.

В статье приводятся результаты выполненных исследований по синтезированной модели привесов свиней на откорме, соответствующей принципу биологической интерпретации, и имитационных моделей, позволяющих оценить качество микропроцессорного управления откормом свиней в различных условиях. – *Рис. 1, табл. 2, библиогр. 12.*

Girutski I.I., Maryshev V.F., Zhur A.A.

#### **Simulation modeling of growing pigs**

The article presents the results of research on synthetic models of weights in pigs, satisfying the principle of biological interpretation, and simulation models for assessing the quality of microprocessor control fattening of pigs in different environments.

---

УДК 631.363.7

Навныко, М.В. **Разработка смесителей влажных кормов принудительного действия** // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 34-36.

В статье приводятся результаты выполненных исследований по разработке смесителей влажных кормов принудительного действия.

Naunuka M.V.

#### **Working out of damp forages mixers of compulsory action**

In article results of the executed researches on working out of damp forages mixers of compulsory action are resulted.

---

УДК 631.3:621.827: 636.087.7–83

Гутман, В.Н. **Разработка оборудования раздачи сухих комбикормов свиньям** / В.Н. Гутман, С.А. Цалко, С.П. Рапович, А.А. Будько // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 37-43.

В статье приводятся результаты выполненных исследований по разработке оборудования для раздачи сухих комбикормов свиньям. – *Рис. 3, библиогр. 6.*

Gutman V.N., Calko S.A., Rapovich S.P., Budzko A.A.

#### **Development of equipment distribution of dry feed pigs**

The article presents the results of research on developing equipment for distribution of dry feed pigs.

---

УДК 631.332.24:338.64

Китиков, В.О. **Применение математических моделей лактационных кривых для эффективного планирования валового производства молока** / В.О. Китиков, Е.В. Тернов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 43-49.

Предложен способ точного планирования валового производства молока на ферме на основе экстраполяции лактационной кривой каждой коровы в дойном стаде усовершенствованной моделью Вуда. Результат представляет собой сумму суточных надоев коров по дням планового периода. Способ реализуется в виде компьютерной программы, допускает сочетание различных моделей лактационных кривых и выполнение расчета для любого подмножества стада в произвольных временных границах, позволяет учитывать влияние возмущающих факторов, обеспечивает многоцелевое применение результатов промежуточных вычислений и может быть применен для различных видов молочного скота. – *Рис. 3, табл. 2, библиогр. 6.*

Kitikov V.O., Ternov E.V.

#### **The use of the simulation of the lactation curves for effective planning of the milk yields in gross**

There is a computing method of precise planning of milk production proposed. This method uses extrapolation of the lactation curve of every cow with an enhanced Wood model. It allows use different kind models in a couple, too. The daily result is calculated as a sum of every cow's daily yield. The plan yield can be calculated for any cows in herd by any term and allows pay attention to perturbative factors. The intermediate results can be used to many purposes. This method can be applied for various species of milch livestock.



УДК 636.2.034:519.8

Тернов, Е.В. **Точность математического моделирования лактационных кривых коров на различных сроках лактации** / Е.В. Тернов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 49-53.

По ежедневным индивидуальным надоям, регистрируемым в доильном зале, компьютерная программа управления стадом может автоматически генерировать аналитическую модель лактационной кривой каждой коровы в стаде для научных задач и повседневного практического использования. В данной статье представлена оценка точности экстраполяции будущих надоев в зависимости от срока лактации, на котором выполняется интерполяция. – *Рис. 2, табл. 1, библиогр. 5.*

Ternov E.V.

### **Precision in mathematical modeling of cows' lactation curves in different stages of lactation**

An analytic model of every cow's in cattle herd lactation curve can be generated with DMS software using personal daily yields data from milking parlor. That model can be useful not only in researches but in daily herd management, too. A precision in evaluation of future yields extrapolation depending on current lactation term is discussed in this article.

---

УДК 637.115

Китиков, В.О. **Метод обоснования эффективных стереотипов механизированного доения коров** / В.О. Китиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 53-60.

Проведен анализ основных технологических условий для повышения эффективности механизированного доения коров с учетом соответствия параметров доильного оборудования физиологическому состоянию животного. Предложен метод обоснования эффективных стереотипов механизированного доения, позволяющий формировать технологические группы животных, пригодных к машинному доению. – *Рис. 6, библиогр. 7.*

Kitikov V.O.

### **Explanation Method of Efficient Practices of Machine Cow-milking**

There was launched analysis of the basic technological conditions with the purpose to improve efficiency of machine cow-milking, taking into account suitability of the milking equipment with the animals' physiology. On the basis of the study of efficient cow-milking there was offered a method that allows to form groups of animals suitable for machine milking.

---

УДК 519.6:637.116.4

Китиков, В.О. **Моделирование физических процессов в доильной установке при стабилизации разрежения** / В.О. Китиков, Е.В. Тернов, М.М. Чуйко // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 61-65.

На основе результатов математического моделирования вакуумной системы доильной установки и методик проверки соответствия ее параметров требованиям теста ISO 6690 может быть разработана САР уровня разрежения в вакуумной системе. В данной статье представлены предварительные результаты составления математической модели вакуумной системы доильной установки. – *Библиогр. 6.*

Kitikov V.O., Ternov E.V., Chuiko M.M.

### **Simulation of physical processes in a milking unit by vacuum stabilization**

An automated system to adjustment of working vacuum of milking unit can be created using simulation and ISO 6690 measurements methods. Preliminary expressions of vacuum dynamics in a milking unit are discussed in this article.

---

УДК 637.116.4:621.65

Китиков, В.О. **Повышение стабильности вакуума при доении** / В.О. Китиков, Э.П. Сорокин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 66-72.

Статья посвящена изучению вопроса стабилизации вакуума в трубопроводе доильной установки. Для стабилизации вакуумметрического давления в вакуум- и молокопроводе предложено устройство – выравнитель вакуумметрического давления. – *Рис. 3, табл. 1, библиогр. 4.*

Kitikov V.O., Sorokin E.P.

### **Improved stability of the vacuum when milking**

The article studies the question of stabilization of vacuum in a pipeline milking system. To stabilize the vacuum pressure in the vacuum and the milk offered device- aligner vacuum pressure.

---

УДК 637.116

Антошук, С.А. **Практические рекомендации по выбору доильной установки** / С.А. Антошук, Э.П. Сорокин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 73-78.

Даны практические рекомендации по выбору доильной установки исходя из количества дойных коров и планируемой продолжительности разового доения стада, системы содержания животных, кратности доения и организации труда, а также величины технологической группы, размеров доильного зала и преддоильной площадки. – *Табл. 1.*

Antoshuk S.A., Sorokin E.P.

### **Practical advice on the choice of the milking plant**

Practical recommendations on the choice of the milking plant according toof the number of of dairy cows and the planned duration of a single milking herd of the animals , the multiplicity of milking labor organization , as well as the value of technology , size, milking parlor and preddoilnoy site.

---

УДК 628.8:631.22.014

Гутман, В.Н. **Исследование приточной утепленной шахты с распределителем воздуха** / В.Н. Гутман, Н.О. Шевчук, С.П. Рапович, А.А. Зубарик, И.В. Пуляева // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 78-85.

В статье приведены результаты исследований утепленной приточной шахты в зависимости от режимов работы вытяжных вентиляторов, положения заслонки в шахте и распределителя приточного воздуха. Выявлены конструктивные недостатки, и предложена схема приточной утепленной шахты с новым техническим решением. – *Рис. 8, библиогр. 2.*

Gutman V.N., Shevtchuk N.O., Rapovich S.P., Zubaryk A.A., Puliaeva I.V.

### **General ventilation with recirculating air cleaning in cattle-breeding premises**

The results of studies warmed fresh air shaft, depending on the modes of operation of exhaust fans, position of the throttle valve in mine and fresh air. Identified constructive shortcomings, and propose a scheme plenum insulated shaft with a new technical solution.

---

УДК [631.171+631.3]:636] 476

Пиуновский, И.И. **Оценка параметров микроклимата животноводческих помещений на основе математического моделирования** / И.И. Пиуновский, М.М. Устинова, В.И. Володкевич, А.А. Молош // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 86-88.

Рассмотрены возможные варианты моделирования параметров микроклимата животноводческих помещений на примере одной из ферм. Осуществлены расчеты основных параметров, характеризующих микроклимат, по областям республики. – Табл. 1, библиогр. 3

Piunovski I.I., Ustinova M.M., Volodkevich V.I., Molosh A.V.

### **Estimate of microclimate parameters of stock building on basis of mathematical simulation**

Possible variants of microclimate parameters simulation of stock building by the example of one of the farms are considered. Calculations of the critical microclimate parameters by republic's regions are done.

---

УДК 621.31; 681.5.08

Тимошук, А.Л. **Информационные системы учета и управления энергопотреблением на сельскохозяйственных предприятиях** / А.Л. Тимошук, И.И. Гируцкий, И.И. Колосов // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 88-94.

В статье приводятся результаты выполненных исследований по направлениям повышения энергоэффективности сельскохозяйственного производства с использованием информационных систем контроля и управления энергопотреблением. – Рис. 5, библиогр. 4.

Timoshuk A.L., Girutsky I.I., Kolosov I.I.

### **Information systems of accounting and energy management on farms**

The article presents the results of research on areas of energy efficiency of agricultural production with the use of information systems control and energy management.

---

УДК 631.22:628.81

Литовский, А.М. **Энергоэффективные системы теплоснабжения животноводческих комплексов на основе применения теплонасосного оборудования** / А.М. Литовский, О.Н. Буляк, Д.А. Зуйкевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 94-101.

В статье представлен способ создания системы отопления доильных залов на базе теплового насоса в сочетании с системой «теплый пол». Рассмотрена возможность использования в качестве источника низкопотенциального тепла атмосферного воздуха. – Рис. 4, табл. 2, библиогр. 5.

**Energy effective systems of a heat supply of cattle-breeding complexes on the basis of application heat pump equipment**

In article the way of creation of heating in the milking halls on the basis of the heat pump in a combination to system "warm floor" is presented. Possibility of use as a source of low potential heat of atmospheric air is considered.

---

УДК 628.35:628.255

Капустин, Н.Ф. **Исследование агрохимических показателей отходов животноводства до и после анаэробного сбраживания** / Н.Ф. Капустин, А.Н. Басаревский, С.Н. Поникарчик // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 101-106.

В статье проведена оценка изменения агрохимических показателей субстратов на основе животноводческих отходов в процессе анаэробного сбраживания в биогазовых установках, приведены результаты выполненных исследований, подтверждающие эффективность переработки отходов. – *Рис. 2, табл. 2, библиогр. 4.*

Kapustin N.F., Basarevskij A.N., Ponikarchik S.N.

**Investigation of agrochemical indices of animal waste before and after anaerobic digestion**

The paper assessed the agrochemical indices of substrates on the basis of animal waste in the process of anaerobic digestion in biogas plants, the results of the investigations carried out, confirming the effectiveness of recycling.

---

УДК 63:(620.95:504.064.34)

Капустин, Н.Ф. **Способ и устройство очистки биогаза** / Н.Ф. Капустин, Ю.А. Сунцова, О.А. Дытман // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 106-110.

В статье изложен способ повышения теплотворной способности биогаза и приведена структурно-технологическая схема работы десульфуризатора. – *Рис. 2, библиогр. 4.*

Kapustin N.F., Suntsova J.A., Dytman O.A.

**A way and the device for increase abilities of biogas**

In article the way of increase теплотворной is stated ability of biogas and the structurally-technological scheme of work desulfurizer.

---

УДК 662.81.053.346:664.76.01

Пунько, А.И. **Результаты предварительных испытаний линии приготовления гранулированного топлива из отходов растениеводства** / А.И. Пунько, С.В. Гаврилович, Д.И. Романчук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 110-114.

В статье приводится технологическая схема производства, описываются используемое оборудование и результаты предварительных испытаний линии приготовления гранулированного топлива из отходов растениеводства. – *Рис. 1, библиогр. 2, табл. 2*

Punko A.I., Gavrilovic S.V., Romanchuk D.I.

### **Results of preliminary tests of a line of preparation of the granulated fuel**

In 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 is resulted.

---

УДК 631.371:621.311.4

Головач, О.А. **Транзисторные преобразователи частоты для электротермии: от идеи до внедрения** / О.А. Головач, В.В. Викторovich, А.И. Михлюк // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 115-121.

В статье приводятся результаты выполненных исследований состояния индукционного термического оборудования на наиболее крупных предприятиях Министерства промышленности РБ и даются предложения по разработке и освоению наиболее эффективных с позиций энергосбережения транзисторных источников питания. – *Рис. 6, табл. 1, библиогр. 3.*

Golovach O.A., Viktorovich V.V., Mihluk A.I.

### **Transistor converters of frequency for heatinduktion: from idea before introduction**

In article results of the executed researches on a condition of the induction thermal equipment at the largest enterprises of the Ministry of industry RB are resulted and offers on working out and development of the most effective from positions of a energosaving transistor power supplies.

---

УДК 621.928.37

Пашкевич, А.В. **Выбор конструкции трехпродуктового гидроциклона для очистки моющих растворов** / А.В. Пашкевич // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 121-128.

В статье представлен обзор конструкций трехпродуктовых гидроциклонов, используемых для очистки моющих растворов от твердых взвесей и нефтепродуктов. Обоснован выбор конструкции гидроциклона, который позволяет в автоматическом режиме выводить скопившиеся нефтепродукты. Представлен общий вид трехпродуктового гидроциклона с электрическим автоматизированным процессом вывода нефтепродуктов. – *Рис. 7, библиогр. 10.*

Pashkevich A.V.

### **Choice of the design of the three-grocery hydrocyclone**

In article the review of designs of the three-grocery hydrocyclones used for clearing of washing solutions from firm suspensions and mineral oil is presented. The choice of a design of a hydrocyclone which allows to deduce the accumulated mineral oil in an automatic mode is proved. The general view of a three-grocery hydrocyclone with the electric automated process of a conclusion of mineral oil is presented.

---

УДК 621.48:62–634.5

Захарчук, В.И. **Оценка эксплуатационных свойств изопрпилового эфира рапсового масла** / В.И. Захарчук, В.В. Ткачук // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 129-134.

В статье приводятся показатели эксплуатационных свойств видов биодизельного топлива и результаты расчетных исследований эффективных показателей дизеля при его работе на разных видах топлива. – *Рис. 1, табл. 3, библиогр. 4.*

Zakharchuk V.I., Tkachuk V.V.

#### **Estimation of exploitation properties of isopropyl ether of rape oil**

The indexes of operating properties of biodiesel fuels and results of researches of calculations of effective indexes of diesel are resulted during his work on different fuels.

---

УДК 631.3:005.93

Чеботарев, В.П. **Направления развития ремонтно-обслуживающей базы сельскохозяйственных предприятий в современных условиях** / В.П. Чеботарев, В.К. Клыбик, А.В. Новиков, М.И. Новиков // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 134-139.

В статье приводятся результаты выполненного анализа развития ремонтно-обслуживающей базы сельскохозяйственных предприятий и предложены варианты распределения выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники. – *Табл. 2, библиогр. 4.*

Chebotarev V.P., Klybik V.K., Novikov A.V., Novikov M.I.

#### **Directions of development of repair and service base of agricultural enterprises in modern conditions**

Results of the executed analysis of development of repair and service base of agricultural enterprises are given in the article and variants of distribution of execution work of technical service and repair agricultural technics are offered.

---

УДК 634.739.3

Азаренко, В.В. **Обоснование безопасных условий эксплуатации промышленной плантации крупноплодной клюквы** / В.В. Азаренко, А.Л. Мисун, Л.В. Мисун // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 139-146.

В статье предложена зависимость для определения коэффициента запаса устойчивости откоса внутричекового обводного канала промышленной плантации крупноплодной клюквы. Обоснована необходимость совершенствования конструкции технического средства для выполнения работ по безопасному механизированному уходу за клюквенным покровом на откосах чека.

Azarenko V.V., Misun A.L., Misun L.V.

#### **Substantiation of safe conditions of operation of an industrial plantation large fruits of cranberry**

Dependence for definition of factor of a stock of stability of the intracheck bypass channel of an industrial plantation large fruits of cranberries. Necessity of perfection of a design of a mean for performance of works on the safe mechanized care of a cranberry cover on slopes of the check is proved.

---

УДК 632.95.331.45

Пиуновский, И.И. **Требования по охране труда при хранении, транспортировке и применении средств защиты растений в сельском хозяйстве** / И.И. Пиуновский, В.И. Володкевич, А.В. Молош // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 146-152.

В статье изложены основные требования безопасности при хранении, транспортировке и применении средств защиты растений в сельском хозяйстве. – *Библиогр. 2.*

Piunovski I.I., Volodkevich V.I., Molosh A.V.

**Requirements of protection of labour requirements in storage, transportation and usage of plants protection in agriculture**

The main safety requirements in storage, transportation and usage of plants protection in agriculture are stated in the article.

---

УДК 631.158:331.45

Гордиенко, Н.А. **Охрана труда в системе управления сельскохозяйственным производством** / Н.А. Гордиенко, И.И. Пиуновский, В.И. Володкевич, А.В. Молош // Механизация и электрификация сельского хозяйства: межвед. тематич. сб.: в 2 т. / РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Минск, 2010. – Вып. 44. – Т. 2. – С. 152-157.

В статье рассмотрены основные права и обязанности руководителей и специалистов организаций системы Минсельхозпрода по созданию здоровых и безопасных условий труда. – *Библиогр. 1.*

Gordienko N.A., Piunovskij I.I., Volodkevich V.I., Molosh A.V.

**Protection of labour in the agricultural production control system**

The main rights and duties of heads and specialists of Ministry of Agriculture and Food organizations in creation of healthy and safe conditions of labour are considered in the article.

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Крылов С.В., Лабоцкий И.М., Горбацевич Н.А., Сержанин И.Ю., Яровенко П.В., Макуть А.Д., Ковалева И.М. <b>Анализ и оценка энергозатрат современных машин для заготовки прессованного сена</b> .....	3
Крылов С.В., Костюк В.С., Русаков В.В. <b>Проблемы методов экономической оценки различных технологий заготовки травянистых кормов</b> .....	10
Тимошук А.Л., Романов С.Л., Гришков А.В. <b>Кондиционирование комбинированных кормов – эффективный путь к их обеззараживанию и повышению кормовой ценности</b> .....	14
Крылов С.В., Лабоцкий И.М., Костюк В.С. <b>Определение влажности заготавливаемого в траншейное хранилище сенажа при выпадении осадков</b> .....	20
Минько Л.Ф., Гаврилович С.В., Кувшинов А.А. <b>Обоснование рациональности использования мобильных комбикормовых заводов для приготовления концентрированных кормов в хозяйствах Беларуси</b> .....	24
Гируцкий И.И., Марышев В.Ф., Жур А.А. <b>Имитационное моделирование откорма свиней</b> .....	27
Навныко М.В. <b>Разработка смесителей влажных кормов принудительного действия</b> .....	34
Гутман В.Н., Цалко С.А., Рапович С.П., Будько А.А. <b>Разработка оборудования раздачи сухих комбикормов свиньям</b> .....	37
Китиков В.О., Тернов Е.В. <b>Применение математических моделей лактационных кривых для эффективного планирования валового производства молока</b> .....	43
Тернов Е.В. <b>Точность математического моделирования лактационных кривых коров на различных сроках лактации</b> .....	49
Китиков В.О. <b>Метод обоснования эффективных стереотипов механизированного доения коров</b> .....	53
Китиков В.О., Тернов Е.В., Чуйко М.М. <b>Моделирование физических процессов в доильной установке при стабилизации разрежения</b> .....	61
Китиков В.О., Сорокин Э.П. <b>Повышение стабильности вакуума при доении</b> ..	66
Антошук С.А., Сорокин Э.П. <b>Практические рекомендации по выбору доильной установки</b> .....	73
Гутман В.Н., Шевчук Н.О., Рапович С.П., Зубарик А.А., Пуляева И.В. <b>Исследование приточной утепленной шахты с распределителем воздуха</b> .....	78
Пиуновский И.И., Устинова М.М., Володкевич В.И., Молош А.А. <b>Оценка параметров микроклимата животноводческих помещений на основе математического моделирования</b> .....	86
Тимошук А.Л., Гируцкий И.И., Колосов И.И. <b>Информационные системы учета и управления энергопотреблением на сельскохозяйственных предприятиях</b> .....	88
Литовский А.М., Буляк О.Н., Зуйкевич Д.А. <b>Энергоэффективные системы теплоснабжения животноводческих комплексов на основе применения теплонасосного оборудования</b> .....	94
Капустин Н.Ф., Басаревский А.Н., Поникарчик С.Н. <b>Исследование агрохимических показателей отходов животноводства до и после анаэробного сбраживания</b> .....	101



Капустин Н.Ф., Сунцова Ю.А., Дытман О.А. <b>Способ и устройство очистки биогаза</b> .....	106
Пунько А.И., Гаврилович С.В., Романчук Д.И. <b>Результаты предварительных испытаний линии приготовления гранулированного топлива из отходов растениеводства</b> .....	110
Головач О.А., Викторovich В.В., Михлюк А.И. <b>Транзисторные преобразователи частоты для электротермии: от идеи до внедрения</b> .....	115
Пашкевич А.В. <b>Выбор конструкции трехпродуктового гидроциклона для очистки моющих растворов</b> .....	121
Захарчук В.И., Ткачук В.В. <b>Оценка эксплуатационных свойств изопропилового эфира рапсового масла</b> .....	129
Чеботарев В.П., Клыбик В.К., Новиков А.В., Новиков М.И. <b>Направления развития ремонтно-обслуживающей базы сельскохозяйственных предприятий в современных условиях</b> .....	134
Азаренко В.В., Мисун А.Л., Мисун Л.В. <b>Обоснование безопасных условий эксплуатации промышленной плантации крупноплодной клюквы</b>	139
Пиуновский И.И., Володкевич В.И., Молош А.В. <b>Требования по охране труда при хранении, транспортировке и применении средств защиты растений в сельском хозяйстве</b> .....	146
<b>Гордиенко Н.А., Пиуновский И.И., Володкевич В.И., Молош А.В. Охрана труда в системе управления сельскохозяйственным производством</b> .....	<b>152</b>
<b>Рефераты</b> .....	<b>158</b>

Научное издание

Механизация и электрификация сельского хозяйства

Межведомственный тематический сборник

Выпуск 44

В двух томах

Том 2

Редактор А.С. Борейша  
Ответственный за выпуск О.О. Дударев  
Компьютерная верстка Т.В. Ключкая  
Корректор А.С. Борейша

Подписано в печать 31.12.2010. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Бумага офсетная. Печать цифровая  
Усл. печ. л. 9,9. Уч.-изд. л. 9,3. Тираж 100 экз. Заказ 125.

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.