



ISSN 2078-7138

# АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

**№ 6**  
**ДЕКАБРЬ**  
**2012**

**В номере:**

*Расчет параметров пассивного лемеха картофелеуборочной машины*

*Роль овощеводства в обеспечении продовольственной безопасности Республики Беларусь*

*Влияние угла резания куттерного ножа на прирост температуры сырья и удельную энергоемкость процесса куттерования*

*Математическое моделирование в MATLAB двигательного и генераторного режимов работы асинхронных машин при частотном регулировании в стендах обкатки и испытания механических передач*



# **С НОВЫМ 2013 ГОДОМ!**

**Уважаемые коллеги, друзья!**



Уходит в историю еще один год, провожая который мы по сложившейся традиции подводим итоги прошедшего года и строим планы на будущее.

В течение года коллектив БГАТУ плодотворно работал над реализацией инновационных программ развития университета, направленных на повышение качества оказываемых вузом образовательных и научных услуг, а также совершенствование практической подготовки инженерно-технических кадров для АПК.

В 2012 году из стен нашего университета вышли почти две с половиной тысячи молодых специалистов, востребованных в разных отраслях сельского хозяйства и промышленности нашей страны.

Наряду с успехами в учебной работе уходящий год был отмечен и новыми научными достижениями. Учеными и аспирантами университета создано и внедрено в производство более 30 новых научных разработок, получено 175 патентов Республики Беларусь на изобретения и полезные модели. Финансируемые научные исследования проводились по 79 договорам по приоритетным направлениям науки в рамках 12 государственных научно-технических программ, заданий Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, региональных научно-технических программ «Развитие Минской области в 2011-2015 гг.» и «Инновационное развитие Брестской области в 2011-2015 гг.», а также прямым договорам с предприятиями и организациями республики.

В прошедшем году наши студенты и аспиранты удостоены стипендий Президента Республики Беларусь, имени Франциска Скорины, Минского обкома профсоюза работников АПК, Республиканского комитета Белорусского профсоюза, награждены премией Мингорисполкома, получили многочисленные дипломы республиканских и международных научных конференций и конкурсов студенческих научных работ.

Уважаемые коллеги! Я благодарен всем, кто в уходящем году добросовестно потрудился во благо университета и нашей родной Беларуси, кто своим самоотверженным трудом и отличной учебой приумножил достижения БГАТУ.

От всей души поздравляю работников, аспирантов и студентов университета с Новым 2013-м годом и Рождеством!

Желаю всем в Новом году творческих успехов в учебе и труде, оптимизма и осуществления всех намеченных планов.

Дорогие друзья! Счастья, крепкого здоровья, благополучия и праздничного настроения Вам и Вашим близким!

**И.Н. Шило,  
первый проректор  
университета**

# АГРОПАНОРАМА 6 (94) декабрь 2012

Издается с апреля 1997 г.

Научно-технический журнал  
для работников  
агропромышленного комплекса.  
Зарегистрирован в Министерстве  
информации Республики Беларусь  
21 апреля 2010 года.  
Регистрационный номер 1324

*Учредитель*  
*Белорусский государственный*  
*аграрный технический университет*

**Главный редактор**  
Иван Николаевич Шило

Заместитель главного редактора  
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

И.М. Богдевич	Н.В. Казаровец
Г.И. Гануш	А.Н. Карташевич
Л.С. Герасимович	Л.Я. Степук
В.Н. Дашков	В.Н. Тимошенко
Е.П. Забелло	А.П. Шпак
П.П. Казакевич	

В.Г. Леван – ответственный секретарь  
Н.И. Цындрина – редактор

*Компьютерная верстка*  
*В.С. Медведев*

*Адрес редакции:*

Минск, пр-т Независимости, д.99/1, к. 220  
Тел. (017) 267-47-71 Факс (017) 267-41-16

*Прием статей и работа с авторами:*

Минск, пр-т Независимости, д.99/5, к. 602, 608  
Тел. (017) 385-91-02, 267-22-14  
Факс (017) 267-25-71  
E-mail: [AgroP@batu.edu.by](mailto:AgroP@batu.edu.by)

БГАТУ, 2012, Издание университетское.  
Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-  
макета 21.12.2012 г. Зак. № 1156 от 21.12.2012 г.  
Дата выхода в свет 29.12.2012 г.  
Печать офсетная. Тираж 100 экз.  
Статьи рецензируются.

Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск,  
пр-т. Независимости, 99, к.2  
ЛП № 02330/0552743 от 2.02.2010 г.  
Выходит один раз в два месяца.  
Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.  
Цена подписки журнала на 1-ое полугодие 2013 г.  
для индивидуальных подписчиков - 72900 руб.;  
ведомственная - 131280 руб.;  
Цена журнала в киоске БГАТУ - 31000 руб.

При перепечатке или использовании  
публикаций согласование с редакцией  
и ссылка на журнал обязательны.  
Ответственность за достоверность  
рекламных материалов несет рекламодатель.

## ЧИТАЙТЕ В НОМЕРЕ

### Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

**В.С. Лахмаков, Г.Н. Портянко, Н.П. Гурнович,  
Г.А. Радишевский, Е.Г. Гронская, Е.Г. Артюшевская**  
Расчет параметров пассивного лемеха картофелеуборочной  
машины.....2  
**А.В. Чигарев, Ю.В. Чигарев, И.С. Крук, А.С. Воробей,  
А.В. Мучинский**  
К стохастической устойчивости нелинейных колебаний  
пластинки с начальным прогибом.....4

### Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

**В.Б. Ловкис, Н.А. Деменок**  
Обогрев теплиц для выращивания рассады инфракрасными  
газовыми теплоизлучателями.....8  
**Д.Ф. Кольга, В.С. Сыманович, Э. В. Колодько**  
Определение оптимальных параметров шлангового насоса –  
дозатора, влияющих на производительность и равномерность  
выдачи молочной смеси.....10  
**В.А. Люндышев, В.Ф. Радчиков, В.К. Гурин**  
Поваренная соль с микродобавками в рационах бычков.....13  
**Т.М. Карбанович, Т.А. Воробьева**  
Роль овощеводства в обеспечении продовольственной  
безопасности Республики Беларусь.....16  
**С.А. Костюкевич, М.А. Дудова**  
Улучшение качества промывки доильного оборудования при  
использовании силиконовых соединений.....18

### Технологии переработки продукции АПК

**В.Я. Груданов, А.А. Бренч, Л.Т. Ткачева, А.Л. Желудков**  
Влияние угла резания куттерного ножа на прирост температуры  
сырья и удельную энергоёмкость процесса куттерования.....21

### Энергетика. Транспорт

**М.А. Прищепов, В.В. Гурин, В.В. Смоленчук**  
Математическое моделирование в MATLAB двигателя и  
генераторного режимов работы асинхронных машин при  
частотном регулировании в стендах обкатки и испытания  
механических передач.....25  
**Г.И. Янукович, И.В. Протосовицкий, Н.Г. Королевич**  
Схема замещения трансформатора со схемой соединения обмоток  
Y/Yn со специальным симметрирующим устройством (Y/YNСУ)...32  
**А.Л. Синяков, И.А. Цубанов**  
Пути экономии электроэнергии в системах теплоснабжения с  
теплонасосными установками.....34

### Технический сервис в АПК. Экономика

**В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Д.А. Жданко,  
Н.Д. Янцов, И.В. Кравчук**  
О необходимости разработки передвижной тормозной  
диагностической установки.....38  
**Г.В. Веренич, Ж.В. Андрейчикова**  
Активизация и повышение качества внутреннего контроля в  
хозяйственных обществах.....42

### Технологии переработки продукции АПК

**О.Ю. Селицкая**  
Формирование профессиональных компетенций по применению  
энергосберегающих технологий у студентов  
сельскохозяйственных вузов.....46

**Перечень статей, опубликованных в журнале  
«Агропанорама» в 2012 году.....**вкладыш

## РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПАССИВНОГО ЛЕМЕХА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

В.С. Лахмаков, канд. техн. наук, доцент, Г.Н. Портянко, канд. техн. наук, доцент,  
Н.П. Гурнович, канд. техн. наук, доцент, Г.А. Радишевский, канд. техн. наук, доцент,  
Е.Г. Гронская, аспирантка, Е.Г. Артюшевская, студентка (БГАТУ)

### Аннотация

*В статье приведена методика расчета основных параметров пассивного подкапывающего рабочего органа картофелеуборочной машины с учетом того, что сразу после лемеха устанавливается активный рабочий орган для разрушения подкапываемого пласта и частичной сепарации почвы. Определены конструктивные параметры этого рабочего органа для двухрядной машины, усилие подпора почвенного пласта, тяговое сопротивление и коэффициент полезного действия.*

*The design procedure of key parameters of the passive undermining worker of body of the potato-harvesting machine is given in the article taking into account that right after a ploughshare the active working body for destruction of an undermined layer and partial separation of the soil is being established. Structural parameters of this working body for a two-row machine, effort of a prop of a soil layer, traction resistance and efficiency are defined.*

### Введение

Подкапывающие лемеха выполняют начальную операцию в технологическом процессе картофелеуборочной машины и в значительной мере влияют на подачу клубненосного пласта на последующие рабочие органы. Известно несколько типов конструкций подкапывающих рабочих органов. Наиболее распространенными являются комбинированные лемешно-дисковые, колеблющиеся, с пассивным лемехом и боковинами и другие [1]. При использовании ротационного сепаратора почвы важным вопросом является выбор формы и параметров лемехов.

Одним из основных параметров лемеха является угол его наклона к горизонту  $\alpha$ . Этот угол обуславливает минимальное сопротивление движению почвенного пласта, наименьшую вероятность сгруживания и высоту подъема массы.

### Основная часть

Для определения оптимального значения угла  $\alpha$  примем следующие исходные положения:

- высота расположения задней кромки лемеха постоянна:  $h = \text{const}$ ;
- сгруживание и развал пласта подкапываемой почвы на лемехе отсутствует;
- механический коэффициент полезного действия лемеха имеет максимальное значение.

Лемех должен подкапывать почву картофельной грядки и поднимать ее на высоту  $h$  (рис. 1), достаточную для подачи на ротационный сепаратор. Высота  $h$  определяется диаметром описанных окружностей и

высотой расположения валов ротационного сепаратора, а также запасом пространства для прохода туда отсепарированной почвы  $h_p$ . Если принять величину  $h$  постоянной, то угол наклона лемеха  $\alpha$  будет зависеть от длины лемеха  $L$ : при большем угле длина лемеха меньше, а при меньшем – больше

$$h = L \cdot \sin \alpha = \text{const}. \quad (1)$$

Работа лемеха должна производиться без сгруживания и развала почвы, так как в этом случае вместе с почвой в стороны будут падать клубни. Сгруживание почвы на лемехе зависит от сил сопротивления движению вверх по лемеху. Этими силами являются: составляющая веса почвы  $T$ , находящейся на лемехе, действующая вдоль лемеха вниз, и силы трения между почвой и лемехом  $F_1$  – от веса почвы на лемехе и  $F_2$  – от силы подпора почвы. Сумма этих сил должна быть меньше, чем сила подпора  $P$  почвенного пласта, действующая на пласт вдоль лемеха вверх. В противном случае почвенный пласт на лемехе будет разваливаться на стороны.

При равномерном движении лемеха на пласт почвы, находящейся на нем, действуют силы:

$Q$  – сила веса почвенного пласта, которая раскладывается на  $N$  – нормальную к поверхности лемеха и  $T$  – действующую вдоль лемеха вниз,  $H$ ;

$R$  – сила подпора со стороны почвы, которая раскладывается на нормальную  $S$ , действующую перпендикулярно поверхности лемеха, и  $P$  – силу подпора, действующую вдоль лемеха вверх,  $H$ .

Кроме того, действуют нормальные реакции со стороны лемеха  $N^1$  и  $S^1$ .

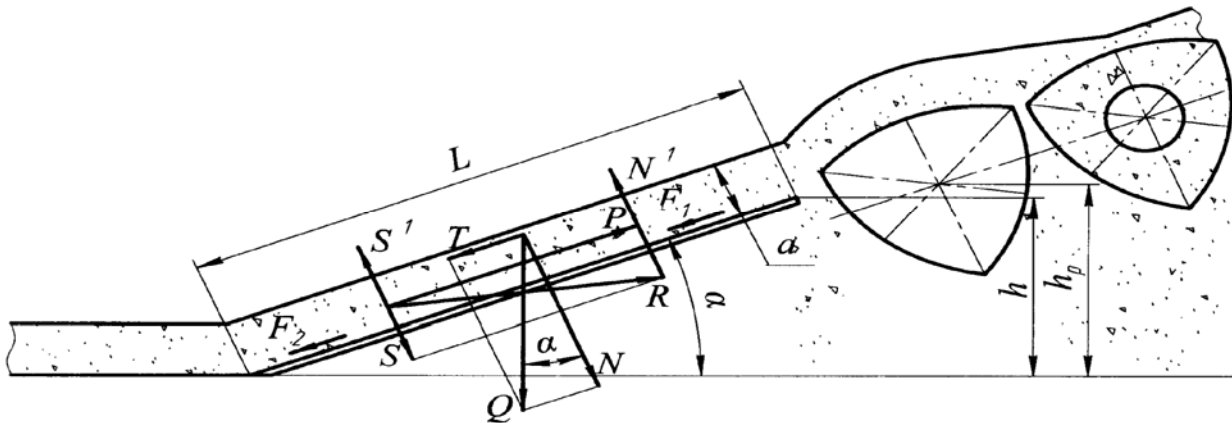


Рисунок 1 Схема сил, действующих на почвенный пласт

Силы сопротивления резанию и силы от деформации изгиба подкапываемого пласта не учитываются, так как сила сопротивления резанию существенно не влияет на оптимальные значения угла  $\alpha$ , а силы от деформации пласта хотя и несколько уменьшают значение  $\alpha_{opt}$ , но также не рассматриваются, поскольку их величина в почвенном пласте подкапываемой картофельной грядки невелика [2].

Силы  $S$  и  $N$  вызывают силы трения между почвенным пластом и лемехом  $F_1 = N \cdot f$  и  $F_2 = S \cdot f$ . С уменьшением угла наклона лемеха  $\alpha$ , при  $h = \text{const}$ , увеличивается длина лемеха, а, следовательно, увеличивается и масса почвы на лемехе и, соответственно, увеличиваются силы  $T$  и  $F_1$ . С увеличением угла  $\alpha$  увеличивается сила трения  $F_2$ . При этом существует оптимальное значение угла, при котором сила подпора почвенного пласта  $P$ , действующая вдоль лемеха, имеет минимальное значение. В этом случае вероятность развала почвенного пласта на лемехе будет минимальная.

Для определения  $\alpha_{opt}$  спроектируем силы, действующие на почвенный пласт, на плоскость лемеха:

$$P - N \cdot f - T - S \cdot f = 0, \quad (2)$$

где  $f$  – коэффициент трения почвы о лемех;

$$S = P \cdot \text{tg} \alpha; \quad (3)$$

$$N = Q \cdot \cos \alpha; \quad (4)$$

$$T = Q \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

Выразив в уравнении (2) значения  $N$  и  $T$  через  $Q$ , из уравнения (3...5) получим

$$P = \frac{Q \cdot (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}{1 - f \cdot \text{tg} \alpha}, \quad (6)$$

Вес почвенного пласта равен

$$Q = a \cdot B \cdot L \cdot \gamma = a \cdot B \cdot \frac{h \cdot \gamma}{\sin \alpha}, \quad (7)$$

где  $a$  – толщина почвенного пласта на лемехе, м;  
 $B$  – ширина почвенного пласта (ширина лемеха), м;  
 $\gamma$  – объемный вес почвенного пласта на лемехе, Н/м<sup>3</sup>.

Подставив выражение  $Q$  из уравнения (7) в уравнение (6), получим

$$P = a \cdot B \cdot h \cdot \gamma \cdot \frac{f + \text{tg} \alpha}{(1 - f \cdot \text{tg} \alpha) \cdot \text{tg} \alpha} = \\ = a \cdot B \cdot h \cdot \gamma \cdot \frac{\text{tg}(\alpha + \phi)}{\text{tg} \alpha}, \quad (8)$$

где  $\phi$  – угол трения почвы о лемех, град.

Уравнение (8) определяет зависимость силы подпора  $P$  от угла  $\alpha$ , причем из анализа последнего множителя, который называется коэффициентом подпора и обозначается  $K = \frac{\text{tg}(\alpha + \phi)}{\text{tg} \alpha}$ , можно опре-

делить  $\alpha_{opt}$ , при котором сила подпора  $P$  будет минимальная. Продифференцировав последний множитель уравнения (8) по  $\alpha$ , приравняв полученное нулю и проведя преобразования, получим следующие уравнения для определения оптимального значения угла  $\alpha_{opt}$ , соответствующего минимальному значению силы подпора

$$\text{tg} \alpha_{opt} = -f + \sqrt{f^2 + 1}. \quad (9)$$

Уравнение (9) позволяет определить  $\alpha_{opt}$  в зависимости от коэффициента трения  $f$ . Коэффициент трения почвы о металлическую поверхность находится в пределах от 0,3 до 1,0 [3].

Сила сопротивления лемеха перемещению (сила тяги лемеха) равна  $R$  и определяется по уравнению

$$R = a \cdot B \cdot h \cdot \gamma \cdot \frac{\text{tg}(\alpha + \phi)}{\sin \alpha}. \quad (10)$$

Минимальное значение силы тяги имеет место при  $\alpha$ , близком  $\alpha_{opt}$ . При этом, если  $\alpha = \alpha_{opt}$ , механический коэффициент полезного действия  $\eta$  лемеха (как наклонной плоскости) имеет максимальное значение, то есть расход энергии на перемещение лемеха минимальный, что видно из следующего уравнения:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} = \frac{Q \cdot h}{(Q \cdot \sin \alpha + Q \cdot \cos \alpha \cdot f + S \cdot f) \cdot 1} = \frac{(1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \operatorname{tg} \alpha}{f + \operatorname{tg} \alpha} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \phi)} = \frac{1}{K}, \quad (11)$$

где  $A_{\text{пол}}$  – полезная работа (на подъем почвенного пласта);

$A_{\text{затр}}$  – вся работа, затрачиваемая на перемещение почвенного пласта по лемеху.

Как отмечалось выше, величина силы подпора, полученная по уравнению (8), не учитывает силу динамического давления почвенного пласта на лемех. С учетом этой силы, величина подпора, которую обозначим  $P_n$ , определяется уравнением:

$$P_n = a \cdot B \cdot \gamma \cdot (h \cdot g \cdot \frac{\operatorname{tg} \alpha + f}{(1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha) \cdot \operatorname{tg} \alpha} + V_m^2 \cdot \frac{f \cdot \sin \alpha}{1 - f \cdot \operatorname{tg} \alpha}), \quad (12)$$

где  $V_m$  – скорость машины, м/с.

Правая часть уравнения (12) в скобках определяет силу динамического давления почвенного пласта на лемех и составляет 5...7 % от силы  $P_n$  при реальных скоростях картофелеуборочных машин 0,5...2,0 м/с (1,8...7,2 км/ч).

Определение угла наклона лемеха  $\alpha$  по уравнению (12) не существенно его меняет по сравнению с уравнением (9). Уравнение (12) следует использовать при больших скоростях машин.

#### **Заключение**

В результате проведенных расчетов установлено, что при использовании ротационного сепаратора почвы в начале технологического процесса картофелеуборочной машины с диаметром описанной окружности паллеров  $D = 180$  мм, длина лемеха должна быть не менее  $L = 455$  мм, при среднем значении коэффициента трения почвенного пласта о лемех  $f=0,6$  оптимальное значение угла наклона лемеха к горизонту  $\alpha_{\text{опт}} = 29,5^\circ$ . При этом сила подпора почвенного пласта  $P = 640$  Н, тяговое сопротивление лемеха имеет минимальное значение при  $\alpha_{\text{опт}} R = 690$  Н, а коэффициент полезного действия лемеха  $\eta=0,31$ .

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины / Г.Д. Петров. – М.: Машиностроение, 1984. – 384 с.
2. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин / Н.В. Бышов [и др.]; под общ. ред. Н.В. Бышова. – 2005. – 284 с.
3. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. – Т. 1. – М.: Машиностроение, 1967. – 722 с.

УДК 631.431.73:629

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 5.11.2012

## **К СТОХАСТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ КОЛЕБАНИЙ ПЛАСТИНКИ С НАЧАЛЬНЫМ ПРОГИБОМ**

**А.В. Чигарев, докт. ф.-м. наук, профессор (БНТУ); Ю.В. Чигарев, докт. ф.-м. наук, профессор (БГАТУ; Западнопоморский технологический университет, Респ. Польша); И.С. Крук, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ; ИППК МЧС РБ); А.С. Воробей, научн. сотр. (РУП «НПЦ НАН Б по механизации сельского хозяйства»); А.В. Мучинский, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)**

#### **Аннотация**

*В статье рассмотрены вопросы стохастизации колебаний пластин, входящих в конструкции сельскохозяйственных машин. В случае выполнения критерия стохастичности, определена устойчивость колебаний пластины в среднем квадратичном.*

*The article deals with the issues of stochasticity of vibrations of plates that are parts of constructions of agricultural machinery. Stability of vibrations of plate in average quadric is defined on condition that the criterion of stochasticity is observed.*

#### **Введение**

Сельскохозяйственные машины и орудия содержат в своих конструкциях множество пластин и оболочек, которые на своих границах имеют различные связи с другими элементами машины. Через эти элементы или непосредственно на пластину передается нагрузка, которая может быть статическая или динамическая. Нагрузка, как и материал пластины, влияет на ее прочность и устойчивость. Исследованию задач,

связанных с определением параметров изгиба и устойчивости пластин и оболочек, посвящена монография [1]. Основам теории устойчивости пластин и оболочек посвящены работы [2-4] и др. Несмотря на большое количество работ в этом направлении, существует еще множество нерешенных задач, в том числе и подходов, требующих дополнительных уточнений. Это связано в основном с задачами устойчивости динамического движения (колебаний) пластин и оболочек

чек, когда классические методы могут давать ошибочные или неточные результаты. При эксплуатации сельскохозяйственной техники нагружение элементов конструкции и, в частности пластин, может носить очень сложный характер. В этом случае регулярный характер колебаний пластины может переходить в стохастический, обуславливая применение соответствующих методов. В данной публикации рассмотрен такой случай, когда колебания пластины стохастизируются не за счет ввода в систему случайных величин, а за счет параметров сложного нагружения.

### Основная часть

В настоящей работе также рассматривается явление стохастической неустойчивости нелинейных колебаний шарнирно опертой пластинки со сторонами  $a$  и  $b$ .

Пусть вдоль стороны  $a$  к пластинке приложены статические усилия  $P$ , а к поверхности пластинки приложена равномерно распределенная, нестационарная нагрузка  $Q(x_1, x_2, t)$  (рис. 1).

Уравнение движения в перемещениях представим в форме

$$(1 - R^*) \frac{N}{h} \nabla^4 (u_3 - u_{03}) = L(u, \Phi) + \frac{Q}{h} - \frac{\beta}{g} \frac{\partial^2 u_3}{\partial t^2}. \quad (1)$$

Деформации срединной поверхности ( $z = 0$ ) с начальными несовершенствами формы, в случае равенства нулю начальных главных кривизн координатных линий  $x, y$ , имеют вид [1]

$$\varepsilon_x = \frac{\partial u_2}{\partial x} + \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial(u_3 + u_{30})}{\partial x} \right]^2 - \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_{30}}{\partial x} \right)^2;$$

$$\varepsilon_y = \frac{\partial u_2}{\partial y} + \frac{1}{2} \left[ \frac{\partial(u_3 + u_{30})}{\partial y} \right]^2 - \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_{30}}{\partial y} \right)^2; \quad (2)$$

$$\gamma = \frac{\partial u_1}{\partial y} + \frac{u_2}{\partial x} + \frac{\partial(u_3 + u_{30})}{\partial x} \frac{\partial(u_3 + u_{30})}{\partial y}.$$

и удовлетворяют уравнению совместности

$$\frac{1}{N} \nabla^4 \Phi = -\frac{1}{2} [L(u_3, u_3) - L(u_{30}, u_{30})]. \quad (3)$$

Граничные условия при  $x = 0, y = a$

$$u_3 = 0, \quad M_x = 0$$

$$y = 0, \quad y = b$$

$$u_3 = 0, \quad M_y = 0. \quad (4)$$

Закон распределения полного и начального прогиба примем в виде

$$u_3 = f(t) \sin \frac{m\pi x_1}{a} \sin \frac{m\pi x_2}{b}; \quad (5)$$

$$u_{30} = f_0(t) \sin \frac{m\pi x_1}{a} \sin \frac{m\pi x_2}{b}.$$

В соотношениях (2) – (4) принято:

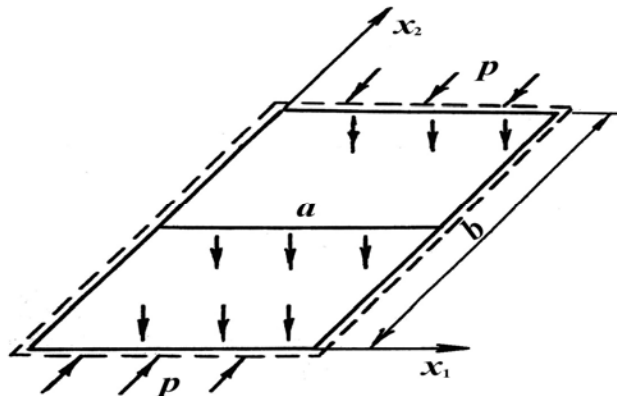


Рисунок 1. Колебания пластинки при шарнирном опирании

$$\nabla^4 = \nabla^2 \nabla^2 = \frac{\partial^4}{\partial x^4} - 2 \frac{\partial^4}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4}{\partial y^4};$$

$$L(u_3, \Phi) = \frac{\partial^2 u_3}{\partial x_1^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 u_3}{\partial x_2^2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_1^2} - 2 \frac{\partial^2 u_3}{\partial x_1 \partial x_2} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x_1 \partial x_2};$$

$$L(u_3, u_3) = 2 \left[ \frac{\partial^2 u_3}{\partial x_1^2} \frac{\partial^2 u_3}{\partial x_2^2} - \left( \frac{\partial^2 u_3}{\partial x_1 \partial x_2} \right)^2 \right],$$

где  $R^*$  – интегральный оператор с ядром релаксации  $R(t)$  Колтунова-Ржаницина;

$h$  – толщина пластинки;

$\beta$  – удельный вес материала;

$g$  – ускорение силы тяжести;

$$N = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)} \quad \text{– жесткость на изгиб пластинки;}$$

где  $\mu$  – коэффициент Пуассона;

$E$  – модуль упругости;

$m$  – число полуволн в направлении образующей;

$n$  – число полуволн вдоль дуги;

$f(t)$  – параметр, зависящий от времени,

$f_0 = const$ .

Подстановкой формулы (5) в формулу (3) определим функцию напряжений  $\Phi$  и применяя к уравнению (1) метод Бубнова-Галеркина, перейдем к нелинейному

обыкновенному дифференциальному уравнению второго порядка, которое при  $f_o = 0$ ,  $m = n = 1$  имеет вид [5]

$$\ddot{\xi}(t) + \omega^2(\xi + \alpha\xi^3) = Q^*, \quad (6)$$

здесь

$$\xi = \frac{f}{h}; \quad Q^* = \varepsilon = \frac{16c^2}{E\Pi^2h^2}\theta;$$

$$\alpha = \frac{\frac{3}{4}(1-\mu^2) \left[ 1 + \left(\frac{b}{a}\right)^4 \right] R^*}{\left[ 1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 \right] \left[ 1 - \frac{12b^2(1-\mu^2)}{Eh^2\Pi^2(1+(b/a)^2)^2} \right]};$$

$$v^2 = \frac{\Pi^4 \left( 1 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 \right)^2}{12 \left(\frac{b}{a}\right)^2 (1-\mu^2)} \left( \frac{ch}{ab} \right)^2 \times$$

$$\times \left[ 1 - \frac{12b^2(1-\mu^2)}{Eh^2\Pi(1+(b/a)^2)^2} \right], \quad (\varepsilon \ll 1)$$

где  $\omega^2$  – собственные колебания;

$c = \sqrt{Eg/\beta}$  – скорость распространения продольных волн в материале пластинки.

В уравнении (6) выберем внешнее воздействие  $Q^*$  в виде суммы  $\delta$ -функций с периодом  $2\Pi/\Omega$  ( $\Omega$  – частота  $Q^*$ )

$$Q^*(t) = \varepsilon b \omega \sum \delta(t - kT), \quad b = \frac{16c^2}{E\Pi^2h^2}. \quad (7)$$

При отсутствии внешнего воздействия, т.е. между соседними значениями  $\delta$ -функций, уравнение (6) имеет вид

$$\ddot{\xi} + \omega^2(\xi + \alpha\xi^3) = 0 \quad (8)$$

Представим решение уравнения (8) в форме  $\xi + A \cos[(\omega + \Delta\omega)t + \theta]$ ;

$$\Delta\omega = \frac{3}{8}\alpha\omega A^2. \quad (9)$$

Прогиб, представленный в зависимости (9), соответствует решению уравнения (6) слева и справа от одной гармоники  $Q$  в точке  $t_n = nT$ .

Вследствие периодичности внешнего воздействия колебания пластинки можно описать изменение амплитуд и фаз разностными уравнениями вида:

$$A_{n+1} = \frac{1}{2}(2 + \varepsilon \sin 2\theta_n);$$

$$\theta_{n+1} = \left\{ Q_n + k_n \sin 2\theta + \frac{\omega_n}{\Omega} + \frac{\varepsilon}{2}(1 + \cos 2\theta) \right\}, \quad (10)$$

$$\text{где } k_n = \frac{3}{8}\alpha A_n^2 \varepsilon \omega T.$$

Фигурные скобки в формуле (10) означают дробную часть аргумента. Вычисляя корреляционную функцию  $R_1$  для фазы  $\theta$ , получим

$$R_n = \frac{1}{k_n}. \quad (11)$$

При  $k \gg 1$  происходит затухание фазовых корреляций, что соответствует выполнению критерия стохастичности. Следовательно, исследование устойчивости нелинейных колебаний нужно проводить вероятностными методами.

Выпишем уравнения Фоккера-Планка-Колмогорова (ФПК) относительно функции распределения при начальных условиях  $W_n(J, 0) = W_o(J, 0)\delta_{no}$ . В переменных «действие-угол» имеем

$$\frac{\partial W}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial J}(H_1 \sqrt{J} W_o) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial J^2}(H_2 J W_o), \quad (12)$$

$$\text{где } H_1 = \frac{1}{2}H_2 = 32\lambda; \quad \lambda = \frac{756\varepsilon^2}{Th^2\beta}. \quad (13)$$

Запишем стохастическое дифференциальное уравнение, соответствующее выражению (13) в переменных  $(\xi, \dot{\xi})$

$$\dot{\xi} = 8 \frac{\varepsilon}{h} \sqrt{\frac{952}{\Pi\beta}} \xi v_o(t); \quad (14)$$

$$\langle v(t) \rangle = 0, \quad \langle v(t)v(t+\tau) \rangle = \frac{N_o}{2} \delta(\tau).$$

Уравнение (14) описывает колебание пластинки под действием случайной нагрузки в виде «белого шума», что характерно для пластин, подверженных давлению вблизи двигателя и некоторых тонкостенных конструкций. Случайное давление в виде «белого шума» позволяет построить для зависимости (14) уравнение ФПК

$$\frac{\partial W}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial \xi} \left( 2 \frac{\varepsilon}{h} \sqrt{\frac{g\Omega}{\Pi\beta}} \xi W_o \right) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} \left( 8 \frac{\varepsilon}{h} \sqrt{\frac{g\Omega}{\Pi\beta}} \xi^2 W_o \right). \quad (15)$$



Точное решение при  $\frac{\partial W_0}{\partial t} = 0$  будет

$$W_{os}(\xi) = \frac{8Mh}{\sqrt{\frac{g\Omega}{\Pi\beta}}} \exp \ln \xi^{1/2}, \quad (16)$$

где  $M$  – постоянная интегрирования, определяемая из условия нормировки.

$$M^{-1} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{8h\sqrt{\Pi\beta}}{\sqrt{g\Omega}} \exp \ln \xi^{1/2} d\xi. \quad (17)$$

Средний квадрат прогиба пластинки определяется выражением

$$E[\xi^2] = \int_{-\infty}^{\infty} \xi^2 W_{os}(\xi) d\xi. \quad (18)$$

О стохастической устойчивости (неустойчивости) колебаний пластинки можно судить по среднему квадрату прогиба пластинки, т.е. решение  $\xi^*(t) = 0$  является устойчивым в среднем квадратичном, если для любого  $D > 0$  найдется  $\Delta(D) > 0$ , что если  $|\xi_o| < \Delta(D)$  для любого  $t > t_o$ ,  $E[\xi^2] < D$  [6].

#### Выводы

В статье исследована устойчивость шарнирно опёртой по всем сторонам пластины с начальным про-

гибом, для которой получен критерий стохастизации ее колебаний. В случае колебаний пластины под действием случайной нагрузки в виде «белого шума», получено уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова, решение которого дает выражение для плотности вероятности, которое зависит от параметров свойств пластины и внешнего возмущения. Получено выражение о среднем прогибе пластины. Определена устойчивость колебаний пластины в среднем квадратичном.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Огибалов, П.М. Оболочки и пластины/ П.М. Огибалов, М.А. Колтунов. – М.: Изд-во МГУ, 1969. – С. 695.
2. Циглер, Г. Основы теории устойчивости конструкций/ Г. Циглер. – М.: Мир, 1971. – С. 411.
3. Пановко, Я.Г. Устойчивость и колебания упругих систем/ Я.Г. Пановко, И.И. Губанова. – М.: Наука, 1964. – С. 320.
4. Ключников, В.Д. Устойчивость упруго-пластических конструкций/ В.Д. Ключников, 1976. – С. 198.
5. Ворович, И.И. О методе Бубнова – Галёркина в нелинейной теории колебания пологих оболочек: доклады АН СССР/ И.И. Ворович. – Т. 110, 1956. – №5. – С. 723-726.
6. Хасьминский, Р.З. Устойчивость систем дифференциальных уравнений при случайных возмущениях их параметров/ Р.З. Хасьминский. – М.: Наука, 1969. – 257 с.

**“Агропанорама” - научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. Это издание для тех, кто стремится донести результаты своих исследований до широкого круга читателей, кого интересуют новые технологии, кто обладает практическим опытом решения задач.**

Журнал “Агропанорама” включен в список изданий, рекомендуемых Высшей аттестационной комиссией для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным наукам (зоотехния).

Журнал выходит раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842. Стоимость подписки на первое полугодие 2013 года: для индивидуальных подписчиков - 80250 руб., ведомственная подписка - 142836 руб.

## ОБОГРЕВ ТЕПЛИЦ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ИНФРАКРАСНЫМИ ГАЗОВЫМИ ТЕПЛОИЗЛУЧАТЕЛЯМИ

В.Б. Ловкис, канд. техн. наук, доцент, Н.А. Деменок, ассистент (БГАТУ)

### Аннотация

*Проведен анализ существующих систем обогрева теплиц. Предложена система обогрева, обеспечивающая экономичный и «полезный» обогрев.*

*The analysis of the existing of systems of heating of greenhouses has been conducted. The system of heating providing economical and useful heating has been proposed.*

### Введение

В Республике Беларусь около 800 хозяйств занимается производством овощей, площадь теплиц составляет 272 га. В теплицах и парниках выращивают рассаду для открытого и закрытого грунта.

Проблема выращивания рассадного материала в зоне рискованного земледелия, к которой относится и Республика Беларусь, стоит достаточно остро. Для круглогодичного снабжения населения свежими овощами выращиваются сорта с различными сроками созревания. Рассадным способом выращивают культуры с целью получения более раннего урожая в открытом грунте (на 15-30 дней и более). Очень актуальна задача малозатратного выращивания рассады.

В результате проведенного аналитического обзора известно, что 80-90% теплиц в республике и 60-70% теплиц в мире отапливаются классическими централизованными системами обогрева, которые отличаются высокой энергоемкостью из-за использования промежуточного теплоносителя в виде воды или пара, что приводит к колоссальным затратам и теплопотерям на обогрев больших объемов воздуха.

Классические пароводяные системы обогрева имеют ряд недостатков:

- нерациональный обогрев (большое количество тепла идет на обогрев окружающего пространства);
- необходимы дополнительные источники углекислого газа;
- большая инерционность системы обогрева.

Наиболее перспективным является способ обогрева с помощью инфракрасных (ИК) горелок, которые лишены этих недостатков и обладают, в свою очередь, следующими достоинствами:

- локальный обогрев растений и почвы;
- сопутствующее выделение CO<sub>2</sub> для фотосинтеза;
- мобильность и безинерционность системы обогрева.

Однако широкое внедрение сдерживается рядом нерешенных научно-технических проблем:

- создание оптимальных условий для протекания фотосинтеза;
- определение и обеспечение требуемых параметров микроклимата;

### Основная часть

Основой снижения энергетических затрат на отопление теплиц при сохранении высоких показателей урожайности является выбор оптимальной системы обогрева и четко определенных параметров ее работы. Установлено, что реальные возможности увеличения коэффициента использования топлива в 1,5-2 раза заключаются в применении систем обогрева без промежуточных теплоносителей, а также в выборе систем, использующих принцип, максимально близкий к естественному солнечному обогреву в южных широтах. Система газового ИК обогрева работает на основе принципов лучистого обогрева, а также обеспечивает ускоренный, по сравнению с традиционными системами, обогрев помещения. В переходный период – в начале и в конце зимы создаются благоприятные экономические условия для использования ИК обогревателей. В это время радиаторы центрального отопления работают с низким КПД, плохо регулируются, что приводит в большинстве случаев к перегреву помещений. ИК установки работают в таких условиях значительно экономичнее. КПД такой установки всегда очень высок, поскольку ее можно в любое время приспособить к предъявляемым требованиям. Особенно хорошо эти свойства излучательных установок выявляются при внезапных переменах погоды.

Излучательная установка может создавать экономические выгоды также при дополнительном обогреве. Она гарантирует достаточный нагрев помещения при внезапно наступившем резком похолодании, что довольно часто случается в наших климатических условиях. Установка же центрального отопления экономически оправдывает себя только при стабильных условиях погоды.

Расходы на содержание и уход для газовых установок лучистого обогрева очень малы. Расходы на ремонт также незначительны. Выходящие из строя излучатели можно легко заменять. Таким образом, система газового инфракрасного обогрева является оптимальной для рассадных отделений теплиц.

Конструктивной разработкой и технологией ИК обогрева в течение более половины столетия занимаются во многих странах мира, создано множество

оригинального оборудования для реализации такого способа обогрева, и, как показывает опыт, этот способ является одним из наиболее энергосберегающих и экологических.

Для подтверждения всех вышеперечисленных достоинств системы лучистого обогрева было решено провести теоритические и экспериментальные исследования. На базе ГНУ «Институт тепло- и массообмена им. Лыкова НАН Беларуси» совместно с БГАТУ был разработан инфракрасный газовый теплоизлучатель ТИГ-1, на основании которого создана лабораторная установка, устроенная таким образом, чтобы создать комфортные условия для роста и нормального развития рассады овощных культур, имитирующая инфракрасную составляющую естественного солнечного обогрева в летний период. Лабораторная установка состоит из ИК горелки ТИГ-1, баллона с газом, манометра, ротаметра, весов, поддона с рассадой и термомпары (рис. 1).

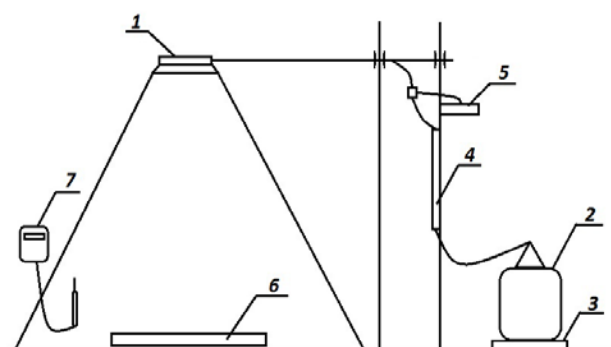


Рисунок 1. Лабораторная установка для исследования режимов обогрева рассады: 1 – ИК-излучатель; 2 – баллон с газом; 3 – весы; 4 – ротаметр; 5 – манометр; 6 – поддон с рассадой; 7 – термомпара

Установка работает следующим образом: газ из баллона подается на горелку, проходя через ротаметр, в результате чего происходит обогрев рассады в поддоне, в то же время манометр позволяет следить за давлением газа в системе, а с помощью весов контролируется расход газа. Высоту подвеса и мощность горелки возможно варьировать.

Плотность лучистого потока солнечной энергии в области экватора составляет 210-250 Вт/м<sup>2</sup>, в зонах умеренного климата в летний период плотность лучистого потока солнечного излучения составляет порядка 130-210 Вт/м<sup>2</sup> [1]. Известно, что при выращивании разных культур в теплицах предъявляют различные требования к плотности лучистого потока, которая должна варьироваться от 50 до 300 Вт/м<sup>2</sup>. Регулировка высоты подвеса и мощности теплоизлучателя позволяет обеспечить весь диапазон, а также расширить его, если потребуется.

Экспериментально подтверждено, что ИК газовый теплоизлучатель ТИГ-1 работает в диапазоне температур T=800÷1200°С и диапазоне длин волн λ=0,78÷800 мкм.

Плотность потока ИК излучения определяется по формуле:

$$Q = \frac{0,91 \times S \times \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{r^2},$$

где Q – плотность потока ИК излучения, Вт/м<sup>2</sup>; S – площадь излучающей поверхности, м<sup>2</sup>; T<sub>1</sub> – температура излучающей поверхности, К; T<sub>2</sub> – температура воспринимающей поверхности, К; r – расстояние от источника излучения, м [2].

Была выбрана высота подвеса ИК излучателя – 1,7 м от уровня пола, мощность горелки – 1,85 кВт, расход газа при максимальной мощности составил – 0,2 м<sup>3</sup>/ч. Площадь поддона с рассадой S<sub>п</sub>=0,12м<sup>2</sup>, площадь зоны обогрева S<sub>об</sub>=1,08м<sup>2</sup>. В результате плотности потока ИК излучения составила 50-80 Вт/м<sup>2</sup> на уровне листьев рассады. Плотность потока изменяется в зависимости от увеличения-уменьшения мощности горелки, которая в свою очередь регулируется количеством подаваемого газа. Именно такие параметры считаются оптимальными для скорейшего роста и развития стебля у рассады.

Известно, что для нормального развития рассады капусты температура воздуха не должна превышать 18°С днем и 10-12°С ночью, температура почвы на 2-3°С меньше температуры воздуха, а внутренняя температура листа не должна превышать 25°С. Относительная влажность воздуха 60-70%. В табл. 1 приведены температурные данные за время выхода ИК горелки на стационарный режим.

Таблица 1

Время, мин	Температура воздуха, °С	Температура почвы, °С	Температура листьев, °С
0	17	17	17
5	17	18	21
10	18	19	24
15	18	19	25
20	18	19	25

Проанализировав таблицу, можно сделать вывод: быстрее всего нагревается растение, и только затем начинают набирать температуру воздух и почва, что и следовало доказать.

Основным органом растений, воспринимающим и преобразующим излучение, являются листья. Поглощение ими излучения определяется как его спектральным составом, так и свойствами самих листьев: толщиной, внутренним строением и состоянием поверхности, составом и концентрацией пигментов. Благодаря поглощенной листьями энергии излучения, в них протекают все важнейшие физиологические процессы: осуществляется фотосинтез, образуются различные физиологически активные вещества. Аккумулированную в процессе фотосинтеза энергию затем использует весь организм растения на свои жизненные процессы [3].

ИК горелка работает в диапазоне длин волн λ=0,78÷800 мкм, то есть захватывает один из «полезных» спектров поглощения листьев зеленых растений: 1,20-1,60 мкм, который имеет большое физиологическое значение – поглощается внутри- и межклеточной водой, увеличивает скорость тепловых биохимических реакций.

Известно также, что при добавлении углекислоты в воздух теплицы и повышении в нем ее концентрации можно повысить интенсивность фотосинтеза в 1,5-3 раза. По нормам технологического проектирования теплиц НТП 10-95 рекомендуемая концентрация CO<sub>2</sub> в воздухе для капусты – 0,2-0,3%, которые также обеспечит ИК горелка.

Разработанные теплоизлучатели образуют типоразмерный ряд из 4 наименований их номинальных мощностей: 1,85; 3,65; 7,3; 14,5 кВт, что делает их универсальными обогревателями для любых сельскохозяйственных помещений с различной высотой кровли, а также для индивидуальных фермерских теплиц. Обладают повышенной ветроустойчивостью и могут быть использованы для обогрева теплиц со смещенными сроками посадки овощных культур, а также при выращивании семян капусты в теплицах (можно осуществлять обогрев рассадного отделения), также возможен обогрев растений даже на открытом воздухе.

В апреле 2009 года были проведены приемочные испытания универсальных инфракрасных газовых теплоизлучателей ТИГ-1, по результатам которых опытные образцы соответствуют требованиям технической документации на воздухонагреватели в объеме требований, предъявляемых к качеству продукции, обеспечивающих ее безопасность, в частности, содержание СО в продуктах сгорания в 5 раз меньше

допустимого значения, NO<sub>x</sub> в – в 2,5 раза. Получена рекомендация комиссии о постановке теплоизлучателей ТИГ-1 на производство.

#### **Заключение**

Системы лучистого обогрева позволяют обеспечить ряд агротехнических требований растений, создать необходимые температурные условия, приближенные к природным, удовлетворить потребность растений в CO<sub>2</sub>. В то же время инфракрасные излучатели являются экономичной системой обогрева, так как обогревают непосредственно растение, не затрачивая энергию на обогрев окружающего воздуха.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гусаков, В.Г. Энергоэффективность аграрного производства/ В.Г. Гусаков, Л.С. Герасимович. – Минск: «Беларуская навука», 2011. – 775 с.
2. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции: ГОСТ 25380-82.
3. Тихомиров, А.А. Спектральный состав света и продуктивность растений/ А.А. Тихомиров, Г.М. Лисовский, Ф.Я. Сидько; под общ. ред. В.М. Гольда. – Новосибирск: Наука, 1991. – 164 с.

УДК 636.08

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 16.07.2012

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЛАНГОВОГО НАСОСА – ДОЗАТОРА, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ И РАВНОМЕРНОСТЬ ВЫДАЧИ МОЛОЧНОЙ СМЕСИ**

**Д.Ф. Кольга, канд. техн. наук, доцент, В.С. Сыманович, канд. техн. наук, доцент, Э. В. Колодько, аспирант (БГАТУ)**

#### **Аннотация**

*Описано устройство и принцип работы, определены рациональные параметры шлангового насоса-дозатора. Выявлена зависимость производительности и равномерности выдачи молочной смеси от изменения количества прижимных роликов.*

*The structure and the operating principle are described; the rational parameters of house metering device have been identified. The dependence of the productivity and uniformity of the issuance of milk formula on the change of the number of pinch rollers has been identified.*

#### **Введение**

Сущность современных методов выращивания молодняка крупного рогатого скота заключается в сведении до минимума расхода цельного молока. Для этого используются различные молочные заменители, обеспечивающие нормальный рост и развитие телят.

Залогом получения хороших результатов при использовании заменителей молока является строгое соблюдение технологии их разведения и схем выпойки.

В Республике Беларусь широкое использование заменителей цельного молока (ЗЦМ) сдерживается еще и тем, что технология приготовления и нормирования раздачи молочной смеси при выращивании телят в условиях «холодного метода» в настоящее время не обеспечено в полном объеме наличием современных передвижных автоматизированных установок. Присутствие же незначительной части зарубежных передвижных автоматизированных устано-

вок не позволяет осуществить автоматизированную механизацию этих процессов.

Таким образом, необходима разработка современного передвижного термостатического модуля для приготовления и дозированной раздачи ЗЦМ при выращивании телят, как «холодным методом» в индивидуальных домиках, так и в капитальных помещениях.

Одним из основных узлов передвижных автоматизированных установок является насос-дозатор, который дозированно и равномерно выдает молочную смесь. Для этого необходим оптимальный подбор его параметров.

### Основная часть

В настоящее время существует большое многообразие конструкций насосов, однако несмотря на это имеется ряд веществ, перекачка которых традиционными средствами в ряде случаев неэффективна, сопряжена с дополнительными затратами или различного рода сложностями.

Рабочие органы (вал, ролики и др.) перестальтического шлангового насоса-дозатора не должны соприкасаться с перекачиваемой жидкостью, поэтому такие насосы применяются для перемещения и дозирования молочных смесей. При этом материал шланга должен быть стойким, гигиеничным к воздействию перекачиваемой жидкости. Подача насоса регулируется путем изменения частоты вращения вала [2, 3].

Для перекачивания и нормы выдачи молочных смесей из бака в поильное ведро, авторами публикации на кафедре технологии механизации животноводства БГАТУ разработана экспериментальная установка, проведены эксперименты по определению производительности шлангового насоса-дозатора.

Общее устройство и принцип действия шлангового насоса-дозатора показаны на рис. 1. При вращении вала ролики набегают на шланг и обжимают его. Сжатое сечение шланга по мере вращения вала перемещается от всасывающей части шланга к нагнетательной. Таким образом, порции жидкости тоже перемещаются от всасывающего патрубка к нагнетательному.

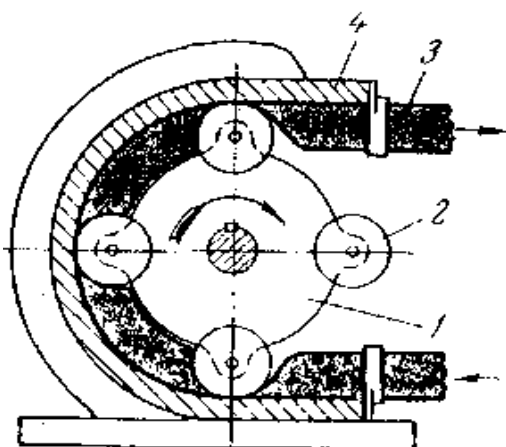


Рисунок 1. Схема шлангового насоса-дозатора:  
1 – ротор; 2 – вращающиеся прижимные ролики;  
3 – шланг; 4 – корпус

Основным рабочим органом насоса-дозатора является ротор 1, представляющий собой металлический диск, на внешней стороне которого размещены вращающиеся прижимные ролики 2 (их может быть два и более). Ротор вращается в подшипниках, установленных в корпусе 4. К этому же корпусу прикрепляется шланг 3 из эластичного материала, к которому с одной стороны подключается всасывающий, а с другой – напорный трубопровод. Перемещение перекачиваемой среды по ходу вращения ротора производится за счет защемления в шланге объемов между роликами [1].

Теоретический расчет производительности шлангового насоса-дозатора определяется по выражению [2]:

$$Q = 47,1 \cdot d^2 \cdot l \cdot n \cdot \eta_0, \quad (1)$$

где  $d$  – внутренний диаметр шланга, м;  
 $l$  – длина защемленного участка шланга, м;  
 $n$  – частота вращения ротора,  $c^{-1}$ ;  
 $\eta_0$  – объемный КПД.

Длину защемленного участка шланга определим по выражению:

$$l = \pi \cdot D / 2, \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр ротора, м.

Диаметр ротора принимаем:  $D=0,1m=1dm$ , подставляем в выражение (2)

$$l = 3,14 \cdot 1 / 2 = 1,57dm,$$

Определим производительность экспериментальным путем, изменяя количество прижимных роликов:  $k = от 2... до 4$ , при пятикратном повторении. На диск в корпусе устанавливаем два прижимных ролика.

Параметры насоса-дозатора: внутренний диаметр шланга  $d=0,01$ ;  $m=0,1 dm$ , длина защемляемого участка шланга  $l=1,57 dm$ , время  $t=60 c$ , а частота вращения  $n=1 c^{-1}$ .

Экспериментально определяем выдачу ЗЦМ в литрах, производительность определим по выражению (3), а коэффициент вариации по выражению (4). Полученные данные представлены в табл. 1

Таблица 1. Определение производительности при двух роликах

№ испытаний	1	2	3	4	5
t, с	60	60	60	60	60
V, л	3,6	4,2	3,9	3,0	3,3
Q, л/с	0,06	0,07	0,065	0,05	0,055
Коэффициент вариации, m %	13,3				

$$Q = V / t, \quad (3)$$

где  $V$  – объем, л;  
 $t$  – время, с.

$$m = \frac{\delta}{X} * 100\%, \quad (4)$$

где  $\delta$  – среднеквадратичное отклонение;  
 $X$  – средняя величина.

Из полученных данных для табл. 1 –  $\delta=0,008$ ,  $X=0,06$ .

После первого эксперимента устанавливаем на диск в корпусе насоса три прижимных ролика. Остальные параметры насоса-дозатора остаются прежними.

Экспериментально определяем выдачу ЗЦМ в литрах, производительность определим по выражению (3), а коэффициент вариации по выражению (4). Полученные данные представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Определение производительности при трех роликах**

№ испытания	1	2	3	4	5
t, с	60	60	60	60	60
V, л	3,84	3,6	3,96	3,48	3,72
Q, л/с	0,064	0,06	0,066	0,058	0,062
Коэффициент вариации, m %	4,8				

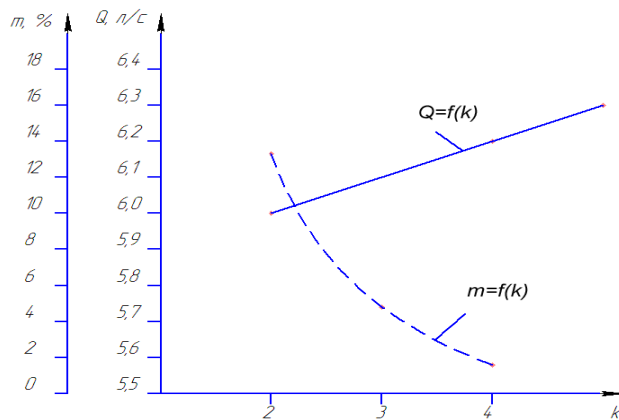
Из полученных данных для табл. 2 –  $\delta=0,003$ ,  $X=0,062$ .

В третьем эксперименте устанавливаем на диск в корпусе насоса четыре прижимных ролика. Остальные параметры насоса-дозатора остаются прежними.

Экспериментально определяем выдачу ЗЦМ в литрах, производительность определим по выражению (3), а коэффициент вариации по выражению (4). Полученные данные представлены в табл. 3.

Из полученных данных для табл. 3 –  $\delta=0,001$ ,  $X=0,063$ .

На основании полученных данных строим график зависимости производительности и равномерности выдачи молочной смеси от количества роликов (рис. 2).



**Рисунок 2. График зависимости производительности и равномерности выдачи молочной смеси от количества роликов**

**Заключение**

Проведенные эксперименты позволили определить производительность Q, л/с шлангового насоса-дозатора, при внутреннем диаметре шланга  $d=0,01m=0,1dm$ , длина защемляемого участка шланга  $l=1,57dm$ , время  $t=60c$  и частоте вращения  $n=1c^{-1}$ .

При работе шлангового насоса-дозатора с количеством прижимных роликов  $k=3$  или  $k=4$  производительность практически не различается, а равномерность выдачи становится более точной при  $m=4,8\%$  и  $m=1,6\%$ , нежели чем при установленных двух прижимных роликах  $m=13,3$ , что видно из рис. 2. Следовательно, число прижимных роликов  $k=3$  или  $k=4$  является более приемлемым для работы, обеспечивая равномерность нормы выдачи молочной смеси.

В связи с увеличением количества прижимных роликов, при работе шлангового насоса-дозатора мощность возрастает, что требует в дальнейшем ее более конкретного уточнения.

Проведенные расчеты производительности шлангового насоса-дозатора позволяют выбрать оп-

**Таблица 3. Определение производительности при четырех роликах**

№ испытания	1	2	3	4	5
t, с	60	60	60	60	60
V, л	3,84	3,72	3,84	3,78	3,66
Q, л/с	0,064	0,062	0,064	0,063	0,061
Коэффициент вариации, m %	1,6				

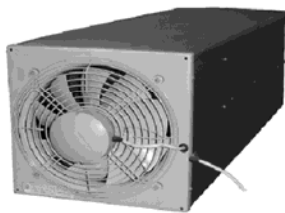
тимальные технические характеристики:  $d$  – внутренний диаметр шланга;  $l$  – длину защемленного участка шланга и  $n$  – частоту вращения ротора.

Изменяя технические характеристики шлангового насоса-дозатора, можно установить требуемую производительность.

**ЛИТЕРАТУРА**

- Елисеев, М.С. Обоснование параметров дозатора установки для выпойки телят / М. С. Елисеев, А. Г. Рыбалко, И. И. Елисеев // Техника в сельском хозяйстве. – 2005. – № 6. – С. 16-18.
- Волчков, И.И. Насосы для молока и молочных продуктов / И. И. Волчков, В. И. Волчков. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 208 с.
- Медведев, В.А. Гидравлика и гидравлические машины: учеб. пособ. для вузов/ В.А. Медведев. – Мн.: Вышэйш. шк., 1998. – 311 с.

**Установка для очистки и обеззараживания воздуха БСУ-900**



Установка предназначена для очистки воздуха от газовых примесей органического и неорганического происхождения в помещениях предприятий АПК, медицинских, общественных и других помещениях, в которых необходимо обеспечивать требования СНиП (аммиак, сероводород, углекислый газ и др.). Фильтр производит непрерывную очистку и обеззараживание помещений в присутствии обслуживающего персонала со степенью очистки по уровню общей загрязненности до 60%, по индексу Колли до 70%, по вирусам до 80%, позволяет экономить до 50% энергии на отопление помещений. Наиболее эффективен при использовании в помещениях для содержания молодняка птицы, свиней и крупного рогатого скота.

Производительность составляет 900 м³/ч.

Автор: Николаенков А.И., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

## ПОВАРЕННАЯ СОЛЬ С МИКРОДОБАВКАМИ В РАЦИОНАХ БЫЧКОВ

В.А. Люндышев, канд. с.-х. наук, доцент (БГАТУ); В.Ф. Радчиков, докт. с.-х. наук, профессор, В.К. Гурин, канд. биолог. наук (РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»)

### Аннотация

*В условиях промышленного производства говядины важная роль принадлежит биологически активным веществам. Это связано с изменением условий кормления (уровень концентратов разный) и содержания (ограничение движений, большая концентрация поголовья), что вызывает стрессовое состояние, отрицательно влияет на обменные процессы в организме и снижает продуктивность животных.*

*The vital role in the production of beef belongs to biologically active substances. It's connected with changed conditions of feeding (the level of concentrates is different), with content (the limitation of movements, the concentration of livestock). It causes stressful condition; influences exchange processes badly and reduces productivity of animals.*

### Введение

Данные отечественной и зарубежной литературы свидетельствуют об эффективности применения при выращивании и откорме бычков веществ, тормозящих деятельность щитовидной железы [1-4]. Благодаря этому представляется возможным снизить диссимиляторную фазу, повысить процессы ассимиляции, а, следовательно, увеличить продуктивность бычков.

В последнее время предпринимаются попытки направленно воздействовать на функциональную деятельность щитовидной железы путем использования бетазина, дейодтирозина и других препаратов.

### Основная часть

#### Материал и методика исследований

В наших исследованиях в качестве антистрессовых веществ использованы бромиды и йодиды на основе поваренной соли. Опыты по оценке кормового достоинства соли, обогащенной указанными веществами, проведены в колхозах «Парижская коммуна» Смоленвичского района и «Косинский» Логойского района в 1996 г.

Первый опыт проведен на трех группах телят двухмесячного возраста живой массой 65-66 кг по 10 голов в группе в течение 70 дней.

Для второго опыта были отобраны бычки шестимесячного возраста живой массой 169-179 кг и сформированы 4 группы по 18 голов в каждой. Продолжительность исследований составила 305 дней.

В состав основного рациона молодняка в первом опыте были включены: комбикорм, молоко цельное, обрат, сено, зеленый корм, во втором – комбикорм и сенаж. Различия в кормлении в обоих опытах обеспечивались за счет поваренной соли с различными антистрессовыми препаратами. Животные контрольной группы получали поваренную соль в чистом виде, во II

и III опытных – путем обогащения ее йодидом калия и совместно с бромидом калия в соотношении 1:1. Молодняк IV группы во втором опыте получал поваренную соль с бромистым калием. Поваренная соль скармливалась животным в составе комбикормов, а также засыпалась в самокормушки. Кормление было двукратное, поение – из автопоилок, содержание беспривязное на решетчатых и деревянных полах.

Обогащение соли бромидами и йодидами производилось в условиях 1-го рудоуправления ПО «Беларуськалий» Солигорского калийного комбината. Йод вводился в виде водного раствора КJ в количестве 60 г на 1 т. В качестве стабилизатора осуществлялась добавка тиосульфата натрия в количестве 600 г на 1 т соли. Бромистый калий представляет собой кристаллический порошок, соль им обогащали из расчета 10 кг на 1 т сухим способом. Рационы составлялись и корректировались согласно потребности молодняка в питательных веществах и химического состава кормов.

### Результаты

Проведенные опыты позволили установить, что среднесуточное потребление йодида калия за счет добавок, в зависимости от возраста, составило 2,4-5,2 мг, бромида калия – 400-800 мг. За счет указанных препаратов молодняк получал ежедневно йода 1,8-4,2 мг, бромида – 270-540 мг. Потребление йодистого и бромистого калия на 100 кг живой массы существенной разницы с учетом возраста не имело, и было равно соответственно 2,1-2,8 мг и 320-470 мг.

В первом опыте телята всех групп потребляли в среднем в сутки комбикорма 1 кг, молока – 0,5 л, обрат – 5 л, сена – 0,5 кг, травы – 4,5 кг при структуре их в составе рациона соответственно: 36-38%, 5,0; 22,0; 6-7; 28-31%. Молодняк всех групп при нормированном и свободном доступе съедал в сутки по 40 г поваренной соли.

Выявлено повышение на 11-12% потребления зеленого корма бычками опытных групп в сравнении с контрольной.

Следует отметить, что потребление сухих веществ животными составило 2,8-3,0 кг. Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона была 11,0-11,5 МДж. В расчете на 1 к.ед. приходилось во всех группах 108-109 г переваримого протеина. Сахаро-протеиновое соотношение равнялось – 0,7-0,8. Содержание клетчатки находилось на уровне 14-14,5% от сухого вещества. Отношение азота к сере составило 10-10,5:1, кальция к фосфору – 2:1, калия к натрию – 4,1 -4,5:1.

Во втором опыте молодняк всех групп ежедневно потреблял в среднем за период опыта 3,2 кг комбикорма КР-3, 15,7-16,6 кг сенажа и 90 г поваренной соли. При этом в III группе в составе кормовой соли йодированная и бромированная занимали по 45 г.

Анализируя поедаемость основных кормов, следует отметить повышенное потребление сенажа животными опытных групп на 4-6%, в рационы которых вводилась бромированная и йодированная соли. За счет соли, подвергнутой обработке, бычки потребляли йода и брома на 30-40% больше нормы.

Поступление сухих веществ находилось в пределах 9,3-9,8 кг. В расчёте на 1 к.ед. приходилось 100-102 г переваримого протеина. Сахаро-протеиновое соотношение было равно 0,5-0,6. Концентрация обменной энергии в 1 кг сухого вещества рациона существенной разницы не имела и колебалась в пределах 8,8-9,4 МДж. Содержание клетчатки находилось на уровне 24-25% от сухого вещества. Отношение кальция к фосфору равнялось 2,0-2,2:1. Отношение азота к сере составляло во всех группах 9-10:1, калия к натрию 4-5:1.

В структуре потребленных кормов у молодняка всех групп комбикорм занимал 42-43%, а сенаж – 57-58% по питательности.

Показатели пищевой массы рубца бычков при скармливании поваренной соли с йодистым и бромистым калием характеризовались следующими показателями: величина рН – 6,9-7,3, ЛЖК – 10,3-11,2 мМоль на 100 мл, инфузории – 520-565 тыс. шт. в 1 мл, аммиак – 14,2-20,3 мг %, общий азот – 165-180 мг%, небелковый азот – 55-62 мг%, белковый азот – 110-120 мг%. В то же время установлено достоверное снижение количества аммиака на 20-25%, повышение общего и белкового азота соответственно на 4-7% и 4-5%.

Биохимические данные крови находились на следующем уровне: эритроциты – 8-8,3 млн/мм<sup>3</sup>, лейкоциты – 7,60-7,90 тыс/мм<sup>3</sup>, щелочной резерв – 470-490 мг%, сахар – 50-53 мг%, общий белок – 6,5-7,3 г%, мочевины – 4,2-5,4 мМоль/л, каротин – 0,3-0,35 мг%, кальций – 11,8-12,5 мг%, фосфор – 5,9-6,2 мг%, магний – 3-6 мг%, сера – 21-25 мМоль/л. Выявлены достоверные различия в пользу опытных групп по отдельным показателям: снижение количества мочевины на 16-23%, повышение общего белка на 10-12%.

Выявленные различия по потреблению отдельных кормов, а также по интерьерным показателям оказали определенное влияние на изменение живой массы и среднесуточные приросты бычков (табл. 1).

**Таблица 1. Изменение живой массы (опыт 1)**

Показатели	Группы		
	I	II	III
Живая масса, кг			
в начале опыта	65,7	66,2	66,6
в конце опыта	109,7	114,0	114,8
Валовой прирост, кг	44,0	47,8	48,2
Среднесуточный прирост, кг	690	745	753
В % к I группе	100	107	109

Анализ полученных данных показывает, что телята, содержащиеся на рационах с включением поваренной соли, имели среднесуточный прирост 690 г. Обогащение кормовой соли йодидами и бромиды повысило прирост на 55 и 63 г, или на 7 и 9% (P < 0,05).

Представленные во втором опыте (табл. 2) данные показывают, что потребление бычками обычной поваренной соли в составе рациона обеспечило среднесуточный прирост 835 г, а обогащение ее йодистым и бромистым калием (группы II и IV) повысило прирост живой массы на 8 и 6% (P < 0,05).

**Таблица 2. Живая масса и среднесуточный прирост (опыт 2)**

Показатели	Группы			
	I	II	III	IV
Живая масса, кг:				
в начале опыта	169,2	177,7	179,0	176,3
в конце опыта	424,2	455,3	459,3	446,3
Валовой прирост, кг	255,0	277,6	280,3	270,0
Среднесуточный прирост, кг	835	907	919	885
В % к I группе	100	108	110	106

Совместное введение йодированной и бромированной соли в рацион повысило среднесуточный прирост на 10% (P < 0,05). Ввиду более высокой энергии роста опытных бычков (907-919 г) в сравнении с контрольными (835 г), больше их валовый прирост за 305 дней на 15-25 кг на голову, или на 6-9% соответственно.

Результаты экономической эффективности выращивания и откорма молодняка крупного рогатого скота с использованием антистрессовых препаратов на основе поваренной соли приведены в табл. 3 и 4.

Затраты кормов на 1 ц в опытных группах были ниже на 8-10%, а концентратов – на 11-13% в сравнении с контрольной группой.

Себестоимость 1 ц к.ед. при скармливании животным обогащенной поваренной соли в сравнении с обычной была ниже на 2-3%, за счет большего потребления телятами зеленого корма.

Себестоимость 1 ц прироста составила в контрольной группе 1092,2 тыс.руб., а при потреблении бромированной и йодированной соли на 7-8% ниже за счет более высокой энергии роста подопытных телят.



**Таблица 3. Экономическая эффективность выращивания телят при скармливании обогащенной поваренной соли (опыт 1, цены – октябрь 1996 г.)**

Показатели	Группы		
	I	II	III
Затраты кормов на 1 ц прироста, ц			
к.ед.	4,2	3,9	3,8
в т.ч. концентратов	1,5	1,3	1,2
Расход кормов за опыт, ц			
к.ед.	1,86	1,9	1,9
в т.ч. концентратов	0,64	0,64	0,64
Получено прироста, ц	0,44	0,48	0,49
Себестоимость 1 ц к.ед., тыс.руб.	170,5	168,8	168,1
Стоимость потребленных кормов, тыс.руб.	317,2	320,8	319,4
Себестоимость полученного прироста, тыс.руб.	480,6	486,0	483,9
Себестоимость 1 ц прироста, тыс.руб.	1092,2	1012,5	988,5

**Таблица 4. Экономическая эффективность использования препаратов йода и брома при выращивании бычков (опыт 2, цены – октябрь 1996 г.)**

Показатели	Группы			
	I	II	III	IV
Затраты кормов на 1 ц прироста, ц				
к. ед.	9,1	8,3	8,4	8,5
в т.ч. концентратов	3,9	3,5	3,5	3,6
Расход кормов за опыт, ц к. ед.	22,7	23,3	23,4	23,1
в т.ч. концентратов	9,8	9,8	9,8	9,8
Получено прироста, ц	2,5	2,8	2,8	2,7
Себестоимость 1 ц к. ед., тыс. руб.	129,4	127,6	127,2	128,1
Стоимость потребленных кормов, тыс. руб.	2936,4	2972,7	2977,1	2959,3
Себестоимость полученного прироста, тыс. руб.	4449,1	4504,1	4510,8	4483,8
Себестоимость 1 ц прироста, тыс. руб.	1779,6	1608,6	1611,0	1666,6
Убытки, тыс. руб.	1699,1	1324,1	1330,8	1370,2
Разница, тыс. руб.	-	375	368,3	328,9

Затраты кормов на 1 ц прироста во втором опыте составили в контрольной группе 9,1 ц к.ед., а при обогащении поваренной соли йодистым и бромистым калием (группы II, III и IV) оказались ниже на 7-9%. Одновременно установлено снижение затрат концентратов в опытных группах на 8-10% в сравнении с контрольной (3,9 ц).

Себестоимость 1 ц к.ед. при скармливании поваренной соли с йодидами и бромидами в составе рациона оказалась ниже на 2-3% в сравнении с контрольным вариантом за счет большего потребления сенажа группой.

Себестоимость 1 ц прироста в контрольной группе была равна 1779,6 тыс.руб., а в опытных на 7-10% ниже, за счет более высоких среднесуточных приростов.

Следует отметить, что введение в рационы обогащенной поваренной соли (группы II, III и IV) позволило сократить убытки при производстве говядины за 305 дней на каждой голове на 329,0-375 тыс. руб.

#### Закключение

1. Использование йодированной и бромированной поваренной соли в составе рациона бычкам оказывает положительное влияние на потребление кормов, физиологическое состояние и их продуктивность.

2. Суточное потребление бромистого калия молодняком крупного рогатого скота, в зависимости от возраста, составляет 400-800 мг, в т.ч. брома – 270-540 мг, йодистого калия – 2,4-5,2 мг, в том числе йода – 1,8-4,2 мг. В расчете на 100 кг живой массы потребление бромидов калия было равно 320-470 мг, йодида калия – 2,1-2,8 мг.

3. Введение в состав рационов бычкам при выращивании и откорме антистрессовых препаратов способствует активизации микробиологических процессов в рубце, что приводит к достоверному снижению в рубцовой жидкости количества аммиака на 20-25%, увеличению общего и белкового азота на 4-7% и 4-5%, снижению в крови мочевины на 16-23% и повышению содержания белка на 10-12%.

4. Скармливание поваренной соли, обогащенной бромидом и йодидом, животным способствует повышению среднесуточных приростов на 6-8%, снижению затрат кормов на 7-8%, в том числе концентратов – на 8-9%.

5. Совместное обогащение поваренной соли бромистым и йодистым калием в равном соотношении обеспечивает повышение среднесуточного прироста бычков на 9-10%, снижение затрат на единицу продукции на 9%, в том числе концентратов – на 10%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гугля, В.Г. Некоторые показатели рубцового пищеварения у бычков на откорме с использованием бромсодержащих солей и руменсина/ В.Г. Гугля, А.М. Еранов//Актуальные проблемы биологии в животноводстве. – Боровск, 1995. – С. 29-30.

2. Кашин, В. К. Эффективность применения йода в животноводстве/ В.К. Кашин //Микроэлементы в биологии и их применение в сельском хозяйстве и медицине: тез. докл. II Всес. конф. – Самарканд, 1990. – С. 367-368.

3. Кизатова, З.К. Использование солей брома при откорме молодняка крупного рогатого скота/ З.К. Кизатова, М.Т. Таранов, Р.О. Файтельберг //Проблемы интенсификации в животноводстве в зоне Южного Урала. – 1990. – С. 81-85.

4. Радкевич, П.Е. Некоторые теоретические положения о стимуляции роста и продуктивности животных и птицы//Животноводство, 1972. – № 8. – С. 78-80.

## **РОЛЬ ОВОЩЕВОДСТВА В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Т.М. Карбанович, канд. биол. наук, Т.А. Воробьева, гл. специалист отдела по производству и торговле плодоовощной продукцией (Министерство сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь)**

### **Аннотация**

*Рассматривается роль овощеводства в обеспечении продовольственной безопасности страны. Проведен анализ производства и потребления овощей населением республики. Определены основные задачи продовольственной независимости в части овощной продукции.*

*The role of vegetable in providing food security of the country is examined. The analysis of production and consumption of vegetables by population of the republic has been made. The main objectives of food self-sufficiency of vegetable production have been defined.*

### **Введение**

Продовольственная безопасность государства – это степень обеспеченности населения страны экологически чистыми и полезными для здоровья человека продуктами питания отечественного производства по доступным ценам, в соответствии с рациональными нормами потребления пищевых продуктов для различных групп населения.

Степень продовольственной безопасности государства зависит от уровня развития сельскохозяйственного производства. В странах с развитой рыночной экономикой производство сельскохозяйственной продукции и ее переработка рассматриваются как важнейшее условие политической стабильности и показатель национальной независимости.

### **Основная часть**

Ежегодное нарастание экологической и социальной нагрузки на организм человека требует полноценного питания. Овощеводство является источником растительных продуктов, обладающих ценными питательными и целебными свойствами, имеющих большое значение для обеспечения сбалансированного питания людей.

Овощи содержат все основные энергосодержащие вещества: белки, углеводы, жиры. Особая ценность овощей как продуктов питания определяется высоким содержанием практически всех видов витаминов, особенно групп А, В и С, которые требуются организму в значительных количествах.

Овощи содержат минеральные вещества, различные гормоны и ферменты, органические кислоты, эфирные масла, пектиновые вещества. Они также богаты микроэлементами (марганец, молибден, йод, бор, цинк, медь и др.). В состав свежих овощей входят антибиотики (фитонциды), оказывающие губительное действие на бактерии, грибки и другие патогены.

Невысокая энергетическая ценность овощей по сравнению с пищей животного происхождения делает

их особенно необходимыми для сбалансированности пищевых рационов диетического питания. При этом удельный вес овощной продукции в суточном рационе человека должен составлять 20-25 %.

Социальная значимость овощеводства в условиях Беларуси усиливается уникальной способностью овощных культур выводить из организма человека радионуклиды и тяжелые металлы. В условиях экологической ситуации, связанной с аварией на Чернобыльской АЭС, оздоровительная функция овощей является наиболее актуальной.

Овощеводство является источником относительно дешевых продуктов питания, доступных по ценовому фактору массовому потребителю. Во всем мире производство овощей за последние 16 лет увеличилось с 469 тыс. тонн в 1990 г. до 850 млн. тонн (без бахчевых культур) в 2011 году, в том числе в Республике Беларусь, за указанный промежуток времени с 0,75 млн. тонн до 1,98 млн. тонн (табл. 1).

**Таблица 1. Производство овощей на душу населения в Республике Беларусь**

годы	производство овощей в хозяйствах всех категорий, тыс. тонн	численность населения, тыс. чел.	производство овощей на одного чел., кг
1990	749	10189	74
1995	1031	10177	101
2000	1379,1	9957	139
2005	2007	9630	208
2011	1979,4	9465	209

Анализ показывает, что за период с 1990 по 2011 гг. производство овощей на душу населения в Республике Беларусь увеличилось с 74 кг в 1990 году до 209 кг в 2011 году, или на 282 % (в 4,5 раза). В настоящее время мировое производство овощей на душу населения в год составляет 240 кг.

В общем объеме продовольственных ресурсов доля овощной продукции составляет 13 %, несмотря на то,

что площади под овощными культурами занимают около 1,3 % пашни. Уровень рентабельности производства овощных культур ежегодно составляет не менее 25 %, а в 2011 году – 46,4 %, поэтому значительная роль отводится овощеводству в улучшении экономического состояния сельскохозяйственных организаций.

Развитие овощеводства в республике показывает, что с каждым годом не только возрастает интерес к выращиванию и производству овощных культур, а также увеличиваются объемы потребления овощебахчевых культур населением страны (табл. 2).

**Таблица 2. Общий объем потребления овощебахчевых культур в Республике Беларусь (тыс. т)**

Годы	2000	2005	2010
<b>Ресурсы</b>			
Запасы на начало года	536,9	995,1	1360,8
Валовой сбор	1379,1	2007,0	2334,3
Импорт	99,9	183,3	216,8
<b>Итого ресурсов</b>	<b>2015,9</b>	<b>3185,4</b>	<b>3911,9</b>
<b>Использование</b>			
Потреблено в республике	1386,9	2110,9	2410,0
в т. ч. личное потребление	927,6	1237,7	1410,3
Экспорт	50,4	24	76,2
Запасы на конец года	578,6	1050,5	1425,7

Для объективного анализа продовольственной безопасности страны в части овощных культур, следует дать оценку такому понятию, как продовольственная независимость.

Основными задачами обеспечения продовольственной независимости страны являются:

- своевременное планирование и прогнозирование производства, а также выявление и предотвращение возможных угроз продовольственной безопасности;

- устойчивое развитие отечественного овощеводства (производство овощной продукции, включая сырье), достаточное для обеспечения продовольственной независимости страны;

- формирование стратегических запасов овощей (стабилизационные фонды) и постоянная готовность обеспечения граждан страны продукцией через торговую сеть;

- наличие дополнительных запасов овощей в хранилищах специализированных овощеводческих организаций для собственной торговли, участия в ярмарках, прочей реализации овощной продукции внутри страны и на экспорт;

- своевременный контроль за обеспечением безопасности овощной продукции;

- обеспечение доступности для каждого гражда-

**Таблица 4. Производство овощей в Республике Беларусь по категориям хозяйств**

Годы	В хозяйствах всех категорий, тыс. тонн	в том числе					
		в личных подсобных хозяйствах граждан, тыс. тонн	доля в общем объеме производства, %	в сельскохозяйственных организациях, тыс. тонн	доля в общем объеме производства, %	в крестьянских фермерских хозяйствах, тыс. тонн	доля в общем объеме производства, %
2000	1379	1085	79	262	19	32	2
2005	2007	1727	86	220	11	60	3
2011	1979,4	1310	66	415,2	21	254,2	13

нина страны овощных продуктов в объемах и ассортименте, соответствующих рациональным нормам потребления для здорового образа жизни населения.

По мнению экспертов, для достижения продовольственной независимости страны, доля импортной продукции не должна превышать 20 % от общего объема ее потребления.

За 2000-2010 годы доля импортной овощной продукции в общем объеме ее потребления населением республики составила 7-9 % (табл. 3).

**Таблица 3. Доля овощной продукции собственного производства в общем объеме потребления**

Годы	Общий объем потребления, тыс. т	Импорт, тыс. т	Доля импортной продукции, %
2000	1386,9	99,9	7,2
2005	2110,9	183,3	8,7
2010	2410,0	216,8	9,0

Анализ производства овощных культур по категориям хозяйств в республике за 2000-2011 годы показывает, что на долю личных подсобных хозяйств граждан ежегодно приходится большая часть производимой продукции и составляет 66-86 %. Одновременно наблюдается тенденция (по годам) снижения объемов производства овощей в данной категории (табл. 4).

В крестьянских (фермерских) хозяйствах на протяжении 2000-2005 годов производилось 2-3 % овощной продукции, а в 2011 году их доля возросла до 13 %.

В сельскохозяйственных организациях республики производится 11-21 % овощной продукции от общего объема ее производства в хозяйствах всех категорий.

#### Закключение

В соответствии с Государственной комплексной программой развития картофелеводства, овощеводства и плодородства в 2011-2015 годах, предусмотрено дальнейшее развитие крупнотоварных сельскохозяйственных овощеводческих организаций. В этой связи планируется:

- дальнейшее укрепление материально-технической базы крупнотоварных овощеводческих организаций за счет оснащения современной сельскохозяйственной техникой и оборудованием;

- строительство, реконструкция и модернизация специализированных овощехранилищ с установкой оборудования микроклимата, послеуборочной и предреализационной подготовки овощей;

- создание в каждой области интеграционных комплексов по производству, хранению и реализации овощей.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Государственная комплексная программа развития картофелеводства, овощеводства и плодоводства в 2011-2015 гг.: утв. пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 31.12.2010 №1926. – Минск, 2010.
2. Концепция национальной безопасности Респ. Беларусь: утв. Указом Президента Респ. Беларусь от 09.11.2010 №575. – Минск, 2010.
3. Мировая и национальная продовольственная безопасность [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.yorlib.net/content/view/8980/105/](http://www.yorlib.net/content/view/8980/105/). – Дата доступа: 03.05.2012.
4. Петрович, М.В. Региональная продовольствен-

- ная самодостаточность (методологическая модель)/ М.В. Петрович // Проблемы управления. – 2008. – №2.
5. Продовольственная безопасность – приоритетное направление межгосударственного взаимодействия [Электронный ресурс]. – 2012. Режим доступа: <http://www.e-info/page.php?id=19636>. – Дата доступа: 04.05.2012.
6. Ильина, З.М. Рынки продуктов и сельскохозяйственного сырья/З.М. Ильина. – Минск: ИАЭ НАН Б, 2004.
7. Сельское хозяйство Респ. Беларусь: стат. сб. /И.А. Костевич [и др.]. – Мн.: Нац. Стат. комитет Респ. Беларусь, 2010.

УДК 637.11.02

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 31.05.2012

## **УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОМЫВКИ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИЛИКОНОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

**С.А. Костюкевич, канд. с.-х. наук, доцент (БГАТУ); М.А. Дудова, канд. с.-х. наук, доцент (БГСХА)**

**Аннотация**

*Приведены исследования по изучению качества промывки доильного оборудования при использовании силиконовых соединений. Установлено, что обработка оборудования для доения коров силиконовыми соединениями способствует достоверному снижению его бактериальной обсемененности на 53,6–16,5 % и снижению общей бактериальной обсемененности молока на 37,9%.*

*We have conducted research into the influence of milking equipment treatment with silicon-organic compounds on the sanitary quality of milking machine. It has been established that treatment of milk-pipe with silicon-organic compounds helps to reduce the number of bacteria by 53,6–16,5 % and decreases the total bacterial count in raw milk by 37,9 %.*

**Введение**

Основным критерием в оценке соответствия молока требованиям СТБ 1598–2006 «Молоко коровье. Требования при закупках» и показателями его качества является содержание в нем общего количества микроорганизмов, поскольку этот показатель является одним из основных при оценке сортности реализуемой продукции [1].

В последнее время для улучшения условий промывки и дезинфекции доильно-молочного оборудования применяют обработку молокопроводящих путей полимерными силиконовыми соединениями, использование которых позволяет снижать потери его основных компонентов и получать молоко более высокого качества.

Силиконовые соединения представляют собой бесцветные жидкости, хорошо растворяющиеся в органических растворителях. На поверхности материала они образуют гомогенную и очень тонкую полиорганосилоксановую пленку, устойчивую даже при температуре 300–400°C. Органосилоксановые пленки прочно прилипают к поверхности, обладают высокой адгезивной способностью, не изменяются под влиянием атмосферных воздействий, не смываются растворителями, удаляются кипящим декагидронафталином, водным раствором

плавиковой кислоты или спиртовым раствором едкого калия. Силиконовые пленки сохраняются на обработанной поверхности в течение 3-х лет. Их действие нарушается только при механическом обтирании или загрязнении поверхностей [2, 3].

По номенклатуре ИЮПАК, соединения с одним атомом кремния рассматривают как производные силана SiH<sub>4</sub>, указывая в названии все связанные с атомом кремния заместители, кроме атомов водорода, например, (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>SiHCl<sub>2</sub> – диметилдихлорсилан [4].

Основным недостатком силиконовых покрытий является недостаточное количество производства силикона и высокая стоимость импортных материалов.

Основным направлением применения кремнийорганических покрытий в животноводстве является наружное и внутреннее покрытие различных труб, шлангов, баков, резервуаров для хранения, переработки и транспортировки продукции животноводства.

На молочно-товарных фермах силиконовые материалы применяются в основном для покрытия молокопроводов, пластиковых труб, шлангов и их соединений. Также ими покрываются резервуары для сбора и хранения молока. Основным преимуществом применения силикона молока являются его антиадгезивные свойства.

Еще одним преимуществом использования труб с силиконовыми покрытиями на крупных фермах и комплексах с интенсивной технологией производства является низкий коэффициент трения такого покрытия. При значительных потоках молока это существенно повышает производительность и долговечность деталей доильно-молочного оборудования, а также позволяет применять насосы меньшей мощности и с меньшим потреблением электроэнергии. Силиконовые покрытия не обладают запахом и не накапливают посторонние запахи, что позволяет передать естественный вкус, запах и качество молока. Силиконовые покрытия являются современными материалами и доказана экономическая целесообразность их применения [5].

### Основная часть

Бактериальная обсемененность молока наиболее точно отражает санитарные условия его получения. Молоко, образующееся в альвеолах здоровых коров, как правило, не содержит микроорганизмов. В среднем до 36% от общей бактериальной обсемененности молока приходится на корову (чистота вымени и прилегающих к ней кожных покровов) и доильное оборудование, до 19% – увеличивается при охлаждении, 44-45% – при перекачивании и транспортировке. Поэтому содержание микроорганизмов в молоке находится в прямой зависимости от санитарного состояния оборудования для доения коров [6].

Целью данных исследований являлось изучение влияния санитарного состояния оборудования для доения коров, модифицированного силиконовым соединением на основе диметилдихлорсилана – 1%-ным раствором метил (3,3,3-трифторпропил)дихлорсиланом, на бактериальной обсемененности молока. Схема исследований представлена в табл. 1.

**Таблица 1. Схема исследований**

Линия	Условия обработки оборудования для доения коров
1-я (контрольная)	Без обработки силиконовыми соединениями
2-я (опытная)	С обработкой 1 %-ным раствором метил (3,3,3-трифторпропил) дихлорсилана

Для реализации данной цели были сформированы две группы – по 45 голов каждая. Условия кормления и содержания животных были одинаковыми. Доение животных проводилось в молокопровод доильными установками «Westfalia». Внутренние поверхности молокопроводящих поверхностей доильной установки и танка-охладителя молока 2-й технологической линии были модифицированы 1%-ным раствором метил (3,3,3-трифторпропил) дихлорсиланом. Исследования проводились в производственных условиях на ферме по производству молока ГП «Экспериментальная база «Жодино» Смоленичского района.

Для промывки доильно-молочного оборудования применяли кальцинированную соду, а для дезинфекции – 0,5 %-ный раствор «Дезмола». Кроме того, проводилось промывание доильной аппаратуры теп-

лой водой (36°C) перед доением, что позволяло подготовить его к последующей транспортировке молока и сократить потери жира и других компонентов.

Оценку санитарного состояния внутренних поверхностей доильно-молочного оборудования проводили визуальным и тампонным методами перед доением коров. После промывки оборудования исследовали смывную жидкость. Количество микроорганизмов в молоке и смывной жидкости определяли путем посева на плотную питательную среду с последующим подсчетом выросших колоний (ГОСТ 9225), наличие бактерий группы кишечной палочки – коли-титр – по методу Карташовой (1972 г.). Полученные результаты анализировали методом математической статистики при обработке данных в животноводстве с определением уровней вероятности (P) при помощи таблицы Стьюдента-Фишера.

Экспериментальные данные показывают, что бактериальная обсемененность внутренних поверхностей молокопроводов и танков-охладителей молока до эксплуатации на всех технологических линиях была практически одинаковой (табл. 2).

**Таблица 2. Санитарно-гигиеническое состояние внутренней поверхности доильно-молочного оборудования**

Показатели	Технологическая линия	
	1	2
<b>Молокопровод</b>		
Бактериальная обсемененность до обработки силиконовыми покрытиями, тыс./см <sup>2</sup>	15,8	16,1
Бактериальная обсемененность в течение опыта, тыс./см <sup>2</sup> , M±m	15,3±1,9 0,1-1,0	7,1±1,6** 0,1-1,0
Коли-титр в течение опыта		
<b>Танк-охладитель молока</b>		
Бактериальная обсемененность до обработки кремнийорганическими покрытиями, тыс./см <sup>2</sup>	7,9	7,2
Бактериальная обсемененность в течение опыта, тыс./см <sup>2</sup> , M±m	12,1± 1,8	9,1± 2,2
Коли-титр в течение опыта	0,01-1,0	0,1-1,0

Примечание: \* - P<0,05, \*\* - P<0,01.

На внутренней поверхности молокопровода контрольной линии в течение девяти месяцев исследований количество микроорганизмов находилось ниже 20 тыс./см<sup>2</sup>. Санитарное состояние молокопровода оценивалось как «хорошее». Однако к двенадцатому месяцу исследований качество промывки значительно ухудшалось и составило 22,5 тыс./см<sup>2</sup> микробных тел.

На 2-й линии количество микроорганизмов на внутренней поверхности молокопровода за первый месяц исследований после нанесения силиконового покрытия составило 1,2 тыс./см<sup>2</sup>. В течение последующих шести месяцев бактериальная обсемененность повысилась незначительно и составила 4,7 тыс./см<sup>2</sup>, что указывает на достаточно высокую эффективность силиконового покрытия. В дальнейшем их количество увеличивалось вследствие снижения качества применяемого силикона. К концу исследований бактериальная обсемененность молокопровода составила 16,3 тыс./см<sup>2</sup> микробных тел. Однако этот показатель в

1,4 раза ниже, чем на контрольном молокопроводе. В целом за период исследований молокопровод опытной линии промывался только с оценкой «хорошо».

Бактериальная обсемененность поверхности танка-охладителя молока, обработанной 1%-ным раствором метил (3,3,3-трифторпропил) дихлорсиланом (2-я линия), за период исследований была ниже на 3,0 тыс./см<sup>2</sup> микробных клеток или на 16,5 % (P<0,05) по сравнению с контрольной линией. Коли-титр был в пределах 0,1–1,0, а за первые четыре месяца эксплуатации находился на уровне 1,0.

Модификация доильно-молочного оборудования 1%-ным раствором метил (3,3,3-трифторпропил) дихлорсилана способствовала достоверному снижению бактериальной обсемененности их внутренних поверхностей 53,6 % (P<0,01). Санитарное состояние молочного оборудования, обработанного данным силиконовым покрытием, на протяжении всего периода исследований, в соответствии с действующими санитарными правилами, оценивалось как «хорошее».

При изучении динамики бактериальной обсемененности доильно-молочного оборудования в зависимости от их сроков эксплуатации установлено, что достаточно высокий эффект действия силиконового покрытия наблюдался в течение восьми месяцев после обработки. В дальнейшем качество действия силиконового покрытия снижалось и окончательно прекращалось после года эксплуатации доильной установки.

Результаты исследований, характеризующие количество микроорганизмов в молоке, представлены в табл. 3.

**Таблица 3. Бактериальная обсемененность молока**

Показатели	Технологическая линия	
	1	2
Бактериальная обсемененность, тыс./см <sup>3</sup>	389,2±22,5	191,9±26,6**
Коли-титр	0,001-1,0	0,01-1,0

При обработке силиконовым покрытием доильного оборудования, бактериальная обсемененность молока из 2-й линии за период исследований была ниже, чем из контрольной линии на 147,3 тыс./см<sup>3</sup> или на 37,9% (P < 0,01). Коли-титр молока находился в пределах 0,01–1,0, при этом в течение первых двух месяцев после модификации доильного оборудования силиконовым покрытием, бактерии группы кишечной палочки не были выявлены. На третьем – пятом месяцах коли-титр молока находился на уровне 1,0, а затем – 0,01–1,0 до окончания исследований.

Бактериальная обсемененность молока из контрольной линии в начале исследований не превышала 261,4 тыс./см<sup>3</sup> микроорганизмов, а затем на шестом-девятом месяцах исследований (летний период) количество микроорганизмов в молоке аналогично возросло до 465,9...488 тыс./см<sup>3</sup>.

Бактериальная обсемененность молока, полученного на опытной линии, в течение восьми месяцев после модификации оборудования для доения коров силиконовым покрытием была ниже 100 тыс./см<sup>3</sup>. Повышение содержания микроорганизмов в молоке до

301,2 тыс./см<sup>3</sup> отмечалось на девятом месяце исследований, что связано с сезонными условиями. На протяжении шести месяцев исследований количество микроорганизмов колебалось от 93,6 до 142,4 тыс./см<sup>3</sup>, что свидетельствует о высокой эффективности примененного силиконового соединения и хорошем санитарном состоянии доильно-молочного оборудования. В последующие месяцы качество покрытия несколько снизилось, так как бактериальная обсемененность молока повысилась к двенадцатому месяцу до 184,3 тыс./см<sup>3</sup>.

Количество микроорганизмов в молоке повышалось пропорционально росту бактериальной обсемененности внутренней поверхности доильно-молочного оборудования и более резкое повышение бактериальной обсемененности молока отмечалось в летний период, так как более высокая температура окружающего воздуха способствовала повышенному росту микроорганизмов.

### **Заключение**

Обработка внутренних молокопроводящих поверхностей доильно-молочного оборудования 1%-ным раствором метил (3,3,3-трифторпропил) дихлорсилана способствовала снижению бактериальной обсемененности молокопровода на 53,6 % (P<0,01) в сравнении с контролем. Модификация поверхности ванн-охладителей молока 1%-ным раствором метил (3,3,3-трифторпропил) дихлорсилана снижала их бактериальную обсемененность на 37,9 % (P<0,01). Эффективность действия этих кремнийорганических покрытий после шести месяцев эксплуатации ослабевала.

Эксплуатация доильно-молочного оборудования, обработанного силиконовым покрытием на основе метил (3,3,3-трифторпропил) дихлорсилана, обеспечивала получение молока сорта «Экстра» в течение 4 месяцев, высшего сорта – в течение 8-12 месяцев.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. СТБ 1598-2006 «Молоко коровье. Требования при закупках». Изменение 1 от 19.11.2007 г. № 57. 2006. – 10 с.
2. Андрианов, К. Полимеры с неорганическими главными цепями молекул / К. Андрианов. – М.: Колос, 1962. – 148 с.
3. Божант, В. Силиконы / В. Божант, В. Хваловский, И. Ратоуски. – М., 1960. – С. 288-289.
4. Алексеев, П.Г. Свойства кремнийорганических жидкостей: справочник / П.Г. Алексеев, И.И. Скороходов, П.П. Поварнин. – М.: Энергоатомиздат, 1997. – 328 с.
5. Костокевич, С.А. Способ улучшения санитарного состояния доильных установок / С.А. Костокевич // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. научных трудов.– Горки: БГСХА, 2000. – С. 88-89.
6. Дегтерев, Г.П. Качество молока в зависимости от санитарного состояния доильного оборудования / Г.П. Дегтерев, А.М. Репин // Молочная промышленность. – 2000, №5. – С. 23–25.

## ВЛИЯНИЕ УГЛА РЕЗАНИЯ КУТТЕРНОГО НОЖА НА ПРИРОСТ ТЕМПЕРАТУРЫ СЫРЬЯ И УДЕЛЬНУЮ ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА КУТТЕРОВАНИЯ

В.Я. Груданов, докт. техн. наук, профессор, А.А. Бренч, канд. техн. наук, доцент, Л.Т. Ткачева, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ); А.Л. Желудков, ассистент (МГУП)

### Аннотация

*Разработаны ножи для куттеров периодического действия, использование которых позволяет проводить процесс измельчения с минимальными затратами электроэнергии и приростом температуры измельчаемого сырья.*

*Knives for cutters of periodic action have been designed, the use of which allows running the process of the milling with minimal power and increasing the temperature of crushed material.*

### Введение

При производстве фарша для вареных колбас в промышленности широко используются куттеры периодического действия. Тонкое измельчение мясного сырья является одним из важнейших процессов в формировании структуры фарша. В процессе эксплуатации мясорезущих инструментов необходимо учитывать высокую способность мясного сырья рассеивать энергию. Значительная часть энергии, расходуемой на процесс куттерования, превращается в тепло. При изготовлении колбасного фарша этот эффект вызывает частичную денатурацию белков, уменьшение их водосвязывающей способности и при определенных режимах измельчения может вызвать снижение качества колбасных изделий.

Для повышения эффективности процесса куттерования важно рационально выбрать оптимальные конструктивные параметры рабочих органов, обеспечивающие получение продукта с заданной степенью измельчения, сохраняя его пищевую и биологическую ценность. Куттерование – довольно энергоемкий процесс, поэтому необходимо искать возможные пути снижения удельных расходов электроэнергии без ухудшения качества фарша. В настоящее время конструкции рабочих органов не обеспечивают в полной мере выполнение основных технологических требований в части качества, производительности, энергозатрат и нуждаются в дальнейшем улучшении.

### Основная часть

Широкое применение на мясоперерабатывающих заводах нашли куттерные ножи, режущая кромка которых описана кривыми второго порядка. Наиболее распространенными вариантами кривых второго порядка, применяемых при изготовлении куттерных ножей, являются спираль Архимеда, логарифмическая спираль и эвольвента круга.

При анализе вышеприведенных спиралей было установлено, что постоянство угла резания по всей

длине режущей кромки можно достичь, очертив лезвие логарифмической спиралью [1].

Ножи с подобным профилем лезвия хорошо разрезают соединительную ткань. Однако основным недостатком ножей, выполненных по логарифмической спирали, является трудность их изготовления и эксплуатации. Эта проблема решается путем выполнения режущей кромки ножа в виде ломаной линии с  $i$ -ым количеством прямолинейных участков (рис. 1).

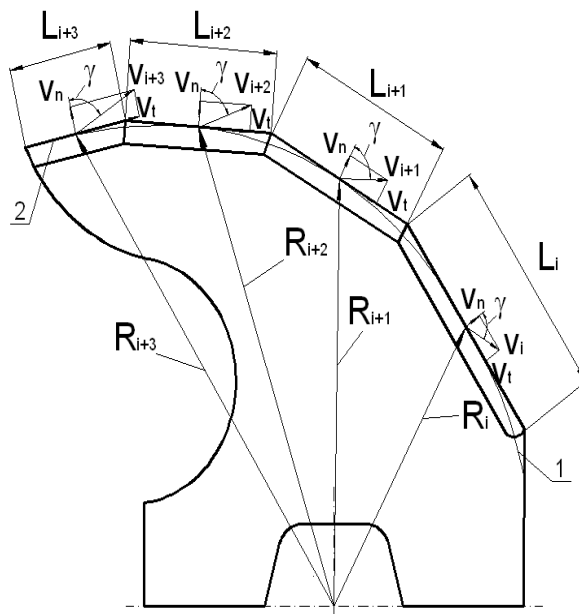


Рисунок 1. Схема куттерного ножа с ломаной режущей кромкой: 1- логарифмическая спираль; 2 – режущая кромка

Благодаря очертанию лезвия ножа логарифмической спиралью достигается постоянство угла резания по всей длине режущей кромки. Но из-за сложности выполнения ножей такой конструкции предлагается выполнить режущую кромку в виде ломаной линии,

выполненной касательно к логарифмической спирали. Это дает возможность получить постоянство угла резания в середине каждого прямолинейного участка режущей кромки, что, в свою очередь, обеспечивает равномерность измельчения продукта [2]. Длина прямолинейного участка режущей кромки может определяться из выражения

$$L_i = L_{i-1} \frac{R_{i-1}}{R_i}, \quad (1)$$

где  $R_{i-1}$  – расстояние от оси вращения ножа до середины  $i-1$  – ой режущей кромки, м;

$R_i$  – расстояние от оси вращения ножа до середины следующей режущей кромки, м.

Не менее важным для осуществления процесса измельчения мясного сырья при производстве колбасных изделий является угол заточки режущей кромки ножа. С учетом прочностных характеристик лезвия и свойств измельчаемого сырья, оптимальный диапазон значения угла заточки лежит в пределах  $15^\circ \dots 30^\circ$ . Уменьшение угла заточки обеспечивает улучшение условий резания. Однако при этом происходит снижение прочности режущей кромки, что приводит к частой перезаточке ножей. При увеличении угла заточки стойкость лезвия повышается, но при этом возрастает сопротивление внедрения ножа в измельчаемое сырье и, как следствие, увеличиваются затраты энергии на процесс куттерования.

В своей работе [3] М.Н. Клименко приводит, что величина давления режущей кромки ножа на продукт равна

$$P = \frac{I}{r} \cdot \frac{d\omega}{dr}, \quad (2)$$

где  $I$  – момент инерции ножа,  $\text{м}^4$ ;

$r$  – расстояние от оси вращения ножа до режущей кромки, м;

$\omega$  – угловая скорость, рад/с.

Из соотношения следует, что с увеличением  $r$  величина давления ножа на обрабатываемый продукт снижается. В то же время при резании волокнистых материалов необходимо, чтобы давление в зоне контакта режущей кромки и продукта не уменьшалось с увеличением расстояния от оси вращения до режущей кромки, а наоборот, увеличивалось. Этот эффект может быть достигнут двумя способами: за счет уменьшения угла заточки лезвия по мере увеличения расстояния от оси вращения до режущей кромки, либо путем увеличения угла резания режущей кромки.

При использовании ножа с серповидной режущей кромкой второй путь более практичен и осуществляется путем увеличения угла резания по мере роста расстояния от оси вращения до режущей кромки. Однако ножи с длинной режущей кромкой имеют большую боковую поверхность, что приводит к значительным потерям энергии на трение и, как следствие, к более интенсивному повышению температуры фарша во время процесса куттерования.

Использование ножей с ломаной режущей кромкой позволяет пойти по первому пути: уменьшать

угол заточки прямолинейного участка режущей кромки по мере увеличения расстояния от оси вращения до режущей кромки (рис. 2). Это конструктивное решение позволяет получить требуемое давление в зоне контакта режущей кромки и продукта [4].

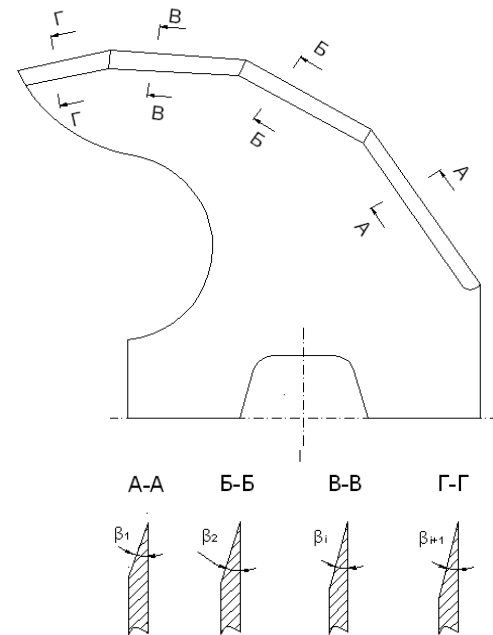


Рисунок 2. Схема куттерного ножа с изменяющимся углом заточки режущей кромки

Таким образом, были предложены новые технические решения в области конструирования куттерных ножей, позволяющие снизить прирост температуры измельчаемого сырья и затраты энергии с сохранением требуемого качества к измельчаемому продукту.

Для определения конкретных конструктивных параметров (оптимального угла резания) куттерного ножа необходимо проведение экспериментальных исследований, учитывающих влияние данного параметра на процесс куттерования. На рис. 3 представ-

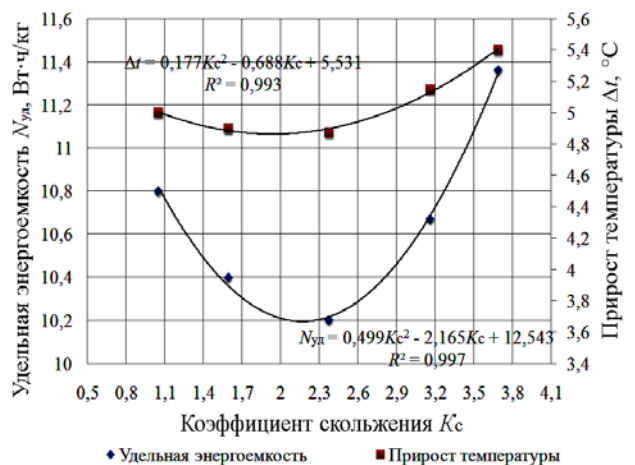


Рисунок 3. Зависимость  $N_{уд}$  и  $\Delta t$  от  $K_c$



лена зависимость удельной энергоемкости  $N_{уд}$  и прироста температуры  $\Delta t$  в процессе куттерования от коэффициента скольжения куттерного ножа.

Из графика видно, что при изменении коэффициента скольжения ножа  $K_c$  от 1,06 до 1,94 прирост температуры изменяется в диапазоне от 5 °С до 4,66 °С. Причем минимальный прирост температуры достигается при коэффициенте скольжения  $K_c = 1,94$ . С увеличением коэффициента скольжения прирост температуры в процессе куттерования начинает интенсивно расти.

При куттеровании энергия, затрачиваемая ножами, рассекающими при больших скоростях слой довольно липкого фарша, расходуется, главным образом, на преодоление сил адгезии и трения. Силы адгезии находятся в прямой зависимости от площади контакта лезвия ножа и измельчаемого продукта, поэтому для существенного снижения их следует уменьшать боковую поверхность ножей за счет выпрямления лезвия.

Резание при куттеровании должно быть скользким, а лезвие ножа – наклонным, что обеспечивает смещение продукта по лезвию ножа. Увеличение коэффициента скольжения приводит к увеличению длины режущей кромки, что приводит к увеличению боковой поверхности ножа и большим потерям энергии на трение и, как следствие, приводит к более интенсивному повышению температуры куттеруемого сырья во время процесса куттерования.

Величина удельной энергоемкости с увеличением  $K_c$  от 1,06 до 2,17 также уменьшается. Причем минимум наблюдается при коэффициенте скольжения – 2,17. При дальнейшем увеличении  $K_c$  значение удельной энергоемкости  $N_{уд}$  повышается. Основной причиной повышения удельного расхода энергии на процесс куттерования является повышение величины составляющей  $N_{уд}$ , необходимой для преодоления сил трения. Поверхность контакта режущего органа при  $K_c = 3,7$  больше в сравнении со случаем рубящего резания в несколько раз. Так как усилие прижатия продукта к боковой поверхности и коэффициент трения при заданной скорости резания являются величиной постоянной, можно сделать вывод, что основной причиной повышения  $N_{уд}$  при увеличении коэффициента скольжения является увеличение составляющей удельного расхода энергии на преодоление сил трения поверхности ножа о продукт.

Проведенные исследования процесса куттерования позволили установить, что минимальные прирост температуры и удельная энергоемкость процесса достигаются с использованием ножей с коэффициентом скольжения  $K_c = 2,06$ . Так как  $K_c = \operatorname{tg} \gamma$ , то данному коэффициенту скольжения соответствует угол резания  $\gamma = 64^\circ 11'$ .

В общем виде уравнение логарифмической спирали имеет вид

$$r = a^\phi, \quad (3)$$

где  $r$  – радиус-вектор спирали, м;  
 $a$  – постоянный коэффициент;  
 $\phi$  – полярный угол, рад.

В этой спирали радиус-вектор и касательная в любой точке кривой образует постоянный угол  $\gamma$  (угол резания), при этом кривая пересекает все лучи, выходящие из полюса под одним и тем же углом. Данная спираль была положена в основу разработки куттерного ножа новой конструкции, т.к. в наибольшей степени отвечает предъявляемым требованиям к конструкции рабочих органов куттеров.

Для построения логарифмической спирали с заданным углом  $\gamma$  необходимо определить коэффициент  $a$ .

Из свойств логарифмической спирали известно, что производная функции  $r'$  равна

$$r' = r \cdot \operatorname{ctg} \gamma, \quad (4)$$

где  $\operatorname{ctg} \gamma$  – котангенс угла  $\gamma$  между радиус-вектором и касательной, проведенной к логарифмической спирали.

Учитывая, что уравнение логарифмической спирали имеет вид  $r = a^\phi$ , а ее производная равна

$$r' = a^\phi \cdot \ln a, \quad (5)$$

получаем

$$a^\phi \cdot \ln a = a^\phi \cdot \operatorname{ctg} \gamma, \quad \ln a = \operatorname{ctg} \gamma,$$

$$\operatorname{ctg}(64^\circ 11') = 0,485, \quad \ln a = 0,485.$$

Следовательно

$$a = e^{0,485},$$

где  $e$  – основание натурального алгоритма,  $e = 2,718$ .

Тогда уравнение логарифмической спирали с углом  $\gamma = 64^\circ 11'$  примет вид

$$r = e^{0,485 \phi}. \quad (6)$$

Подставляя значения полярных углов  $\phi$  с шагом угла равным  $\pi / 6$  в выражение (6), строим логарифмическую спираль с заданным углом резания  $\gamma = 64^\circ 11'$ .

После построения логарифмической спирали режущая кромка в виде ломаной линии строится так, чтобы ее прямолинейные участки своей серединой касались логарифмической спирали. Этим достигается получение постоянства угла резания  $\gamma$  в середине каждого прямолинейного участка режущей кромки, что, в свою очередь, обеспечивает равномерность измельчения продукта по всей длине режущей кромки, что позволяет повысить качество готового продукта и эффективность работы куттерного ножа [2].

Для увеличения давления в зоне контакта режущей кромки и продукта угол заточки на самом удаленном от оси вращения прямолинейном участке режущей кромки составляет  $15^\circ$ . Этот участок будет иметь наибольшую линейную скорость, поэтому здесь будет происходить наиболее интенсивный износ режущей кромки.

У посадочного отверстия ножа угол заточки режущей кромки увеличивается до  $27^\circ$ , а линейная скорость принимает наименьшее значение, поэтому износ режущей кромки будет менее интенсивный. Шаг изменения угла заточки, начиная от наиболее удален-

ного от оси вращения ножа прямолинейного участка режущей кромки, составляет  $3^\circ$ .

В процессе эксплуатации использование ступенчатой заточки режущей кромки ножа позволяет перезатачивать только часть режущей кромки, подвергающейся наибольшему износу, что снижает затраты времени на перезаточку ножей [4].

Разработанные куттерные ножи обладают рядом преимуществ по сравнению с серийно выпускаемыми ножами:

- снижение удельной энергоемкости процесса и прироста температуры измельчаемого сырья за счет применения оптимального угла резания;
- обеспечение равномерности измельчения продукта по длине режущей кромки;
- сокращение времени на перезаточку ножей за счет использования ступенчатой заточки режущей кромки, что позволяет перезатачивать только часть кромки, подвергающейся наибольшему износу.

На рис. 4 представлена ножевая головка куттера с ножами, у которых угол резания в середине прямолинейных участков режущей кромки составляет  $64^\circ 11'$ .

#### **Заключение**

Предложенные технические решения в области конструирования куттерных ножей и проведенные экспериментальные исследования позволяют конструировать ножи с оптимальным углом резания, использование которых обеспечивает минимальную удельную энергоемкость процесса и прирост температуры измельчаемого сырья.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Груданов, В.Я. Обоснование конструктивных и геометрических параметров режущих инструментов для тонкого измельчения мясного сырья / В.Я.



*Рисунок 4. Ножевая головка куттера с разработанными ножами*

Груданов, А.А. Бренч, А.Л. Желудков, В.М. Поздняков // Вес. Нац. акад. наук Беларуси: сер. физ.-техн. наук. – 2011. – № 3. – С. 47-53.

2. Нож куттера серповидный: пат. 11597 Респ. Беларусь, МПК6 В02 С18/30/ В.Я. Груданов, А.А. Бренч, А.Л. Желудков; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия; опубл. 28.02.09// Афіцыйны бюл./ Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.

3. Клименко, М.Н. Развитие теории процесса резания мяса и совершенствование машин для измельчения сырья в производстве колбасных изделий: автореф. ... дис. докт. техн. наук: 05.18.12. – М., 1990.

4. Нож куттера: пат. 11793 Респ. Беларусь, МПК6 В02 С18/30 / А.Л. Желудков, В.Я. Груданов, А.А. Бренч; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия; опубл. 30.04.09// Афіцыйны бюл./Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці.

**Радиоволновой влагомер зерна**

*Предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах.*

**Основные технические данные**

Диапазон измерения влажности зерна	от 9 до 25%
Основная абсолютная погрешность	не более 0,5%
Температура контролируемого материала	от +5 до +65°C
Цена деления младшего разряда блока индикации	0,1%
Напряжение питания	220 В 50Гц,
Потребляемая мощность	30ВА

Влагомер обеспечивает непрерывный контроль влажности зерна в потоке и автоматическую коррекцию результатов измерения при изменении температуры материала, имеет аналоговый выход 4-20 мА, а также интерфейс RS-485.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАТЛАВ ДВИГАТЕЛЬНОГО И ГЕНЕРАТОРНОГО РЕЖИМОВ РАБОТЫ АСИНХРОННЫХ МАШИН ПРИ ЧАСТОТНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ В СТЕНДАХ ОБКАТКИ И ИСПЫТАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

М.А. Прищепов, докт. техн. наук, доцент, В.В. Гурин, канд. техн. наук, доцент,  
В.В. Смоленчук, аспирант (БГАТУ)

### Аннотация

*В статье предложена конструкция стенда обкатки и испытания механических передач с частотно-регулируемым асинхронным приводом, обеспечивающим рекуперацию электрической энергии от тормозной машины к приводной. Проведено математическое моделирование двигательного и генераторного режимов работы асинхронных машин предложенного стенда при частотном регулировании, позволившее определить величину рекуперации электрической энергии от тормозной машины к приводной.*

*The article considers the construction of the stand of rolling and tests of mechanical transmissions with anisochronous driving gear that provides recuperation of electrical power from a braking machine till driving. Mathematical modeling of motive and generative regimes of work of anisochronous machines of offered stand has been carried out. It has allowed defining the size of the recuperation of power from a braking machine till driving.*

### Введение

Обкатка и испытание – завершающие операции в технологическом процессе изготовления и ремонта механических передач, во многом определяющие долговечность и качество их работы при последующей эксплуатации. В реальном производстве известно широкое применение стендов для обкатки и испытания передач с использованием рекуперации электрической энергии от тормозной асинхронной машины с короткозамкнутым ротором к приводной машине постоянного тока, подключенной к сети переменного тока через регулятор напряжения и соединенный с его выходом выпрямитель [1, 2].

Основными недостатками указанных стендов являются:

- наличие дорогой приводной машины постоянного тока, имеющей невысокую надежность;
- возможность обкатки механической передачи под нагрузкой в узком диапазоне скоростей, находящемся выше синхронной частоты вращения магнитного поля статора асинхронной машины;
- невозможность имитации режима торможения транспортного средства двигателем при обкатке и испытаниях коробок передач.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана конструкция частотно-регулируемого асинхронного привода стенда для обкатки и испытания передач с рекуперацией электрической энергии, исключающая указанные недостатки [3].

Целью данной работы является математическое моделирование режимов работы приводной и тормозной машины предложенного стенда.

### Основная часть

В разработанном стенде (рис. 1, 2) предложено использование в качестве приводной и тормозной машин наиболее надежных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором.

Стенд содержит станину (на рис. не показана) с установленной на ней испытываемой передачей 1, кинематически соединенной с дополнительной аналогичной передачей 2, при этом выходные валы испытываемой 1 и дополнительной 2 передач соединены вместе. К входному валу дополнительной передачи присоединен тормозной асинхронный двигатель 3, а к входному валу испытываемой передачи – приводной асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором 4, статорная обмотка которого через дроссель 5 и преобразователь частоты 6 подключена к питающей сети 7. Тормозной асинхронный двигатель 3 выполнен с короткозамкнутым ротором, а статорная обмотка тормозного двигателя через токоподводящие щетки 8 и контактные кольца 9, закрепленные соосно валу 10 на изоляционной втулке 11 одного из подшипниковых щитов 12, подключена к выходу преобразователя частоты 6 приводного двигателя 4 после дросселя 5. Корпус статора 13 тормозного двигателя 3 выполнен вращающимся на подшипниках 14. Он вращается в направлении, противоположном вращению ротора, вспомогательным электродвигателем 15 через самотормозящую механическую передачу. Тормозной электродвигатель установлен в подшипниковых опорах 16, жестко закрепленных на станине стенда. Самотормозящая механическая передача выполнена червячной, при этом червячное колесо 17 закреплено соосно валу 10 тормозного двигателя 3 на другом из его

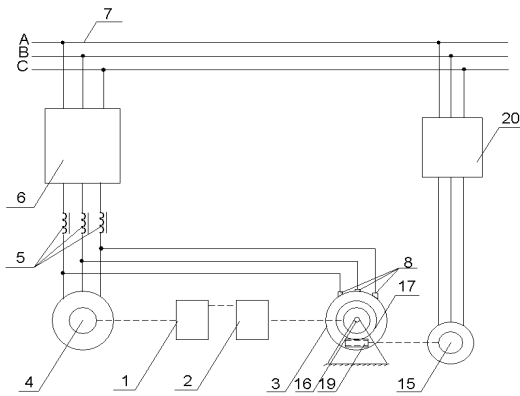


Рисунок 1. Схема стэнда для обкатки и испытания механических передач

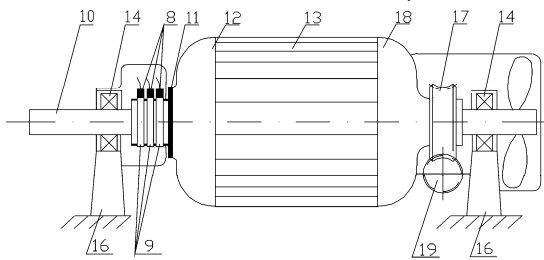


Рисунок 2. Конструкция предлагаемого тормозного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

подшипниковых щитов 18, а червяк 19 кинематически соединен с валом вспомогательного электродвигателя 15, жестко закрепленного на станине стэнда и подключенного к сети 7 через регулятор частоты вращения 20. В качестве приводного 4 и тормозного 3 асинхронных двигателей используют двигатели с одинаковой номинальной частотой вращения.

Работает стэнд следующим образом. Напряжение от трехфазной сети 7 переменного тока через преобразователь частоты 6 и дроссель 5 подается на статорные обмотки как приводного 4, так и тормозного 3 асинхронных двигателей, которые кинематически соединены с ведущими валами соответственно испытываемой передачи 1 и дополнительной передачи 2. Так как суммарное передаточное отношение встречно-последовательно соединенных обкатываемой 1 и дополнительной 2 передач равно единице, то скорость вращения приводного 4 и тормозного 3 двигателей одна и та же и определяется частотой питающего напряжения на выходе частотного преобразователя 6. Испытываемая передача 1 работает в этом случае на холостом ходу.

Для испытания передачи 1 под нагрузкой через регулятор частоты вращения 20 подключается к трехфазной сети 7 вспомогательный двигатель 15, вал которого кинематически соединен с червяком 19 и червячным колесом 17, приводя во вращение статор 13 тормозного двигателя 3 в направлении, противоположном направлению вращения его ротора. Тем самым изменяется скольжение ротора тормозного электродвигателя. Оно определяется по формуле:

$$s = \frac{(\omega_0 - \omega_{cm}) - \omega}{(\omega_0 - \omega_{cm})}, \quad (1)$$

где  $\omega_0$  – синхронная скорость вращения электромагнитного поля асинхронного двигателя, рад/с;

$\omega_{cm}$  – скорость вращения статора тормозного двигателя в сторону, противоположную вращению ротора, рад/с;

$\omega$  – скорость вращения ротора асинхронного двигателя, рад/с.

При неподвижном статоре тормозного электродвигателя  $\omega_{cm} = 0$ , имеем известную формулу скольжения асинхронного двигателя:

$$s = \frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}. \quad (2)$$

При вращении статора со скоростью  $\omega_{cm} = \omega_0 - \omega$  скольжение тормозного электродвигателя станет равным нулю. Это значит, что тормозной электродвигатель перешел в режим идеального холостого хода.

При дальнейшем увеличении скорости вращения статора тормозного двигателя скольжение станет отрицательным, и тормозной электродвигатель перейдет в режим генератора с рекуперацией электрической энергии к обмоткам статора приводного электродвигателя. Таким образом, изменяя скорость вращения статора тормозного электродвигателя, можно изменить тормозной момент на валу передачи 1.

Изменение режимов нагружения передачи 1, т.е. угловой скорости вращения и тормозного момента, осуществляют соответственно преобразователем частоты 6 и регулятором 20 вспомогательного двигателя 15. При этом угловая скорость статора 13 тормозного электродвигателя должна изменяться в небольших пределах для обеспечения номинального тормозного момента:

$$\omega_{cm} = 2 \cdot \omega_0 \cdot s_n, \quad (3)$$

где  $s_n$  – номинальное скольжение тормозного электродвигателя, о.е.

Номинальная мощность вспомогательного электродвигателя 15 зависит от диапазона изменения скорости  $\omega_{cm}$  и развиваемого тормозного момента:

$$P_{всп} = \frac{M_n \cdot \omega_{cm}}{\eta_{пер}} = \frac{M_n \cdot 2 \cdot \omega_0 \cdot s_n}{\eta_{пер}} = \frac{2 \cdot P_n \cdot s_n}{\eta_{пер}}, \quad (4)$$

где  $M_n$  – номинальный момент тормозного электродвигателя, Н·м;

$\eta_{пер}$  – КПД передачи вспомогательного электродвигателя, о.е.;

$P_n$  – номинальная мощность тормозного электродвигателя, Вт.

С увеличением мощности асинхронных двигателей их номинальное скольжение уменьшается (до 0,04...0,02), следовательно, вспомогательный электродвигатель должен иметь небольшую мощность.

При аналогичном вращении статора 13 тормозного двигателя 3 в направлении вращения его ротора процесс нагружения передачи 1 изменится на обратный. Приводным станет двигатель 3, а тормозным – двигатель 4 и соответственно изменится направление рекуперации электрической энергии.

При уменьшении частоты тока преобразователя 6 уменьшится синхронная скорость электромагнитного поля  $\omega_0$  приводного и тормозного электродвигателей, но диапазон изменения момента (до  $M_n$ ) не изменится. Следовательно, не изменится и величина скольжения электродвигателя  $S_n$  в тормозном режиме. Однако диапазон изменения скорости вспомогательного электродвигателя уменьшится, поскольку уменьшилось значение  $\omega_0$  (формула 3). Требуемая для привода статора 13 мощность вспомогательного электродвигателя 15 также уменьшится (формула 4). Наибольшая мощность на валу вспомогательного электродвигателя 15 соответствует частоте 50 гц на приводном электродвигателе.

Таким образом, предлагаемый стенд позволяет осуществлять нагружение передачи в широком диапазоне частот вращения, использовать тормозной двигатель в качестве приводного, и наоборот, обеспечивать рекуперацию электрической энергии непосредственно от тормозного двигателя, работающего в генераторном режиме, к приводному, что в свою очередь обеспечивает возможность использования маломощного преобразователя частоты 6 и минимальные потери энергии при обкатке передачи 1 под нагрузкой.

Дифференциальные уравнения, описывающие электромеханические процессы, происходящие в асинхронном двигателе, в системе координат  $x, y$  согласно [4], имеют вид:

$$\left. \begin{aligned} U_{1x} &= R_1 \cdot i_{1x} + \frac{d\Psi_{1x}}{dt} - \omega_0 \cdot \Psi_{1y}; \\ U_{1y} &= R_1 \cdot i_{1y} + \frac{d\Psi_{1y}}{dt} + \omega_0 \cdot \Psi_{1x}; \\ 0 &= R_2 \cdot i_{2x} + \frac{d\Psi_{2x}}{dt} - (\omega_0 - \omega) \cdot \Psi_{2y}; \\ 0 &= R_2 \cdot i_{2y} + \frac{d\Psi_{2y}}{dt} + (\omega_0 - \omega) \cdot \Psi_{2x}; \\ M &= (i_{1y} \cdot i_{2x} - i_{1x} \cdot i_{2y}) \cdot p_n \cdot L_{12} = \\ &= (i_{1y} \cdot i_{2x} - i_{1x} \cdot i_{2y}) \cdot K_m \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где  $R_1, R_2$  – сопротивление обмотки статора и ротора асинхронного двигателя, Ом;

$U_{1x}, U_{1y}$  – проекции векторов напряжения статора и ротора двигателя на оси  $x$  и  $y$ , В;

$i_{1x}, i_{1y}, i_{2x}, i_{2y}$  – проекции векторов тока статора и ротора двигателя на оси  $x$  и  $y$ , А;

$\Psi_{1x}, \Psi_{1y}, \Psi_{2x}, \Psi_{2y}$  – проекции векторов потокосцеплений статора и ротора двигателя на оси  $x$  и  $y$ , Вб;

$K_m = p_n \cdot L_{12}$  – коэффициент момента, Гн;

$p_n$  – число пар полюсов электродвигателя;

$L_{12}$  – сопротивление взаимной индукции обмотки статора и ротора асинхронного двигателя, Гн.

Запишем выражения потокосцеплений асинхронного двигателя через индуктивности обмоток статора, ротора и проекции векторов тока:

$$\left. \begin{aligned} \Psi_{1x} &= L_1 i_{1x} + L_{12} i_{2x}; \\ \Psi_{1y} &= L_1 i_{1y} + L_{12} i_{2y}; \\ \Psi_{2x} &= L_2 i_{2x} + L_{12} i_{1x}; \\ \Psi_{2y} &= L_2 i_{2y} + L_{12} i_{1y}. \end{aligned} \right\}, \quad (6)$$

где  $L_1, L_2$  – индуктивное сопротивление обмотки статора и приведенное индуктивное сопротивление обмотки ротора асинхронного двигателя, Гн.

Из системы уравнений (6) выразим проекции векторов тока через потокосцепления:

$$\left. \begin{aligned} i_{1x} &= \Psi_{1x} \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2} - \Psi_{2x} \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \\ &= \Psi_{1x} K_2 - \Psi_{2x} K_{12}; \\ i_{1y} &= \Psi_{1y} \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2} - \Psi_{2y} \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \\ &= \Psi_{1y} K_2 - \Psi_{2y} K_{12}; \\ i_{2x} &= \Psi_{2x} \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2} - \Psi_{2y} \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \\ &= \Psi_{2x} K_1 - \Psi_{2y} K_{12}; \\ i_{2y} &= \Psi_{2y} \frac{L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2} - \Psi_{2x} \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2} = \\ &= \Psi_{2y} K_1 - \Psi_{2x} K_{12} \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

где коэффициенты  $K_1, K_2, K_{12}$  соответственно равны

$$K_1 = \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2};$$

$$K_2 = \frac{L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2};$$

$$K_{12} = \frac{L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}.$$

Основное уравнение движения электропривода имеет вид

$$M - M_{cm} = J_{np} \frac{d\omega}{dt}, \quad (8)$$

где  $M$  – момент, развиваемый электродвигателем, Н·м;

$M_{cm}$  – статический момент сопротивления на валу электродвигателя, Н·м;

$J_{np}$  – приведенный момент инерции электродвигателя, кг·м<sup>2</sup>.

Разрешив основное уравнение движения электропривода (8) относительно частоты вращения рото-

ра и уравнения равновесия напряжений (5) и (6) относительно потокоцеплений, и переходя к операторному описанию, получим систему уравнений асинхронного двигателя в системе координат x-y:

$$\left. \begin{aligned} \overline{\omega} &= \frac{1}{p} \cdot \left( \frac{\overline{M} - \overline{M}_{cm}}{\overline{J}} \right) \\ \overline{\Psi}_{1x} &= \frac{1}{p} (\overline{U}_{1x} - R_1 \overline{i}_{1x} + \omega_0 \overline{\Psi}_{1y}); \\ \overline{\Psi}_{1y} &= \frac{1}{p} (\overline{U}_{1y} - R_1 \overline{i}_{1y} - \omega_0 \overline{\Psi}_{1x}); \\ \overline{\Psi}_{2x} &= \frac{1}{p} (-R_2 \overline{i}_{2x} + (\omega_0 - \omega) \cdot \overline{\Psi}_{2y}); \\ \overline{\Psi}_{2y} &= \frac{1}{p} (-R_2 \overline{i}_{2y} - (\omega_0 - \omega) \cdot \overline{\Psi}_{2x}); \\ \overline{i}_{1x} &= \overline{\Psi}_{1x} K_2 - \overline{\Psi}_{2x} K_{12}; \\ \overline{i}_{1y} &= \overline{\Psi}_{1y} K_2 - \overline{\Psi}_{2y} K_{12}; \\ \overline{i}_{2x} &= \overline{\Psi}_{2x} K_1 - \overline{\Psi}_{1x} K_{12}; \\ \overline{i}_{2y} &= \overline{\Psi}_{2y} K_1 - \overline{\Psi}_{1y} K_{12}; \\ \overline{M} &= (\overline{i}_{1y} \cdot \overline{i}_{2x} - \overline{i}_{1x} \cdot \overline{i}_{2y}) \cdot K_m \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

На рис. 3 представлена структурная схема асинхронного двигателя в осях x-y, составленная по уравнениям (9).

Далее структурная схема будет использована при построении имитационных моделей подсистем «Приводной АД», «Тормозной АД» и «Вспомогательный АД».

Для моделирования режимов работы асинхрон-

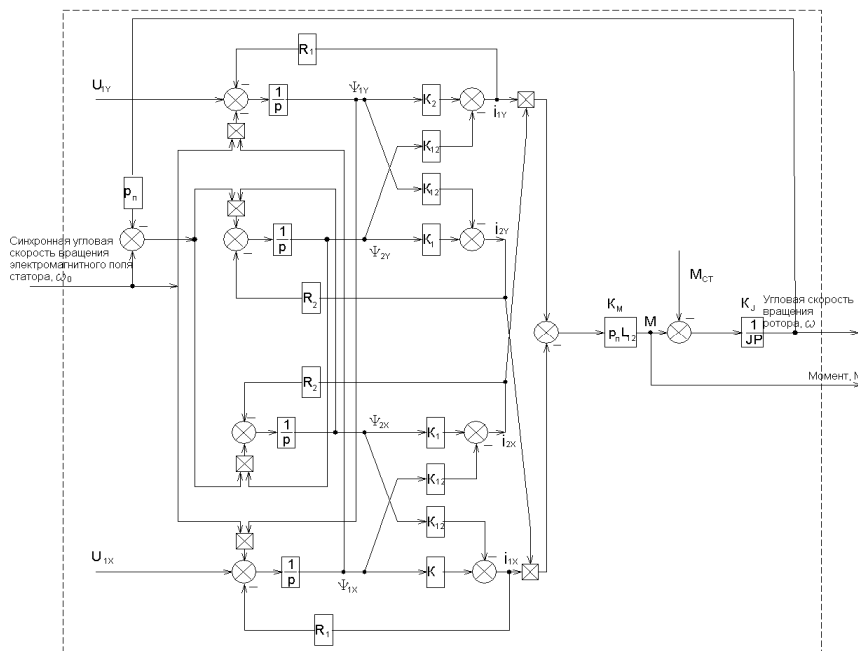


Рисунок 3. Структурная схема асинхронного двигателя в осях x-y

ных машин необходимо вычислить их параметры по следующим общеизвестным выражениям [5]:

Критическое скольжение [5]:

$$s_{кр.} = s_n \cdot (m_{max} + \sqrt{m_{max}^2 - 1}), \quad (10)$$

где  $m_{max}$  – кратность максимального момента электродвигателя, о.е.

Угловая скорость вращения электромагнитного поля статора:

$$\omega_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{p_n}, \text{ рад/с}, \quad (11)$$

где  $f$  – частота тока преобразователя, Гц.

Номинальная угловая частота вращения ротора:

$$\omega_n = \omega_0 \cdot (1 - s_n), \text{ рад/с} \quad (12)$$

Номинальный момент электродвигателя:

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n}, \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (13)$$

Максимальный момент электродвигателя:

$$M_{max} = m_{max} \cdot M_n, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (14)$$

где пусковой момент:

$$M_n = m_n \cdot M_n, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (15)$$

где  $m_n$  – кратность пускового момента электродвигателя, о.е.

Механические потери принимаются равными

$$\Delta P_{мех} = 0,02 \cdot P_n, \text{ Вт}. \quad (16)$$

Коэффициент приведения С в первом приближении равным  $C=1,02$ .

Приведенное активное сопротивление обмотки ротора [5]:

$$R_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{P_n + \Delta P_{мех}}{I_n^2 \cdot \frac{1 - s_n}{s_n}}, \text{ Ом}, \quad (17)$$

где  $I_n$  – номинальный ток электродвигателя, А.

Активное сопротивление обмотки статора [5]:

$$R_1 = \frac{U \cdot \cos \varphi \cdot (1 - \eta)}{I_n} - C^2 \cdot R_2 - \frac{\Delta P_{мех}}{3 \cdot I_n^2}, \text{ Ом}, \quad (18)$$

где  $U$  – напряжение питания электродвигателя, В;

$\cos \varphi$  – коэффициент мощности электродвигателя;

$\eta$  – коэффициент полезного действия электродвигателя;

$C$  – коэффициент приведения.

Приведенная индуктивность рассеяния обмоток статора и ротора:

$$L_{1p} = L_{2p} = \frac{U}{4 \cdot \pi \cdot f \cdot (1 + C^2) \cdot k_i \cdot I_n}, \text{ Гн, (19)}$$

где  $k_i$  – кратность пускового тока электродвигателя. Индуктивность обмоток статора и ротора [5]:

$$L_1 = L_2 = \frac{U}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot I_H \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f \cdot M_{\max}}{p_n \cdot U} \cdot \frac{s_H}{s_{kp}}}, \text{ Гн. (20)}$$

Индуктивность цепи намагничивания:

$$L_{12} = L_1 - L_{1p}, \text{ Гн (21)}$$

По окончании расчета определяется коэффициент приведения  $C_1$  и сравнивается с ранее принятым  $C=1,02$

$$C_1 = 1 + \frac{L_{1p}}{L_{12}}.$$

При необходимости расчет следует повторить, изменив значение  $C$ , добиваясь минимальной разницы между  $C$  и  $C_1$ .

Полученная система уравнений (9) справедлива как для приводного асинхронного двигателя, так и для вспомогательного. Для тормозного двигателя в третье и четвертое уравнения системы (9) необходимо ввести величину угловой скорости вращения статора тормозного двигателя  $\omega_{cm}$ . В результате система уравнений для тормозного асинхронного двигателя в системе координат x-y примет вид:

$$\left. \begin{aligned} \omega &= \frac{1}{p} \cdot \left( \frac{\overline{M} - \overline{M}_{cm}}{J_{mp}} \right) \\ \overline{\Psi}_{1x} &= \frac{1}{p} (\overline{U}_{1x} - R_1 \overline{i}_{1x} + \omega_0 \overline{\Psi}_{1y}); \\ \overline{\Psi}_{1y} &= \frac{1}{p} (\overline{U}_{1y} - R_1 \overline{i}_{1y} - \omega_0 \overline{\Psi}_{1x}); \\ \overline{\Psi}_{2x} &= \frac{1}{p} (-R_2 \overline{i}_{2x} + (\omega_0 - \omega_{cm} - \omega) \overline{\Psi}_{2y}); \\ \overline{\Psi}_{2y} &= \frac{1}{p} (-R_2 \overline{i}_{2y} - (\omega_0 - \omega_{cm} - \omega) \overline{\Psi}_{2x}); \\ \overline{i}_{1x} &= \overline{\Psi}_{1x} K_2 - \overline{\Psi}_{2x} K_{12}; \\ \overline{i}_{1y} &= \overline{\Psi}_{1y} K_2 - \overline{\Psi}_{2y} K_{12}; \\ \overline{i}_{2x} &= \overline{\Psi}_{2x} K_1 - \overline{\Psi}_{1x} K_{12}; \\ \overline{i}_{2y} &= \overline{\Psi}_{2y} K_1 - \overline{\Psi}_{1y} K_{12}; \\ \overline{M} &= (\overline{i}_{1y} \cdot \overline{i}_{2x} - \overline{i}_{1x} \cdot \overline{i}_{2y}) \cdot K_M \end{aligned} \right\} (22)$$

Статический момент, действующий на тормозной электродвигатель:

$$M_{cm, \text{торм.}} = \frac{2 \cdot M_{kp} \cdot (1 + a \cdot s_{kp})}{s_{kp} / s + s / s_{kp} + 2 \cdot a \cdot s_{kp}}, \text{ Н} \cdot \text{м, (23)}$$

где

$$a = \frac{R_1}{R_2}.$$

Статический момент, действующий на приводной электродвигатель, равен сумме моментов действующего на тормозной электродвигатель и момента потерь  $M_{\text{пот.}}$  в передачах:

$$M_{cm, \text{пр.}} = -M_{cm, \text{торм.}} + M_{\text{пот.}}, \text{ Н} \cdot \text{м. (24)}$$

После вычисления параметров асинхронных двигателей будет произведено моделирование обкаточного стенда с помощью программного обеспечения MATLAB в пакете SIMULINK.

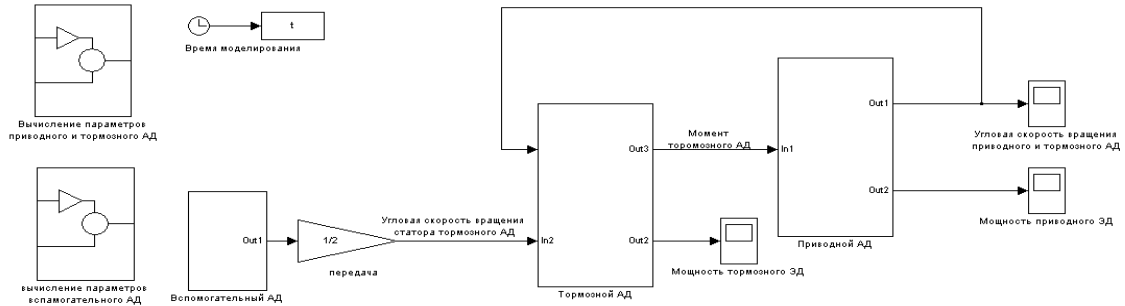
Тогда имитационная модель обкаточного стенда будет иметь вид, представленный на рис. 4.

Далее на рис. 5-8 представлены подсистемы, входящие в состав имитационной модели обкаточного стенда.

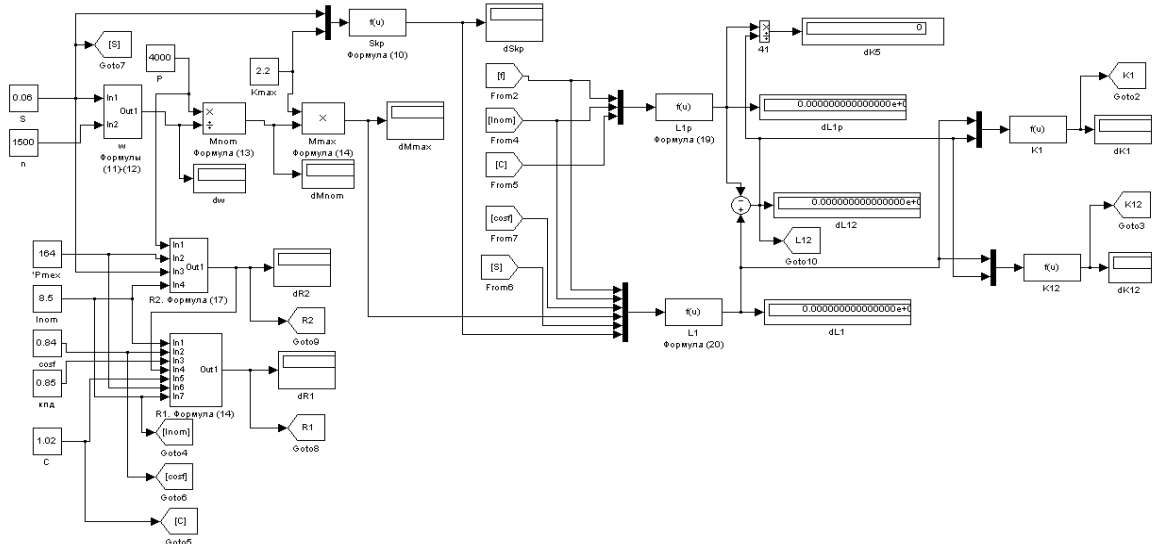
По разработанной имитационной модели было произведено моделирование во времени характеристик приводного и тормозного асинхронных двигателей экспериментального обкаточного стенда.

На рис. 9-14 представлены графики изменения во времени задающей частоты питающего напряжения, частоты вращения роторов и изменения мощности соответственно приводного, тормозного и вспомогательного электродвигателей.

Из графиков (рис.11, 13) видно, что при разгоне приводного и тормозного двигателя без нагрузки, частота вращения этих двигателей близка к частоте вращения холостого хода и равна 156 рад/с, а потребляемая мощность – 380Вт каждым из электродвигателей, обусловленная наличием механических и электрических потерь. В момент времени  $t=4$ с начинает вращаться вспомогательный двигатель, а соответственно и статор тормозного двигателя, что приводит к работе тормозного двигателя в генераторном режиме. При задающей частоте напряжения питания вспомогательного двигателя 17Гц, приводной электродвигатель выходит на работу с номинальной мощностью 4000Вт и с частотой вращения ротора приводного и тормозного двигателей равной 146 рад/с. При этом тормозной электродвигатель работает в генераторном режиме с рекуперацией энергии на приводной двигатель, и, как видно из рис. 12, рекуперированная мощность равна 3500Вт. Потребляемая мощность вспомогательного двигателя равна 150Вт (рис. 14). При полном останове вспомогательного двигателя (момент времени  $t=8$ с) мощность, потребляемая приводным и тормозным двигателями, становится равной мощности потерь, а частота вращения – частоте вращения холостого хода.



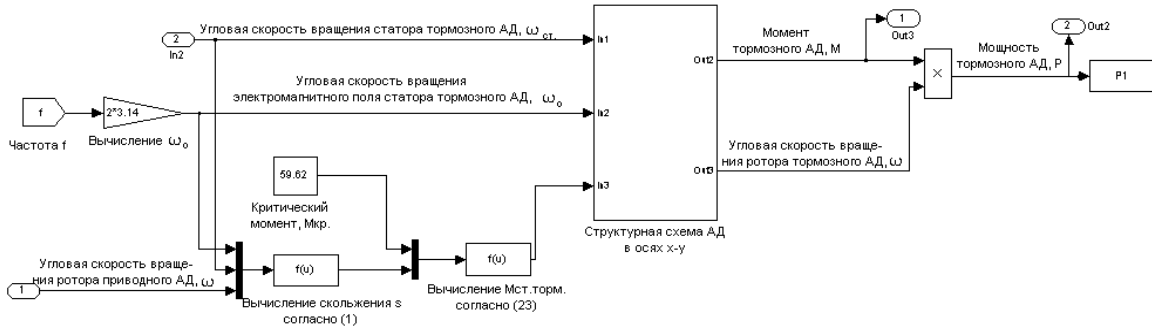
**Рисунок 4. Имитационная модель обкаточного стенда**



**Рисунок 5. Имитационная модель подсистемы «Вычисление параметров приводного и тормозного АД», составленная по уравнениям (10)-(21)**



**Рисунок 6. Имитационная модель подсистемы «Приводной АД», соответствующая системе уравнений (9) и уравнению (24)**



**Рисунок 7. Имитационная модель подсистемы «Тормозной АД», соответствующая системе уравнений (22) и уравнениям (1), (23)**



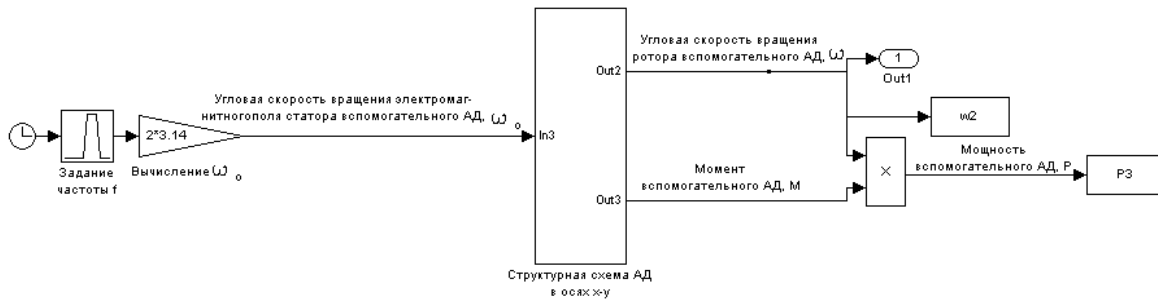


Рисунок 8. Имитационная модель подсистемы «Вспомогательный АД», соответствующая системе уравнений (9)

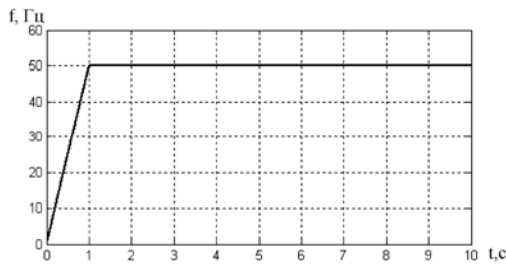


Рисунок 9. График изменения задающей частоты питающего напряжения приводного двигателя

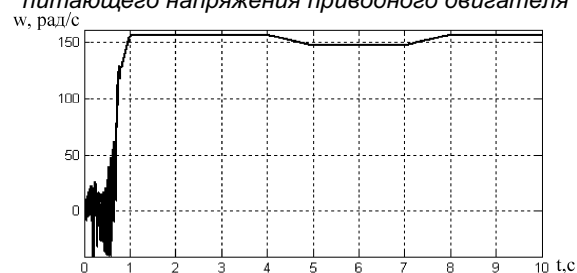


Рисунок 11. График изменения частоты вращения роторов приводного и тормозного двигателей

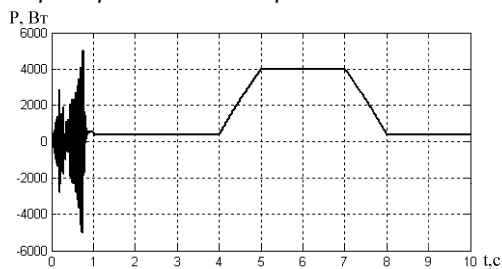


Рисунок 13. График изменения мощности приводного двигателя

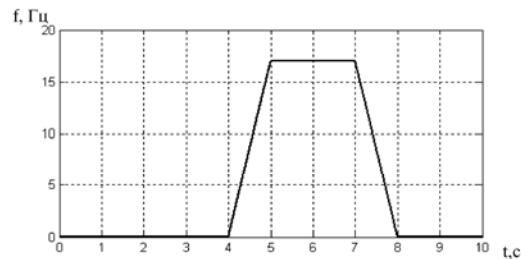


Рисунок 10. График изменения задающей частоты питающего напряжения вспомогательного двигателя

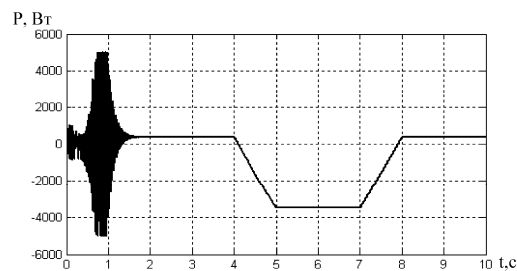


Рисунок 12. График изменения мощности тормозного двигателя

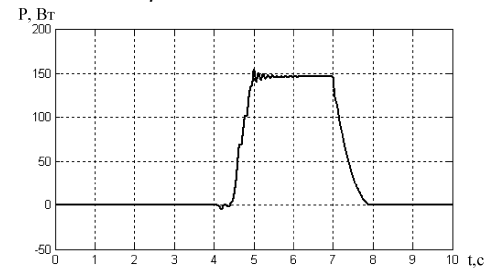


Рисунок 14. График изменения мощности вспомогательного двигателя

Из анализа полученных расчетных данных видно, что величина рекуперированной электроэнергии от тормозного к приводному электродвигателю достигает 80%, что практически совпадает с результатами экспериментальных исследований.

### Выводы

Частотное регулирование в предложенных стендах обкатки механических передач обеспечивает возможность обкатки передач под нагрузкой при различных частотах вращения, обеспечивая при этом

рекуперацию электрической энергии от тормозного асинхронного двигателя к приводному до 80%.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Стенд для испытания передач: а. с. 624132 СССР, G 01 M 13/02; 1977/Л.А. Калинин, П.Т. Шипуль.
2. Способ испытания механических передач в электрическом стенде: а. с. 1525525 СССР, G 01 M 13/02; 1989/ А.И. Школьников, В.П. Караухов.
3. Стенд для обкатки и испытания передач с рекуперацией электрической энергии: пат. ВУ 7667

Респ. Беларусь, G 01 М 13/02; 2012/ М.А. Прищепов, В.В. Гурин, В.В. Смоленчук, Е.М. Прищепова.

4. Фираго, Б.И. Теория электропривода: учеб. пособ./ Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. – Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2004. – 527 с.

5. Черных, И.В. "SimPowerSystems: моделирование электротехнических устройств и систем в Simulink"/ И.В. Черных [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/simpower>. – Дата доступа: 14.11.2012 г.

УДК 631.371: 621.31

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 06.03.2012

## СХЕМА ЗАМЕЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК $Y/Y_H$ СО СПЕЦИАЛЬНЫМ СИММЕТРИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ ( $Y/Y_HCY$ )

Г.И. Янукович, канд. техн. наук, профессор, И.В. Протосовицкий, канд. техн. наук, доцент, Н.Г. Королевич, канд. эконом. наук, доцент (БГАТУ)

### Аннотация

*Для анализа несимметричных режимов работы трансформаторов с помощью метода симметричных составляющих необходимо построить его схему замещения. В данной статье получены выражения, на основе которых построены схемы замещения трансформатора  $Y/Y_HCY$  для токов прямой, обратной и нулевой последовательности.*

*It has been stressed in the article that it's essential to have a scheme of substitution for the analysis of dissymmetrical operating regime of transformers with the help of symmetrical components. The expressions have been received on the basis of which the schemes of substitution of the transformer  $Y/Y_HCY$  for currents of straight, reverse and zero succession are based.*

### Введение

В Белорусском государственном аграрном техническом университете на кафедре электроснабжения была разработана новая схема соединения обмоток трансформатора: «звезда-звезда-нуль с симметрирующим устройством» ( $Y/Y_HCY$ ) [1].

Трансформатор с указанной схемой соединения обмоток содержит обмотки высшего напряжения 1, обмотки низшего напряжения 2 и компенсационную обмотку 3, охватывающую все основные обмотки. Один конец компенсационной обмотки подключен к нейтрали обмоток низшего напряжения, а другой конец выведен наружу (рис. 1).

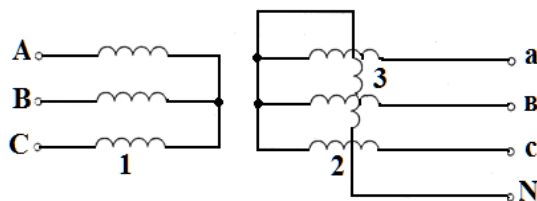


Рисунок 1. Схема соединения обмоток трансформатора «звезда-звезда-нуль с симметрирующим устройством»: 1 – обмотка высшего напряжения трансформатора; 2 – обмотка низшего напряжения трансформатора; 3 – компенсационная обмотка

Сопротивление нулевой последовательности данного трансформатора уменьшается более чем в десять раз, при этом существенно улучшается качество напряжения. Этот трансформатор обладает все-

ми достоинствами трансформатора со схемой «звезда-звезда-разомкнутый треугольник с нулем». Однако он более удобен при его изготовлении. Данный трансформатор улучшает также форму кривой напряжения, так как компенсирует высшие гармонические напряжения, кратные трем, имеющие нулевую последовательность.

### Основная часть

Обмотка симметрирующего устройства (СУ) рассматриваемого трансформатора намотана поверх обмоток высшего напряжения и охватывает все три стержня. Она включена встречно обмоткам низшего напряжения. По ней протекает только ток нулевой последовательности. Этот ток создает встречный компенсирующий магнитный поток нулевой последовательности, создаваемый обмотками низшего напряжения трансформатора. При равенстве потоков от обмотки СУ и обмоток низшего напряжения будет иметь место полная компенсация потоков нулевой последовательности:

$$\Phi_{O_a} + \Phi_{O_b} + \Phi_{O_c} + \Phi_{O_{CY}} \cdot e^{j180} = 0,$$

где  $\Phi_{O_{(a,b,c)}}$  – магнитный поток нулевой последовательности в стержнях магнитопровода трансформатора от фазных обмоток низшего напряжения;

$\Phi_{O_{CY}}$  – магнитный поток нулевой последовательности от обмотки симметрирующего устройства.

Так как обмотка высшего напряжения соединена в звезду и не имеет нулевого провода, то по ней протекают только токи прямой и обратной последовательности. Токи нулевой последовательности в этой обмотке отсутствуют.

Вторичные токи трансформатора содержат составляющие всех последовательностей. Система токов нулевой последовательности не может трансформироваться в первичной обмотке трансформатора. Трансформируются только токи прямой и обратной последовательности.

Обмотки высшего и низшего напряжения трансформатора будут содержать составляющие всех последовательностей.

Схема замещения рассматриваемого трансформатора в симметричном режиме ничем не отличается от схемы замещения трансформатора «звезда-звезда-нуль». Для несимметричных режимов в работе схемы замещения будут отличаться.

Чтобы получить схему замещения трансформатора  $Y/Y_n/3U$ , приведенную на рис. 1, согласно законов Киргофа, запишем уравнение для фазы  $A$ :

$$\underline{U}_A = -\underline{E}_a + \underline{I}_A \underline{Z}_1, \quad (1)$$

где  $\underline{E}_a$  – э.д.с. фазы  $a$ , создаваемая основным потоком трансформатора;

$\underline{I}_A$  – ток фазы  $A$ ;

$\underline{Z}_1$  – эквивалентное сопротивление обмотки высшего напряжения трансформатора.

Фазное напряжение обмотки низшего напряжения с учетом действия компенсирующей обмотки для фазы  $a$ :

$$\underline{U}_a = -\underline{E}_a + \underline{I}_a \underline{Z}_2 - \underline{I}_{aCV0} \underline{Z}_{CV}, \quad (2)$$

где  $\underline{Z}_2$  – эквивалентное сопротивление обмотки низшего напряжения;

$\underline{Z}_{CV}$  – эквивалентное сопротивление симметрирующей обмотки;

$\underline{I}_{aCV0}$  – ток нулевой последовательности, протекающий по виткам симметрирующей обмотки от фазы  $a$ .

Эквивалентные сопротивления обмоток высшего, низшего напряжения и компенсирующих витков симметрирующего устройства определяются по формуле (2.) [2] с учетом соответствующих индексов обмоток данного трансформатора.

Обе части уравнений (1) и (2) разложим на симметричные составляющие.

Получим:

$$\begin{aligned} \underline{U}_A &= \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0} = \\ &= -\underline{E}_{a1} - \underline{E}_{a2} - \underline{E}_{a0} + \underline{I}_{A1} \underline{Z}_1 + \underline{I}_{A2} \underline{Z}_1; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_a &= \underline{U}_{a1} + \underline{U}_{a2} + \underline{U}_{a0} = \\ &= -\underline{E}_{a1} - \underline{E}_{a2} - \underline{E}_{a0} + \underline{I}_{a1} \underline{Z}_2 \\ &\quad + \underline{I}_{a2} \underline{Z}_2 + \underline{I}_{a0} \underline{Z}_2 - \underline{I}_{aCV0} \underline{Z}_{CV}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $\underline{E}_{a1}, \underline{E}_{a2}, \underline{E}_{a0}$  – э.д.с. фазы  $a$  соответственно прямой, обратной и нулевой последовательности;

$\underline{I}_{a1}, \underline{I}_{a2}, \underline{I}_{a0}$  – токи прямой, обратной и нулевой последовательности, протекающие по обмотке низшего напряжения фазы  $a$ .

Из выражения (3) следует:

$$\underline{U}'_A = -\underline{E}'_a + \underline{I}'_A \underline{Z}_1, \quad (5)$$

$$\underline{U}'_{A0} = -\underline{E}'_{a0}, \quad (6)$$

где  $\underline{E}'_a = \underline{E}_{a1} + \underline{E}_{a2}$  – сумма э.д.с. прямой и обратной последовательности обмотки низшего напряжения фазы  $a$ .

Аналогично из уравнения (4) следует, что

$$\underline{U}'_{a2} = -\underline{E}'_a + \underline{I}'_{a2} \underline{Z}_2, \quad (7)$$

где  $\underline{U}'_{a2} = \underline{U}_{a1} + \underline{U}_{a2}$  – сумма фазных напряжений прямой и обратной последовательности обмотки низшего напряжения трансформатора фазы  $a$ ;

$$\underline{U}'_{a0} = -\underline{E}'_{a0} + \underline{I}'_{a20} \underline{Z}_2 - \underline{I}'_{aCV0} \underline{Z}_{CV}, \quad (8)$$

где  $\underline{I}'_{a20}$  – ток нулевой последовательности, протекающий по обмотке фазы  $a$ .

Напряжение нулевой последовательности обмотки низшего напряжения трансформатора с учетом действия компенсирующих витков представим следующим образом:

$$\underline{U}_{a0} = \underline{U}_{a20} - \underline{U}_{aCV0},$$

где  $\underline{U}_{a20}$  – напряжение нулевой последовательности обмотки низшего напряжения фазы  $a$  без учета действия симметрирующей обмотки;

$\underline{U}_{aCV0}$  – напряжение нулевой последовательности симметрирующей обмотки фазы  $a$  без учета влияния обмотки высшего напряжения.

Теперь уравнение (8) будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{a20} - \underline{U}_{aCV0} &= \\ &= -\underline{E}'_{a0} + \underline{I}'_{a20} \underline{Z}_2 - \underline{I}'_{aCV0} \underline{Z}_{CV}. \end{aligned} \quad (9)$$

Преобразуя последнее выражение, получим

$$-E_{a0} = -I_{a20}Z_2 + U_{a20} + I_{aCY0}Z_{CY} - U_{aCY0} \quad (10)$$

На основании уравнений (5) и (7) (рис. 2, а) построена схема замещения трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Y<sub>n</sub>СУ для токов прямой и обратной последовательности, а на основании уравнений (6) и (10) – для токов нулевой последовательности, (рис. 2, б).

**Выводы**

Имея схемы замещения трансформатора Y/Y<sub>n</sub>СУ для токов прямой, обратной и нулевой последовательности, можно исследовать влияние симметрирующего устройства на фазные напряжения вторичной стороны трансформатора.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Трехфазный трансформатор: а.с. 1099328 СССР, 1984/ А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Н.Е. Шевчик и др.

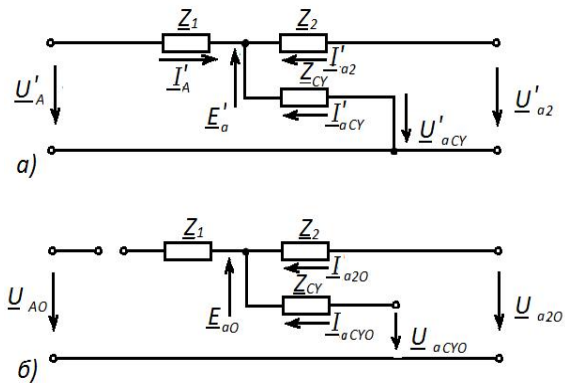


Рисунок 2. Схемы замещения трансформатора Y/Y<sub>n</sub>СУ: а - для токов прямой и обратной последовательности; б - для токов нулевой последовательности

2. Янукович, Г.И. Исследование трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-разомкнутый треугольник» с целью использования его в сельских электрических сетях 380/220 В для повышения качества напряжения: дис. ... канд. техн. наук/ Г.И. Янукович. – Минск, 1975.

УДК 621.577

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 29.02.2012

**ПУТИ ЭКОНОМИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ТЕПЛОНАСОСНЫМИ УСТАНОВКАМИ**

А.Л. Синяков, канд. техн. наук, доцент, И.А. Цубанов, ст. преподаватель (БГАТУ)

**Аннотация**

*Выполнено обоснование применения теплонасосных установок (ТНУ) в системах теплоснабжения и определена ожидаемая экономия электроэнергии при использовании ТНУ для предварительного нагрева теплоносителя.*

*The explanation of the use of heat pumping machinery in systems of heat supply has been realized and expected economy of electricity while using heat pumping machines for preliminary heating of heat-transfer has been defined.*

**Введение**

При теплоснабжении объектов, удаленных от котельных или требующих высокого уровня автоматизации процессов теплопотребления, все более широко используется электроэнергия для нагрева сред (теплоносителей) в электротехнологиях, системах отопления и горячего водоснабжения жилых, общественных и производственных зданий [1, 2].

Одним из методов снижения расхода электроэнергии в системах теплоснабжения является создание комбинированных систем, обеспечивающих нагрев теплоносителей, как за счет электроэнергии, так и за счет низкопотенциальной теплоты, используемой с помощью ТНУ.

Согласно СНБ 4.02.01-03, электроэнергия может применяться в системах отопления путем непосред-

ственной трансформации в тепловую энергию или с помощью тепловых насосов.

Рекомендации по использованию ТНУ при отоплении, вентиляции и горячем водоснабжении усадебных жилых домов даны в ТКП 45-4.02-74.

Применение ТНУ в системах теплоснабжения идеально согласуется с государственной энергосберегающей стратегией, т.к. позволяет использовать низкопотенциальную теплоту окружающей среды и тепловых «отходов» вместо органического топлива. На работу ТНУ затрачивается электроэнергия, но количество получаемой от них тепловой энергии в несколько раз больше затрачиваемой электроэнергии.

В мировой практике наблюдается переход от традиционных систем теплоснабжения к широкому использованию в них ТНУ.

В системах теплоснабжения ТНУ могут устанавливаться взамен электроводоподогревателей или вместе с ними по комбинированной (двухступенчатой) схеме «ТНУ – электроводоподогреватель».

Анализ эффективности использования ТНУ совместно с электротеплоносителями был выполнен в работе [3]. Однако при этом была принята высокая степень совершенства термодинамического цикла теплового насоса (ТН), что привело к завышенным значениям как коэффициента преобразования ТН, так и достигаемой экономии электроэнергии.

Цель данного исследования – определить оптимальные параметры работы ТНУ в системах теплоснабжения и выполнить расчет ожидаемой экономии электроэнергии.

### Основная часть

Рассчитаем ожидаемое снижение расхода электроэнергии при использовании теплоты ТНУ от источника теплоты низкого потенциала.

В случае использования ТНУ взамен электроводоподогревателя коэффициент уменьшения расхода электроэнергии

$$K = \frac{\eta}{\mu}, \quad (1)$$

где  $\eta$  – КПД электроводоподогревателя;  $\mu$  – коэффициент преобразования теплового насоса (ТН).

Коэффициент преобразования ТН [4]:

$$\mu = 240(\Delta t_{ТН})^{-1,1}, \quad (2)$$

где  $\Delta t_{ТН}$  – разность температур конденсации в конденсаторе ТН и испарения в испарителе ТН, °С.

Методика нахождения коэффициента преобразования основана на определении температур конденсации и испарения в зависимости от температур источников теплоты высокого и низкого потенциалов [4].

Источник теплоты высокого потенциала (ИТВП) – теплоноситель в системе теплоснабжения, в качестве которого обычно используется горячая вода, а источник теплоты низкого потенциала (ИТНП) – окружающая среда или теплые «отходы» технологического оборудования.

Температуры конденсации и испарения хладона,

как и коэффициент преобразования ТН, не могут быть приняты произвольно. Они определяются температурными условиями работы ТН.

Относительное уменьшение расхода электроэнергии при переходе к использованию ТНУ:

$$b = (1 - K) \times 100\%. \quad (3)$$

Анализ энергоэффективности был проведен для двух вариантов:

– вариант А, при котором использованы ТНУ типа «грунт – вода», ИТНП – грунт;

– вариант Б, при котором использованы ТНУ типа «вода – вода», ИТНП – грунтовые воды.

К расчету были приняты следующие исходные данные:

– температура ИТНП равна 8°С;

– при использовании грунтовых вод сумма перепада температуры низкопотенциального теплоносителя в испарителе и минимальных температурных напоров в испарителе и конденсаторе  $\Sigma(\Delta t) = 10^\circ\text{C}$ ;

– при использовании грунта  $\Sigma(\Delta t) = 18^\circ\text{C}$  с учетом дополнительно минимального температурного напора в системе отвода теплоты от грунта;

– КПД электроводоподогревателя равен 0,95.

Результаты расчета ожидаемой экономии электроэнергии приведены в зависимости от температуры горячей воды  $t_1$ , °С, подаваемой потребителям (табл. 1).

Экономия электроэнергии при ее использовании с помощью ТНУ вместо прямой трансформации электроэнергии в тепловую энергию зависит от температуры воды, подаваемой тепловым потребителям, и от вида ИТНП.

Исходя из приведенных в табл. 1 данных, следует заключить, что для увеличения экономии электроэнергии необходимо стремиться к уменьшению температуры подаваемой воды до минимально допустимой по условиям работы систем отопления и горячего водоснабжения. В варианте Б ожидаемая экономия электроэнергии при температуре  $t_1=75^\circ\text{C}$  составляет 53%, а при  $t_1=45^\circ\text{C}$  повышается до 72,6%.

Низкотемпературные системы теплоснабжения создают благоприятные условия для применения ТНУ в системах теплоснабжения. К таким системам относятся системы отопления "водяной теплый пол" и низкотемпературные системы горячего водоснабжения.

Таблица 1. Ожидаемая экономия электроэнергии

Параметры, единицы величин	Источник, номер формулы	$t_1, ^\circ\text{C}$							
		35	40	45	50	55	60	65	75
Вариант А									
$\Delta t_{ТН}, ^\circ\text{C}$	[4]	45	50	55	60	65	70	75	85
$\mu$	(2)	3,65	3,25	2,92	2,66	2,43	2,24	2,08	1,8
$b, \%$	(3)	74	70,7	67,5	64,2	60,9	57,6	54,5	47,5
Вариант Б									
$\Delta t_{ТН}, ^\circ\text{C}$	[4]	37	42	47	52	57	62	67	77
$\mu$	(2)	4,52	3,93	3,48	3,11	2,81	2,56	2,35	2,02
$b, \%$	(3)	79	75,8	72,6	69,5	66,2	62,9	59,6	53

Согласно СНБ 4.02.01–03, температура по оси нагревательного элемента теплого пола не должна превышать значений 35–37°C. На свиноводческих фермах используется электроотопление с водообогреваемым полом [2]. В этих случаях температура подачи нагретой воды составит 35–45°C, а коэффициент преобразования – 3,5–4,5. Ожидаемая экономия электроэнергии будет находиться в пределах 67–80%. Теплый пол и тепловой насос – это наиболее эффективное сочетание оборудования, способствующего сбережению электроэнергии. Тепловая энергия в этом случае «производится» экономно за счет низкопотенциальной теплоты.

Низкотемпературная система горячего водоснабжения характерна для детских дошкольных учреждений, в которых ТКП 45–4.01–52 ограничивает температуру подаваемой воды значением 37°C.

Для повышения экономии электроэнергии могут найти применение схемы «ТНУ – ТНУ» с последовательным соединением по нагреваемой воде двух ТНУ (рис. 1).

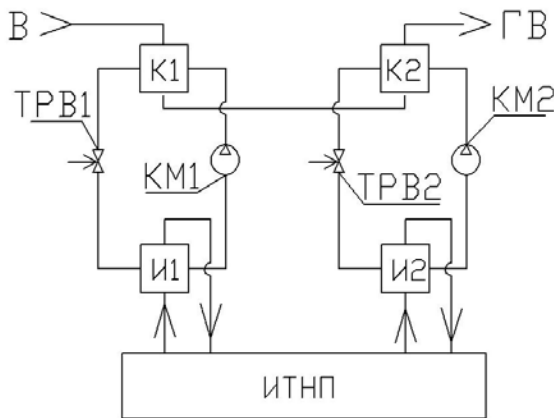


Рисунок 1. Функциональная схема соединения двух ТНУ

Вода (В) с начальной температурой  $\tau_0$  поступает в конденсатор (К1) первой ТНУ, где нагревается до температуры  $t_1$ . В конденсаторе (К2) второй ТНУ происходит нагрев этой воды до конечной (заданной) температуры  $\tau_1$ . Горячая вода (ГВ) направляется тепловым потребителям.

ИТНП с температурой  $t_2$  подается в испарители (И1) и (И2) первой и второй ТНУ, в которых охлаждается до температуры  $t_3$ .

На схеме показаны терморегулирующие вентили (ТРВ1) и (ТРВ2) и компрессоры (КМ1) и (КМ2).

Коэффициент уменьшения расхода электрической энергии при использовании схемы «ТНУ – ТНУ» определяется как

$$K_1 = \frac{\eta}{\tau_1 - \tau_0} \times \left( \frac{t_1 - \tau_0}{\mu_1} + \frac{\tau_1 - t_1}{\mu_2} \right), \quad (4)$$

где  $\mu_1$  и  $\mu_2$  – коэффициенты преобразования первого и второго ТН.

Максимальная экономия электроэнергии достигается при оптимальной температуре воды на выходе конденсатора К1:

$$t_{1,опт} = \frac{\tau_1 + \tau_0}{2}. \quad (5)$$

При этом из уравнения (4) находим оптимальный (минимально возможный) коэффициент уменьшения расхода электроэнергии:

$$K_{1,опт} = \frac{\eta_1}{2} \times \left( \frac{1}{\mu_1} + \frac{1}{\mu_2} \right). \quad (6)$$

Расчет был выполнен для рассмотренного выше варианта Б при начальной температуре воды  $\tau_0 = 5^\circ\text{C}$  (табл. 2). При расчете экономии электроэнергии в уравнение (3) подставлялось значение  $K_{1,опт}$ , найденное по формуле (6).

Сопоставляя данные табл. 1 и табл. 2, следует заключить, что переход к последовательному соединению двух ТНУ сопровождается увеличением экономии электроэнергии по сравнению с использованием одной ТНУ. При этом наиболее заметно увеличение экономии электроэнергии при повышенных температурах нагреваемой воды: при  $\tau_1 = 75^\circ\text{C}$  от 53 до 64,4%, а при  $\tau_1 = 35^\circ\text{C}$  от 79 до 83,5%.

Температура нагрева воды в ТНУ обычно не превышает  $75^\circ\text{C}$ , а при необходимости большего нагрева воды предусматривают комбинированную схему «ТНУ – электроводоподогреватель» (рис. 2).

Холодная вода (В) из водопровода с температурой  $\tau_0$  поступает в конденсатор (К) ТНУ, где нагревается до температуры  $t_1$ , после чего направляется в электроводоподогреватель (Н), в котором нагревается до требуемой температуры  $\tau_1$ . Горячая вода (ГВ) поступает в систему теплотребления.

ИТНП охлаждается в испарителе (И) ТНУ от температуры  $t_2$  до температуры  $t_3$ .

Таблица 2. Ожидаемая экономия электроэнергии при использовании схемы «ТНУ – ТНУ» по варианту Б

Параметры, единицы величин	Источник, номер формулы	$\tau_1, ^\circ\text{C}$							
		35	40	45	50	55	60	65	75
$t_{1,опт}, ^\circ\text{C}$	(5)	20	22,5	25	27,5	30	32,5	35	40
$\mu_1$	(2)	8,0	7,11	6,39	6,26	5,3	4,88	4,52	3,93
$\mu_2$	(2)	4,52	3,93	3,48	3,11	2,81	2,56	2,35	2,02
$K_{1,опт}$	(6)	0,165	0,188	0,21	0,23	0,26	0,285	0,31	0,36
$b, \%$	(3)	83,5	81,2	79	77	74	71,5	69	64

При нагреве воды по комбинированной схеме, при которой электроводоподогреватель используется как доводчик в дополнение к ТНУ, коэффициент уменьшения расхода электроэнергии:

$$K_2 = K \frac{t_1 - \tau_0}{\tau_1 - \tau_0} + \frac{\tau_1 - t_1}{\tau_1 - \tau_0}. \quad (7)$$

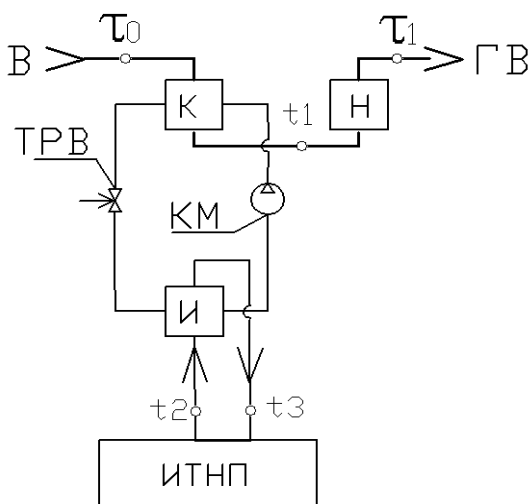


Рисунок 2. Функциональная схема «ТНУ – электроводоподогреватель»

где значение параметра  $K$  находят по уравнению (1) с учетом температурного режима работы ТНУ как первой ступени нагрева воды.

Результаты расчета ожидаемой экономии электроэнергии (рис. 3) при комбинированной системе теплоснабжения были получены путем подстановки в уравнение (3) значения  $K_2$ , определяемого по формуле (7).

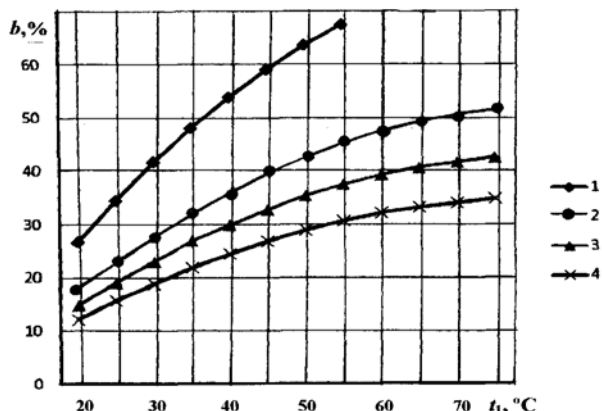


Рисунок 3. Ожидаемая экономия электроэнергии при использовании схемы «ТНУ – электроводоподогреватель»:  
1 – при  $t_1 = 55^\circ\text{C}$ ; 2 – при  $t_1 = 75^\circ\text{C}$ ;  
3 – при  $t_1 = 95^\circ\text{C}$ ; 4 – при  $t_1 = 115^\circ\text{C}$

При расчетах были использованы следующие параметры:  $\eta_1 = 0,95$ ;  $\tau_0 = 5^\circ\text{C}$ ; температура ИТНП (подземные грунтовые воды)  $t_2 = 10^\circ\text{C}$  и  $\Sigma(\Delta t) = 10^\circ\text{C}$ .

С увеличением конечной температуры нагрева воды уменьшается экономия электрической энергии, что объясняется уменьшением коэффициента преобразования ТНУ и увеличением потребления электри-

ческой энергии в электроводоподогревателе при нагреве воды до температур более  $75^\circ\text{C}$ .

Наибольшая экономия электроэнергии достигается при нагреве воды до  $55^\circ\text{C}$  без использования дополнительного электроводоподогревателя и составляет при этом 67%. В случае необходимости нагрева воды до  $95^\circ\text{C}$  экономия электроэнергии уменьшается до значения 42%, а при нагреве до  $115^\circ\text{C}$  – до значения 34%.

### Заключение

Применение ТНУ в системах теплоснабжения с целью нагрева воды характеризуется значительной ожидаемой экономией электроэнергии в размере 34-77% в зависимости от условий их применения: в основном от вида и температур источников теплоты, как низкого, так и высокого потенциала.

Однако какими бы эффективными не были бы ТНУ, возможности их использования зависят не столько от степени их энергоэффективности и технического совершенства, сколько от тарифной политики государства.

В нашей стране ТНУ применяются очень ограниченно и их массовое освоение вряд ли возможно в ближайшей перспективе из-за сложившейся ситуации в ценах на топливо и электроэнергию и больших капитальных затрат на ТНУ. Низкие тарифы на электроэнергию и низкая стоимость топлива при дефиците топлива и электроэнергии выглядят экономическим парадоксом и не способствуют решению задач энергосбережения.

По примеру передовых в области применения ТНУ стран, фирмы и предприятия, занимающиеся разработкой, производством и внедрением ТНУ, должны иметь гарантированные государством стимулы и финансовую поддержку от государства в виде субсидий, дотаций, льготных кредитов и снижения налога на прибыль, получаемую при производстве и внедрении ТНУ.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлева, Т. Электронагрев: экономия энергоресурсов, современные технологии, экологическая безопасность, повышенный уровень комфорта / Т. Яковлева // Энергетика и ТЭК, 2010. – №7-8. – С. 12-16.
2. Методические рекомендации по проектированию систем отопления и вентиляции для свиноводческих ферм и комплексов / В.Н.Виноградов [и др.]. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 69 с.
3. Мацко, И.И. Эффективность теплонасосных установок на электродельных / И.И. Мацко // Энергоэффективность, 2009. – №8. – С.13-15.
4. Цубанов, А.Г. К расчету энергоэффективности применения теплонасосных установок в системах теплоснабжения / А.Г. Цубанов, А.Л. Синяков, И.А. Цубанов // Агропанорама, 2011. – №1. – С. 22-26.

## О НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ПЕРЕДВИЖНОЙ ТОРМОЗНОЙ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В.Я. Тимошенко, канд. техн. наук, доцент, А.В. Новиков, канд. техн. наук, доцент, Д.А. Жданко, канд. техн. наук, Н.Д. Янцов, канд. техн. наук, доцент, И.В. Кравчук, студент (БГАТУ)

### Аннотация

*Рассмотрены вопросы необходимости разработки передвижной тормозной диагностической установки для контроля технического состояния двигателей тракторов и исключения неоправданного перерасхода топлива.*

*The questions of necessity of working out of mobile brake diagnostic installation for control of a technical condition of the engine of a tractor and avoidance of the unjustified overexpenditure of fuel are considered in the article.*

### Введение

На семинаре руководящих работников республиканских и местных органов государственного управления 15-16 декабря 2011 г. Главой государства была поставлена задача импортозамещения и экономии ресурсов.

Постановлением № 1776 от 30 декабря 2011 г. утверждены показатели по снижению потребления светлых нефтепродуктов (определяются как отношение полученных за счет организационно-технических мероприятий объемов экономии светлых нефтепродуктов в отчетный период 2012 г. к объему их фактического потребления в соответствующий период 2011 г.) для предприятий Минсельхозпрода (с учетом организаций, подчиненных комитетам по сельскому хозяйству и продовольствию облисполкомов, управлениям сельского хозяйства и продовольствия райисполкомов) – 10 %.

Рассмотрение этой проблемы на таком высоком уровне указывает на ее остроту. Одной из важнейших составляющих импорта, без которой страна не может обойтись, является нефть, перерабатываемая отечественными нефтеперерабатывающими предприятиями.

Значительная часть продуктов ее переработки используется внутри страны. Только в сельском хозяйстве Беларуси ежегодно расходуется более 600 тыс. т дизельного топлива. Главным образом это топливо используется самоходными машинами при выполнении механизированных работ. Его экономия возможна, как за счет совершенствования и применения технологий возделывания сельскохозяйственных культур, так и за счет поддержания машинно-тракторного парка в работоспособном, технически исправном состоянии.

### Основная часть

Производительность машинно-тракторного агрегата (МТА) и гектарный расход топлива напрямую зависят от технического состояния двигателя, обобщенным показателем которого является его эффективная мощность.

Если в известном выражении часовую производительности МТА выразить через эффективную мощность двигателя, то оно примет вид

$$W_{\text{ч}} = 0,36 V_p \cdot V_p \cdot \tau = 0,36 \frac{N_{\text{кр}}}{K_{\text{уд}}} \cdot \tau = 0,36 V_p \cdot N_e \cdot \frac{\eta_{\text{т}}}{K_{\text{уд}}} \cdot \tau \quad (1)$$

где  $V_p$  – рабочая ширина захвата агрегата, м;  
 $V_p$  – рабочая скорость движения МТА, м/с;  
 $K_{\text{уд}}$  – удельное тяговое сопротивление машины, кН/м;

$N_{\text{кр}}$  – тяговая мощность МТА, кВт;

$N_e$  – эффективная мощность двигателя, кВт;

$\eta_{\text{т}}$  – тяговый КПД агрегата.

Гектарный расход топлива принято определять

$$\theta = \frac{G_{\text{тч}}}{W_{\text{ч}}}, \quad (2)$$

где  $G_{\text{тч}}$  – часовой расход топлива агрегатом, кг/ч.

Из выражений (1) и (2) очевидно, что при совершенной исправной системе питания дизеля перерасход топлива возможен из-за снижения его мощности по другим причинам.

К таким причинам относятся: неисправность механизма газораспределения, цилиндро-поршневой группы, системы охлаждения, если она не обеспечивает необходимый тепловой режим.

Отсюда следует, что при выполнении механизированных работ избежать неоправданного перерасхода топлива можно только при исправном двигателе.

Исправным принято считать двигатель [1], фактическое значение эффективной мощности которого не ниже 95% и не выше 107% ее номинального значения.

В Челябинском институте механизации сельского хозяйства в результате исследований было установлено [2], что механизаторы, работающие на энергонасыщенных тракторах, органолептически замечают падение мощности двигателя, когда оно превышает 25% ее номинального значения.



В сущности, использование самоходной машины, трактора с таким состоянием двигателя влечет за собой эквивалентный неоправданный перерасход топлива на 25%.

Планово-предупредительной системой технического обслуживания машин в сельском хозяйстве [3] во избежание использования тракторов и самоходных машин с неисправными двигателями и перерасхода топлива предусматривается при проведении ТО-3 через 1000м-ч измерять мощность двигателя и удельный расход топлива.

В картах технического обслуживания тракторов Беларуси из 56...57 операций технического обслуживания не предусмотрены диагностические, в том числе и определение мощности, а предусмотрены только операции по поддержанию исправности и работоспособности.

Известно, что часовой расход топлива, измеряемый при испытаниях дизеля, является функцией частоты вращения его коленчатого вала, которая, в свою очередь, является функцией степени загрузки двигателя.

Поэтому для измерения максимального (номинального) значения расхода топлива при максимальной ее подаче двигатель необходимо загрузить до номинальной частоты вращения вала.

Для этих целей промышленностью СССР выпускался тормозной стенд КИ-4935 [4], где предусматривалось торможение двигателей через вал отбора мощности без снятия их с тракторов. Максимальная мощность испытываемого с помощью такого стенда двигателя составляла – 55 кВт. Масса стенда – 1800 кг и монтируется он на фундаменте, т.е. может использоваться только в стационарном режиме.

Преимуществом этого стенда перед обкаточно-тормозными стендами, используемыми для послеремонтной стендовой обкатки двигателей, является то, что испытываемый двигатель не снимается с трактора. К его недостаткам следует отнести малую мощность и работу только в стационарном режиме.

Подтверждением справедливости такого вывода может быть, то, что мощность современных тракторов уже превышает 300 л.с., а стационарное использование требует приобретения его каждым сельскохозяйственным предприятием, либо транспортировки тракторов для испытаний на большие расстояния в райагросервис.

Известны несколько безтормозных методов оценки общего технического состояния дизелей измерением их эффективной мощности [5]. К ним относятся методы профессора Ждановского, парциальный и динамический. Однако использование их сегодня не представляется возможным, как из-за отсутствия необходимых приборов, так и неприменимостью их к современным мощным дизелям.

Кроме того, наличие возможности измерения мощности не означает возможность определения максимального расхода топлива, которое требует загрузки дизеля до номинальной частоты вращения коленчатого вала при максимальной подаче топлива топливным насосом.

Ранее промышленностью выпускался имитатор нагрузки КИ-5653 [1, 5], который устанавливался на впускную трубу воздухоочистителя, и с помощью заслонки имитатора уменьшалось количество подаваемого в цилиндры воздуха. При этом снижалась частота вращения коленчатого вала дизеля до номинальной, и в этом режиме измерялся часовой расход топлива и определялся удельный. Это самый простой способ снижения оборотов дизеля при положении рейки топливного насоса, соответствующий максимальной подаче.

На протяжении ряда лет в Институте управления АПК Беларуси проводились исследования [6] потенциальных резервов экономии топливно-энергетических ресурсов в агропромышленном комплексе. Для определения максимального расхода топлива двигателем номинальной мощностью 200 л.с. была сделана попытка использовать имитатор нагрузки с целью снижения оборотов коленчатого вала до номинального значения при максимальной подаче топлива насосом. При этом было установлено, что имитатором нагрузки, даже при отключении отдельных цилиндров, снизить частоту вращения коленчатого вала и обеспечить ее стабильность не представляется возможным, что позволяет утверждать о непригодности этого метода для определения максимального расхода топлива двигателем большой мощности.

На основании изложенного можно сделать вывод, что в настоящее время ни в сельскохозяйственных предприятиях, ни в предприятиях Белагросервиса нет устройств, с помощью которых можно было бы определять максимальный расход топлива двигателем при его номинальной нагрузке без снятия его с машины.

Определение мощности двигателя и расхода топлива предусматривается проводить через 1000 мото-часов. Для современных тракторов Беларусь предусмотрена нормативная годовая нагрузка 1000 часов год. Если представить, что 1000 мото-часов примерно равны 1000 часам работы, то выходит, что такие испытания трактора придется проводить один раз в год.

При самом многочисленном парке тракторов сельскохозяйственному предприятию будет не выгодно приобретать тормозное устройство с измерительным оборудованием. Если это оборудование разместить на предприятиях Белагросервиса, то возникнет необходимость гонять мощные тракторы за 20...40км для проведения их испытаний, что тоже не выгодно.

По мнению авторов, при сложившейся в Республике системе технического обслуживания с. х. техники, когда предприятия системы Белагросервиса являются государственной собственностью и управляются централизованно, было бы целесообразным оснастить Райагросервисы передвижными тормозными диагностическими установками для определения мощности двигателей и расхода топлива.

Целенаправленно использовать такую диагностическую установку могла бы районная служба Гостехнадзора, предупреждая, тем самым, безвозвратные потери дизельного топлива.

Однако таких установок сегодня нет в Беларуси и в других соседних странах. Их отсутствие объясняется тем, что в силу больших габаритов и большого веса электрических балансирных машин они не могут быть использованы в передвижных тормозных диагностических установках. Не могут быть использованы в этих целях и гидравлические тормозные устройства, как требующие огромного количества воды.

За последние пять лет в БГАТУ проведены широкие исследования [7, 8] по применению регулируемых аксиально-плунжерных насосов и дросселирования потока рабочей жидкости дросселем постоянного сечения для торможения двигателей. Разработана и экспериментально проверена методика определения параметров тормозного устройства, необходимых для ее создания.

Небольшие габариты и масса аксиально-плунжерных насосов, а также других комплектующих этого устройства позволяют разместить их в микроавтобусе или малотоннажном грузовике, прицепной тележке.

Аксиально-плунжерный насос тормозного устройства может приводиться от вала отбора мощности (ВОМ) трактора, если оно размещено в микроавтобусе (рис.1), или от ведущих колес трактора, если оно смонтировано на прицепной тележке в виде барабанного тормозного устройства (рис. 2).

Значение тормозного момента при торможении тракторов определяется по формуле

$$M_n = 0,125K \frac{d^2 \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p^3 (1 + \beta_T (T - T_1))}{\rho_1}}}{n}, \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент взаимовлияния;

$d$  – диаметр дросселя, м;

$\beta_T$  – коэффициент объемного расширения,  $K^{-1}$ .

Для минеральных масел  $\beta_T = 8 \cdot 10^{-4} K^{-1}$ ;

$\rho_1$  – плотность жидкости при температуре  $T_1$ ,  $кг/м^3$ ;

$n$  – частота вращения вала насоса,  $с^{-1}$ .

Коэффициент взаимовлияния  $K$  при создании нагрузки дросселированием потока жидкости, позволяет учесть изменение коэффициента расхода  $\mu$  и КПД насоса  $\eta_n$  и повысить точность определения тормозного момента на валу двигателя.

$$K = \frac{\mu}{\eta_n}, \quad (4)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода;

$\eta_n$  – КПД насоса.

Если рассматривать процесс дросселирования потока рабочей жидкости как турбулентный режим истечения из затопленного цилиндрического насадка, то теоретически этот коэффициент можно определить по выражению (5)

$$K = \frac{1}{\eta_n \left( 1,23 + \frac{58lv}{d^2 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}} \right) \sqrt{1 + \frac{0,03}{1,23 + \frac{58lv}{d^2 \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}}}}}, \quad (5)$$

где  $l$  – длина дросселя, м.

Экспериментальным путем получено уравнение (6) коэффициента взаимовлияния  $K$  в зависимости от изменения диаметра дросселя и давления рабочей жидкости

$$K = \frac{4p^2}{p_{ном}^2} \cdot 10^{-3} - \frac{4d^2}{d_{опт}^2} \cdot 10^{-4} + \frac{0,12d}{d_{опт}} - \frac{0,05p}{p_{ном}} + \frac{2dp \cdot 10^{-3}}{d_{опт} p_{ном}} + 1,26. \quad (6)$$

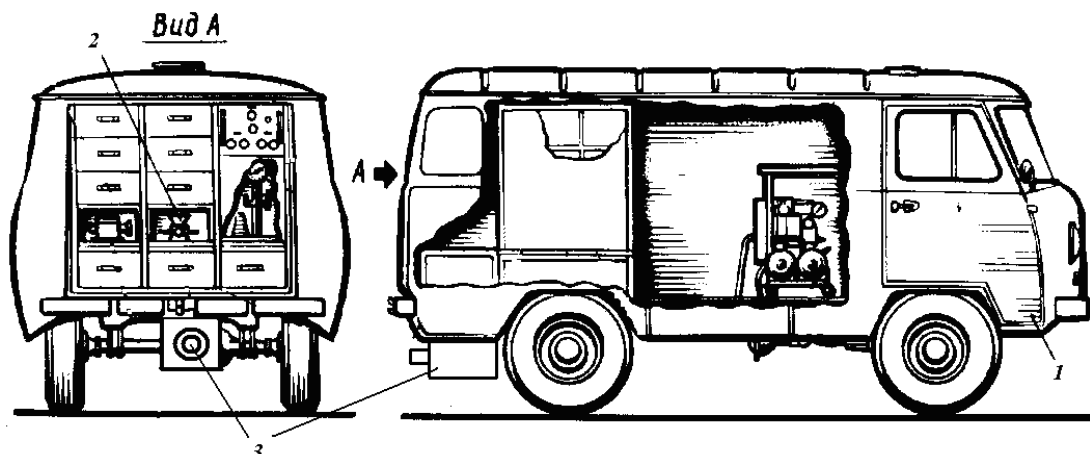


Рисунок 1. Передвижная тормозная диагностическая установка:  
1 – шасси автомобиля; 2 – диагностическое оборудование; 3 – гидравлическое тормозное устройство

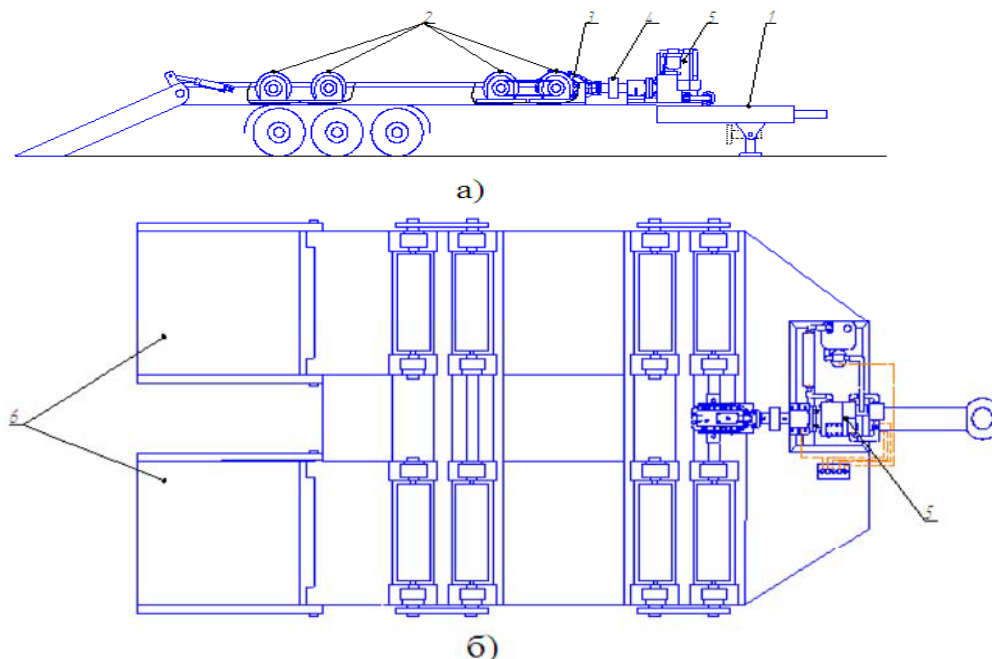


Рисунок 2. Передвижная тормозная диагностическая прицепная тележка:  
а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – тележка; 2 – вальцы; 3 – редуктор; 4 – муфта;  
5 – гидравлическое тормозное устройство

Для получения максимального тормозного момента на коленчатом валу двигателя определяется оптимальный диаметр дросселя постоянного сечения по выражению

$$d_{\text{опт}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{\text{омах}} n_n \eta_o}{\pi \mu \sqrt{\frac{2}{\rho}} (p_{\text{ном}} - p_1)}}, \quad (7)$$

где  $V_{\text{омах}}$  – максимальный рабочий объем насоса, м<sup>3</sup>;

$n_n$  – частота вращения вала тормозного устройства, с<sup>-1</sup>;

$\eta_o$  – объемный КПД насоса;

$p_{\text{ном}}$  – номинальное давление насоса, Па;

$p_1$  – давление за дросселем, Па.

### Заключение

1. В целях исключения неоправданного перерасхода дизельного топлива двигателем внутреннего сгорания необходимо периодически контролировать его удельный расход с помощью тормозной диагностической установки.

2. Создание такой малогабаритной мобильной установки возможно на основе применения аксиально-плунжерного насоса и дросселя постоянного сечения.

3. Имеющийся в БГАТУ научный задел позволяет определить необходимые параметры тормозного устройства.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бельских, В.И. Справочник по техническому обслуживанию и диагностированию тракторов / В.И. Бельских. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 399 с.
2. Казакевич, П.П. Обновление парка обкаточно-тормозных устройств и их импортозамещение / П.П. Казакевич, В.Я. Тимошенко // Агропанорама. – 2010. – №1. – С. 45-48.
3. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание: ГОСТ 20793-86.
4. Российский Интернет-портал [Электронный ресурс] / Поисковая система Yandex. – Режим доступа: <http://www.avtoter.ru>. – Дата доступа: 18.01.2012.
5. Диагностирование тракторов: учеб. пособие / В.И. Присс [и др.]; под ред. В.И. Присса. – Мн.: Ураджай, 1993. – 240 с.
6. Потенциальные резервы экономии топливно-энергетических ресурсов в агропромышленном комплексе/ Г.Ф. Добыш [и др.].– Мн.: ГУ «Учебно-методический центр Минсельхозпрода», 2005. – 137 с.
7. Жданко, Д.А. Теоретическое обоснование параметров гидравлического тормозного устройства обкаточно-тормозного стенда / Д.А. Жданко // Агропанорама. – 2009. – № 3. – С. 38–42.
8. Жданко, Д.А. Аксиально-плунжерный насос как средство обкатки двигателей / Д.А. Жданко, А.В. Новиков, В.Я. Тимошенко // Тракторы, автомобили, мобильные энергетические средства: проблемы и перспективы развития : доклады Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 11–14 февраля 2009 г. / редкол.: А.В. Кузьмицкий [и др.]. – Минск, 2009. – С. 331–334.

## АКТИВИЗАЦИЯ И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ В ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЩЕСТВАХ

Г.В. Веренич, ст. преподаватель, Ж.В. Андрейчикова, ст. преподаватель (БГАТУ)

### Аннотация

*В статье излагаются актуальные вопросы состояния системы внутреннего контроля хозяйственных обществ Республики Беларусь: периодичности назначения проверок в зависимости от отнесения к определенной группе риска; фактического положения дел по работе контрольных органов хозяйственных обществ; наличия проблем внутреннего контроля с учетом изучения действующего законодательства Республики Беларусь и предлагаемых мероприятий по развитию внутреннего контроля с целью повышения эффективности его осуществления в хозяйственных обществах страны.*

*This article deals with the important issues of the state of the internal control system of economic entities of Belarus, the frequency of inspections depending on a specific group of risk, on the actual situation on the work of the supervisory bodies of business companies, on the failures of internal control based on the study of the current legislation of the Republic of Belarus and the proposed activities for the development of internal control to improve the efficiency of its implementation in economic societies of the country.*

### Введение

На практике многие хозяйственные общества нарушают предписание законодательства и не выполняют свои функции: внутренний контроль не осуществляется, годовые балансы зачастую утверждаются общим собранием участников без заключения контрольного органа, либо не утверждаются вовсе. Возникает закономерный вопрос: можно ли подменять заключение внутреннего контрольного органа хозяйственного общества аудиторским заключением?

### Основная часть

Система внутреннего контроля – это совокупность организационной структуры, методик и процедур, принятых руководством субъекта хозяйствования в качестве средств для упорядоченного и эффективного ведения хозяйственной деятельности, которая включает организованные внутри данного субъекта и его силами надзор и проверку (рис. 1):

- соблюдение требований законодательства;
- точности и полноты документации бухгалтерского учета;
- своевременности подготовки достоверной бухгалтерской отчетности;
- предотвращение ошибок и искажений;
- исполнение приказов и распоряжений;
- обеспечение сохранности имущества организаций.

Указом Президента Республики Беларусь от 16 октября 2009г. №510 «О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь» (в ред. Указов Президента Республики Беларусь от 16.10.2009 №510, от 09.03.2010 №143) опре-

делена **проверка**, как совокупность мероприятий, проводимых контролирующими (надзорными) органами в отношении проверяемых субъектов для оценки соответствия требованиям законодательства осуществляемой ими деятельности, в том числе совершенных финансово-хозяйственных операций, а также действий (бездействия) их должностных лиц и иных работников. Законодательно утверждены: «Перечень контролирующих (надзорных) органов и сфер их контрольной (надзорной) деятельности» и «Критерии отнесения проверяемых субъектов к группе риска для назначения плановых проверок» [1].

Проверяемые субъекты делятся на три группы риска (рис. 2).

Периодичность назначения проверки зависит от отнесения проверяемых субъектов к определенной группе риска:

а) **высокой группе риска** – не чаще одного раза в течение календарного года. Если по результатам проведенной контролирующим (надзорным) органом плановой проверки нарушений законодательства проверяемым субъектом не установлено, следующая плановая проверка этого субъекта назначается данным контролирующим (надзорным) органом не ранее чем через два года;

б) **средней группе риска** – не чаще одного раза в три года. Если по результатам проведенной контролирующим (надзорным) органом плановой проверки нарушений законодательства проверяемым субъектом не установлено, следующая плановая проверка этого субъекта назначается данным контролирующим (надзорным) органом не ранее чем через пять лет;

в) **низкой группе риска** – по мере необходимости, но не чаще одного раза в пять лет.

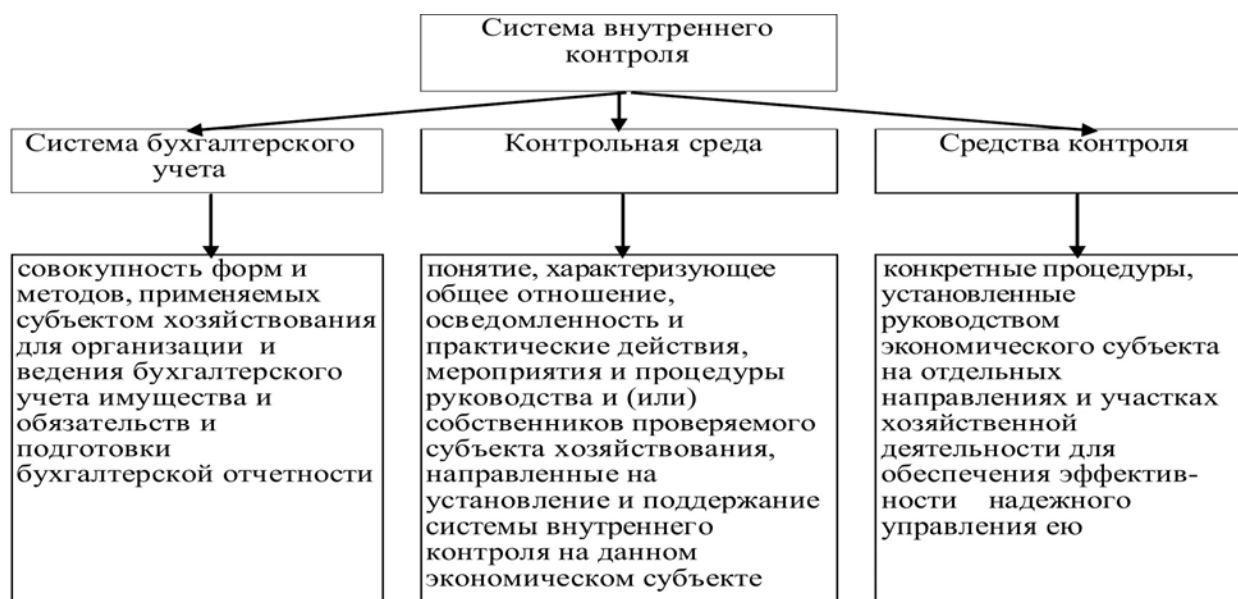


Рисунок 1. Элементы системы внутреннего контроля хозяйственных обществ [2]

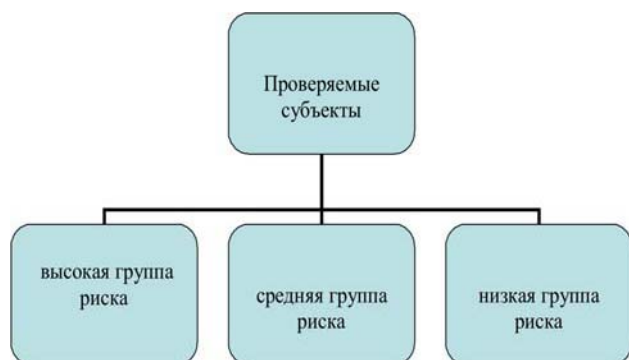


Рисунок 2. Классификация проверяемых субъектов по группам риска

Плановые проверки в отношении проверяемого субъекта, отнесенного к средней группе риска, могут не назначаться, а отнесенного к низкой группе риска – не назначаются в одном из следующих случаев:

1) по результатам анализа имеющейся в распоряжении контролирующего (надзорного) органа информации, в том числе представленной проверяемым субъектом по контрольному списку вопросов (чек-листу), **не установлено признаков, указывающих на нарушения законодательства;**

2) на дату назначения проверки **имеется аудиторское заключение, содержащее безусловно положительное мнение аудитора о достоверности бухгалтерской (финансовой) отчетности** (данных книги учета доходов и расходов проверяемых субъектов, применяющих упрощенную систему налогообложения) и соответствии совершенных финансовых (хозяйственных) операций законодательству. В этом случае плановые проверки могут не назначаться (не назначаются) за период и по вопросам, проверенным в ходе аудита, за исключением проверки вопросов правильности исчисления, своевременности и полно-

ты уплаты налогов, сборов (пошлин), иных обязательных платежей в бюджет, в том числе в государственные целевые бюджетные фонды, а также государственные внебюджетные фонды.

При наличии оснований для отнесения проверяемого субъекта по одной сфере контроля одновременно к нескольким группам риска данный субъект относится к наиболее высокой группе риска.

Проверяемые субъекты, не относящиеся в соответствии с настоящими критериями к высокой или средней группе риска, относятся к низкой группе риска.

Абзац 5 части 1 статьи 34 Закона Республики Беларусь от 09.12.1992г. № 2020-ХІІ "О хозяйственных обществах" (в ред. Законов Республики Беларусь от 08.07.2008 № 372-3, от 15.07.2010 № 168-3) регламентирует утверждение годовых отчетов, бухгалтерских балансов, отчетов о прибылях и убытках хозяйственного общества (данных книги учета доходов и расходов) и распределение прибыли и убытков этого общества **при наличии и с учетом заключения ревизионной комиссии (ревизора) и в установленных настоящим Законом случаях - аудиторского заключения** [3].

Контрольным органом хозяйственного общества Закон определяет ревизионную комиссию или ревизора хозяйственного общества. Общим собранием участников хозяйственного общества могут быть образованы и иные контрольные органы, если это предусмотрено уставом в соответствии с настоящим Законом. В соответствии с частью 7 статьи 59 Закона Республики Беларусь от 09.12.1992 № 2020-ХІІ "О хозяйственных обществах" (в ред. Законов Республики Беларусь от 08.07.2008 № 372-3, от 15.07.2010 № 168-3) к обязанностям ревизора относится проведение:

– ежегодной ревизии – по результатам финансовой и хозяйственной деятельности за отчетный год в сроки, установленные уставом в соответствии с законодательством;

– ревизии или проверки – по решению органов управления хозяйственного общества в установленные ими сроки;

– ревизии или проверки – по требованию участников хозяйственного общества в случаях, предусмотренных Законом о хозяйственных обществах, и в сроки, установленные уставом. Кроме того, ревизионная комиссия (ревизор) хозяйственного общества вправе в любое время по собственной инициативе провести ревизию или проверку [3].

Это означает, что *подменять заключение внутреннего контрольного органа хозяйственного общества аудиторским заключением нельзя.*

С целью изучения действительного положения дел по данному вопросу, авторами статьи был обследован ряд организаций Минской области. Установлено, что на практике многие проверяемые субъекты из числа хозяйственных обществ нарушают данное предписание законодательства: внутренний контроль не осуществляется, либо не выполняет своих функций; годовые балансы зачастую утверждаются общим собранием участников без заключения контрольного органа, либо не утверждаются вовсе. Данный факт «оправдывается» наличием у хозяйственного обще-

ства заключения по результатам аудиторской проверки и отсутствием законодательно закрепленной ответственности за такое нарушение.

Статья 3 Закона Республики Беларусь от 08.11.1994 № 3373-ХП «Об аудиторской деятельности» (в ред. от 22.12.2011) регламентирует ежегодное проведение обязательного аудита достоверности годовой бухгалтерской (финансовой) отчетности: открытых акционерных обществ, банков, небанковских кредитно-финансовых организаций, бирж, коммерческих организаций с иностранными инвестициями, страховых организаций, страховых брокеров. Согласно статье 1 данного Закона, аудит не подменяет государственного контроля финансовой и хозяйственной деятельности проверяемых субъектов, осуществляемого в соответствии с законодательством. А также *действие настоящего Закона не распространяется на организацию и осуществление внутреннего контроля финансовой и хозяйственной деятельности (внутренний аудит)* [4]. Данные табл. 1 указывают на наличие особенностей внутреннего контроля и внешнего аудита [2].

Формы реализации результатов внутреннего контроля приведены на рис. 3.

**Таблица 1 Особенности внутреннего контроля и внешнего аудита**

Факторы	Внутренний контроль	Внешний аудит
Постановка задач	Определяется собственниками и(или) руководством, исходя из потребностей управления как подразделениями предприятия, так и предприятием в целом	Определяется договором между независимыми сторонами: предприятием фирмой (аудитором)
Объект	Решение отдельных функциональных задач управления, разработка и проверка информационных систем предприятия	Главным образом система учета и отчетности предприятия
Цель	Определяется руководством предприятия	Определяется законодательством по аудиту: оценка достоверности финансовой отчетности и подтверждение соблюдения действующего законодательства
Средства	Выбираются самостоятельно (либо определяются стандартами внутреннего аудита)	Определяются общепринятыми аудиторскими стандартами
Вид деятельности	Исполнительская деятельность	Предпринимательская деятельность
Организация работы	Выполнение конкретных заданий руководства	Определяется аудитором самостоятельно, исходя из общепринятых норм и правил аудиторской проверки
Взаимоотношения	Подчиненность руководству предприятия, зависимость от него	Равноправие, партнерство, независимость
Субъекты	Сотрудники, подчиненные руководству предприятия и находящиеся в штате предприятия	Независимые эксперты, имеющие соответствующий аттестат и лицензию на право заниматься этим видом предпринимательства
Квалификация	Определяется по усмотрению руководства предприятия	Регламентируется государством с предъявлением повышенных требований к квалификации аудиторов
Оплата	Начисление заработной платы по штатному расписанию	Оплата предоставленных услуг по договору
Ответственность	Перед руководством за выполнение обязанностей	Перед клиентом и перед третьими лицами, установленная законодательными и нормативными актами
Методы	Методы могут быть одинаковыми при решении одинаковых задач (например, оценка достоверности информации). Имеются различия в степени точности и детализации	
Отчетность	Перед собственниками и (или) руководством	Итоговая часть аудиторского заключения может быть опубликована, аналитическая часть передается клиенту

<b>ФОРМЫ РЕАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВНУТРЕННЕГО КОНТРОЛЯ</b>	1. Устранение недостатков по мере их выявления в ходе внутреннего контроля.
	2. Обсуждение результатов внутреннего контроля на предприятии.
	3. Разработка выводов по результатам внутреннего контроля, которые основываются только на фактах, изложенных в акте (справке) и предложений, которые вытекают из выводов.
	4. Принятие решения собственником, руководителем, вышестоящей организацией по результатам внутреннего контроля в виде: - распоряжения по результатам внутреннего контроля, составленного в случаях, когда выявлены незначительные недостатки и нарушения в деятельности предприятия, и они не связаны с корыстными целями определенных работников и не являются причиной материального ущерба; - приказа, издаваемого в случаях выявления серьезных нарушений и злоупотреблений, требующих наложения на виновных лиц дисциплинарных взысканий или привлечения их к ответственности.

Рисунок 3. Формы реализации результатов внутреннего контроля

### Заключение

Согласно п.22 Указа № 510, невнесение проверяющим записи о проведении проверки в Книгу учета проверок является основанием для признания проверки незаконной [1].

Следовательно, в целях активизации и повышения качества внутреннего контроля можно предусмотреть:

- 1) обязательную запись в книге проверок о проведении внутреннего контроля;
- 2) оформление результатов внутреннего контроля хозяйственных обществ актом (справкой) типовой формы;
- 3) формы реализации результатов внутреннего контроля.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод: подменять заключение внутреннего контрольного органа хозяйственного общества аудиторским заключением нельзя.

Предложенные мероприятия по развитию внутреннего контроля в хозяйственных обществах позволят повысить эффективность его осуществления.

### ЛИТЕРАТУРА

1. О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь: Указ Президента Респ. Беларусь от 16 октября 2009 г. № 510 (в ред. Указов Президента Респ. Беларусь от 16.10.2009 №510, от 09.03.2010 №143).
2. Шостик, Г.П. Аудит и ревизия в таблицах, схемах и рисунках/ Г.П. Шостик, Г.В. Веренич. – Мн.:ООО «Информпресс», 2003. – 80 с.
3. О хозяйственных обществах: Закон Респ. Беларусь от 09.12.1992 № 2020-ХІІ (в ред. Законов Респ. Беларусь от 08.07.2008 № 372-3 от 15.07.2010 № 168-3).
4. Об аудиторской деятельности: Закон Респ. Беларусь от 08.11.1994 № 3373-ХІІ (в ред. от 22.12.2011).

### Малогабаритная система очистки рабочих жидкостей гидравлических систем

*Предназначена* для профилактической очистки рабочих жидкостей гидравлических приводов мобильной сельскохозяйственной техники.



#### Основные технические данные

Производительность	Не менее 24 л/мин
Давление на входе в блок центрифугирования	0,8 МПа
Давление на входе в блок фильтрования	0,2-0,3 МПа
Давление на выходе из блока фильтрования	0,15 МПа
Тонкость очистки	15-40 мкм

Применение системы позволяет при обкатке двигателей расходовать масло без остатка, не снижать качество повторно используемого моторного масла, постоянно добавляя в него свежее товарное масло (гомогенизировать), полностью устранить расход электроэнергии, необходимой для подогрева масла, отказаться от необходимости хранения и утилизации масла. Она может применяться на ремонтно-обслуживающих предприятиях, а также непосредственно в хозяйствах для технического обслуживания машинно-тракторного парка.

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ У СТУДЕНТОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ВУЗОВ

О.Ю. Селицкая, аспирантка (БГАТУ)

### Аннотация

*Рассматривается проблема формирования профессиональной компетентности по применению энергосберегающих технологий у студентов сельскохозяйственных вузов, которая затрагивает не только наличие профессиональных знаний, умений и навыков, но и социально-значимые качества человека. Показано, что введение в программы производственных практик по специальности и преддипломной практики студентов разделов, связанных с анализом и возможностями использования энергосберегающих технологий на предприятиях агропромышленного комплекса, обеспечит профессиональную компетентность в этой области уже в процессе реальной профессиональной деятельности после окончания вуза.*

*The article considers the problem of formation of professional competence on realization of energy saving technologies at students of agricultural higher education institutions that includes not only existence of professional knowledge, skills, but social and significant qualities of the person.. It is shown that introduction in programs repair and technological and externship of students of the sections connected with the analysis and possibilities of use of energy saving technologies at the agrarian and industrial complexes enterprises, will give the chance to be professionally competent in this area already in the course of real professional activity after the higher education institution termination.*

### Введение

Вопросы рационального использования топливно-энергетических ресурсов являются на нынешнем этапе одними из наиболее актуальных в нашей республике, так как Беларусь не располагает достаточным собственным топливно-энергетическим потенциалом для обеспечения нормального функционирования промышленного и сельскохозяйственного секторов.

Исторически сложилось, что в Республике Беларусь преобладающей отраслью производства является сельскохозяйственный сектор, но при этом нельзя сказать, что именно сельское хозяйство является основой экономики. В первую очередь здесь надо рассматривать соотношение имеющихся уровней сельскохозяйственного производства и использования различных видов энергии, которое, как показывает практика, как правило, несбалансированно.

В настоящее время имеются правовые, технические и экономические предпосылки для интенсификации энергосбережения, которые выражаются в разработке и принятии соответствующих законодательных документов, стимулирующих энергосбережение, возможности привлечения инвестиций и льготного кредитования энергосберегающих мероприятий, развитии информационных технологий и технических средств в области энергосбережения, техническом перевооружении и модернизации энергетического оборудования, внедрении передовых энергосберегающих технологий.

Для возможности реализации этих жизненно-важных документов, все сферы экономики должны

располагать компетентными, качественно подготовленными профессиональными кадрами, способными в условиях нынешней экономической ситуации принимать решения по использованию эффективных энергосберегающих технологий, обеспечивающих энергетическую безопасность нашей страны.

В этой связи, одной из главных задач агрообразования становится качественная подготовка специалистов, владеющих рыночным инструментарием и современными технологиями агропроизводства, т.е. подготовка профессионально компетентного специалиста.

### Основная часть

Как уже указывалось выше, в современных условиях реформирования сельскохозяйственного производства, преодоления кризисного состояния и стабилизации агропромышленного комплекса (АПК) Республики Беларусь приоритетным направлением преобразования является профессиональная подготовка специалистов сельского хозяйства. Современное общество требует от выпускников сельскохозяйственных вузов глубоких теоретических и практических знаний в области аграрного производства и перерабатывающей промышленности. От их профессиональной компетентности, личностной и социальной зрелости во многом зависит успех процесса становления и развития цивилизованного, высокоразвитого и эффективного сельскохозяйственного производства.

Уровень требований к качественной подготовке специалистов АПК возрастает с развитием отрасли, а



также в соответствии с задачами и условиями модернизации высшего образования, интеграцией высшей профессиональной школы в единое европейское образовательное пространство, что серьезным образом меняет стратегию подготовки специалистов.

При определении профессиональной компетенции существуют различные мнения. По мнению О.Л. Жук [1], в профессиональной сфере различают несколько видов компетенций:

- специальные (предметные), определяющие владение собственно профессиональной деятельностью;
- общепрофессиональные (общепредметные), связанные с несколькими предметными областями или видами профессиональной деятельности, которыми должен обладать выпускник в рамках своей профессии;
- ключевые (базовые, универсальные), способствующие эффективному решению разнообразных задач из многих областей и выполнению социально- профессиональных ролей и функций на основе единства обобщенных знаний и умений, универсальных способностей.

По определению А.П. Лобанова [2], профессиональные компетенции – это готовность и способность целесообразно действовать в соответствии с требованиями профессии в реальных условиях обстановки, методически организованно и самостоятельно решать текущие задачи и возникающие проблемы, а также объективно оценивать результаты своей деятельности, то есть, это связанные с предметом навыки, соответствующие методы и технические приемы.

В своих работах И.А. Зимняя [3] считает, что компетенции – это внутренние, потенциальные, скрытые психологические новообразования, которые проявляются в компетентностях человека.

Под компетенцией понимается интегративная целостность знаний, умений и навыков, обеспечивающих профессиональную деятельность, это способность человека реализовывать на практике свою компетентность, это, по мнению С.Е. Шишова [4], общая способность специалиста мобилизовать в профессиональной деятельности свои знания, умения, а также обобщенные способы выполнения действий.

То есть можно сделать вывод, что формирование профессиональной компетенции направлено на развитие профессионально важных качеств личности, повышение уровня продуктивности деятельности, освоение предмета профессиональной деятельности, совершенствование знаний, умений, навыков, освоение новых методик и технологий профессии, формирование основ профессионального мастерства учащихся.

В соответствии с образовательным стандартом ОСРБ 1 -74 05 06-2007, профессиональная подготовка специалиста по специальности 1-74 06 05 «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства, направление 01 «Электроэнергетика» базируется на формировании следующих компетенций: *академических; социально-личностных; профессиональных.*

В частности одним из требований профессиональным компетенциям прописывается следующее:

- имея фундаментальную научную и практическую подготовку, выпускник должен: ***в организаци-***

***онно-управленческой деятельности:***

- *разрабатывать мероприятия по энергосбережению и организации их выполнения.*

Приобретение компетенций студентами в процессе профессиональной подготовки в вузе должно базироваться на накапливаемых теоретических знаниях и профессиональном опыте, а также практической деятельности обучающихся.

Насколько сформирован начальный уровень профессиональных компетенций, полученных в период обучения в вузе, можно определить, только проследив эффективность применения полученных знаний, умений и навыков уже в реальной профессиональной деятельности выпускника. А это только возможно, если владеть данными об отзывах руководителей предприятий, где работают выпускники вузов. Однако промежуточные результаты о сформированности компетенций можно получить по итогам прохождения производственных практик по специальности студентами во время обучения в вузе. В Белорусском государственном аграрном техническом университете для студентов специальности 1-74 06 05 «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства направление 01 «Электроэнергетика» учебными планами предусмотрено проведение ежегодных производственных практик по специальности, а также преддипломная практика. Программы данных практик содержат общие вопросы, связанные с практическим изучением монтажа, эксплуатации и ремонта различных видов электро- и теплоэнергетического оборудования и сельских электрических сетей, но не затрагивают раздел изучения реального применения энергосберегающих мероприятий на сельскохозяйственных объектах.

А это очень важно. Ведь выпускники сельскохозяйственных вузов – это будущие профильные специалисты и руководители хозяйств. Руководитель, используя приобретенные знания в вузе, должен уметь грамотно организовать деятельность по выполнению производственных задач, причем, с минимальными трудовыми и материальными затратами. Выполнить это крайне сложно, учитывая реальное состояние материальной и технической базы АПК и уровень подготовки будущих специалистов. В своих работах это отмечает и академик Л.В. Кукреш: «Проводимые социальные исследования показывают, что абсолютное большинство студентов (до 90 %) не собирается связывать свою жизнь с сельским хозяйством. Поэтому у них отсутствует потребность в изучении аграрных наук, и никакие меры не смогут мотивировать студентов на усвоение учебных дисциплин даже при самом высоком уровне преподавания. Отрабатывающий установленный срок безграмотный специалист не оказывает помощь, а наносит огромный ущерб сельскому хозяйству. Ведь в его руках находятся все материальные ресурсы и средства государственной поддержки, эффективное использование которых требует глубоких знаний, недополученных в процессе обучения и не закрепленных в практической деятельности» [5].

Анализируя все вышеизложенное, можно сделать вывод, что ничто так не влияет на повышение

профессионального мастерства, как практические навыки и приобретенный опыт. Проходя производственные практики по специальности, студенты должны чувствовать себя полноправными работниками, на которых лежит реальная ответственность за выполняемую работу.

### **Заключение**

1. Введение в программы производственных и преддипломных практик раздела по применению энергосберегающих технологий даст возможность будущим специалистам анализировать реальное состояние производственной базы сельскохозяйственных объектов, творчески подходить к производственному процессу в поиске оптимальных решений обеспечения необходимого уровня энергопотребления при применении энергосберегающих мероприятий с сохранением или увеличением объема производства.

2. Итогом данного исследования является разработка методик по формированию профессиональных компетенций по реализации энергосберегающих технологий у студентов сельскохозяйственных вузов, необходимых для их эффективной профессиональной деятельности, применение которых позволит будущим специалистам *знать*:

– основные виды энергоресурсов, включая возобновляемые и нетрадиционные источники энергии, применяемые для сельскохозяйственного производства;

– основные виды имеющегося и перспективного производственного и технологического оборудования, используемого и спланированного к внедрению в сельскохозяйственном производстве, их характеристики, принцип работы;

– этапы энергетического аудита;

– энергетический менеджмент

*уметь*:

– проводить все этапы энергетического аудита для определения технико-экономических показателей и создания стратегии энергоиспользования на перспективу;

– использовать энергосберегающие технологии для снижения энергоемкости производства.

Если каждый выпускник вуза, профессиональная деятельность которого напрямую будет связана с использованием топливно-энергетических ресурсов, будет владеть компетенциями по применению энергосберегающих технологий и реализовывать их на практике, то в результате это позволит повысить энергоэффективность АПК, а также энергетическую безопасность страны.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Жук, О.Л. Педагогическая подготовка студентов: компетентностный подход / О.Л. Жук. – Минск: РИВШ. – 2009. – С. 336.

2. Лобанов, А.П. Профессиональная компетентность и мобильность специалистов / А.П. Лобанов, Н.В. Дроздова. – Минск: РИВШ. – 2010. – С. 94.

3. Зимняя, И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования / И.А. Зимняя // Высшее образование сегодня. – 2002, №5. – С. 34-42.

4. Шишов, С.Е. Понятие компетенции в контексте качества образования / С.Е. Шишов // Стандарты и мониторинг в образовании. – 1999, №2. – С. 41, 486.

5. Кукреш, Л.В. Нестандартный ответ на кадровый вопрос [Текст] / Л.В. Кукреш // Белорусское сельское хозяйство. – 2011, №6. – С. 14.

## **Радиоволновой влагомер зерна**



Прибор предназначен для непрерывного измерения влажности зерна в процессе сушки на зерносушильных комплексах путем измерения величины поглощения СВЧ энергии влажным материалом и преобразования этой величины в цифровой код, соответствующий влажности материала. Прибор обеспечивает измерение влажности от 9 до 25% при температуре контролируемого материала от 5 до 65°C абсолютной погрешностью не более 0,5%.

Автор: Дайнеко В.А., кандидат технических наук, доцент.

**ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ  
«АГРОПАНОРАМА» В 2012 ГОДУ**

<b>№1/2012</b>	
<b>Г.Ф. БЕТЕНЯ, Л.А. МАРИНИЧ, Г.И. АНИСКОВИЧ, П.А. ДЕКЕВИЧ, Д.П. ЛИТОВЧИК, С.Н. РОГОЖИНСКИЙ, И.Г. ЛЕМЕЗА, С.И. ШУНЬКО</b>	Технология импульсного закалочного охлаждения жидкостью для упрочнения деталей сельскохозяйственной техники
<b>В.Н. ДАШКОВ, И.И. РАДЮК, Н.Ф. КАПУСТИН</b>	Экономическая эффективность комплекта автоматизированного полива КАП-1
<b>Е.К. СТЕЦКЕВИЧ</b>	Молочная продуктивность и воспроизводительные способности коров различного происхождения
<b>М.М. РАДЬКО, П.Н. КОТУРАНОВ, М.М. УСОВ</b>	Жизнестойкость молоди семейств ESOSIDAE, SILURIDAE в зависимости от способа их подращивания
<b>М.А. ПРИЩЕПОВ, Е.С. ПАШКОВА, Л.А. РАСОЛЬКО, И.А. ДЕМБИЦКАЯ</b>	Консервированная продукция для детского питания: тенденции производства в Республике Беларусь в 2011 году
<b>К.Э. ГАРКУША, В.А. КОРОТИНСКИЙ</b>	Применение тепловых насосов в технологическом процессе производства заварных сортов хлеба
<b>Ю.А. СИДОРЕНКО, М.В. БЕЛОХВОСТ</b>	Алгоритм связанного автоматического управления температурой зерна и теплоносителя зерновых сушилок
<b>И.П. КОЗЛОВСКАЯ, С.И. КОВРИК</b>	Связывание металлов-экотоксикантов гуминовыми кислотами торфа
<b>Г.И. ГАНУШ, И.В. КУЛАГА</b>	Принципы и эффективность создания кооперативно-интеграционных структур в форме ассоциации по производству и переработке картофеля
<b>М.В. ЛЕМЕЗА</b>	Совершенствование методики анализа рентабельности собственного капитала
<b>А.П. КАСТРЮК</b>	Исследование возможности обработки шеек коленчатых валов под очередные ремонтные размеры
<b>В.Я. ТИМОШЕНКО, А.В. НОВИКОВ, Д.А. ЖДАНКО</b>	Снижение относительной металлоемкости обкаточно-тормозного станда
<b>М.В. ТИМОШЕНКО</b>	Экономическая сущность категории «конкурентоспособность»
<b>№2/2012</b>	
<b>С.О. НУКЕШЕВ</b>	Технологические и технические решения проблемы ярусного дифференцированного внесения туков
<b>В.Я. ГРУДАНОВ, В.М. ПОЗДНЯКОВ, П.Д.И. ЭБИЕНФА</b>	Экспериментальные исследования процесса обжарки солода для производства темных сортов пива
<b>Н.Е. ШЕВЧИК, И.В. ПРОТОСОВИЦКИЙ, Д.И. ПРОТОСОВИЦКИЙ</b>	Защита электрооборудования в сельских электрических сетях от перенапряжения путем применения комбинированных устройств
<b>В.А. ДАЙНЕКО, Е.М. ПРИЩЕПОВА</b>	Теоретическое обоснование производительности вальцово-плющилки-измельчителя
<b>М.В. ТИМОШЕНКО</b>	Моделирование перспективной производственной структуры предприятий, специализирующихся на производстве молока
<b>Л.В. МИСУН, В.В. АЗАРЕНКО, В.А. АГЕЙЧИК, А.Н. ГУРИНА, АЛ-Й Л. МИСУН, АЛ-Р Л. МИСУН</b>	Исследование безопасности функционирования системы «оператор-машина-среда» в агропроизводстве
<b>С.Л. БЕЛЯВСКАЯ</b>	Методика оценки рынков овощного и плодово-ягодного сырья предприятий консервной промышленности Республики Беларусь
<b>Л.М. АКУЛОВИЧ, А.М. ЕФИМОВ, А.В. ЛИННИК</b>	Методы обеспечения однородности магнитного поля в устройствах для упрочнения и обработки деталей машин в магнитном поле
<b>В.Н. КЮРЧЕВ, В.Т. НАДЫКТО</b>	Роль научной деятельности ТГАТУ в инновационном развитии АПК юга Украины
<b>№3/2012</b>	
<b>В.Г. ГУСАКОВ</b>	Стратегия научного обеспечения и инновационного развития АПК
<b>Л.А. МАРИНИЧ, Е.И. МИХАЙЛОВСКИЙ, В.Е. МИХАЙЛОВСКИЙ</b>	Анализ конструктивно-технологических особенностей машин предварительной и первичной очистки зерна
<b>А.И. БОБРОВНИК, В.М. МУХИН, М.Ф. АЛЬКИНАНИ</b>	К вопросу повышения технологических свойств тракторов «Беларус» энергетической концепции
<b>Л.М. АКУЛОВИЧ, Л.Е. СЕРГЕЕВ, В.Е. БАБИЧ, Е.В. СЕНЧУРОВ, В.В. ШАБУНЯ</b>	Магнитно-абразивная обработка стержневого сложнопрофильного инструмента
<b>В.В. ШАЦКИЙ</b>	Основные направления инновационного развития технико-технологического потенциала животноводства юга Украины
<b>М.Л. ЗЕНЬКОВА, П.Д.И. ЭБИЕНФА</b>	Перспективы использования пророщенного зерна пшеницы и тритикале в производстве консервированных продуктов
<b>М.А. ПРИЩЕПОВ, Л.А. РАСОЛЬКО, М.В. БРЕНЧ, П.В. РУБЛИК</b>	Ресурсоэффективность броидильного производства
<b>И.Н. МАКАР, В.П. ВАЛЬКО</b>	Экономическая биологизация технологий воспроизводства растениеводческой продукции
<b>В.М. СИНЕЛЬНИКОВ</b>	Тенденции интенсификации картофелепродуктового подкомплекса
<b>Е.А. ИГНАТОВИЧ</b>	Новый подход к применению системы Директ-костинг
<b>Н.В. ЕФРЕМЕНКО, Е.Ю. БЫКОВА</b>	Производственно-финансовый и портфельный анализ как основа стратегического планирования предприятий птицеводческой отрасли
<b>Г.И. ГАНУШ, И.М. МОРОЗОВА</b>	Совершенствование подготовки специалистов АПК в системе заочного образования

**№4/2012**

<b>А.И. БОБРОВНИК, Ю.М. ЖУКОВСКИЙ, В.В. МИХАЛКОВ</b>	О применении автомобилей МАЗ в агропромышленном комплексе Республики Беларусь
<b>Ю.В. ЧИГАРЕВ, М. СНЕГ, И.С. КРУК, А.А. НОВИКОВ</b>	Влияние состояния протектора колес энергетических средств на уплотнение почв
<b>В.Н. ДАШКОВ, А.В. ШИПКО, Д.И. КОМЛАЧ, А.С. ВОРОБЕЙ</b>	Совершенствование технологии заготовки и хранения картофеля
<b>А.В. КИТУН, И.М. ШВЕД</b>	Определение мощности на привод винта гомогенизатора
<b>Э.Д. ЗЕЙНАЛОВ</b>	Физиологическая оценка работы доильного аппарата
<b>В.А. ДАЙНЕКО, Е.М. ПРИЩЕПОВА, Н.А. ВОРОБЬЕВ</b>	Теоретическое обоснование мощности электропривода вальцовый плющилки
<b>Г.И. ЯНУКОВИЧ, И.В. ПРОТОСОВИЦКИЙ, Н.Г. КОРОЛЕВИЧ, В.М. ЗБРОДЫГА</b>	Несимметричный режим работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-нуль с симметрирующим устройством» (Y/YNCSU)
<b>В.В. МИРУТКО, И.Э. ВОЙТЕХОВИЧ</b>	Ресурсосберегающая и экологически безопасная технология очистки сельскохозяйственной техники
<b>В.М. СИНЕЛЬНИКОВ</b>	Действенный резерв дальнейшего развития АПК в условиях рыночной экономики
<b>А.В. МУЧИНСКИЙ, И.С. КРУК, Г.Ф. ДОБЫШ, Д.Н. КОЛОСКО, А.А. НОВИКОВ</b>	Технико-экономические аспекты внедрения системы точного земледелия
<b>Г.И. ДЕМИДЧИК</b>	Формирование механизма определения риск-профиля и анализа рисков спектра в птицеводстве (на примере ГО «Миноблптицепром»)
<b>А.С. СКАКУН, С.А. МАТОХ</b>	Личные подсобные хозяйства в современной экономической системе

**№5/2012**

<b>Г.И. ГЕДРОИТЬ, А.Г. ГЕДРОИТЬ, А.Д. ЧЕЧЕТКИН С.О. НУКЕШЕВ</b>	Взаимодействие с почвой многоколесных ходовых систем
<b>Е.Г. ГРОНСКАЯ</b>	Повышение равномерности центрального распределения сыпучих материалов в пневмопроводе
<b>В.В. КУРАШ, А.В. КУДИНА, Ю.Т. АНТОНИШИН, А.В. КРИВИЦКИЙ</b>	Расчет деформации почвы ротационным рабочим органом
<b>В.С. КОРКО, Е.А. ГОРОДЕЦКАЯ</b>	Исследование интенсивности изнашивания нового состава износостойкого металлопокрытия для трибоповерхностей деталей машин
<b>З.А. АЛЕСКЕРОВ</b>	Исследование и моделирование процессов электротехнологической стимуляции всхожести семян зеленных культур
<b>Л.В. МИСУН, А.Н. ЛЕОНОВ, А.Н. ГУРИНА, Ю.А. ОРЛОВА</b>	Роль бактериальных ассоциаций при сальмонеллезе овец
<b>Г.И. ГАНУШ, И.А. ГРИБОЕДОВА</b>	Прогнозирование профессиональной успешности и безопасности операторов мобильной сельскохозяйственной техники
<b>Г.И. ДЕМИДЧИК</b>	Органическое сельское хозяйство – фактор диверсификации и конкурентной устойчивости производства продуктов питания
<b>Г.И. ДЕМИДЧИК</b>	Совершенствование управления кадровыми рисками в организациях АПК
<b>Я.М. ШУПИЛОВ, А.А. ЗЕЛЕНОВСКИЙ, Н.Г. КОРОЛЕВИЧ</b>	Экономическая оценка инженерных решений при реконструкции оградительных дамб польдерных систем Полесья
<b>А.В. ЧИРИЧ</b>	Оценка современного состояния и перспективы развития социальной инфраструктуры села в Республике Беларусь

**№6/ 2012**

<b>В.С. ЛАХМАКОВ, Г.Н. ПОРТЯНКО, Н.П. ГУРНОВИЧ, Г.А. РАДИШЕВСКИЙ, Е.Г. ГРОНСКАЯ, Е.Г. АРТЮШЕВСКАЯ</b>	Расчет параметров пассивного лемеха картофелеуборочной машины
<b>А.В. ЧИГАРЕВ, Ю.В. ЧИГАРЕВ, И.С. КРУК, А.С. ВОРОБЕЙ, А.В. МУЧИНСКИЙ</b>	К стохастической устойчивости нелинейных колебаний пластинки с начальным прогибом
<b>В.Б. ЛОВКИС, Н.А. ДЕМЕНОК</b>	Обогрев теплиц для выращивания рассады инфракрасными газовыми теплоизлучателями
<b>Д.Ф. КОЛЬГА, В.С. СЫМАНОВИЧ, Э.В. КОЛОДЬКО</b>	Определение оптимальных параметров шлангового насоса-дозатора, влияющих на производительность и равномерность выдачи молочной смеси
<b>В.А. ЛЮНДЫШЕВ, В.Ф. РАДЧИКОВ, В.К. ГУРИН Т.М. КАРБАНОВИЧ, Т.А. ВОРОБЬЕВ</b>	Поваренная соль с микродобавками в рационах бычков
<b>С.А. КОСТЮКЕВИЧ, М.А. ДУДОВА</b>	Роль овощеводства в обеспечении продовольственной безопасности Республики Беларусь
<b>В.Я. ГРУДАНОВ, А.А. БРЕНЧ, Л.Т. ТКАЧЕВА, А.Л. ЖЕЛУДКОВ</b>	Улучшение качества промывки доильного оборудования при использовании силиконовых соединений
<b>М.А. ПРИЩЕПОВ, В.В. ГУРИН, В.В. СМОЛЕНЧУК</b>	Влияние угла резания куттерного ножа на прирост температуры сырья и удельную энергоемкость процесса куттерования
<b>Г.И. ЯНУКОВИЧ, И.В. ПРОТОСОВИЦКИЙ, Н.Г. КОРОЛЕВИЧ</b>	Математическое моделирование в matlab двигательного и генераторного режимов работы асинхронных машин при частотном регулировании в стендах обкатки и испытания механических передач
<b>А.Л. СИНЯКОВ, И.А. ЦУБАНОВ</b>	Схема замещения трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Y и со специальным симметрирующим устройством (Y/YNCSU)
<b>В.Я. ТИМОШЕНКО, А.В. НОВИКОВ, Д.А. ЖДАНКО, Н.Д. ЯНЦОВ, И.В. КРАВЧУК</b>	Пути экономии электроэнергии в системах теплоснабжения с теплонасосными установками
<b>Г.В. ВЕРЕНИЧ, Ж.В. АНДРЕЙЧИКОВА</b>	О необходимости разработки передвижной тормозной диагностической установки
<b>О.Ю. СЕЛИЦКАЯ</b>	Активизация и повышение качества внутреннего контроля в хозяйственных обществах
	Формирование профессиональных компетенций по применению энергосберегающих технологий у студентов сельскохозяйственных вузов

# Правила для авторов

1. Журнал «Агропанорама» помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер.

Приказом ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.

2. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять, как правило, не менее 0,35 авторского листа (14000 печатных знаков, включая пробелы между словами, знаки препинания, цифры и др.), что соответствует 8 стр. текста, напечатанного через 2 интервала между строками (5,5 стр. в случае печати через 1,5 интервала).

Рукопись статьи, передаваемая в издательство, должна удовлетворять основным требованиям современной компьютерной верстки. К набору текста и формул предъявляется ряд требований:

1) рукопись, подготовленная в электронном виде, должна быть набрана в текстовом редакторе Word версии 6.0 или более поздней. Файл сохраняется в формате «doc»;

2) текст следует сформатировать без переносов и выравнивания правого края текста, для набора использовать один из самых распространенных шрифтов типа Times (например, Times New Roman Cyr, Times ET);

3) знаки препинания (.,!?:;...) не отделяются пробелом от слова, за которым следуют, но после них пробел обязателен. Кавычки и скобки не отделяются пробелом от слова или выражения внутри них. Следует различать дефис«-» и длинное тире «—». Длинное тире набирается в редакторе Word комбинацией клавиш: Ctrl+Shift+«-». От соседних участков текста оно отделяется единичными пробелами. Исключение: длинное тире не отделяется пробелами между цифрами или числами: 1991-1996;

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

а) формулы набираются только в редакторе формул Microsoft Equation. Размер шрифта 12. При длине формулы более 8,5 см желательно продолжение перенести на следующую строчку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания; д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер

(если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

Фотографии должны иметь контрастное изображение и быть отпечатаны на глянцевой бумаге размером не менее 9x12 см. В электронном виде фотографии представляются отдельно в файлах формата «tif» с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

аннотацию на русском и английском языках;

фамилию и инициалы автора (авторов) статьи, ее название;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе «Заклучение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи могут быть включены:

индекс УДК;

перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения, организации, предприятия, колхоза и т. д., ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

8. Авторы несут ответственность за направление в редакцию статей, опубликованных ранее или принятых к печати другими изданиями.

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

10. Право первоочередного опубликования статей предоставляется аспирантам, докторантам, соискателям в год завершения обучения.

*Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:*

*220023, Минск, пр. Независимости, 99, корп. 5, к. 602, 608. БГАТУ.*

# **ОТКРЫТА ПОДПИСКА НА ПЕРВОЕ ПОЛУГОДИЕ 2013 ГОДА**

## **АГРОПАНОРАМА**

*Журнал помещает достоверные и обоснованные материалы, которые имеют научное и практическое значение, отличаются актуальностью и новизной, способствуют повышению экономической эффективности агропромышленного производства, носят законченный характер.*

*Приказом ВАК от 4 июля 2005 г. № 101 (в редакции приказа ВАК от 2.02.2011 г. № 26) журнал «Агропанорама» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим (сельскохозяйственное машиностроение и энергетика, технический сервис в АПК), экономическим (АПК) и сельскохозяйственным (зоотехния) наукам.*

*Журнал выходит один раз в два месяца.*

*Стоимость подписки по каталогу РУП «Белпочта» на 1 полугодие 2013 года составляет:*

- на 1 номер - для индивидуальных подписчиков - 24300 рублей*
  - для организаций - 43760 рублей*
- на полугодие - для индивидуальных подписчиков - 72900 рублей*
  - для организаций - 131280 рублей*

*Цена журнала в киоске БГАТУ - 31000 рублей*

*Электронную версию журнала можно приобрести на сайте «Белкиоск: электронные версии газет и журналов» (<http://belkiosk.by>)*

**ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ: 74884, 748842**

