



ISSN 2078-7138

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 2
апрель
2021

В номере:

*Результаты экспериментальных исследований
неравномерности распределения
твердого топлива*

*Технико-экономическая оптимизация конструктивных
параметров трансформатора со схемой
соединения обмоток «звезда-двойной
зигзаг с нулевым проводом»*

*Методика оценки технического состояния
гидростатической трансмиссии
мобильных энергетических
средств*

*Тенденции и направления развития
товаропроводящей сети в
системе продвижения
сельскохозяйственных
товаров на внешний
рынок*



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ РЕСПУБЛИКАНСКИЙ ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

***Институт повышения квалификации и
переподготовки кадров АПК БГАТУ***

Уважаемые коллеги!

**Приглашаем Вас принять участие в работе
Международной научно-практической конференции**

***«Актуальные проблемы устойчивого
развития сельских территорий
и кадрового обеспечения АПК»***,

**которая состоится в Белорусском
государственном аграрном техническом
университете**

3 - 4 июня 2021 г.

Основные направления работы конференции:

- **Устойчивое развитие территорий сельской местности в современных условиях: экономический, социальный и экологический аспекты**
- **Инновации в технологиях, организации и управлении производством АПК. Цифровое сельское хозяйство**
- **Развитие системы кадрового обеспечения инновационного аграрного производства и формирование единого образовательного пространства**

**г. Минск, пр-т Независимости, 99, корпус 1
Контактные телефоны: (+ 375 17) 272-61-55, 385-91-20**

(+375 17) 272-92-40

E-mail: noio.ipk@bsatu.by

www.bsatu.by

АГРОПАНОРАМА 2 (144) апрель 2021

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 Шилов

Заместитель главного редактора
Игорь Степанович Крук

Редакционная коллегия:

Г.И. Гануш	М.А. Прищепов
Л.С. Герасимович	А.С. Сайганов
Е.П. Забелло	В.Н. Тимошенко
П.П. Казакевич	Н.К. Толочко
А.Н. Карташевич	В.П. Чеботарёв
И.П. Козловская	Н.С. Яковчик

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь
Н.И. Цындрин – редактор

Компьютерная верстка
В.Г. Леван

Адрес редакции:

Минск, пр-т Независимости, 99/1, к. 220
Тел. (017) 272-47-71 Факс (017) 258-41-16

Прием статей и работа с авторами:

Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608
Тел. (017) 385-91-02, 355-22-14

Факс (017) 272-25-71

E-mail: AgroP@bsatu.by

БГАТУ, 2021.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 26.04.2021 г. Зак. № 277 от 23.04.2021 г.

Дата выхода в свет 30.04.2021 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

Отпечатано в ИПЦ БГАТУ по адресу: г. Минск, пр-т Независимости, 99/2

ЛП № 02330/316 от 30.01.2015 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 1-е п/г 2021 г.:

для индивидуальных подписчиков - 31,95 руб.;

ведомственная - 33,51 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 9,35 руб.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка

- А.Ф. Безручко, Н.И. Зезетко**
Виброизоляция кабины трактора.....2
- В.В. Поддубицкий, В.П. Чеботарев**
Результаты экспериментальных исследований неравномерности распределения твердого топлива.....6
- И.М. Швед**
Определение параметров сопла кожуха миксера для перемешивания навоза.....10
- М.А. Прищепов, Ан.А. Сильченко, Ю.Н. Силкович, Ал.А.Сильченко**
Разработка моделей и программных средств для расчета общей динамики агрегата на базе одноосного мобильного энергетического средства тягового типа.....14

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

- Е.В. Таразевич**
Репродуктивные показатели тремлянской породы карпа 9-10 селекционных поколений и факторы, влияющие на них....20

Энергетика. Транспорт

- М.А. Прищепов, А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга**
Технико-экономическая оптимизация конструктивных параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом».....24

Ресурсосбережение. Экология

- Н.С. Яковчик, Е.В. Садыков**
О радиологических аспектах мясного коневодства.....30

Технический сервис в АПК. Экономика

- Д.А. Жданко, Т.А. Непарко, Д.И. Сушко, П.С. Хмельницкий**
Методика оценки технического состояния гидростатической трансмиссии мобильных энергетических средств.....34
- Н.В. Киреенко, К.Г. Мелешко**
Тенденции и направления развития товаропроводящей сети в системе продвижения сельскохозяйственных товаров на внешний рынок.....38
- Н.Н. Киреенко, Л.К. Голуб**
Совершенствование методики контроля расчетов по возмещению ущерба работниками организации.....44

ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ КАБИНЫ ТРАКТОРА

А.Ф. Безручко,

доцент каф. тракторов и автомобилей БГАТУ, канд. техн. наук

Н.И. Зезетко,

гл. конструктор НТЦ ОАО «МТЗ», канд. техн. наук

В статье представлен анализ виброизолирующих свойств резинометаллических опор тракторной кабины по частотному спектру. Приведены математические зависимости, позволяющие рассчитать параметры виброизоляции при разработке новых и модернизации применяемых конструкций резинометаллических опор.

Ключевые слова: вибрация, резинометаллическая опора, виброизоляция, трактор, кабина, спектр частоты.

Analysis of the vibration-insulating properties of rubber-metal bearings of a tractor cab by frequency spectrum is presented in the article. Mathematical dependencies that allow to optimize works on the development of new and modernization of structures of rubber-metal bearings being used are given.

Keywords: vibration, rubber-metal support, vibration isolation, tractor, cab, frequency spectrum.

Введение

Вибрация оказывает негативное влияние на здоровье человека [1] и надежность машин. Общеизвестно, что основными ее источниками на мобильных машинах являются силовые агрегаты и ходовая часть. Вибрация является также источником структурного шума, снижающего потребительские качества машин. Проблемы вибрации существуют во всех отраслях машиностроения. Основные способы борьбы с ней – снижение уровней вибрации источника (балансировка, уравнивание, уменьшение возбуждающих сил) и виброизоляция объектов, подвергающихся ее вредному воздействию. Практическое решение задачи заключается в оптимальном использовании обоих методов для получения максимального эффекта с минимальными затратами.

В данной работе не проводится анализ методов снижения вибрации источника, а только анализ эффективности наиболее распространенных виброизолирующих устройств – резинометаллических опор. Это наиболее распространенный тип виброизоляторов, применяемых в конструкциях мобильных машин, поскольку они имеют ряд преимуществ, которыми не обладают другие типы подобных устройств: способность воспринимать разнонаправленные нагрузки, долговечность, простота, низкая стоимость. Их применяют как опоры кабин, двигателей, карданных валов и т.д.

В статье использованы результаты исследований Разумовского М.А. [2], Клюкина И.И. [3]. В этих работах представлены оценочные характеристики изоляторов, даны математические зависимости для расчета виброизоляторов в одномерных схемах. Авторы анализируют не только конструкции виброизоляторов, но и схемы их установки на машинах. Несмотря на различие областей исследований (судостроение, тракторостроение), предложенные оценочные пара-

метры и математические зависимости весьма схожи. Теоретические расчеты характеристик виброизоляторов, по мнению авторов, применимы на стадии начального проектирования для приблизительного расчета упрощенных моделей. Отмечено, что действительную эффективность виброизоляторов можно определить лишь при экспериментальном исследовании. Представленные в источниках [2, 3] математические зависимости не подтверждены в полном объеме приведенными в данной статье результатами экспериментальных исследований.

В работе Разумовского М.А. приведены некоторые результаты экспериментальных исследований вибрации кабины трактора МТЗ-80. Автор провел исследования выпускаемых серийно в 70-х годах виброизоляторов кабин и дал рекомендации по схемам их расположения. В его теоретических разработках утверждается, что применение резинометаллических виброизоляторов позволяет снижать вибрацию только в зонах спектра, удаленных от резонансной частоты опоры. Предложена следующая зависимость:

$$BII = 20 \lg \left| 1 - \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 \right|, \quad (1)$$

где BII – виброизоляция, дБ;

f – частота исследуемого спектра, Гц;

f_0 – резонансная частота, Гц.

При выполнении исследований на современных тракторах «БЕЛАРУС» данный тезис не подтвердился. Следует отметить, что за прошедшее время конструкция трактора существенно модернизирована, некоторые системы и их компоновка изменились принципиально: конструкция кабины, мощность силовых агрегатов, вес узлов и т.д. Как следствие, изменились силы и векторы, воздействующие на виб-

роизводитель, который в настоящее время изготавливают из резины с иными качествами и он имеет другие размеры и формы.

В книге Клюкина И.И. [3] можно отметить некоторые противоречащие друг другу зависимости. В одном выражении показано, что виброизоляция $ВИ$ во всем спектре увеличивается с ростом частоты f :

$$ВИ = 20 \lg \frac{2 \cdot f}{\pi \cdot \sqrt{C/m}}, \quad (2)$$

где C – твердость резиновой прокладки, Па·м;
 m – масса демпфируемого объекта, кг.

И в той же главе, в другом выражении утверждается обратное:

$$ВИ = 20 \lg \frac{1}{E(1+a \cdot f)}, \quad (3)$$

где E – статический модуль упругости, Па;
 a – некоторое положительное число.

Определенный интерес представляют теоретические исследования демпфирования вибрации резиновыми пластинами [4], но в данной работе авторы ограничились только изучением скорости затухания колебаний в зоне резонансной частоты.

Работа [5] посвящена исследованию гистерезисных явлений на резонансной частоте в абсолютно жестких опорах.

Работы [4, 5] содержат фундаментальные теоретические исследования и их применение на практике ограничивается только отдельными явлениями: резонансная частота и гистерезис. Их результаты применимы только для идеальных моделей и охватывают очень узкую область проблемы виброизоляции.

Анализ последних работ авторов, занимающихся прикладными исследованиями вибрации мобильных машин, показывает, что в основном в них исследуется влияние вибрации на шум в кабине, без какого-либо анализа эффективности виброизолирующих устройств [6, 7]. В работе Васильева А.В. [6] рассмотрены связи шума и вибрации в кабине автомобиля. В статье [7] приведены экспериментальные и теоретические исследования вибрации в кабине козловых кранов. Результаты, приведенные в данных работах [6, 7], применимы только для соответствующих типов машин, а анализ свойств демпфирующих устройств не проводится.

В источнике [8] сделана попытка изучить вибрационные характеристики кабины грузового автомобиля с целью повышения комфорта езды. Предложена динамическая модель жесткой гибкой муфты коммерческого автомобиля для расчета вклада в вибрации кабины различных источников. Окончательный

подбор виброизоляторов производился экспериментально. Авторы отнесли резинометаллические изоляторы к не эффективным, и не исследовали причины их низкой эффективности.

Целью настоящей статьи является анализ работы резинометаллических опор кабины трактора, как устройств, препятствующих распространению вибрации, и обоснование математических зависимостей, используемых для расчета ее параметров при разработке резинометаллических опор.

Основная часть

При установке кабин тракторов массового производства применяют резинометаллические виброгасители. Данный тип опор, кроме функции гашения вибрации от источника, должен соответствовать требованиям безопасности – обеспечивать достаточную прочность при воздействии на кабину поперечных сил.

Исследования проводились на тракторе «БЕЛАРУС 1221» на стоянке, при максимальных оборотах двигателя без нагрузки. Кабина установлена на серийные резинометаллические виброгасители с твердостью 55 единиц по Шору.

Методика измерений разработана на основании рекомендаций ведущего производителя виброакустического оборудования Bruel & Kjaer [9]. Измерения производились поверенным, прибором первого класса «Октава 101ВМ» с регистрацией среднеквадратических значений ускорений, выраженных в дБ, в диапазоне частот 8-1000 Гц. Прибор настраивался в режим «локальная вибрация». Датчик AP2082М крепился в соответствующих точках измерений на клей. Выбранный прибор и датчик позволили проводить измерения в режиме реального времени. На всех приведенных ниже спектрограммах уровни вибрации представлены в виде векторной суммы ускорений, измеренных по трем осям в октавных полосах.

На рис. 1 приведены результаты проверки виброизоляционных свойств серийной опоры кабины.

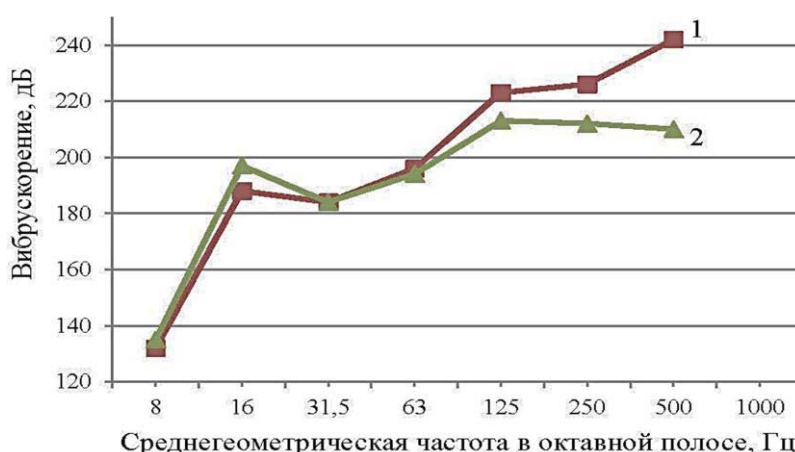


Рисунок 1. Спектр виброускорений перед и за виброизолятором кабины: 1 – виброускорение на осто́ве трактора перед задней опорой кабины; 2 – виброускорение на кронштейне крепления кабины к задней опоре

Как видно на представленных спектрограммах, резиноталлические опоры кабины гасят вибрацию на частотах в октавных полосах 125 Гц и выше. В низкочастотной области (63 Гц и ниже) необходимого эффекта снижения нет, а в октавной полосе 16 Гц отмечено увеличение вибрации при ее прохождении через опору.

Причинами усиления вибрации опорами могут являться: специфические свойства резины, недостатки в способе установки на четыре опорные точки [2], резонансные явления или возможное совместное воздействие вышеуказанных факторов. Основываясь на теоретических исследованиях указанных выше источников, можно утверждать, что увеличение вибрации происходит только вследствие резонансных явлений. В рассматриваемом случае могут быть два типа резонансных явлений: резонанс в резиновой прокладке (волновой резонанс) и резонанс в системе кабина-виброизолятор-остов трактора. Волновой резонанс возникает при выполнении следующего условия:

$$h = n \cdot \lambda = n \cdot \frac{c}{f}; n = 1, 2, 3 \dots, \quad (4)$$

где c – скорость распространения волны в среде, м/с;

λ – длина волны, м;

h – один из геометрических размеров опоры.

Длина волны в резине на частоте 16 Гц, в зависимости от ряда внешних факторов составляет 40...100 м. Сопоставив эту величину с размерами виброизолятора, можно утверждать, что волновой резонанс в опоре отсутствует.

Резонансная частота системы кабина-виброизолятор-остов трактора определяется по формуле [3]:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{E \cdot S}{m_k \cdot h}} \text{ Гц}, \quad (5)$$

где S – площадь поперечного сечения резиновой прокладки, м²;

h – высота резиновой прокладки, м;

m_k – масса кабины, действующая на одну опору, кг.

Подставив в формулу (5) значения, соответствующие параметрам проверяемого трактора «БЕЛАРУС 1221», получим $f_0 = 15 \dots 22$ Гц. Т.е. рассчитанная резонансная частота находится в октавной полосе – 16 Гц, а отмеченное усиление вибрации является следствием резонанса системы кабина-виброизолятор-остов трактора. Все колебательные системы обладают собственной резонансной частотой, на которой колебания от источника теоретически могут усиливаться до бесконечности. В данном случае усиление колебаний наблюдается, но относительно невелико, что обусловлено физическими свойствами резины, высокими механическими потерями при деформации.

Используя выражение (5), можно определить конструкции опор с различными резонансными частотами. Таким образом, решается проблема повышенного шума в кабине, если частота резонансных колебаний системы совпадает со звуковой частотой, определяющей шум в кабине.

На высоких частотах, в октавных полосах выше 63 Гц, вибрацию можно представить как распределенную нагрузку, и ее виброизолирующий эффект определяется волновым сопротивлением материала прокладки $\rho \cdot c$ [2]. Математически это можно представить выражением (6) [3], где предполагается, что вибрация в резиновой прокладке распространяется как звуковая волна

$$BII = 10 \cdot \lg(1 + (\pi \cdot f \cdot (\rho \cdot c)_l \cdot h / E_d)^2), \quad (6)$$

где $(\rho \cdot c)_l$ – волновое сопротивление звукопровода, Па·с/м;

E_d – эквивалентный модуль упругости резины, Па.

E_d и $(\rho \cdot c)_l$ характеризуют физические свойства резины. Определить их точные значения весьма проблематично, а следовательно, рассчитать при практическом применении значение BII невозможно.

Выражение (6) полезно при разработке резино-металлических опор, используя которое, можно сказать, что виброизоляция на высоких частотах будет выше, если применять резиновые прокладки:

- с большей высотой h ;
- меньшим значением модуля упругости;
- большими значениями плотности резины ρ .

Низкую эффективность гашения на низких частотах можно объяснить тем, что в этом диапазоне частот резиновая прокладка воспринимает вибрацию как сосредоточенную нагрузку, т.е. ведет себя как упругость [2]. Передачу вибрации в данном случае определяют параметры колебательной системы. Для рассматриваемого примера – это кабина-виброизолятор-остов трактора. Предположительно, эффект виброизоляции можно описать уравнением (2). Для проверки этого предположения выполнен эксперимент с опорами разной жесткости (рис. 2).

Анализ спектрограммы действительно подтвер-

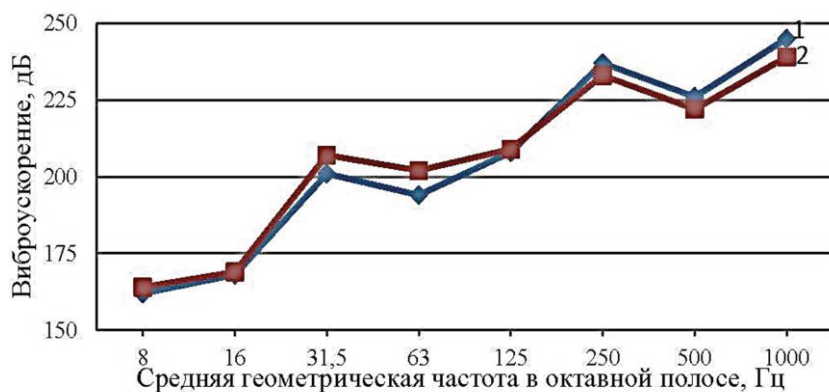


Рисунок 2. Спектр виброускорений перед и за виброизолятором кабины:
1 – твердость резины 50 единиц по Шору;
2 – твердость резины 40 единиц по Шору

ждает, что на низких частотах у жесткой резины виброизоляция улучшается. Для низкочастотного диапазона также подтверждается справедливость уравнения (2).

Заключение

1. Изменение жесткости резинометаллических опор дает различный эффект в низкочастотной и высокочастотной частях спектра. Жесткая опора эффективна для гашения низкочастотных колебаний, но ухудшает свойства опоры при гашении высокочастотных колебаний. Мягкая опора, наоборот, эффективнее на высоких частотах и снижает эффективность опоры на низких частотах.

2. Изменяя свойства применяемой в опоре резины, существенно повысить эффективность резинометаллических опор по всему спектру вибрации невозможно.

3. Приближенный расчет опор для низкочастотного спектра рекомендуется проводить по уравнению (2), для высокочастотного спектра – по уравнению (6).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Seidel, H. Long-term effects of whole-body vibration: a critical survey of the literature / H. Seidel, R. Heide // Int Arch Occup Environ Health. – 1986. – № 58 (1). – P.1-26.

2. Разумовский, М.А. Борьба с шумом на тракторах / М.А. Разумовский. – Минск: Наука и техника, 1973. – 208 с.

3. Клюкин, И.И. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах / И.И. Клюкин. – 2 изд. – Л: Судостроение, 1971. – 416 с.

4. Super damping of mechanical vibrations / Ka Yan Au-Yeung [et al.]. – Article number: 17793–2019. – Scientific Reports. – Vol. 9 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54343-3>. – Date of access: 28. 10. 2019.

5. Hysteretic tuned mass dampers for structural vibration mitigation / N. Carpineto [et al.] // Journal of Sound and Vibration. – 2014. – Vol. 333. – Issue 5. – P. 1302-1318.

6. Васильев, А.В. Расчет и снижение внутреннего шума и вибрации автомобилей / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2004. – Т. 6. – №2. – С. – 390-398.

7. Кобзев, К.О. Обоснование параметров системы снижения вибрации на рабочем месте оператора козловых кранов / К.О. Кобзев // Науковедение. – 2016. – Т 8. – №5. – С. 7.

8. Research on the vibration characteristics of the commercial-vehicle cabin based on experimental design and genetic algorithm / Li-ya Wang [et al.] // Journal of Vibroengineering. – Vol. 18. – Issue 7. – P. 4664-4677 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://doi.org/10.21595/jve.2016.17161>. – Date of access: 15.10. 2016.

9. By Mark Serridge and Torben R.Licht. Theory and application handbook. Piezoelectric accelerometer and vibration preamplifiers. – Bruel & Kjaer, 1987. – 150 s.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.02.2021

Радиоволновой влагомер зерна

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

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



Основные технические данные

Диапазон измерения влажности зерна
Основная абсолютная погрешность
Температура контролируемого материала
Цена деления младшего разряда блока индикации
Напряжение питания
Потребляемая мощность

от 9 до 25%
не более 0,5%
от +5 до +65°C
0,1%
220 В 50Гц,
30ВА

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА

В.В. Поддубицкий,

науч. сотр. сектора «Технологии утилизации отходов»
ГП «Институт энергетики НАН Беларуси», магистр техн. наук

В.П. Чеботарев,

зав. каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

В статье представлены результаты экспериментальных исследований неравномерности распределения твердого растительного топлива в топках воздухонагревателей зерносушилок, позволяющих эффективно сжечь мелкофракционное твердое биотопливо, а также повысить КПД воздухонагревателей и улучшить качество получаемого зерна.

Ключевые слова: твердое топливо, измельченная солома, щепа, распределитель топлива, воздухонагреватель зерносушилки.

The article presents the results of experimental studies of the uneven distribution of solid vegetal fuel in grain dryers air heaters furnaces, which make it possible to effectively burn small-fraction solid biofuels, and will also increase the efficiency of air heaters and improve the quality of the resulting grain.

Keywords: solid fuel, chopped straw, wood chips, fuel distributor, grain dryer air heater.

Введение

Энергоэффективное производство сельскохозяйственной продукции является приоритетным направлением развития агропромышленного производства Республики Беларусь и неразрывно связано с внедрением новых и совершенствованием применяемых технологий и технологического оборудования в сельском хозяйстве.

Наиболее энергозатратной операцией в сельском хозяйстве является послеуборочная обработка зерна. В частности, для сушки одной плановой тонны зерна пшеницы необходимо затратить 6,6 кг дизельного топлива или 9 м³ природного газа [1]. При этом дизельное топливо не только является самым дорогим видом топлива, используемым в сельском хозяйстве, но и наносит существенный вред окружающей среде. Использование для сушки зерна воздухонагревателей, работающих на местных видах топлива, например, на дровах, показало значительный экономический эффект. Однако из-за цикличности загрузок топлива, неравномерной его влажности, а также неэффективном использовании топочного пространства, эксплуатация таких воздухонагревателей показала, что необходимо использовать воздухонагреватели с автоматической подачей мелкофракционного топлива (древесной щепы, измельченной соломы, отходов зернового вороха, льняной костры). Такое топливо может равномерным слоем заполнять топочное пространство и, тем самым, уменьшать химический и механический недожог, предотвращать вредные температурные нагрузки на колосниковую решетку. Наиболее простым и дешевым воздухонагревателем, применяющим такие виды топлива, является воздухонагреватель, оснащенный неподвижной колосниковой решеткой и распределителем топлива.

Целью работы является определение оптимальных параметров распределителя, обеспечивающих минимальные значения неравномерности распределения топлива внутри топочной камеры.

Основная часть

Проведенные многочисленные теоретические исследования показали, что наибольшее уменьшение неравномерности распределения топлива обеспечивают распределители топлива, рабочим органом которых является вал, оснащенный винтовой поверхностью, вращающейся с частотой 50 мин⁻¹ [2]. Для поиска оптимальных параметров такого рабочего органа были проведены экспериментальные исследования на базе установки, разработанной в Институте энергетики НАН Беларуси.

В исследованиях использовались массово используемые, доступные и дешевые мелкофракционные виды топлива: древесная щепа и измельченная солома зерновых. Физико-механические свойства используемого топлива были исследованы до опытов, и их результаты представлены в таблице 1.

В ходе предварительных испытаний отмечено существенное зависание измельченной соломы на рабочих органах. Для предотвращения этого установка была доработана и на винтовую поверхность установлены в шахматном порядке дополнительные пальчики. Схема и общий вид установки представлены на рисунке 1.

Технологический процесс работы установки протекал следующим образом: мотор-редуктор, за-

Таблица 1. Физико-механические свойства топлива, используемого в опытах

	Древесная щепа		Солома зерновых	
	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение	Среднее значение	Среднеквадратическое отклонение
Длина, мм	30,4	8,4	94,7	15,1
Ширина, мм	13,1	4,3	5,4	1,7
Толщина, мм	7,4	2,1	-	-
Масса, г	0,7	0,16	-	-
Влажность, %	17	3,8	10	4,2
Теплотворная способность:				
- кДж/кг	17115,1	124,3	16377,3	113,1
- ккал/кг	4087,9	29,7	3911,7	27

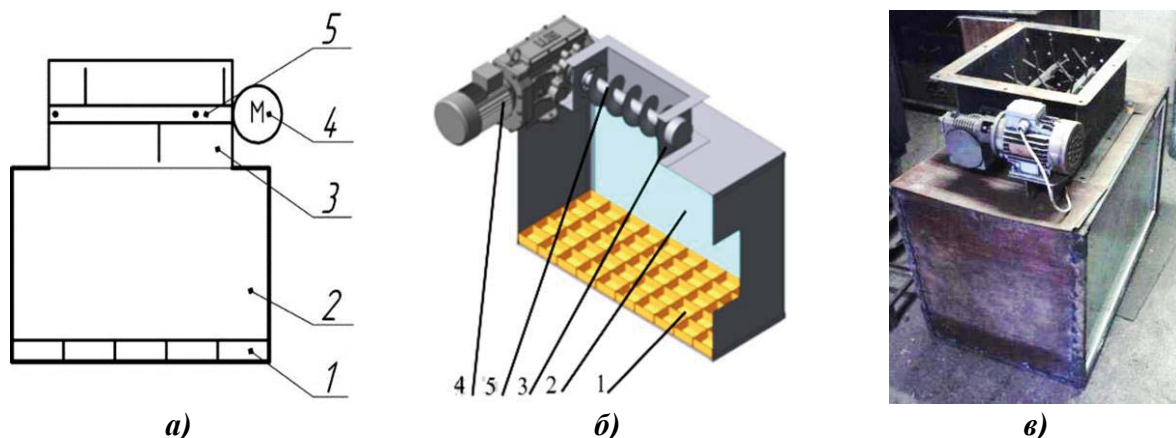


Рисунок 1. Схема и внешний вид экспериментальной установки:
а) схема экспериментальной установки; б) трехмерный разрез экспериментальной установки;
в) общий вид экспериментальной установки;
1 – контейнеры для сбора проб; 2 – приемный бункер – короб; 3 – распределительный блок;
4 – мотор-редуктор; 5 – вал с рабочими органами

крепленный в распределительном блоке, приводил во вращение с частотой 50 мин^{-1} два вала с закрепленными на них рабочими органами. Использовались следующие рабочие органы: пальчики, установленные на валу (диаметром 9 мм и длиной 60 мм), винтовая поверхность с шагом установки 60 мм для пальчиков и 120 мм для винтовой поверхности (виток шнека). Сверху в распределительный блок подавалось топливо, которое после взаимодействия с рабочими органами отклонялось от первоначальной траектории и просыпалось в контейнеры для сбора проб. Контейнеры устанавливались равномерно по всей площади колосниковой решетки и представляли собой одинаковые емкости с размерами 165х95х60 мм.

При проведении исследований все используемые рабочие органы имели следующие базовые параметры: диаметр окружности, описываемый кромками рабочих органов $D=150 \text{ мм}$; шаг (частота установки) $S=60 \text{ мм}$. Варьируемыми факторами были приняты: частота вращения рабочих органов n и количество установленных пальчиков j (табл. 2).

В процессе испытаний, в качестве параметра оптимизации принимался коэффициент вариации распределения топлива по контейнерам $Cv, \%$. При этом неравномерность распределения топлива не должна

была превышать 33% [3]. Коэффициент вариации рассчитывался по формуле:

$$Cv = \frac{S_M}{x_{cp}} \cdot 100, \quad (1)$$

где S_M – среднее квадратичное отклонение, г;
 x_{cp} – среднее значение исследуемого параметра, г.

Математический анализ проводился в соответствии с методикой, представленной в работах А.Н. Леонова [4] и Г.А. Хейлиса [5]. Факторы и уровни их варьирования представлены в таблице 2.

Таблица 2. Уровни варьирования факторов в эксперименте

Варьируемый параметр	j	n
Единицы измерения	шт.	мин^{-1}
Кодовые обозначения	x_1	x_2
Основной уровень ($x_i = 0$)	16	50
Интервал варьирования	3	10
Нижний уровень ($x_i = -1$)	13	40
Верхний уровень ($x_i = +1$)	19	60

Все эксперименты проводились в трехкратной повторности. Полученные результаты усреднены и округлены. С целью исключения влияния систематических ошибок, вызванных внешними неконтролиру-

емыми факторами, в ходе экспериментальных исследований выполнялась рандомизация опытов, под которой понимается чередование проведения отдельных опытов в случайном порядке. Это позволило сравнивать результаты подобных опытов вследствие усреднения влияния эффектов неконтролируемых факторов. Процедура рандомизации опытов выполнялась с помощью таблиц случайных чисел [6]. При этом, последовательно двигаясь по столбцам таблицы, были выбраны числа, соответствующие порядковым номерам проводимых опытов.

Матрица ортогонального центрального композиционного плана второго порядка для двух факторов приведена в таблице 3.

Таблица 3. Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Уровень фактора		
	x_0	x_1	x_2
1	1	-1	-1
2	1	1	-1
3	1	-1	1
4	1	1	1
5	1	-1	0
6	1	1	0
7	1	0	-1
8	1	0	1
9	1	0	0

Проверка гипотезы об однородности дисперсий выполнялась с помощью критерия Кохрена, табличное значение которого выбиралось по таблице [5] и для чисел степеней свободы $f_1 = 2$ и $f_2 = 9$, $G_{a_3, f_k, k} = 0,478$ при уровне значимости $a_3 = 0,05$. После проведенных расчетов были получены экспериментальные значения критерия Кохрена: для древесной щепы – 0,47; для соломы – 0,32.

Из приведенных данных видно, что условие выполняется для каждого значения параметра оптимизации. Следовательно, гипотеза об однородности построчных выборочных дисперсий не противоречит экспериментальным данным, что позволяет вычислить дисперсию воспроизводимости опытов.

В результате проведенных экспериментальных исследований получены следующие регрессионные уравнения второго порядка для параметра оптимизации каждого вида топлива:

для древесной щепы:

$$Y_1 = 34,73 + 2,7x_1 + 1,65x_2 + 0,098x_1x_2 + 1,48x_1^2 - 1,05x_2^2; \quad (2)$$

для соломы:

$$Y_2 = 28,85 - 3,64x_1 - 0,82x_2 - 1,12x_1x_2 - 0,75x_1^2 + 0,9x_2^2. \quad (3)$$

Следующий этап обработки экспериментальных данных включал в себя определение значимости по-

лученных коэффициентов в уравнениях регрессии. Значимость коэффициентов уравнений проверялась по t-критерию Стьюдента. Затем определялись доверительные интервалы соответствующих коэффициентов. Табличное значение t-критерия Стьюдента $t_{a, f_6} = 2,1$ при уровне значимости $a = 0,05$ и числе степеней свободы $f_6 = 18$ [4, 5].

Так как полученные значения коэффициентов уравнения (для щепы – 1,13 и для соломы – 1,12) меньше табличного значения, то все коэффициенты уравнений регрессии являются значимыми.

Адекватность уравнений регрессии (2) и (3) экспериментальным данным проверялась по F-критерию Фишера.

Табличные значения критерия Фишера выбирались по таблице [4, 5] для чисел степеней свободы f_6 и f_{ad} при уровне значимости $a = 0,05$ и равнялись 4,26.

После проведения расчетов, были получены экспериментальные значения критерия Фишера (для щепы – 2,3, для соломы – 1,1). Так как расчетные значения критерия Фишера не превышают табличные, то, следовательно, полученные уравнения адекватно описывают экспериментальные данные.

Для использования уравнений (2) и (3) в инженерных расчетах, они преобразовывались в раскодированный вид, заменой кодового значения факторов x_1 и x_2 на натуральные переменные:

$$x_1 = \frac{j-16}{3}, x_2 = \frac{n-50}{10}.$$

Таким образом, уравнения (2) и (3) в раскодированном виде приняли следующий вид:

для древесной щепы:

$$v_{щ} = 30,49 - 4,53j + 1,17n + 0,003jn + 0,16j^2 - 0,01n^2; \quad (4)$$

для соломы:

$$v_c = 23,54 + 3,33j - 0,38n - 0,04jn - 0,08j^2 + 0,009n^2. \quad (5)$$

Заключительным этапом математической обработки экспериментальных данных являлось определение оптимальной области значений исследуемых факторов на основании анализа поверхностей отклика, полученных методом двухмерных сечений (рис. 2).

Для определения оптимальных параметров распределителя, работающего на обоих видах топлива, полученные двухмерные сечения поверхностей отклика были наложены друг на друга согласно рисунку 3.

Анализ графических зависимостей (рис. 3) показал, что область оптимальных значений по величине неравномерности распределения топлива по поверхности колосниковой решетки для данных факторов находится в пределах, представленных в таблице 4.

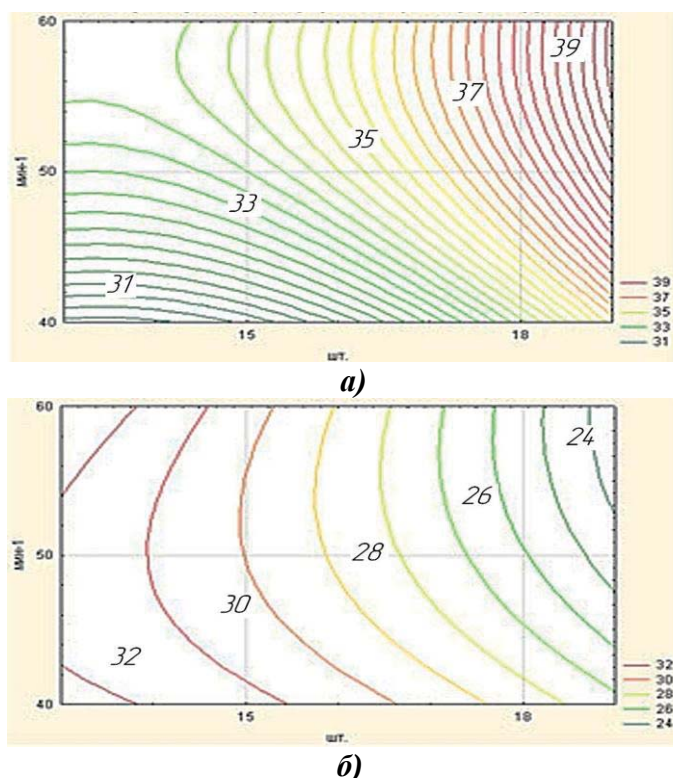


Рисунок 2. Двухмерные сечения поверхностей отклика зависимости неравномерности распределения топлива от количества пальчиков и частоты вращения рабочих органов для комбинированного распределителя $Cv=f(j,n)$: для древесной щепы (а); для соломы (б)

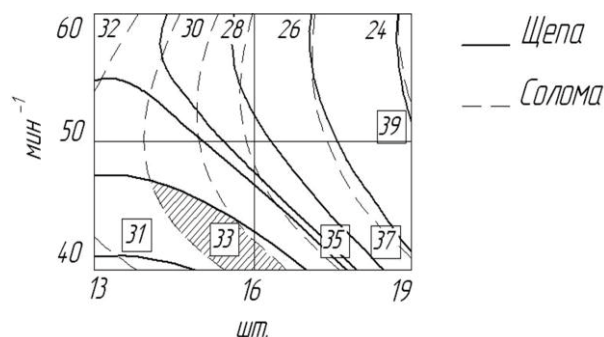


Рисунок 3. Наложение двухмерных сечений поверхностей отклика для щепы и соломы

Таблица 4. Величина оптимальных параметров, варьируемых при проведении эксперимента факторов

Фактор	Область оптимальных значений
	Комбинированный распределитель
Количество пальчиков, шт.	15...16
Частота вращения рабочих органов n , мин ⁻¹	40...50

Оптимальным по неравномерности распределения признан распределитель топлива со следующими параметрами: количество пальчиков – 15 шт.; частота вращения рабочего органа – 45 мин⁻¹.

Заключение

В результате экспериментальных исследований было установлено, что рабочий орган распределителя, оснащенный 15 пальчиками, при частоте его вращения 45 мин⁻¹, обеспечивает неравномерность распределения топлива на уровне 33 %. С учетом того, что воздушонагреватель, не оборудованный распределителем топлива, создает неравномерность распределения топлива на измельченной соломе на уровне 73 %, а на древесной щепе 53 %, подтверждается, что применение распределителя топлива существенно уменьшает неравномерность его распределения на колосниковой решетке топки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Экономические аспекты применения твердотопливных воздушонагревателей и местных видов топлива для сушки зерна / В.Н. Дашков [и др.] // Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза: монография / Институт технологических и естественных наук в Фалентах; отделение в Варшаве. – Варшава, 2018. – С. 38-40.
2. Поддубицкий, В.В. Теоретическое исследование движения частицы топлива в топочном пространстве / В.В. Поддубицкий, В.Н. Дашков, В.П. Чеботарев // Агропанорама. – 2020. – №2 (138). – С. 6-9.
3. Гусаров, В.М. Статистика: учеб. пособие для вузов / В.М. Гусаров. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 463 с.
4. Леонов, А.Н. Основы научных исследований в примерах и задачах / А.Н. Леонов, М.М. Дечко, В.Б. Ловкис; под ред. А.Н. Леонова. – Минск: БГАТУ, 2013. – 136 с.
5. Хайлис, Г.А. Исследования сельскохозяйственной техники и обработка опытных данных / Г.А. Хайлис, М.М. Ковалев. – М.: Колос, 1994. – 169 с.
6. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Роцин. – Л.: Колос, 1972. – 200 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 02.03.2021

УДК 621.929:636(476)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОПЛА КОЖУХА МИКСЕРА ДЛЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НАВОЗА

И.М. Швед,

ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

Специфика рабочего процесса миксера для навоза, обусловленная термодинамическими факторами, приводит к целесообразности определения рациональных конструктивных параметров этой машины. В статье теоретически определена длина и внутренний диаметр выходного отверстия сопла кожуха миксера.

Ключевые слова: миксер, кожух, диаметр, производительность, скорость, поток, навоз, навозохранилище, перемешивание, сопло.

Particular characteristics of the manure mixer working process based on thermodynamic factors lead to the expediency of determining the rational design parameters of this machine. The length and inner diameter of the nozzle outlet of the mixer cover are theoretically determined in the article.

Keywords: mixer, cover, diameter, productivity, speed, flow, manure, manure storage, mixing, nozzle.

Введение

Развитие животноводства является одним из основных приоритетных направлений агропромышленного комплекса Республики Беларусь. Современное производство животноводческой продукции для обеспечения своего благоприятного экономического положения должно быстро реагировать на требования рынка сбыта продукции [1].

Государственной программой «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы сформированы четыре основные сферы деятельности:

- повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и продуктов питания;
- наращивание экспортного потенциала;
- развитие экологически безопасного сельского хозяйства, ориентированного на укрепление продовольственной безопасности страны;
- обеспечение полноценного питания и здорового образа жизни населения.

Среди основных задач программы – развитие производства органической продукции и снижение негативного воздействия химических препаратов, гормонов роста, антибиотиков на окружающую среду и здоровье людей [2].

Для осуществления поставленной задачи необходимо совершенствовать технологии содержания животных на больших комплексах и птицефабриках. Это возможно при усилении роли вопросов кормления и совершенствования процесса уборки и утилизации навоза на фермах и комплексах, что приводит к необходимости постоянной модернизации машин и, в частности, миксеров, эксплуатируемых в навозохранилищах.

Теоретическими исследованиями перемешивания жидких сред в аппаратах с мешалками лопастного и спирально-винтового типа занимались ученые А.Н. Тропин, А.Н. Губейдуллин, Д.А. Скотников, А.Н. Андреев, А.С. Москвитин и др. [3–6].

Качественное перемешивание жидкого навоза возможно при встречных потоках перемешиваемых слоев навозной массы, движущихся с разной скоростью. Немаловажную роль в перемешивании жидкого навоза играет и направленность потока навозной массы. Эти две функции возможно осуществить при помощи миксера, который при вращении мешалки перемещает струю жидкого навоза с большей скоростью и внедряет ее в хранящуюся навозную массу, которая при перемешивании движется с меньшей скоростью. Одновременно с этим в устройстве миксера заложена функция изменения угла наклона мешалки относительно вертикальной плоскости, позволяющая изменить направление движения потока навозной массы.

У мешалки, не оборудованной кожухом, отсутствует направленный поток навозной массы, и скорость движения потока жидкого навоза снижается. Установка кожуха позволяет устранить указанный недостаток.

Целью исследования является установление зависимости влияния диаметра и угловой скорости мешалки на параметры сопла кожуха, обеспечивающего повышение интенсивности перемешивания жидкого навоза.

Основная часть

Оборудование для перемешивания навоза в настоящее время является необходимостью для любого животноводческого предприятия. В процессе подготовки перед внесением навоза на поля возникает необходимость в заблаговременном его перемешивании в навозохранилище. Так, вследствие отсутствия или неправильного подбора оборудования, позволяющего быстро и качественно перемешивать навоз, наблюдается накопление осадка в навозохранилищах. Заполненное осадком навозохранилище повлечет за собой материальные затраты на решение задач по их очистке.

Основными способами перемешивания жидкого навоза в навозохранилище являются – гидравлический и механический способ.

Гидравлический способ не нашел широкого применения при перемешивании жидкого навоза, так как механизм перемешивания жидкостей в струйных аппаратах чрезвычайно сложен.

Механический способ перемешивания жидкого навоза осуществляется подвижными рабочими органами – мешалками. Конструкция мешалок способствует тому, что перемешивание навоза происходит в любых условиях, так как большинство эксплуатируемых миксеров обладают универсальностью в работе.

Тип миксеров для навоза и их количество подбираются с учетом требований, в зависимости от вида навоза и параметров навозохранилищ. Правильное применение оборудования для перемешивания навоза нацелено на снижение материальных затрат и улучшение эффективности работы ферм и комплексов в целом.

Простейшими и относительно дешевыми устройствами для перемешивания навоза в лагунах и открытых навозохранилищах являются навесные миксеры. Миксеры предназначены для перемешивания навоза в приемном резервуаре для достижения однородной консистенции, позволяющей перекачивать навоз без разрыва потока. Миксер (рис. 1), применяемый для перемешивания навоза в лагунах и открытых навозохранилищах, состоит из привода, вала, на котором закреплена лопастная мешалка [7].



Рисунок 1. Миксер для перемешивания навоза

Работает миксер следующим образом. Опустив миксер в массу жидкого навоза, включается привод, передающий вращение на вал с мешалкой, которая создает вихревые потоки жидкой фракции навоза, чем поднимает осадок со дна хранилища и затем вместе с жидкой фракцией перемешивается.

Основным недостатком применяемого миксера является то, что он не имеет кожуха, опоясывающего

мешалку. Следовательно, отсутствует направленный поток жидкого навоза, вследствие чего засохшие комки навоза, попадая в рабочую зону мешалки, отбрасываются к периферии под воздействием центробежной силы, что приводит к некачественному перемешиванию навозной массы и увеличению затрат энергии на выполняемый технологический процесс.

Чтобы устранить указанный недостаток, на миксер устанавливают кожух, опоясывающий мешалку (рис. 2).



Рисунок 2. Миксер для перемешивания навоза с установленным кожухом

Так как зазор между концом лопасти и внутренней поверхностью кожуха небольшой, то установка кожуха позволяет снизить концевые потери у мешалки, возникающие из-за уменьшения перепада давлений между всасывающей и нагнетающей поверхностью вследствие перетекания навозной массы на концах лопасти. Одновременно с этим мешалка работает в более равномерном потоке, так как скорость набегающего на нее потока навозной массы снижается из-за влияния внутренней поверхности кожуха и возрастает поток жидкого навоза, выходящего из него, что приводит к выравниванию поля скоростей на поверхности мешалки.

К недостаткам представленного на рисунке 2 миксера следует отнести снижение скорости навозной массы вследствие отрыва потока жидкого навоза от стенок на выходе из кожуха, что приводит к образованию завихрений, препятствующих продвижению струи в уплотненный осадок.

Для устранения данного недостатка, на кожух, опоясывающий мешалку миксера, устанавливают сопло (рис. 3), которое исключает отрыв потока навозной массы от стенок, позволяет увеличить скорость движения и создать стабильное ядро струи потока жидкого навоза.

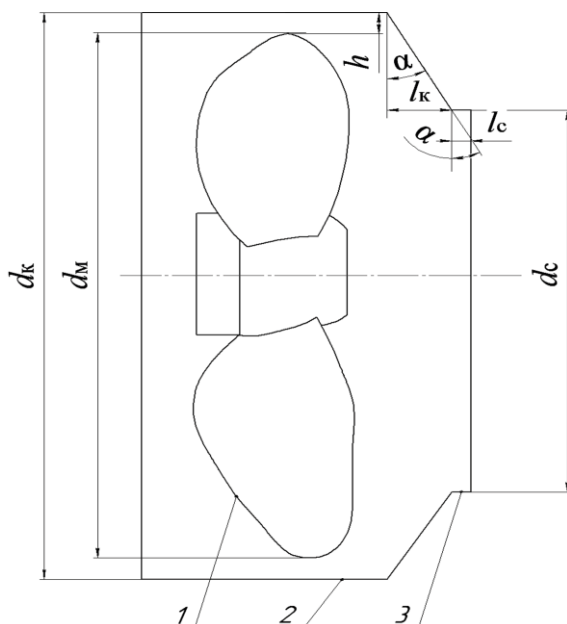


Рисунок 3. Схема для определения параметров кожуха мешалки: 1 – мешалка; 2 – кожух; 3 – сопло

Предложенная на рисунке 3 конструкция модернизированного миксера работает следующим образом. Опуская миксер в навозохранилище, мешалка 1 вместе с кожухом 2 первоначально погружается в жидкую фракцию. При этом хранящаяся навозная масса начинает поступать вовнутрь кожуха 2. Далее в работу включается мешалка 1, а так как она охвачена кожухом 2, то создается направленный, сужающийся поток жидкого навоза. Следовательно, возникает реактивная струя жидкого навоза, что обеспечивает ее перемещение в навозную массу в зависимости от ее плотности: в более жидкой скорость возрастает, а в более твердой снижается.

Одновременно с этим, при прохождении крайних кромок сопла 3, вследствие разности давлений, образуются потоки с разными скоростями движения, способствующие размыву слежавшегося осадка и качественному перемешиванию жидкой и твердой фракции навоза при снижении энергозатрат на выполняемый технологический процесс.

Формирование скоростей в жидком навозе определяется следующими факторами:

- внешними движущими силами, приложенными к навозу;
- гидродинамическим сопротивлением на неподвижных поверхностях, ограничивающий поток, уравновешивающий эти силы.

Внешние движущие силы, приложенные к навозной массе, зависят главным образом от конструктивных параметров мешалки и кожуха, в частности от диаметра и длины сопла. Для определения диаметра и длины сопла рассмотрим рисунок 3.

Диаметр сопла можно определить из начального условия, при котором производительность мешалки должна быть равна пропускной способности сопла. Иначе, при большей пропускной способности сопла, миксер будет работать не в полную загрузку, а при меньшей – будет осуществляться обратный отток навозной массы,

вследствие неспособности сопла пропустить через себя весь подающийся объем жидкого навоза.

Тогда, по условию неразрывности потока, при котором пропускная способность сопла равна производительности миксера, запишем следующее выражение:

$$S_m V_n = \mu S_c \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

где S_m – площадь рабочей поверхности мешалки, m^2 ;

V_n – скорость потока жидкого навоза, создаваемого мешалкой, m/c ;

μ – коэффициент расхода жидкости;

S_c – площадь отверстия сопла, m^2 ;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 ;

H – напор навозной массы над отверстием сопла, m .

Скорость потока жидкого навоза, создаваемого мешалкой, будет происходить в основном в осевом направлении, так как радиально направленная скорость потока навозной массы ограничена установленным кожухом, а также тем, что в миксерах для перемешивания навоза используются пропеллерные мешалки, которые создают преимущественно осевые потоки и, как следствие, большие осевые скорости [8]. Скорость потока жидкого навоза, создаваемого мешалкой, можно определить по формуле:

$$V_n = H_m \omega \cos^2 \gamma, \quad (2)$$

где H_m – шаг установки лопастей мешалки, m ;

ω – угловая скорость мешалки, c^{-1} ;

γ – угол подъема винтовой линии лопасти мешалки, град.

Шаг установки лопастей мешалки определяется из выражения:

$$H_m = \frac{\pi d_m}{n}, \quad (3)$$

где n – число лопастей мешалки, шт;

d_m – диаметр мешалки, m ;

Площадь рабочей поверхности мешалки определяется по формуле [9]:

$$S_m = 0,01 n d_m^2 \left(10 n b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right), \quad (4)$$

где b – коэффициент максимальной ширины лопасти в плановой проекции;

α_k – угол дуги сегмента лопасти, град.

Площадь отверстия сопла можно определить по известной формуле:

$$S_c = \frac{\pi d_c^2}{4}, \quad (5)$$

где d_c – диаметр отверстия сопла, m .

Тогда, подставив приведенные формулы в начальное условие (1), можно определить диаметр выходного отверстия сопла:

$$d_c = 0,2 d_m \cos \gamma \times \sqrt{\frac{d_m \omega \left(10 n b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right)}{\mu \sqrt{2gH}}}. \quad (6)$$

При монтаже кожуха на мешалку, необходимо проверить зазоры между внутренней стенкой кожуха и кромкой лопасти мешалки, а также между мешалкой и соплом. В первом случае они не должны превышать $h = 0,04d_m$ [10]. Тогда диаметр кожуха, опоясывающего мешалку, определится по формуле:

$$d_k = d_m + 2h = 1,08d_m, \quad (7)$$

где h – зазор между кромкой лопасти и внутренней стенкой кожуха, м.

Зазор между мешалкой и соплом из рисунка 3 можно определить по выражению:

$$l_k \geq \frac{(d_k - d_c)}{2 \operatorname{ctg} \alpha}, \quad (8)$$

где α – угол наклона образующей конической поверхности кожуха к поверхности сопла, град.

Подставив формулы (6) и (7) в выражение (8), определим зазор между мешалкой и соплом:

$$l_k \geq \frac{d_m}{2 \operatorname{ctg} \alpha} \times \left(1,08 - 0,2 \cos \gamma \sqrt{\frac{d_m \omega \left(10\pi b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right)}{\mu \sqrt{2gH}}} \right). \quad (9)$$

Проведя образующую конической поверхности (рис. 3) до пересечения с выходной кромкой сопла, определим длину сопла:

$$l_c = \frac{d_c}{2 \operatorname{ctg} \alpha} = \frac{0,1d_m \cos \gamma}{\operatorname{ctg} \alpha} \times \sqrt{\frac{d_m \omega \left(10\pi b - \pi \frac{\alpha_k}{180^\circ} + \sin \alpha_k \right)}{\mu \sqrt{2gH}}}. \quad (10)$$

Анализ формулы (10) показывает, что длина сопла зависит от конструктивных параметров мешалки и кожуха, ее опоясывающего.

Заключение

Таким образом, установив в миксере конусообразный кожух, опоясывающий мешалку, исключается отрыв потока навозной массы от его стенок, что позволяет увеличить скорость движения и создать стабильное ядро струи жидкого навоза, необходимое для разрушения уплотненного осадка. Предложенная конструкция миксера позволит повысить эффективность эксплуатируемого оборудования.

Полученные формулы (6) и (10) позволяют определить конструктивные параметры сопла кожуха. Анализ формул (6) и (10) указывает на пропорциональную зависимость длины и диаметра сопла от диаметра и угловой скорости мешалки. При увеличении диаметра и угловой скорости мешалки увеличивается производитель-

ность миксера, а, следовательно, чтобы получить пропускную способность сопла, соответствующую данной производительности миксера, необходимо увеличить диаметр выходного отверстия сопла кожуха. Формула (6) позволяет определить рациональный диаметр выходного отверстия сопла кожуха, при котором будет наблюдаться устойчивое ядро струи жидкого навоза, позволяющее осуществлять более интенсивное перемешивание хранящейся навозной массы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шацкий, В.В. Моделирование механизированных процессов приготовления кормов / В.В. Шацкий. – Запорожье: Х-ПРЕСС, 1998. – 140 с.
2. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 гг.: пост. Совета Министров Республики Беларусь, 1 февраля 2021 г., № 59. – Минск, 2021. – 115 с.
3. Тропин, А.Н. Повышение эффективности работы самотечной системы удаления навоза путем оптимизации ее конструктивных и технологических параметров: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / А.Н. Тропин. – Санкт-Петербург – Павловск, 2011. – 20 с.
4. Москвитин, А.С. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений / А.С. Москвитин [и др.]. – М.: Стройиздат, 1979. – 430 с., ил.
5. Скотников, Д.А. Совершенствование технологии и оптимизация параметров смесителя для приготовления субстрата при производстве биогумуса: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Д.А. Скотников. – Саратов, 2003. – 20 с.
6. Андреев, А.Н. Течение неньютоновской жидкости в шнековом прессе / А.Н. Андреев // НИУ ИТМО. Процессы и аппараты пищевых производств. – 2013. – №1 (15). – С. 7-14.
7. Официальный Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docplayer.ru/46515808-Oborudovanie-dlya-peremeshivaniya-navoza-miksery-dlya-navoza.html>. – Дата доступа: 25.02.2021.
8. Стренк, Ф. Перемешивание и аппараты с мешалками / Ф. Стренк; под ред. И.А. Щупляка. – Л.: Химия, 1975. – 384 с.
9. Швед, И.М. Определение производительности миксера при перемешивании жидкого навоза в навозохранилище / И.М. Швед // Агропанорама. – Минск, 2019. – № 5. – С. 30-34.
10. Иванов, О.П. Аэродинамика и вентиляторы / О.П. Иванов, В.О. Мамченко. – Л.: Машиностроение, 1986. – 280 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 15.03.2021

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ РАСЧЕТА ОБЩЕЙ ДИНАМИКИ АГРЕГАТА НА БАЗЕ ОДНООСНОГО МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ТЯГОВОГО ТИПА

М.А. Прищепов,

профессор каф. электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ, докт. техн. наук, доцент

Ан.А. Сильченко,

*консультант отдела науки главного управления образования, науки и кадров
Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, канд. техн. наук, доцент*

Ю.Н. Силкович,

профессор каф. цифровых систем и технологий Института бизнеса БГУ, канд. техн. наук, доцент

Ал.А. Сильченко,

*науч. сотр. сектора государственной регистрации НИОК(Т)Р отдела научно-методического обеспечения
реестров научно-технической деятельности ГУ «Белорусский институт системного анализа и
информационного обеспечения научно-технической сферы», магистр техники и технологии*

В статье рассмотрены результаты исследований общей динамики тягового агрегата на базе одноосного мобильного энергетического средства. Проведен анализ влияния параметров балластирования и тяговой нагрузки на реакцию колеса и опорной пяты плуга, коэффициент распределения веса, силу трения пяты плуга, усилие на рукоятках управления. Разработано программное средство в системе MATLAB, которое позволяет моделировать влияние различных параметров агрегата при их изменении на общую динамику.

Ключевые слова: общая динамика, одноосное мобильное энергетическое средство, тяговая нагрузка, программное средство, балластный груз, опорная пята плуга, усилия на рукоятках управления.

The article deals with the research of general dynamics of a traction unit based on a single-axis mobile power vehicle. The influence analysis of neutralizing and traction load parameters to the reaction of wheel, the reaction of a plough support feet, weight distribution coefficient, plough feet parasitic friction, control lever force has been carried out. Software tool in MATLAB system that allows simulating the influence of various parameters of the unit under their changes on the overall dynamics has been developed.

Keywords: overall dynamics, single-axis mobile power vehicle, traction load, software tool, balance weight, plough support feet, control lever force.

Введение

Теоретические основы общей динамики тракторов в составе машинно-тракторного агрегата (МТА) изложены в работах Чудакова Д.А., Гуськова В.В., Скотникова В.А., Горина Г.С. и других исследователей [1-4].

В настоящей работе рассмотрена общая динамика тягового одноосного мобильного энергетического средства (ОМЭС) в составе агрегата с плугом ПЛ-1 к мотоблоку МТЗ-08(09) (сельхозорудие).

ОМЭС – одноосное мобильное энергетическое средство малой механизации для приусадебных и тепличных хозяйств, применяемое на мобильных и стационарных процессах растениеводства, животноводства и коммунально-бытовой сферы [5-17].

В статье представлены модели и программные средства, позволяющие анализировать влияние различных параметров тягового агрегата и тяговой нагрузки при их изменении на общую динамику тягового агрегата на базе ОМЭС.

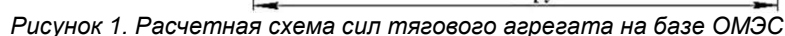
Под тяговым агрегатом в общем случае понимаем совокупность ОМЭС с сельхозорудием (плугом) на задней навеске.

Цель исследований – установить, как с ростом внешних сил и моментов, действующих на рабочий орган (РО) плуга, изменяются нормальные реакции опорной поверхности на колесах ОМЭС и опорной пяты сельхозорудия.

Основная часть

Принимаем, что ОМЭС тягового типа жестко соединен с сельхозорудием, т.е. является составной частью агрегата. Обычно сельхозорудия, агрегатируемые с ОМЭС, не имеют опорных колес. Вес сельхозорудия воспринимается опорной пятой полевой доски плуга. К последней приложим реакцию Y_n .

При неустановившемся движении (ускоренном или замедленном) на тяговый агрегат действуют следующие силы [4] (рис. 1):



Разложим силу $R_{рез}$ на две составляющие: горизонтальную R_x и вертикальную

В продольно-вертикальной плоскости на РО навес-

$$R_x \operatorname{tg} \theta = G_n + R_y,$$

где R_y – результирующая всех вертикальных реакций почвы, действующих на РО сельхозорудия.

У агрегатов на базе ОМЭС реакция R_y положительная, т.е. направлена вниз с целью догрузки колес. В тяговом агрегате с классической схемой агрегатирования сельхозорудия при основной почвообработке РО «засасывается» в почву.

Величину нормальной реакции почвы ΔY_n , действующей на полевую доску РО сельхозорудия найдем из уравнения моментов относительно его мгновенного центра вращения O_k . Последний находится в геометрическом центре оси ведущего колеса ОМЭС.

$$R_{pez} \cdot m = Y_n \cdot l_n, \quad (1)$$

где m и l_n – соответственно плечи сил R_{pez} и ΔY_n относительно мгновенного центра вращения навесного сельхозорудия.

Отсюда:

$$Y_n = R_{pez} \cdot m / l_n, \quad (2)$$

Произведение $R_{pez} \cdot m$ Чудаков Д.А. называл [2] заглубляющим моментом. Устойчивая работа возможна в том случае, если заглубляющий момент имеет положительное значение.

Чем больше расстояние l_n от РО орудия до центра O_k , тем меньше реакция Y_n .

Вектор результирующей реакции почвы, действующей на РО сельхозорудия в продольно-вертикальной плоскости, определяем по формуле:

$$\bar{R}_{pez} = \bar{R}_x + \bar{R}_x \operatorname{tg} \theta + \bar{G}_n, \quad (3)$$

где

$$R_x \cdot \operatorname{tg} \theta = R_y + G_n.$$

Далее определим нормальные реакции почвы на колеса ОМЭС и РО сельхозорудия.

Примем, что ОМЭС в составе агрегата с плугом работает на горизонтальном участке и скорость агрегата – установившаяся.

Из рисунка 1 следует

$$\Sigma X = 0: \text{ и } X_k = R_x + \Delta R_x.$$

$$\Sigma Y = 0: \text{ и } G + G_{\bar{o}} + G_{\bar{o}k} + R_x \operatorname{tg} \theta - Y_k - Y_n \pm Y_{рук} = 0,$$

$$\Sigma M_{O_k} = 0. G_{\bar{o}} \cdot a_{\bar{o}} + G \cdot a - X_k \cdot r_{\bar{o}} - Y_k \cdot a_k - R_x \operatorname{tg} \theta a_n + (R_x + \Delta R_x)(r_{\bar{o}} + h_r) + Y_n \cdot l_n + Y_{рук} a_{рук} = 0,$$

При этом

$$M_k = (X_k + P_f) r_{\bar{o}},$$

$$(-Y_k \cdot a_k) = M_f.$$

В статике в рабочем положении нормальные реакции на колесах ОМЭС тягового типа и полевой доски плуга равны весу агрегата

$$Y_n + Y_k^{cm} = G + G_n + G_{\bar{o}} + G_{\bar{o}k} \quad (4)$$

Далее введем понятие «паразитной» силы. Под «паразитной» силой понимается сила трения полевой доски сельхозорудия, возникающая при перераспределении части веса с одноосного ОМЭС на РО сельхозорудия.

С учетом коэффициента трения μ определим силы трения в контакте полевой доски плуга с почвой в продольно-вертикальной плоскости:

$$\Delta R_x = Y_n \cdot \mu, \quad (5)$$

Тогда, изменение нормальной реакции почвы на РО навесного орудия:

$$Y_n = (R_x \cdot \operatorname{tg} \theta a_n - G_{\bar{o}} \cdot a_{\bar{o}} - G \cdot a - R_x \cdot (r_{\bar{o}} + h_r) - Y_{рук} \cdot a_{рук} + M_k) / (l_n + \mu \cdot (r_{\bar{o}} + h_r)) \quad (6)$$

Для того чтобы обеспечить положительный заглубляющий момент, $R_{pez} \cdot m$ необходимо выдержать соотношение:

$$\operatorname{tg} \theta > r_{\bar{o}} / a_n \quad (7)$$

Нормальная реакция, действующая на колеса ОМЭС тягового типа равна:

$$Y_k = G + G_{\bar{o}} + G_n + R_x \cdot \operatorname{tg} \theta - Y_n \pm Y_{рук} \quad (8)$$

Обычно [2] коэффициент нагрузки передних и задних колес трактора равен соответственно

$$\lambda_n = Y_n / G, \quad \lambda_k = Y_k / G.$$

Распределение нормальных реакций между колесами ОМЭС и РО сельхозорудия будем характеризовать аналогичным коэффициентом λ . Из рисунка 1 следует

$$G_{\bar{o}} \cdot a_{\bar{o}} + G \cdot a - G_n \cdot a_n \pm Y_{рук} \cdot a_{рук} = 0.$$

Если $Y_{рук} = 0$, через коэффициент распределения нормальной нагрузки обозначим выражение

$$\lambda = (G \cdot a + G_{\bar{o}} \cdot a_{\bar{o}}) / (G_n \cdot a_n) = M_{онр} / M_{см}, \quad (9)$$

где $M_{онр}$ – опрокидывающий момент,

$$M_{онр} = G \cdot a + G_{\bar{o}} \cdot a_{\bar{o}};$$

$$M_{см} – стабилизирующий момент, M_{см} = G_n \cdot a_n.$$

Тогда

$$G_n \cdot a_n \cdot (1 - \lambda) = Y_{рук} \cdot a_{рук}.$$

Общий вес МТА равен

$$G + G_{\bar{o}} + G_n = G_{общ}, \quad (10)$$

Отсюда следует:

если $\lambda = 0$, (при $a = 0, a_{\bar{o}} = 0$), $G_n \cdot a_n = Y_{рук} \cdot a_{рук}$,

если $\lambda = 1$, (при $G \cdot a + G_{\bar{o}} \cdot a_{\bar{o}} = G_n \cdot a_n$), $Y_{рук} = 0$,

если $\lambda > 1$, $Y_{рук} < 0$,

если $\lambda < 1$, $Y_{рук} > 0$.

Реакции ΔY_n и Y_k разгружают колеса ОМЭС тягового типа. Поэтому вес балластных грузов у тягового ОМЭС $G_{\bar{o}} = 0,51$ кН, вес ОМЭС $G = 1,4$ кН.

Согласно ГОСТ 21753-78 «Система человек-машина. Рычаги управления. Общие эргономические требования», усилие, прилагаемое к рукояткам управления одноосного ОМЭС, не должно превышать $Y_{рук} = 45$ Н.

Для работы с тяговым усилием $P_{кр} = 1$ кН, масса ОМЭС тягового типа должна составить $m = 180 \dots 190$ кг. Неудовлетворительные энергетические показатели связаны с разгрузкой колес ОМЭС и большой догрузкой сельхозорудия Y_n в процессе выполнения тяговых процессов.

Одним из недостатков, характерных современным тяговым ОМЭС, является большая масса, а, следовательно, стоимость.

В транспортном положении ОМЭС тягового типа опрокидывающий момент силы веса G_H уравновешивается моментом сил веса ОМЭС, балластных грузов и усилием на рукоятке. При этом агрегат наклонен к горизонту под углом δ (рис. 2, 3)

$$\delta = \arctg \frac{h_\delta}{a_H}$$

Сумма моментов сил относительно точки K в этом случае

$$G_6 \cdot \cos \delta \cdot (a_6 - a_\delta) + G_6 \cdot \sin \delta \times \\ \times (h_6 - h_\delta) + G \cdot \cos \delta \cdot (a - a_\delta) + G \cdot \sin \delta \times \\ \times (h - h_\delta) - G_{6K} \cdot \cos \delta \cdot a_\delta + G_{6K} \cdot \sin \delta \times \\ \times (r_d - h_\delta) - G_H \cdot \cos \delta \cdot (a_H + a_\delta) - G_H \times \\ \times \sin \delta \cdot (h_H + h_\delta) + Y_{рук0} \cdot \cos \delta \times$$

$$\times (a_{рук} + a_\delta) - Y_{рук0} \cdot \sin \delta \cdot (h_{рук} - h_\delta) = 0;$$

$$a_\delta = r_\delta \cdot \sin \delta + a_K \cdot \cos \delta$$

$$h_\delta = r_\delta \cdot (1 - \cos \delta) + a_K \cdot \sin \delta$$

Отсюда находим необходимое усилие на рукоятке:

$$Y_{рук0} = (G_6 \cdot \cos \delta \cdot (a_6 - a_\delta) + G_6 \times \\ \times \sin \delta \cdot (h_6 - h_\delta) + G \cdot \cos \delta \cdot (a - a_\delta) + \\ + G \cdot \sin \delta \cdot (h - h_\delta) - G_{6K} \cdot \cos \delta \cdot a_\delta + \\ + G_{6K} \cdot \sin \delta \cdot (r_d - h_\delta) - G_H \cdot \cos \delta \times \\ \times (a_H + a_\delta) - G_H \cdot \sin \delta \cdot (h_H + h_\delta)) / ((\sin \delta \times \\ \times (h_{рук} - h_\delta) - \cos \delta \cdot (a_{рук} + a_\delta)),$$

где r_δ – динамический радиус качения ведущих колес.

Расчетные параметры разработанного ОМЭС в составе агрегата с плугом приведены в таблице 1.

Для анализа влияния параметров агрегата и тяговой нагрузки на общую динамику тягового агрегата на базе ОМЭС с плугом разработано программное средство в системе MATLAB, которое позволяет моделировать влияние различных параметров агрегата при их изменении на общую динамику.

Проведен анализ влияния параметров балластирования (G_6 и a_6 , рис. 4) и нагрузки (R_x , θ , a_H , рис. 5, 6) на реакцию колеса Y_K , реакцию опорной пяты Y_H , коэффициент распределения веса λ_K , «паразитную» силу трения ΔR_x , усилие на рукоятке $Y_{рук0}$ в транспортном положении.

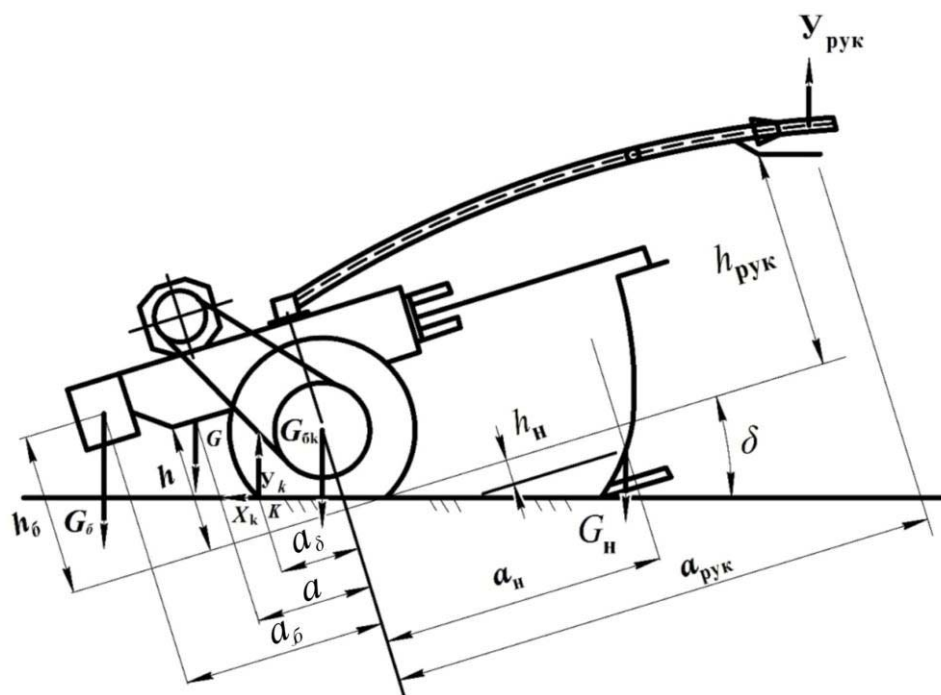


Рисунок 2. Расчетная схема агрегата в транспортном положении

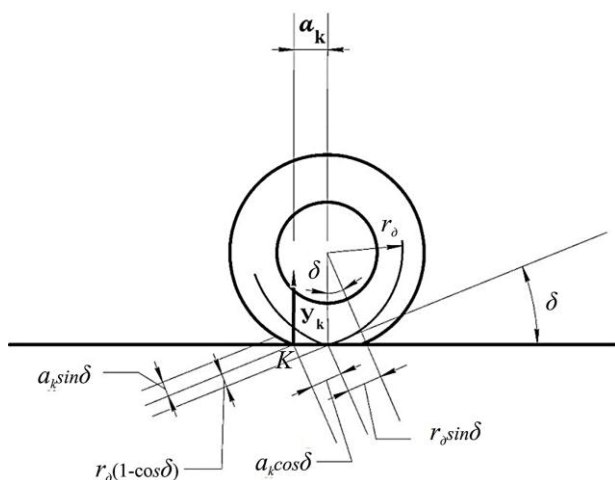


Рисунок 3. Взаимодействие колеса с почвой в транспортном положении

Таблица 1. Полученные значения параметров агрегата в составе ОМЭС и плуга ПЛ-1 в результате теоретических исследований

Параметры разработанного тягового агрегата	Значение
G , кН	1,4
G_H , кН	0,24
G_6 , кН	0,34
a , м	0,021
a_H , м	0,605
a_6 , м	0,54
$a_{рук}$, м	1,0
h , м	0,325
h_r , м	0,10
L , м	0,845
r_δ , м	0,300
θ , °	32

В тяговом агрегате в составе ОМЭС и плуга увеличение веса и выноса вперед по ходу движения балластных грузов (G_b и a_b , рис. 4):

- увеличивает догрузку ведущих колес, улучшая тягово-сцепные свойства агрегата;
- уменьшают нагрузку на опорную пятю плуга и «паразитную» силу;
- однако при этом абсолютное значение усилия на рукоятке возрастает до недопустимых значений (0,4 кН).

Влияние тяговой нагрузки (R_x , θ , a_n , рис. 5, 6) в агрегате проявляется следующим образом:

– увеличение тяговой нагрузки R_x и угла θ увеличивает догрузку ведущих колес, но нагрузка на опорную пятю и «паразитная» сила также увеличиваются. При этом влияние угла θ в диапазоне $30^\circ \dots 40^\circ$ оказывает меньшее влияние, чем изменение нагрузки. Увеличение расстояния a_n до сельхозорудия приводит к небольшому увеличению нагрузки на опорную пятю плуга и снижению нагрузки на ведущие колеса, но при этом существенно снижает абсолютное значение усилия на рукоятке в транспортном положении.

Заключение

1. Для работы с тяговым усилием $P_{кр} = 1$ кН масса ОМЭС тягового типа должна составить $m = 180 \dots 190$ кг. Неудовлетворительные энергетические показатели связаны с разгрузкой колес ОМЭС и большой догрузкой сельхозорудия U_n в процессе выполнения тяговых процессов.

2. Для анализа влияния параметров мини-агрегата и тяговой нагрузки на общую динамику тягового агрегата на базе ОМЭС с плугом разработано программное средство в системе MATLAB, который позволяет моделировать влияние различных параметров агрегата при их изменении на общую динамику. Проведен анализ влияния параметров балластирования и тяговой нагрузки на реакцию колеса Y_k , реакцию опорной пятю Y_n , коэффициент распределения веса λ_k , «паразитную» силу трения ΔR_x , усилие на рукоятке $Y_{рук0}$ в транспортном положении.

3. Проведенные расчеты показали, что в тяговом агрегате увеличение веса и выноса вперед по ходу движения балластных грузов (G_b и a_b):

- увеличивает догрузку ведущих колес, улучшая тягово-сцепные свойства агрегата;
- уменьшают нагрузку на опорную пятю и «паразитную» силу;
- однако при этом абсолютное значение усилия на рукоятке возрастает до недопустимых значений (0,4 кН).

Влияние тяговой нагрузки в агрегате проявляется следующим образом:

- увеличение тяговой нагрузки R_x и угла θ увеличивает догрузку ведущих колес, но нагрузка на опорную пятю и «паразитная» сила также увеличиваются, при этом влияние угла θ в диапазоне $30^\circ \dots 40^\circ$ оказывает меньшее влияние, чем изменение нагрузки;
- увеличение расстояния a_n до сельхозорудия приводит к небольшому увеличению нагрузки на опорную пятю и снижению нагрузки на ведущие колеса, но при этом существенно снижает абсолютное значение усилия на рукоятке в транспортном положении.

4. В результате проведенного анализа видно, что с целью обеспечения требуемого усилия на рукоятке, необходимо балластировать агрегат в транспортном положении, что-

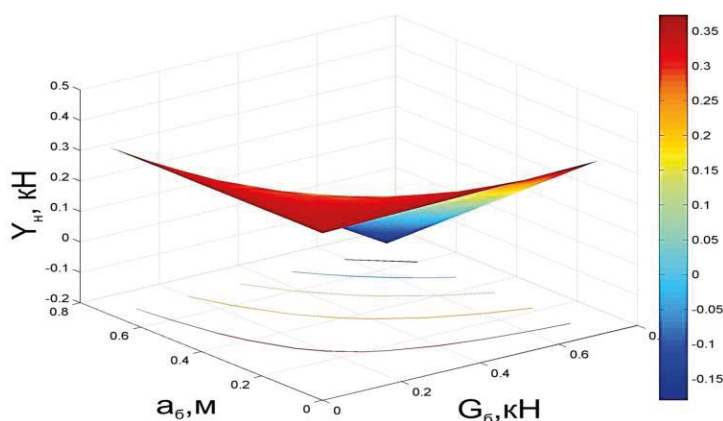


Рисунок 4. Влияние веса G_b и выноса a_b балластных грузов на нормальную реакцию опорной пятю Y_n в тяговом агрегате

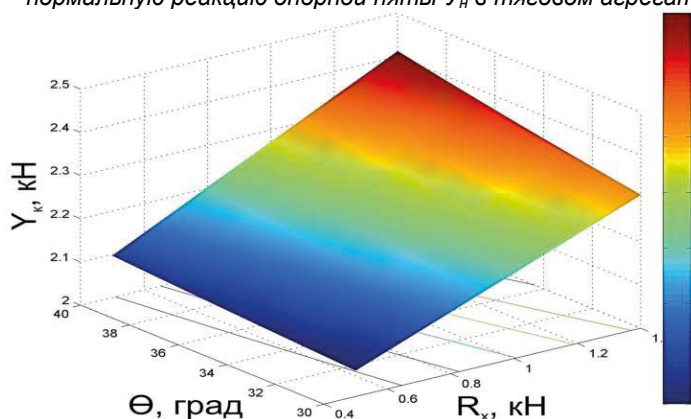


Рисунок 5. Влияние тяговой нагрузки R_x и угла θ на нормальную реакцию колеса Y_k в тяговом агрегате

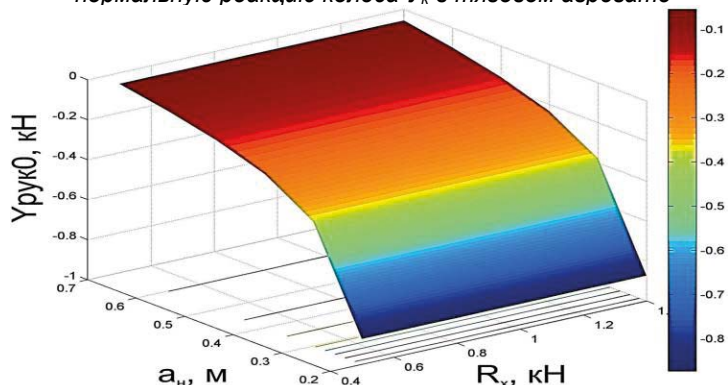


Рисунок 6. Влияние тяговой нагрузки R_x и расстояния a_n до сельхозорудия на усилие на рукоятке $Y_{рук0}$ в транспортном положении

бы обеспечить близкое к нулю усилие на рукоятке. В этом случае из приведенных графиков видно, что увеличение тяговой нагрузки R_x и расстояния a_n до сельхозорудия приводит к увеличению нагрузки на ведущие колеса и в значительно меньшей степени нагрузки на опорную пятю, при этом вес балластных грузов составляет 0,1...0,45 кН.

Таким образом, можно обеспечить улучшение тягово-сцепных свойств агрегата без увеличения «паразитной» силы. Окончательный же выбор параметров мини-агрегата на базе ОМЭС тягового типа можно произвести после проведения тягового расчета с целью обеспечения лучших тягово-энергетических показателей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / В.А. Скотников [и др.]; под общ. ред. В.А. Скотникова. – М.: Агропромиздат, 1986. – 383 с.
2. Чудаков, Д.А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля / Д.А. Чудаков. – 2 изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1972. – 383 с.
3. Синеоков, Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Попов. – М.: Машиностроение, 1977. – 326 с.
4. Гуськов, В.В. Тракторы. Теория / В.В. Гуськов. – Мн.: Выш. школа, 1977. – Ч. 2. – 384 с.
5. Программа развития и поддержки личных подсобных хозяйств граждан в 2011 – 2015 годах: пост. Совета Министров Республики Беларусь, 27 октября 2010 г., № 1578.
6. Залыгина, О.Г. Малая механизация в приусадебном и фермерском хозяйствах / Под ред. О.Г. Залыгина. – Киев: Урожай, 1996. – 368 с.
7. Беляков, В.А. Личное подсобное хозяйство при социализме / В.А. Беляков. – М.: Экономика, 1970. – 184 с.
8. Мини-тракторы / В.В. Бурков [и др.]; под общ. ред. В.В. Буркова. – Л.: Машиностроение: Ленинградское отд-ние, 1987. – 272 с.
9. Гуляков, М.В. Малогабаритная сельскохозяйственная техника: справочник / М.В. Гуляков, Н.Н. Поляков. – М.: Машиностроение, 1994. – 160 с.
10. Питерский, В.М. Приусадебная техника: обзор / В.М. Питерский. – М.: ВНИИ технической эстетики, 1976. – 31 с.
11. Сальникова, А.С. Конструкции мотоблоков / А.С. Сальникова, В.Г. Рославлев, В.П. Коберниченко. – М.: Тракторсельхозмаш, 1984. – Сер. № 4. – 28 с.
12. Энергетические средства малой механизации, мотоблоки зарубежных фирм: обзор / Р.И. Кардивадзе [и др.]. – М.: Тракторсельхозмаш, 1979. – Вып. 16. – 24 с.
13. Келлер, Н.Д. Состояние и тенденции развития конструкций средств малой механизации (зарубежный опыт): обзор / Н.Д. Келлер, Т.Т. Кусов. – М.: Тракторсельхозмаш, 1978. – Вып. 13. – 44 с.
14. Короткевич, А.В. Мотоблок в личном подсобном хозяйстве / А.В. Короткевич [и др.]. – Мн.: Урожай, 1987. – 127 с.
15. Теплицы и тепличные хозяйства: справочник / Г.Г. Шишко [и др.]; под ред. Г.Г. Шишко. – К: Урожай, 1993. – 424 с.
16. Механизация и автоматизация работ в защищенном грунте / В.Н. Судаченко [и др.]. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1982. – 223 с.
17. Яковлев, А.И. Конструкция и расчет электромотор-колес / А.И. Яковлев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981. – 191 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.04.2021

Микропроцессорная система кормления свиней

Предназначена для оперативного изменения доз кормления, контроля процесса кормления, учета расхода сухого и жидкого корма.

Разработанная система позволяет автоматизировать процесс кормления свиней, повысить эффективность и снизить издержки производства свинины.

Основные технические данные

1. Полная совместимость с типовым технологическим оборудованием КПС-54, КПС-108.
2. Нормированное кормление, оперативное изменение норм кормления.
3. Расчет фактических объемов замеса и раздачи жидкого корма без остатков.
4. Сокращение времени кормления в 1,5...2 раза.
5. Значительно дешевле и лучше западных аналогов.



УДК 639.3.034.2

РЕПРОДУКТИВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТРЕМЛЯНСКОЙ ПОРОДЫ КАРПА 9-10 СЕЛЕКЦИОННЫХ ПОКОЛЕНИЙ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА НИХ

Е.В. Таразевич,

профессор каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки сельскохозяйственной продукции БГАТУ, докт. с-х. наук, доцент

В статье приведены результаты бонитировки маточного поголовья тремлянской породы карпа 9-10 селекционных поколений по массе и соотношению самок и самцов в стаде. Представлен весь комплекс рыбоводно-гидротехнических работ, проводимый на нерестовых прудах, с целью создания благоприятных условий для нереста производителей и развития мальков. Представлены репродуктивные показатели чистых линий и межпородных помесей тремлянской породы карпа при естественном нересте 2019 и 2020 гг. и основные причины, негативно влияющие на выживаемость мальков в нерестовых прудах 2020 г.

Ключевые слова: репродуктивные показатели, тремлянская порода карпа, естественный нерест, щитень.

The article presents the results of assessing the breeding stock of 9-10 breeding generations of the Tremlyansky carp breed by weight and ratio of females and males in the herd. Full range of fish-breeding and hydraulic engineering works carried out on spawning ponds to create favorable conditions for brood fish spawning and fry development is pre-sented. Reproductive indicators of pure lines and cross breeds of the Tremlyansky carp breed during natural spawning in 2019 and 2020 are presented. The main reasons affecting the fry survival in spawning ponds in a negative way in 2020 are also given.

Keywords: reproductive indicators, Tremlyansky carp breed, natural spawning, tadpole shrimp.

Введение

Биологическими особенностями рыб, по сравнению с другими сельскохозяйственными животными, являются: высокая плодовитость, наружное оплодотворение, позднее половое созревание, различные способы воспроизводства.

Одним из важнейших селекционных признаков, отличающих ту или иную породу рыб, является репродукционная способность производителей. Потомство карпа в прудовых хозяйствах Беларуси получают различными способами:

- естественный нерест в нерестовых прудах;
- классический заводской метод в аппаратах Вейса;
- эколого-физиологический метод – на искусственном субстрате в заводских условиях [1-3].

Важным показателем продуктивности самок карпа является плодовитость. Различают плодовитость абсолютную и относительную. Абсолютная плодовитость – общее число икринок в яичнике; относительная – число икринок, приходящихся на 1 кг массы тела самки. При заводском способе воспроизводства используют показатель рабочей плодовитости, то есть общее количество икры, полученной в течение одного нерестового сезона. При естественном нересте в нерестовых прудах рабочая плодовитость определяется выходом мальков от одного гнезда производителей. Каждое прудовое хозяйство применяет наиболее приемлемый для него способ нереста карпа, то есть получения молоди.

Исследования проводились в ОАО «Рыбхоз «Тремля», который расположен в III зоне рыбоводства Беларуси, в неблагоприятных условиях по качеству воды – Полесской низменности.

В хозяйстве проводится селекционно-племенная работа по дальнейшему совершенствованию высокопродуктивной породы карпа «Тремлянский», сочетающей зеркальную (малочешуйную) и чешуйчатую линии [4]. К настоящему времени порода прошла 9-10 селекционных поколений стабилизирующего отбора по основным рыбохозяйственным признакам, в том числе и по репродуктивным признакам [5, 6].

Целью работы является изучение репродуктивных показателей производителей тремлянской породы карпа 9-10 селекционного поколения при воспроизводстве чистых линий (зеркальной и чешуйчатой) и внутривидовых товарных помесей.

Основная часть

С целью повышения воспроизводительных качеств производителей тремлянского карпа, каждую весну проводят их бонитировку по массе и соотношению самок и самцов в стаде. Установлено, что абсолютная плодовитость тесно коррелирует с массой тела рыб. Обычно коэффициент корреляции между этими признаками составляет 0,6-0,8 и более. Репродуктивные показатели производителей лабильны и зависят от многих причин: условий выращивания различных ремонтных групп, прироста массы тела самок и самцов в

предыдущий период нагула, качественного кормления производителей в преднерестовый период. Поэтому, при посадке на нерест отбирают более крупных по массе производителей, с хорошо выраженными вторичными половыми признаками.

Самки тремлянской породы карпа в ОАО «Рыбхоз «Тремля» достигают половой зрелости в пятигодовалом возрасте, но их относят ко II классу, и в первом нересте не используют. При успешном проведении основной нерестовой кампании им дают возможность успешно отнереститься в других категориях прудов: карантинных, летне-ремонтных, и тем самым исключить перерождение икры в яичниках, образование тромбов и понижение плодовитости в последующих нерестах. Самцы созревают в возрасте четырехгодовиков и отстают от массы самок этого же возраста на 0,8-1,0 кг. С целью исключения спровоцированного выброса икры самками в преднерестовый период, бонитировку и разбор по полу производителей и старших групп ремонта проводят в апреле. Производителей делят на два класса – I и II. К первому классу относят средневозрастных особей – самок в возрасте 6-11 лет, самцов 5-10 лет, без травм, с улучшенными экстерьерными признаками. Ко второму классу относят молодых самок и самцов и более старых производителей, имеющих улучшенные экстерьерные и половые признаки. Производителей старше 14-15 лет выбраковывают в товар.

Из-за неимения инкубационного цеха, нерест производителей тремлянской породы карпа постоянно проводят в нерестовых прудах. Возможно, это обстоятельство, то есть естественный нерест, и способствует высокой устойчивости посадочного материала (сеголетков, годовиков) к неблагоприятным факторам среды выращивания в летний период и содержания в зимовальных прудах, а также устойчивости к такому заболеванию, как вспаление плавательного пузыря [7-9].

Ежегодно весной, перед нерестовой кампанией, на нерестовых прудах проводят комплекс рыбохозяйственно-гидротехнических работ: ремонтируют гидросооружения, расчищают рыбосборные сети на ложах прудов, удаляют жесткую растительность, выгребают мох и прошлогоднюю растительность, подсевают минеральные удобрения, вносят органические удобрения, способствующие росту мягкой растительности и повышению развития естественной кормовой базы. Нерест карпа в хозяйстве проводят во II-III декаде мая, при наступлении устойчивых благоприятных температур – 20-22 °С. Нерест проходит дружно в первые двое суток после посадки производителей в нерестовые пруды. На вторые сутки после нереста, производителей отлавливают из нерестовых прудов в ночное время, при спущенной на 40-50 % воде. Во время облова определяют процент самок, не участвующих в нересте, погибших и травмированных. Все перечисленные выше рыбохозяйственно-мелиоративные мероприятия проводились и в годы проведения данных исследований.

Для выполнения плана производства товарной рыбы (400-450 тонн карпа) в ОАО «Рыбхоз «Тремля»

на нерест высаживают 40 гнезд производителей I класса. Одно гнездо комплектуют из одной самки (♀) и двух самцов (♂). Для получения потомства чистых маркированных линий карпа – чешуйчатой и зеркальной, в отдельные нерестовые пруды высаживают по 8 гнезд производителей. Весной 2019 и 2020 гг. в рыбхозе имелось достаточное маточное поголовье карпа. Общее количество особей составляло 846 экз. общей массой 3500 кг. Из них самок – 280 экз. общей массой 1640 кг, самцов – 566 экз. общей массой 1860 кг. С целью оценки репродуктивных показателей (рабочей плодовитости) производителей, весной 2019 и 2020 гг. проведены их исследования при естественном нересте в нерестовых прудах (табл. 1).

Как показали результаты исследований, средняя масса самок и самцов, участвующих в нерестовых кампаниях 2019 и 2020 гг., практически равна. Потери производителей за период проведения нереста различаются незначительно и составляют по самкам и самцам около 10 % при получении товарных помесей, что находится в пределах нормативных показателей [10]. Высокие процентные показатели потерь производителей при получении чистых маркированных линий обусловлены тем, что в нерестовой кампании использовали небольшое количество гнезд производителей – по 8 самок и 16 самцов ежегодно, и гибель даже 1-2 производителей показывает относительно высокие проценты.

Наиболее вариabельным является показатель выхода мальков от одного гнезда. В 2019 году данный показатель превышал нормативные рыбоводные требования на 11,0-15,2 %. Особенно высокие показатели по выходу мальков от одного гнезда производителей получены при воспроизводстве товарных помесей (80,2 тыс. экз., норматив 65 %). В этом же году выше норматива получено мальков карпа от одного гнезда чистых линий, как зеркальной (66,3 тыс. экз.), так и чешуйчатой (78,6 тыс. экз.).

Выход мальков от одного гнезда производителей в 2020 году был практически в 3 раза меньше, чем в 2019 году, и составил 38,9 % нормативных требований. Основную причину такого низкого выхода мальков карпа в 2020 году можно объяснить задержкой сроков облова мальков из нерестовых прудов на 4-5 суток, то есть облов был растянут до 15-16 суток. В нерестовых прудах хозяйств, расположенных в III зоне рыбоводства Беларуси, в конце мая начинается массовый выклев щитней из яиц (*Notostraca*, подотряд беспозвоночных животных, отряд листоногих ракообразных). Науплиусы и взрослые щитни питаются детритом, мелкими животными, а в нерестовых прудах таким кормом являются вылупившиеся из икры личинки и подрощенные мальки карпа. Согласно литературным данным, один щитень массой один г за сутки съедает 80 % корма от собственного веса, то есть 800 мг. При средней массе личинок карпа 9-11 мг, один щитень в сутки съедает 80-90 экз. личинок. Даже при наличии в одном нерестовом пруду 1000 г или 1000 щитней, в течение только одних суток они съедают около 90 тыс. мальков. С учетом задержки об-

Таблица 1. Репродуктивные показатели тремлянской породы карпа 9-10 селекционных поколений при естественном нересте (40 ♀ и 80 ♂), 2019 и 2020 гг.

Годы	Возраст производителей, лет	Средняя масса производителей, кг	Посажено гнезд (1♀:2♂), шт.	Отнерести-лось самок, экз.	Потеря производителей, экз.	Получено 5-10 сут. мальков, всего тыс. экз.	Выход мальков от одного гнезда, тыс. экз.
2019	Внутрипородные товарные помеси:						
	Самки – 6-8	4,5-6,0	24	22	2♀ (9 %)	1764,3	80,2±3,96
	Самцы – 6-9	4,0-5,0	48		5♂ (10,4%)		
	Маркированные линии:						
	Зеркальная:						
	Самки	4,5-6,0	8	7	1♀ (14 %)	464,1	66,3±5,84
2020	Самцы	4,0-5,0	16		2♂ (25%)		
	Чешуйчатая:						
	Самки	5,0-6,5	8	6	-	471,6	78,6±5,31
	Самцы	4,5-5,5	16		-		
	$\bar{x}$			35		2700	77,1±4,44
	Внутрипородные товарные помеси:						
2020	Самки – 6-9	5,0-7,0	24	20	2♀ (8 %)	672,6	33,6±4,44
	Самцы – 5-9	4,0-6,0	48		4♂ (8 %)		
	Маркированные линии:						
	Зеркальная:						
	Самки	4,5-6,0	8	4	2♀ (25 %)	80,4	20,1±3,21
	Самцы	4,0-5,0	16		2♂ (25 %)		
2020	Чешуйчатая:						
	Самки	5,0-6,5	8		1♀ (25 %)		
	Самцы	4,5-5,5	16	4	2♂ (12 %)	111,0	27,7±2,22
	$\bar{x}$			28		864,0	30,9±4,26

лова мальков карпа из нерестовых прудов в несколько суток, показатель продуктивности самок при естественном нересте снижается в 2-3 раза [11]. Поэтому, с целью обеспечения сохранности мальков карпа и повышения показателя продуктивности самок при естественном нересте, пересадку молоди из нерестовых прудов в выростные необходимо проводить на третьи сутки после подъема молоди в толщу воды, то есть после наполнения плавательного пузыря воздухом. За этот короткий период (10-12 суток) щитень не успевает полностью выклюнуться, пройти развитие стадий метаморфоза и нанести значительный ущерб молоди карпа в нерестовых прудах.

Второй причиной низкого показателя рабочей плодовитости самок при естественном нересте в 2020 году является проведение нереста щуки в этих же нерестовых прудах. Хотя нерест щуки провели на 2-3 недели раньше нерестовой кампании карпа, травяной покров на ложах нерестовых прудов не успел восстановиться, он был недостаточно развит, жесткий, и оплодотворенная клейкая икра карпа падала на голую землю, не находя мягкой растительности для приклеивания, и погибала.

Заключение

Проведенными исследованиями установлено, что производители тремлянской породы карпа чистых линий (зеркальной и чешуйчатой) и товарных помесей 9-

10 селекционных поколений, при благоприятных условиях нереста, соблюдении технологии облова нерестовых прудов, дают в среднем 77,1 тыс. экз. мальков, что на 11-15 % выше нормативных требований.

При нарушении технологии облова (передержка мальков карпа в нерестовых прудах) значительно уменьшается рыболовный показатель выхода молоди от одного гнезда производителей за счет поедания их щитнем. Вторым фактором, отрицательно влияющим на выживаемость молоди в нерестовых прудах, является плохой растительный покров на ложах.

Гибель производителей самок и самцов тремлянской породы карпа за периоды проведения естественного нереста в 2019 и 2020 годах не превышает нормативные требования и составляет 8,0-10,4 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Щербинина, Е.В. Результаты воспроизводства карпа разного происхождения эколого-физиологическим методом / Е.В. Щербинина // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. в 2 ч. – Горки: БГСХА, 2011. – Вып. 14. – Ч. 2. – С. 187-194.
2. Сравнительная характеристика методов воспроизводства карпа / Е.В. Таразевич [и др.] // Вопро-

сы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Минск: Институт рыбного хозяйства Беларуси, 2005. – Вып. 21. – С. 11-14.

3. Таразевич, Е.В. Сравнительная характеристика воспроизводительных качеств самок карпа различных пород в условиях заводского нереста / Е.В. Таразевич // Таврийский науч. вiсник: сб. науч. тр. – Херсон: Універ. книга, 2011. – Вып. 76. – С. 266-276.

4. Таразевич, Е.В. Рыбохозяйственные показатели потомства 8-го поколения селекции тремлянского карпа и помесей с ним / Е.В. Таразевич, Л.С. Дударенко, А.А. Алексеева // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Минск: Институт рыбного хозяйства Беларуси, 2007. – Вып. 23. – С. 253-261.

5. Таразевич, Е.В. Селекция рыбы / Е.В. Таразевич // Наука и инновации. – 2011. – № 6 (95). – С. 47-48.

6. Таразевич, Е.В. Лахвинские, изобелинские, тремлянские... / Е.В. Таразевич, В.Б. Сазанов // Наука и инновации. – 2011. – № 8 (102). – С. 21-22.

7. Сравнительная характеристика кроссов тремлянского карпа по токсикотолерантности / М.В. Книга [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб.

науч. тр. – Минск: Институт рыбного хозяйства Беларуси, 2008. – Вып. 24. – С. 93-96.

8. Устойчивость личинок карпа к неблагоприятным факторам среды / М.В. Книга [и др.] // Природнае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: тэзісы дакл. IV Міжнар. навук. канф., Брэст, 10-11 верасня 2008 г. – Брест: Альтернатива, 2008. – С. 142.

9. Проявление эффекта гетерозиса по устойчивости к воспалению плавательного пузыря кроссов, полученных при скрещивании тремлянского карпа / А.П. Ус [и др.] // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сб. науч. тр. – Минск: Институт рыбного хозяйства Беларуси, 2011. – Вып. 27. – С. 30-42.

10. Сборник научно-технологической и методической документации по аквакультуре в Беларуси / В.В. Кончиц [и др.]; под общ. ред. В.В. Кончиц. – Минск: Тонпик, 2006. – 331 с.

11. Привезенцев, Ю.А. Питание щитной молодь карпа / Ю.А. Привезенцев, Е.В. Липпо // Совершенствование технологии и племенной работы в рыбодоводстве: сб. науч. трудов. – М., 1986. – С. 90-94.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.03.2021

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.

УДК 621.313

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК «ЗВЕЗДА-ДВОЙНОЙ ЗИГЗАГ С НУЛЕВЫМ ПРОВОДОМ»

М.А. Прищепов,

профессор каф. электрооборудования сельскохозяйственных предприятий БГАТУ, докт. техн. наук, доцент

А.И. Зеленкевич,

ст. преподаватель каф. электроснабжения БГАТУ

В.М. Збродыга,

зав. каф. электроснабжения БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье представлена методика технико-экономической оптимизации конструктивных параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» по совокупным дисконтированным затратам. На основании данной методики разработаны алгоритм и программа технико-экономической оптимизации параметров трансформатора на ЭВМ. Проведен анализ влияния стоимости материала обмоток и магнитопровода, электрической энергии на конструктивные параметры, капитальные вложения и совокупные дисконтированные затраты трансформатора.

Ключевые слова: трансформатор, схема соединения обмоток, конструктивные параметры, технические характеристики, оптимизация, совокупные дисконтированные затраты.

The method of technical and economic optimization of the design parameters of a transformer with "star-double zigzag with a zero wire" winding connection scheme at the aggregate discounted costs is presented in the article. On the basis of this method an algorithm and a program for the technical and economic optimization of the parameters of the transformer using computer have been developed. The analysis of the influence of the cost of the material of the windings and magnetic circuit, electrical energy on the design parameters, capital investments and total discounted costs of the transformer has been carried out.

Keywords: transformer, winding connection diagram, design parameters, technical characteristics, optimization, total discounted costs.

Введение

Трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» [1] имеет нулевую группу соединений обмоток, обеспечивает высокую синусоидальность кривых тока нагрузки и напряжения, и обладает хорошими симметрирующими свойствами [2-5].

При изготовлении целью производителей является трансформатор с минимальными капитальными затратами, а эксплуатирующие организации стремятся применять трансформатор с минимальными издержками при эксплуатации. Поэтому при проектировании необходимо получить трансформатор, у которого первоначальные капитальные вложения в сумме с текущими затратами на его эксплуатацию за определенный промежуток времени будут минимальными, что обеспечивает наименьшие совокупные дисконтированные затраты (СДЗ) и наиболее дешевую трансформацию электроэнергии [6, 7].

Целью работы является разработка методики оптимизации конструктивных параметров трансформа-

тора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» по СДЗ.

Основная часть

В основу разработанной методики оптимизации параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» положены свойства однозначности и результативности, заключающиеся в однозначной ее реализации при изменении задаваемых конструктивных параметров в допустимых пределах.

В качестве оптимизируемой функции приняты СДЗ, состоящие из капиталовложений на производство трансформатора, издержек на эксплуатацию, включающих стоимость потерь электроэнергии в трансформаторе.

В качестве параметров оптимизации приняты плотности токов в первичной и вторичной обмотках, диаметр и высота стержней магнитопровода, величина магнитной индукции в магнитопроводе.

Наилучшим будет трансформатор, параметры которого обеспечивают наименьшие СДЗ за расчетный период.

Годовые издержки при эксплуатации трансформатора формируются из амортизационных отчислений I_A , издержек на обслуживание I_O и стоимости потерь электроэнергии $I_{ПЭ}$ [6]:

$$I_{\Sigma} = I_A + I_O + I_{ПЭ}. \quad (1)$$

Амортизационные отчисления определяются

$$I_A = \frac{K}{T}, \quad (2)$$

где K – капиталовложения на изготовление трансформатора, руб.;

T – нормативный срок службы трансформатора, лет.

Издержки на обслуживание трансформатора равны

$$I_O = \gamma_{уез} n_{уез}, \quad (3)$$

где $\gamma_{уез}$ – годовые расходы по обслуживанию одной условной единицы электрооборудования, руб./год·у.е.;

$n_{уез}$ – количество условных единиц электрооборудования, в которые оценивается трансформатор, у.е.

Издержки на обслуживание будут одинаковыми для всех вариантов расчета при определении оптимальных параметров трансформатора. Поэтому их можно не учитывать при сравнении различных вариантов.

Стоимость годовых потерь электроэнергии в трансформаторе

$$I_{ПЭ} = \Delta W_T c_{\Sigma}, \quad (4)$$

где ΔW_T – годовые потери электроэнергии в трансформаторе, кВт·ч/год;

c_{Σ} – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Годовые потери электроэнергии в трансформаторе равны:

$$\Delta W_T = (P_K + \kappa_{\Sigma} Q_K) \left(\frac{S_{\max}}{S_H} \right)^2 \tau_{\Sigma} + (P_x + \kappa_{\Sigma} Q_x) t_x, \quad (5)$$

где P_K – потери короткого замыкания, кВт;

P_x – потери холостого хода, кВт;

κ_{Σ} – экономический эквивалент, показывающий величину активной мощности, необходимой для производства и распределения единицы реактивной мощности, о.е.;

Q_K – реактивная составляющая мощности короткого замыкания трансформатора, кВ·Ар;

$S_{\max}$ – максимальная загрузка трансформатора, кВ·А;

S_H – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

τ_{Σ} – время максимальных потерь, ч/год;

t_x – продолжительность работы трансформатора за год, ч/год.

Реактивная составляющая мощности короткого замыкания:

$$Q_K = \frac{U_{кр} S_H}{100}, \quad (6)$$

где $U_{кр}$ – реактивная составляющая напряжения короткого замыкания, %.

Величина капиталовложений на изготовление трансформатора для различных вариантов расчета преимущественно определяется стоимостью активной части и в меньшей части зависит от стоимости бака и других элементов. Поэтому при сравнении вариантов, для упрощения расчета ограничимся учетом капиталовложений только на активную часть трансформатора, которые равны:

$$K = K_{из.пр.} 3_M (G_1 + G_2) + K_{из.ст.} K_{отх} 3_{СТ} (G_{Я} + G_C) + 3_{масл} G_{м.б}, \quad (7)$$

где $K_{из.пр.}$ – коэффициент, учитывающий стоимость изоляционных материалов и стоимость изготовления обмотки, о.е.;

3_M – стоимость обмоточного провода, руб./кг;

G_1, G_2 – масса обмоток, соответственно, высшего и низшего напряжений, кг;

$K_{из.ст.}$ – коэффициент, учитывающий стоимость изготовления магнитопровода, о.е.;

$K_{отх}$ – коэффициент, учитывающий отходы при раскрое стали, о.е.;

$3_{СТ}$ – стоимость электротехнической стали, руб./кг;

$G_{Я}, G_C$ – масса ярм и стержней магнитопровода, кг.

$3_{масл}$ – стоимость трансформаторного масла, руб./кг;

$G_{м.б}$ – масса масла в баке, кг.

Тогда, совокупные дисконтированные затраты:

$$СДЗ = K + (I_{ПЭ} - I_A) \alpha_T, \quad (8)$$

где α_T – дисконтирующий множитель.

$$\alpha_T = \frac{(1 + E)^T - 1}{E(1 + E)^T}, \quad (9)$$

где E – дисконтная ставка, о.е.

Трансформатор будет наиболее экономичным, если он выполнен с параметрами, обеспечивающими наименьшие значения СДЗ за расчетный период [6], т.е.

$$СДЗ \rightarrow \min. \quad (10)$$

Конструктивные размеры трансформатора, соответствующие наименьшим СДЗ, будут являться оптимальными.

Для определения оптимальных параметров трансформатора требуется рассмотрение большого числа вариантов расчета, отличающихся величиной капиталовложений и эксплуатационных издержек, которые зависят от степени загрузки, размеров элементов магнитной и электрической системы. Параметрами оптимизации выбраны плотности токов в первичной $X1$ и вторичной $X2$ обмотках, определяющие материалоемкость обмоток $G_{обм} = G_1 + G_2$ и величину потерь короткого замыкания P_K , диаметр $X3$ (d) и высота $X4$ (L_c) стержней, определяющие материалоемкость магнитопровода $G_{ст} = G_c + G_{я}$ и величину потерь холостого хода P_x , а также величина магнитной индукции $X5$ (B_c) в магнитопроводе.

Для выполнения поставленной задачи была разработана блок-схема алгоритма технико-экономической оптимизации параметров трансформатора со схемой

соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» методом покоординатного поиска, приведенная на рисунке 1 (где $NN=5$ – число оптимизируе-

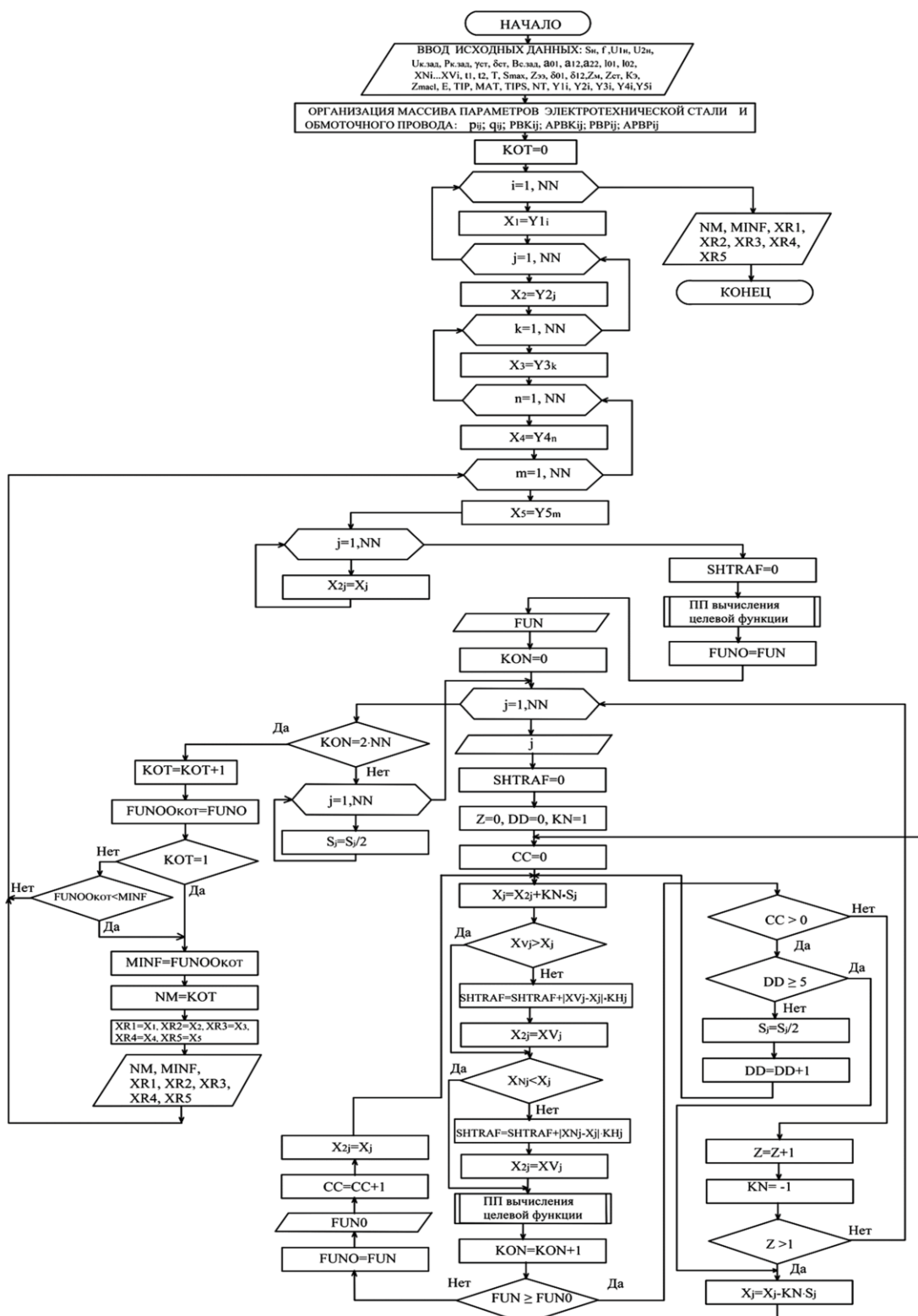


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма технико-экономической оптимизации параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»

мых параметров; $X1, X2, X3, X4, X5$ – оптимизируемые параметры; KOT – количество начальных точек оптимизируемых параметров; $SHTRAF$ – штрафная функция; FUN – целевая функция; KON – количество вычислений целевой функции; Z – количество изменений направлений поиска; DD – количество неудачных шагов; KN – коэффициент направления поиска; S_j – шаг изменения оптимальных параметров; KH_j – коэффициент штрафа по параметрам; CC – количество удачных шагов; XV_j, XN_j – верхние и нижние значения оптимизируемых параметров; $FUN0$ – значение целевой функции, полученное в предыдущей итерации расчета (локальный минимум целевой функции); $FUNOO_{KOT}$ – значение целевой функции, полученное в предыдущей итерации расчета с одной из начальных точек оптимизируемых параметров; $MINF$ – минимальное значение целевой функции, полученное в любой из итераций расчета (глобальный минимум целевой функции); NM – номер начальной точки оптимизируемых параметров; $XR1, XR2, XR3, XR4, XR5$ – наименьшие значения оптимизируемых параметров) и соответственно программа на алгоритмическом языке Pascal.

Так как целевая функция имеет несколько локальных минимумов, то оптимизацию необходимо начинать с различных точек пространства оптимизации, для чего был организован распределенный массив начальных точек оптимизации по всем пяти параметрам, что позволило определить глобальный минимум целевой функции.

Для расчета целевой функции оптимизации FUN , равной СДЗ, использовалась разработанная ранее авторами методика [8] и компьютерная программа [9] расчета конструктивных параметров указанного трансформатора, которая предусматривает расчет оптимальных параметров трансформаторов различной мощности и напряжения с учетом выбора типа и материала применяемого обмоточного провода, марки и толщины пластин электротехнической стали магнитопровода. В программе предусмотрен выбор пользователем сечения и габаритных размеров обмоточного провода первичной и вторичной обмотки из введенного в нее массива стандартных значений. Она позволяет определять оптимальные технико-экономические показатели (потери холостого хода и короткого замыкания, капитальные вложения в активную часть трансформатора, амортизационные отчисления, стоимость потерь электроэнергии, совокупные дисконтированные затраты за расчетный период) трансформатора и соответствующие им конструктивные размеры трансформатора.

С использованием разработанной программы на ЭВМ проведены расчеты оптимальных параметров трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» различных мощностей. Характер изменения оптимальных параметров аналогичен для трансформаторов различной мощности.

В качестве примера выполнены расчеты оптимальных параметров для трансформатора типа ТМГ мощностью 100 кВА, напряжением 10/0,4 кВ с обмотками из

алюминиевого провода плоского сечения в зависимости от стоимости обмоточного провода при различных значениях тарифа на электроэнергию, т.е. при существующем тарифе на электроэнергию 0,243 руб./кВт·ч, а также при более высоких тарифах от 0,4 до 1,0 руб./кВт·ч. Изменение стоимости обмоточного провода принято в пределах от 2 до 32 руб./кг.

Результаты расчета показывают, что с ростом стоимости обмоточного провода Z_M при действующем в настоящее время тарифе на электроэнергию C_3 оптимальный диаметр стержней магнитопровода d увеличивается незначительно. Увеличение тарифа на электроэнергию C_3 при неизменных значениях стоимости обмоточного провода Z_M приводит к уменьшению оптимального диаметра стержней d (рис. 2). При этом уменьшается площадь поперечного сечения стержней и ярм, а значения магнитной индукции увеличиваются.

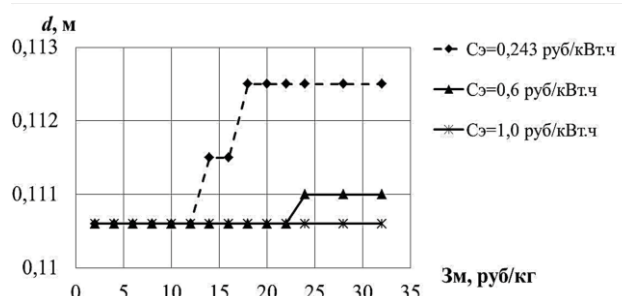


Рисунок 2. Зависимости для трансформатора типа ТМГ-100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»

При увеличении стоимости обмоточного провода Z_M оптимальная высота стержней магнитопровода L_c несколько уменьшается. При постоянных значениях стоимости обмоточного провода увеличение тарифа на электроэнергию C_3 приводит к незначительному увеличению оптимальной высоты стержней L_c (рис. 3).

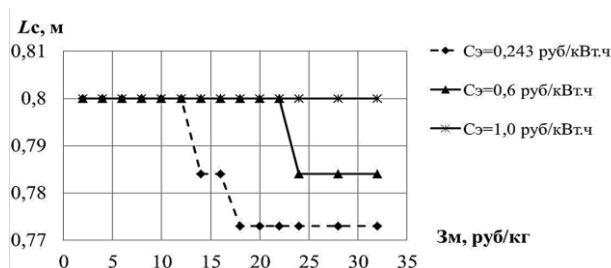


Рисунок 3. Зависимости для трансформатора типа ТМГ-100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»

Увеличение стоимости обмоточного провода Z_M ведет к тому, что оптимальный вес металла обмоток $G_{обм}$ снижается за счет увеличения плотности токов в обмотках. Повышение тарифа на электроэнергию C_3 при неизменных значениях стоимости обмоточного провода Z_M увеличивает его вес $G_{обм}$ (рис. 4).

С учетом характера изменения оптимальных значений основных размеров магнитопровода при увеличении стоимости обмоточного провода Z_M , масса стали

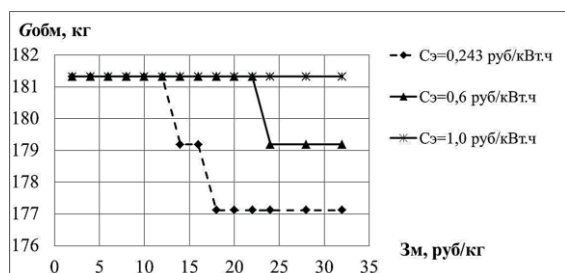


Рисунок 4. Зависимости для трансформатора типа ТМГ-100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»

магнитопровода $G_{ст}$ трансформатора незначительно увеличивается в основном за счет увеличения массы ярм. Повышение стоимости электроэнергии $C_э$, при $Z_м = const$, уменьшает массу стали $G_{ст}$ (рис. 5).

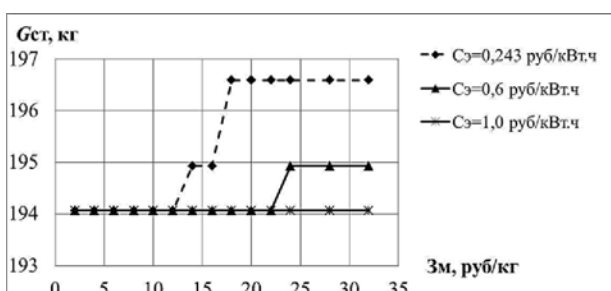


Рисунок 5. Зависимости для трансформатора типа ТМГ-100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»

Характер изменения оптимального значения потерь короткого замыкания P_k определяется соотношением стоимости обмоточного провода $Z_м$ и тарифа на электроэнергию $C_э$. С ростом стоимости обмоточного провода $Z_м$ оптимальные значения потерь короткого замыкания P_k снижаются при действующем тарифе на электроэнергию $C_э$; при увеличении тарифа $C_э$ – потери P_k увеличиваются (рис. 6).

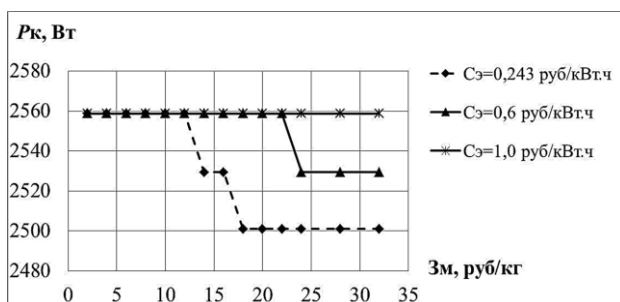


Рисунок 6. Зависимости для трансформатора типа ТМГ-100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»

Так как с ростом стоимости обмоточного провода $Z_м$ несколько увеличивается масса стали $G_{ст}$, в том числе и за счет увеличения площади поперечного сечения стержней и ярм, то незначительно возрастают оптимальные потери холостого хода P_x за счет

увеличения удельной нагрузки на магнитную систему. Повышение тарифа на электроэнергию $C_э$, при постоянных значениях стоимости обмоточного провода $Z_м$, снижает потери холостого хода P_x (рис. 7).

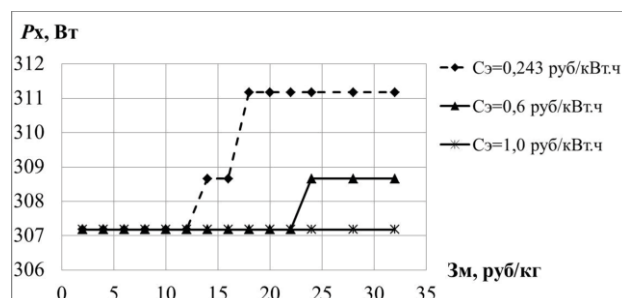


Рисунок 7. Зависимости для трансформатора типа ТМГ-100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»

Оптимальные значения капитальных вложений K и амортизационных отчислений увеличиваются с ростом стоимости обмоточного провода $Z_м$. Увеличение тарифа на электрическую энергию $C_э$, при неизменных значениях стоимости обмоточного провода $Z_м$, незначительно увеличивает величину капитальных вложений K (рис. 8).

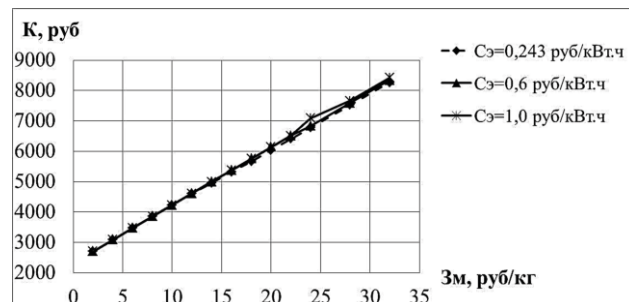


Рисунок 8. Зависимости для трансформатора типа ТМГ-100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»

СДЗ возрастают с ростом стоимости обмоточного провода $Z_м$. Увеличение тарифа на электроэнергию $C_э$ при $Z_м = const$ также увеличивает СДЗ (рис. 9).

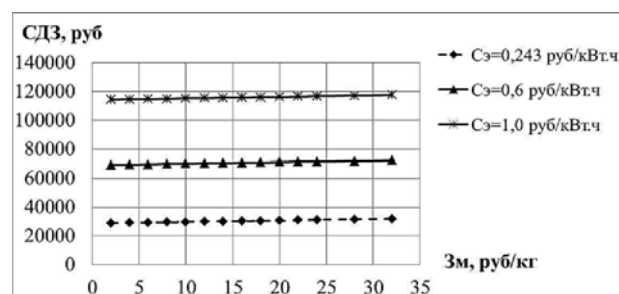


Рисунок 9. Зависимости для трансформатора типа ТМГ-100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»

Аналогичные зависимости получены и для трансформаторов других мощностей.

Заключение

1. Анализ проведенных расчетов показывает, что значения оптимальных конструктивных параметров трансформатора определяются соотношением стоимости обмоточного провода Z_M и тарифа на электрическую энергию C_3 .

2. С ростом стоимости обмоточного провода Z_M при действующем тарифе на электроэнергию C_3 диаметр стержней магнитопровода d несколько увеличивается, высота стержней магнитопровода L_c незначительно уменьшается, вес металла обмоток $G_{обм}$ снижается за счет увеличения плотности токов в обмотках, масса стали магнитопровода $G_{ст}$ незначительно увеличивается, что обуславливает снижение потерь короткого замыкания P_k и возрастание значений потерь холостого хода P_x . При этом капитальные вложения K , амортизационные отчисления I_a и СДЗ возрастают.

3. Увеличение тарифа на электроэнергию C_3 , при неизменных значениях стоимости обмоточного провода Z_M , приводит к уменьшению оптимального диаметра стержней d магнитопровода. При этом уменьшается площадь поперечного сечения стержней и ярм, а магнитная индукция увеличивается, оптимальная высота стержней L_c незначительно увеличивается, масса обмоточного провода $G_{обм}$ увеличивается, а стали магнитопровода $G_{ст}$ – снижается, что приводит к увеличению потерь короткого замыкания P_k и снижению потерь холостого хода P_x . Величина капитальных вложений K незначительно увеличивается, СДЗ значительно возрастают.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: патент №16008 Респ. Беларусь / А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга; заявитель Белорусский гос. аграрный технический ун-т. – № а 20100121; заявл. 01.02.2010; опубл. 30.06.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 3. – С. 180-181.

2. Прищепов, М.А. Особенности преобразования электрической энергии в трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым

проводом / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2017. – № 5. – С. 16-25.

3. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленкевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 25-31.

4. Прищепов, М.А. Экспериментальные исследования работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке / М.А. Прищепов, А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга // Агропанорама. – 2019. – № 5. – С. 38-41.

5. Зеленкевич, А.И. Конструктивное исполнение трансформатора «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» / А.И. Зеленкевич, М.А. Прищепов, В.М. Збродыга // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: материалы VII Национальной науч.-практич. конф. – РФ, Саратов. – Саратов: ГАУ, 2020. – С. 19-22.

6. Будзко, И.А. Электроснабжение сельского хозяйства / И.А. Будзко, Т.Б. Лещинская, В.И. Сукманов. – Москва: Колос, 2000. – 536 с.

7. Королевич, Н.Г. Экономическое обоснование технических решений в дипломных проектах по электроснабжению предприятий АПК / Н.Г. Королевич, В.В. Ширшова, Г.И. Янукович. – Минск: БГАТУ, 2008. – 80 с.

8. Прищепов, М.А. Методика расчета конструктивных параметров и технических характеристик трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» / М.А. Прищепов, А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга // Агропанорама. – 2020. – № 6. – С. 32-37.

9. Расчет трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»: свидетельство о регистрации компьютерной программы №21370 / М.А. Прищепов, А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга, И.Г. Рутковский; заявитель Белор. гос. аграрн. технич. ун-т; заявл. 12. 11. 2020; дата регистр. 21. 12. 2020 // Реестр зарегистрированных компьютерных программ / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2020.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.04.2021

“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 один раз в два месяца, распространяется по подписке и в розницу в киоске БГАТУ. Подписной индекс в каталоге Республики Беларусь: для индивидуальных подписчиков - 74884, предприятий и организаций - 748842. Стоимость подписки на 1-е полугодие 2021 года: для индивидуальных подписчиков - 31,95 руб., ведомственная подписка - 33,51 руб.

УДК 636.085:614.876

О РАДИОЛОГИЧЕСКИХ АСПЕКТАХ МЯСНОГО КОНЕВОДСТВА

Н.С. Яковчик,

*директор Института повышения квалификации и переподготовки кадров АПК БГАТУ, докт. экон. наук,
докт. с.-х. наук, профессор*

Е.В. Садыков,

начальник управления государственной ветеринарной инспекции департамента ветеринарного и продовольственного надзора Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

Обсуждается проведенный цикл мероприятий радиационного контроля при получении продукции мясного коневодства в фермерском хозяйстве «Василек» Дзержинского района. Сформулированы рекомендации для осуществления радиационного контроля кормов и продукции из конины в хозяйствах на территории радиоактивного загрязнения.

Ключевые слова: радиационный контроль, мясное коневодство, корм лошадей, территории радиоактивного загрязнения, цезий-137, стронций-90.

The article discusses the cycle of radiation monitoring measures during the receipt of meat horse products on the farm "Vasilek" in Dzerzhinsk district. Recommendations for the implementation of radiation monitoring of feed and horse meat products on farms with radioactive contamination are formulated.

Keywords: radiation monitoring, meat horse breeding, horse fodder, radioactively contaminated regions, cesium-137, strontium-90.

Введение

Конина – ценный пищевой продукт. Чаше всего ее используют в виде копченостей, колбас, сосисок, сарделек, буженины, карбоната. Потребление конины в ряде стран растет. Ее импортируют – Франция, США, Англия, Бельгия, Голландия, Италия, Япония и другие страны. Восточная Европа и Россия потребляют конину [1] и экспортируют мясных лошадей и охлажденную конину.

Развитие мясного коневодства перспективно и в Беларуси, особенно в районах, пострадавших вследствие Чернобыльской катастрофы. С одной стороны, это может стать важным направлением в ряде мероприятий, направленных на реабилитацию загрязненных радионуклидами территорий, например, в Припятском Полесье. С другой стороны, использование обширных пойменных земель, малопригодных для содержания других животных, дешевые пастбищные корма, низкие затраты труда и необходимых средств для производственного цикла позволяют сделать продуктивное коневодство рентабельным.

Научные и технологические аспекты ведения животноводства, в том числе коневодства, на территориях радиоактивного загрязнения, достаточно широко рассмотрены в литературе [2-5]. В то же время недостаточно освещены практические вопросы радиационного контроля кормовой базы, содержания радионуклидов в мясе животных и продукции из него.

Более того, действующие в республике нормативные документы не регламентируют допустимые

уровни содержания радионуклидов в мясе лошадей и используемых кормах.

Цель работы – определить необходимый порядок проведения радиологических измерений в коневодстве хозяйства, выработать предложения по допустимым уровням содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в кормах и продуктах убоя лошадей.

Основная часть

Исследования проводились на территории фермерского хозяйства «Василек». Данное хозяйство расположено в Дзержинском районе Минской области вблизи населенного пункта Рябиновка, который согласно Перечню населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения [6], не относится к зоне радиоактивного загрязнения. Тем не менее, с целью прохождения всей необходимой цепочки радиологических измерений, апробации действующих методик к исследуемым объектам, выбора оптимальной приборной базы, выполнялись измерения содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве, кормах и продуктах убоя лошадей. Кроме того, осуществлялись прижизненные измерения содержания ^{137}Cs в животных.

При выборе средств измерений, ввиду необходимости контроля радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr , решено применить гамма-бета спектрометр МКС АТ1315 [7]. Его использование при измерениях содержания стронция значительно эффективнее по сравнению с химическим методом в силу значительно меньших временных и материальных затрат.

Единственным прибором для прижизненного контроля содержания ^{137}Cs в животных является МКС 01М «Советник» [8]. Им же целесообразно пользоваться при контроле однородности партий продукции и сырья, что обеспечивает минимизацию времени измерений с заданной погрешностью.

Отбор проб почвы производился в соответствии с методическими указаниями [7]. Согласно этому документу, отбор смешанного почвенного образца нужно производить, отступив от края участка не менее 10 метров, и не ближе 30 м от дороги. Образцы почвы формировались методом маршрутного хода по осевой линии. Точечные пробы отбирались с помощью тростевого бура в пяти точках, равномерно по всей длине участка, через 10 метров.

Измерения проводились прибором МКС-АТ 1315. По их результатам, согласно источнику [9], были получены значения плотности загрязнения почвы цезием, составившее $2,9 \pm 1,1$ кБк/м². Согласно Закону Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС», территория относится к загрязненной, если плотность загрязнения почвы превышает 37 кБк/м². Таким образом, экспериментально подтверждено, что территория, где проводилось исследование, не относится к загрязненной.

Республиканские нормативы на содержание радионуклидов в сельскохозяйственном сырье и кормах установлены документом [10]. В нем не нормируется допустимое содержание радионуклидов в сырье для откорма лошадей. Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 устанавливаются для откорма КРС (табл. 1).

Таблица 1. Допустимые уровни содержания радионуклидов в сырье для откорма КРС

Виды кормов	Содержание, Бк/кг				
	Цезий-137			Стронций-90	
	Молоко цельное	Молоко сырое для переработки на масло	Мясо, заключительный откорм КРС	Молоко цельное	Молоко сырое для переработки на масло
Сено	1300	1850	1300	260	1300
Солома	330	900	700	185	900
Сенаж	500	900	500	100	500
Силос	240	600	240	50	250
Корнеплоды	160	600	300	37	185
Зерно на фураж, комбикорм	180	600	480	100	500
Зеленая масса	165	600	240	37	185

Полагаем, что при откорме лошадей, логично принять в качестве допустимых уровней по цезию-137 самые жесткие значения, соответствующие заключительному этапу откорма КРС на мясо. В каче-

стве же допустимого уровня содержания стронция-90 целесообразно использовать самые жесткие значения, соответствующие откорму КРС при получении цельного молока.

Представим используемую авторами процедуру определения содержания радионуклидов в зеленой массе. Отбор точечных проб травы на выбранном участке, согласно источнику [6], проводился методом по диагонали. Предварительно в выбранных местах отбора проб дозиметром-радиометром МКС АТ-6130 с использованием методики [11] были произведены измерения мощности дозы гамма-излучения, не превысившие нижнего предела измерения указанного прибора.

Точечные пробы брались на высоте 3-5 см в соответствии с [8]. Далее была сформирована объединенная проба, из которой были выделены две средние пробы для определения удельной активности цезия-137 и стронция-90.

Подготовка средних проб к измерениям и собственно измерения на спектрометре МКС АТ-1315 осуществлялись в соответствии с методикой [12]. Результаты измерений в исследуемом хозяйстве не приводятся в силу того, что они предсказуемо оказались значительно ниже допустимых уровней. Обратило на себя внимание лишь повышенное содержание ненормируемого естественного радионуклида ^{40}K , составившее около 400 Бк/кг.

Перед тем как произвести убой лошадей, проводился прижизненный дозиметрический контроль с помощью радиометра-дозиметра МКС 01М «Советник» в соответствии с методикой [13].

Работа проводилась в два этапа. На первом этапе были отобраны шесть особей 18- месячного возраста:

три особи белорусской упряжной и три особи русской тяжеловозной породы. На втором – по три особи из вышеуказанных пород 24-месячного возраста. Все измеренные значения оказались меньше нижней границы измерения прибора – 80 Бк/кг, как и следовало ожидать. Осязаемых различий между результатами для особей разных пород и разного возраста не обнаружено.

Для измерения удельной активности радионуклидов в продуктах убоя лошадей отбирались образцы мышечной ткани и внутренних органов (сердце, печень, почки, селезенка, легкое). Подготовка проб и измерения производились на спектрометре МКС АТ-1315 в соответствии с методикой [12].

В плане соответствия полученных данных каким-либо нормативным значениям, отметим, что ни действующими республиканскими нормативами РДУ-99 (табл. 2) [14], ни нормативами Таможенного союза (табл. 3) [15] не нормируется содержание радионуклидов в продуктах

убоя лошадей.

Нормативное значение РДУ-99 на говядину, баранину и продуктов из них (500 Бк/кг) устарело. Оно

Таблица 2. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)

Наименование продукта	Бк/кг, Бк/л
Для цезия-137	
Вода питьевая	10
Молоко и цельномолочная продукция	100
Молоко сгущенное и концентрированное	200
Творог и творожные изделия	50
Сыры сычужные и плавленые	50
Масло коровье	100
Мясо и мясные продукты, в том числе:	
говядина, баранина и продукты из них	500
свинина, птица и продукты из них	180
Картофель	80
Хлеб и хлебобулочные изделия	40
Мука, крупы, сахар	60
Жиры растительные	40
Жиры животные и маргарин	100
Овощи и корнеплоды	100
Фрукты	40
Садовые ягоды	70
Консервированные продукты из овощей, фруктов и ягод садовых	74
Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них	185
Грибы свежие	370
Грибы сушеные	2500
Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	37
Прочие продукты питания	370
Для стронция-90	
Вода питьевая	0,37
Молоко и цельномолочная продукция	3,7
Хлеб и хлебобулочные изделия	3,7
Картофель	3,7
Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	1,85

было установлено более 20 лет назад, когда использование более жесткого норматива представлялось слишком затратным для хозяйств.

В странах Евросоюза предельными уровнями содержания цезия-137 установлены величины: 370 Бк/кг (Бк/л) для молока, молочных продуктов и детского питания и 600 Бк/кг – для остальных продуктов. Содержание же стронция-90 вообще не нормируется.

Полученные для исследуемого хозяйства результаты измерений позволяют утверждать, что значения удельной активности радионуклидов цезия-137 и стронция-90 во всех пробах с учетом погрешности находятся вблизи нижнего порога измерений спектрометром МКС-АТ 1315 (2 Бк/кг для ^{137}Cs и 20 Бк/кг для ^{90}Sr), или меньше его, то есть являются допустимыми. При этом с учетом погрешности измерений, не обнаруживается зависимость результатов от возраста животных (18 или 24 месяца) и от породы (Белорусская упряжная или Русская тяжеловозная).

Таблица 3. Допустимые уровни содержания радионуклидов цезия и стронция (для стран Таможенного союза)

Группы продуктов питания	Cs-137 Бк/кг(л)	Sr-90 Бк/кг(л)
Мясо, мясные продукты и субпродукты	200	–
Оленина, мясо диких животных	300	–
Рыба и рыбные продукты	130	100
Рыба сушеная и вяленая	260	–
Молоко и молочные продукты	100	25
Молоко сгущенное и концентрированное, консервы молочные	300	100
Молоко сухое	500	200
Овощи, корнеплоды, включая картофель	80 (600)	40 (200)
Хлеб и хлебобулочные изделия	40	20
Мука, крупы, хлопья, пищевые злаки, макаронные изделия,	60	–
Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них	160(800)	–
Грибы свежие	500	–
Грибы сушеные	2500	–
Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде	40	25

Заключение

По результатам проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы и рекомендации.

1. Содержание радионуклидов в продуктах убоя лошадей фермерского хозяйства «Василек» не превышает нижнего предела измеряемой активности цезия-137 и стронция-90 спектрометрическим методом и, как следствие, является незначительным.

2. Представленный алгоритм радиологических измерений в мясном коневодстве целесообразно апробировать в хозяйствах на территории радиоактивного загрязнения.

3. Разработка и утверждение специальных нормативов по допустимому содержанию радионуклидов в кормах и продуктах убоя лошадей требует длительных, трудоемких и затратных исследований. Целесообразнее использовать:

– для кормов – имеющиеся нормативы на корма КРС;

– для продуктов убоя – норматив стран Таможенного союза на мясо, мясные продукты и субпродукты – 200 Бк/кг.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Яковчик, Н.С. Потребление конины в пищу славянами / Н.С. Яковчик, Е.В. Садыков // Проблемы инновационного развития АПК: кадры, технологии, эффективность: сб. науч. статей. – Казань: Бриг, 2017. – Вып. 11. – С. 302-306.
2. Богдевич, И.М. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич – Минск: Институт радиологии, 2008. – 72 с.
3. Цыбулько, Н.Н. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий / Н.Н. Цыбулько. – Минск: Институт радиологии, 2012. – 439 с.
4. Пилотные проекты адресной реабилитации загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных территорий в Республике Беларусь. – Минск: Институт радиологии, 2010. – 46 с.
5. Телицина, Н.В. Технологические особенности ведения отрасли коневодства на территории радиоактивного загрязнения / Н.В. Телицына, А.А. Царенок // Доклады межд. научн.-практич. конф. – Минск: БГАТУ, 2009. – С. 232-235.
6. Перечень населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения: утв. пост. Совета Министров Республики Беларусь, 11.01.2016. – № 9. – 66 с.
7. Гурачевский, В.Л. Руководство по работе с приборами радиационного контроля / В.Л. Гурачевский, И.С. Леонович, И.Г. Хоровец. – Минск: Институт радиологии, 2015. – 108 с.
8. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб: ГОСТ 27262-87; введ. 30.03.87.

9. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. – Минск: Институт почвоведения и агрохимии, 2012. – 46 с.

10. Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах: утв. Министерством сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь 03.08.1999.

11. Методика выполнения измерений мощности эквивалентной дозы гамма-излучения дозиметрами и дозиметрами-радиометрами: МВИ. МН 2513.2006. – Гомель, 2005. – 11 с.

12. Методика выполнения измерений объемной и удельной активности Sr-90, Cs-137 и K-40 на гамма-бета-спектрометре типа МКС, радионуклидов Cs-137 и K-40 на гамма-спектрометре типа EL 1309 (МКГ-1309) в пищевых продуктах, питьевой воде, почве, сельскохозяйственном сырье и кормах, продукции лесного хозяйства, других объектах окружающей среды: МВИ. МН 1181-2007. – Минск, 2007. – 28 с.

13. Удельная активность цезия-137 в мышечной ткани крупного рогатого скота. Экспрессное определение радиометрическим методом: МВИ. МН 1861-2003. – Минск, 2002. – 13 с.

14. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде: РДУ-99. ГН 10-117-99: утв. пост. гл. сан. врача Респ. Беларусь, 26.04.99. – №16.

15. О безопасности пищевой продукции: ТР ТС 021/2011: принят 09.12.2011; вступил в силу 01.07.2013.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 17.03.2021

Навесной оборотный плуг ПНО-3-40/55



Плуг навесной оборотный ПНО-3-40/50 предназначен для гладкой вспашки старопахотных не засоренных камнями почв с удельным сопротивлением до 0,09 МПа. Плуг агрегируется с тракторами класса 2,0 («Беларус 1221»).

Преимущества разработки:

- регулируемая ширина захвата;
- цена на 30-40% ниже зарубежных аналогов.

*Производство плугов освоено на ДП «Минойтовский ремонтный завод».
В 2010 году на сельскохозяйственной выставке в г. Москве плуг удостоен золотой медали.*

Основные технические данные

Тип.....	навесной
Тип корпуса.....	полувинтовой
Производительность за 1 ч сменного времени, га.....	0,65...1,14
Конструкционная ширина захвата корпуса, мм.....	400/450/500/550
Рабочая скорость движения на основных операциях, км/ч.....	7...9
Масса плуга конструкционная, кг.....	не более 1150
Конструкционная ширина захвата плуга, м.....	1,20/1,35/1,50/1,65

УДК 621.43.001.4

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Д.А. Жданко,

декан факультета технического сервиса в АПК БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Т.А. Непарко,

зав. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ, канд. техн. наук

Д.И. Сушко,

ст. преподаватель каф. эксплуатации машинно-тракторного парка БГАТУ

П.С. Хмельницкий,

студент агромеханического факультета БГАТУ

В статье приведена методика оценки технического состояния гидростатической трансмиссии (объемного гидропривода) мобильных технических средств по объемному коэффициенту полезного действия.

Ключевые слова: мобильное энергетическое средство, гидропривод, аксиально-плунжерный гидро-насос, утечки жидкости, зазор, давление, коэффициент полезного действия.

The methodology for assessing the technical state of hydrostatic transmission (volumetric hydraulic drive) of mobile machines by the volumetric efficiency is discussed in the article.

Keywords: mobile machine, hydraulic drive, axial-plunger hydraulic pump, fluid leakage, gap, pressure, efficiency.

Введение

Конструкции самоходных машин постоянно совершенствуются с целью повышения их производительности, увеличения ресурса и улучшения эргономических показателей. Однако такое совершенствование, как правило, сопровождается усложнением их конструкций, что требует высокой квалификации специалистов, как работающих на этих машинах, так и тех, кто обеспечивает их работоспособность, т.е. занимающихся техническим обслуживанием. При выполнении обслуживания машин эти специалисты должны располагать соответствующим диагностическим оборудованием, позволяющим объективно выявлять неисправности и своевременно их устранять.

Наиболее сложными системами современных самоходных машин для работающих на них и обслуживающих их специалистов являются топливная и гидравлическая. Техническое состояние их элементов и агрегатов может быть оценено только с помощью средств объективной диагностики. Особую сложность для эксплуатационников представляет использование гидростатической трансмиссии, которая находит все более широкое применение на самоходных машинах и тракторах. Методы и приборы, используемые для диагностирования раздельно-агрегатной гидросистемы, не могут быть использованы при оценке технического состояния агрегатов гидростатической трансмиссии. Объясняется это

большими расходами рабочей жидкости и ее высоким давлением в гидростатической трансмиссии.

Современная сельскохозяйственная техника, как отечественного, так и импортного производства, в основном имеет гидростатические трансмиссии: ГСТ-90; ГСТ-112; 90R100 и 90M100; 6423-618 и 6433-113; BMV 70R и BMF75; HPV105 и HMF105; AA4VG90 и A2FM90 [1].

Основное испытание гидропривод проходит во время использования. Здесь и проявляются отказы и неисправности системы. Так, например, по данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, во время уборочной кампании 2018 года из-за неисправности гидростатической трансмиссии простояло 21,9 % зерноуборочных комбайнов. Поэтому обеспечение ее надежности является важной производственной задачей. Для предупреждения и устранения неисправностей необходимо проводить своевременную диагностику гидроприводов.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете сотрудниками кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка разработано диагностическое устройство (рис. 1) [2-5], позволяющее в условиях хозяйств и предприятий агросервиса проводить объективное безразборное диагностирование объемных гидроприводов и при необходимости производить их послеремонтную обкатку.

Цель работы – разработка методики оценки технического состояния гидростатических трансмиссий

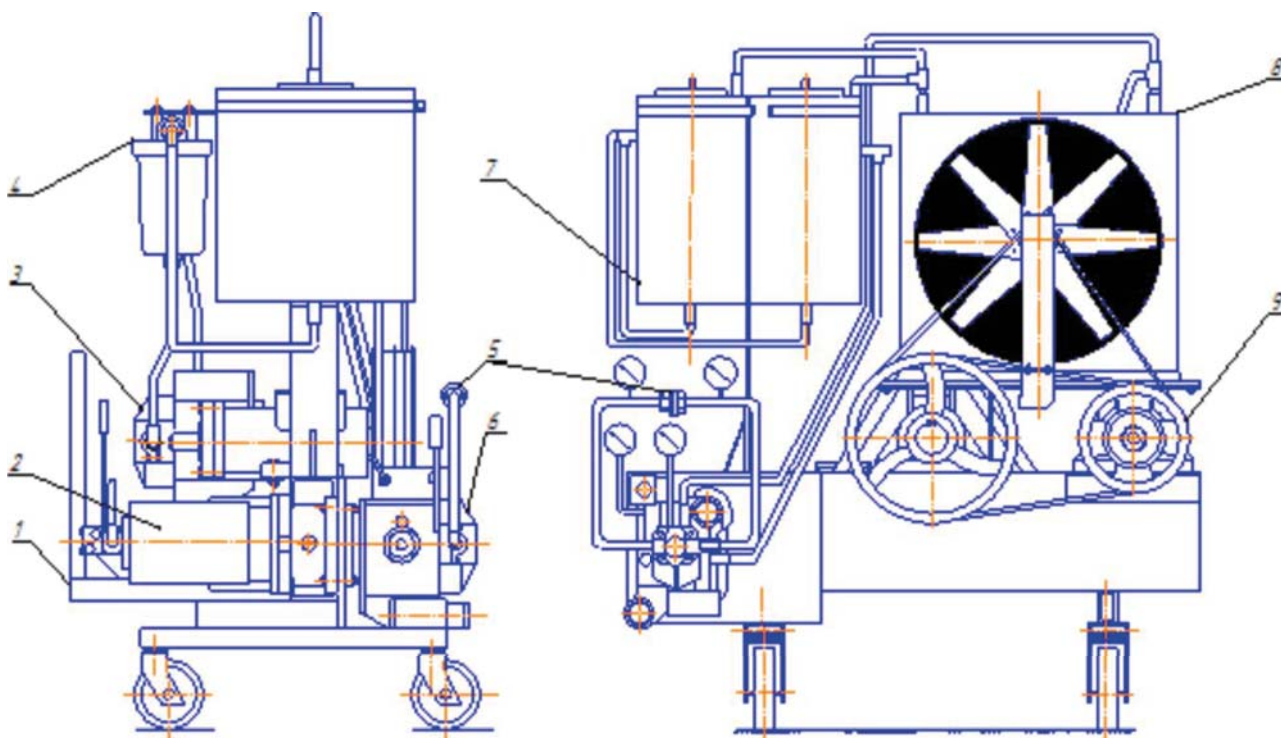


Рисунок 1. Диагностическое устройство:

1 – рама с рамкой автосцепки; 2 – диагностируемый аксиально-плунжерный гидромотор; 3 – диагностируемый аксиально-плунжерный насос; 4 – фильтр; 5 – нагрузочный дроссель-расходомер; 6 – гидравлический тормоз; 7 – гидробаки; 8 – радиатор охлаждения рабочей жидкости; 9 – ременная передача

(объемных гидроприводов) на диагностическом устройстве с гидравлическим тормозом в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров.

Основная часть

Рассмотрим методику оценки технического состояния гидростатических трансмиссий сельскохозяйственной техники (отечественной и импортной) в условиях ремонтных предприятий и сервисных центров:

1. Для диагностирования агрегатов гидростатической трансмиссии, навесить диагностическое устройство (рис. 1) на заднее навесное устройство трактора. Для этого на раме устройства установлена рамка автосцепки. Мощность, передаваемая ВОМ трактора, должна быть выше мощности привода гидростатической трансмиссии (например, для ГСТ-90, номинальная мощность привода – 63 кВт);

2. Карданной передачей соединить ВОМ трактора с валом привода ременной передачи 9;

3. Залить рабочую жидкость в объеме, не более 120 л в гидробаки 7;

4. Подготовить аксиально-плунжерный гидронасос к испытанию. Для этого осмотреть корпус насоса на наличие сколов и трещин. Осмотреть в корпусе всасывающие и нагнетательные отверстия, проверить визуально состояние резьбовых и фланцевых соединений, устранить обнаруженные неисправности.

5. Установить диагностируемый насос 1 на промежуточную опору 2 диагностической установки при помощи гаек (рис. 2);

6. Соединить всасывающую полость насоса подпитки диагностируемого насоса так, чтобы не было подсоса воздуха при проверке, с фланцем всасывающей линии (трубопровода) гидробака установки;

7. Подготовить аксиально-плунжерный гидромотор к проверке. Для этого осмотреть корпус гидромотора на наличие сколов и трещин. Осмотреть визуально резьбовые элементы входных и выходных отверстий, фланцевые соединения. Устранить обнаруженные неисправности.

8. Смонтировать на промежуточной опоре корпус гидромотора 2 (рис. 1). Для этого фланец гидромотора 2 болтами подсоединить к промежуточной



Рисунок 2. Монтаж гидронасоса ГСТ:
1 – диагностируемый насос; 2 – промежуточная опора; 3 – рычаг гидрораспределителя

опоре. С другой стороны промежуточной опоры смонтировать гидравлический тормоз 6 с дросселем постоянного сечения 5.

Диаметр отверстия нагрузочного дросселя определяется по параметрам диагностируемой гидростатической трансмиссии (гидропривода) [6]

$$d_{отт} = 2 \cdot \sqrt{\frac{V_{о.н} n_n \eta_o}{\pi \mu \sqrt{\frac{2}{\rho}} (p_{ном} - p_1)}} \quad (м), \quad (1)$$

где $V_{о.н}$ – рабочий объем насоса, м³;
 n_n – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, с⁻¹;
 η_o – объемный КПД насоса;
 μ – коэффициент расхода;
 ρ – плотность жидкости, кг/м³;
 $p_{ном}$ – номинальное давление насоса, Па;
 p_1 – давление на входе в насос (после дросселя), Па.

9. Нагнетательное отверстие гидронасоса соединить рукавом высокого давления с входным отверстием на корпусе гидромотора. Выходное (сливное) отверстие корпуса гидромотора соединить с помощью рукава высокого давления с входным отверстием корпуса гидронасоса;

10. Соединить дренажное отверстие гидромотора с дренажным отверстием гидронасоса, а дренажное отверстие гидронасоса – с радиатором охлаждения 8 (рис. 1);

11. Присоединить отверстия в корпусе дросселя постоянного сечения 5 (рис. 1), диаметр которого соответствует номинальному тормозному моменту на валу

гидромотора, к манометрам и термометру. Гидравлическая схема проверки ГСТ приведена в источнике [6];

12. Запустить двигатель трактора и включить привод устройства. Прогреть рабочую жидкость до номинального температурного режима.

13. Установить минимальную частоту вращения вала гидронасоса $n_{мин}^H$ (табл. 1), при этом контролировать разрежения в линии всасывания (не должно превышать 0,075 МПа при рабочей температуре жидкости). При заполнении рабочей жидкостью всей гидросистемы гидростатической трансмиссии, плавно увеличить частоту вращения приводного вала гидронасоса до номинальной $n_{ном}^H$ (табл. 1) [1].

14. Температуру рабочей жидкости поддерживать в пределах номинальных значений $t_{ном}$ с помощью радиатора охлаждения (табл. 2) [1].

15. Контролировать давление в линии управления p_y при максимальном угле наклона люльки гидронасоса и давление в линии управления p'_y при нейтральном положении люльки гидронасоса (табл. 3) [1].

16. Контролировать постоянное p_d и максимальное кратковременное p'_d давление в линии дренажа (табл. 4) [1]. Максимальное кратковременное давление в линии дренажа (до 5 с) создается дросселированием рабочей жидкости на сливе.

17. Медленно наклонять рычаг гидрораспределителя насоса 1 (рис. 2) до максимальной подачи, достичь номинальной частоты вращения вала гидромотора 2 (рис. 1). При этом рычаг гидрораспределителя нагрузочного гидронасоса 6 (рис. 1) должен находиться в вертикальном положении, когда его подача

Таблица 1. Минимальное и номинальное значение частоты вращения вала гидронасоса

Контролируемый параметр	Технические требования				
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4VG A2FM
1. Минимальная частота вращения вала гидронасоса ($n_{мин}^H$), об/мин, не менее	500	500	500	500	500
2. Номинальная частота вращения вала гидронасоса ($n_{ном}^H$), об/мин, не более	2000	3300	3500	2900	2000

Таблица 2. Значения температуры рабочей жидкости объемных гидроприводов

Контролируемый параметр	Технические требования				
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4VG A2FM
1. Температура рабочей жидкости ($t_{ном}$), °С, не мене	50±5	60-85	80±2	80±5	80-90
2. Максимальная температура рабочей жидкости (t_{max}), °С, не более	75	115	100	100	115

Таблица 3. Давление в линии управления объемных гидроприводов

Контролируемый параметр	Технические требования				
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4VG A2FM
1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса ($n_{ном}^H$), об/мин, не менее	2000	3300	3500	2900	2000
2. Давление в линии управления при отклоненном рычаге сервораспределителя (p_y), МПа, не менее	1,45	1,4	1,5	1,9	2,2
3. В нейтральном положении рычага управления сервораспределителя (p'_y), МПа, не менее	1,6	2,2	1,85	2,5	3,0

Таблица 4. Давление в линии дренажа объемных гидроприводов

Порядок испытаний	Технические требования				
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4VG A2FM
1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса ($n_{\text{ном}}^H$), об/мин, не менее	2000	3300	3500	2900	2000
2. Постоянное давление в линии дренажа (p_d), МПа, не менее	0,25	0,3	0,3	0,25	0,4
3. Максимальное кратковременное давление в линии дренажа (до 5с) (p'_d), МПа, не более	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

Таблица 5. Значения расчетных параметров отдельных агрегатов и гидростатической трансмиссии в целом

Порядок испытаний	Технические требования				
	ГСТ-112	90R100 90M100	6423-618 6433-113	HPV105 HMF 105	AA4VG A2FM
<i>Контроль объемного КПД отдельных агрегатов и гидропривода в целом</i>					
1. Номинальная частота вращения вала гидронасоса $n_{\text{ном}}^H$, об/мин, не менее	2000	3300	3500	2900	2000
2. Номинальное давление в линии нагнетания P , МПа, не менее	27	42	24,1	25	40
3. Объемный КПД гидронасоса $\eta_{\text{об}}^H$ и гидро-мотора $\eta_{\text{об}}^M$, не менее	0,95	0,96	0,96	0,95	0,95
4. Объемный КПД гидропривода η_o , не менее	0,90	0,92	0,92	0,90	0,90
<i>Контроль крутящего момента на валу испытуемого гидромотора</i>					
5. Номинальный крутящий момент на валу гидромотора $M_{\text{кр}}^H$, Нм, не менее	401	667	449	418	501
6. Максимальный крутящий момент на валу гидромотора $M_{\text{кр}}^{\text{max}}$, Нм, не менее	610	763	656	702	573

практически равна нулю.

18. Медленно поворачивать рычаг гидрораспределителя насоса 6 (рис. 1), увеличивать давление до номинального значения. Следить за давлением по показанию манометров и контролировать температуру рабочей жидкости. Снять показания с тахометра, установленного в промежуточной опоре о развиваемой валом гидромотора частоте вращения под номинальной нагрузкой.

19. Сделать заключение о техническом состоянии объемного гидропривода [6].

$$\eta_{o, \text{пр}} = \frac{n_{\text{э.эф.}}}{n_{\text{э.теор}}}, \quad (2)$$

где $n_{\text{э.эф.}}$ – эффективная частота вращения вала гидромотора, с^{-1} ;

$n_{\text{э.теор.}}$ – теоретическая частота вращения вала гидромотора, с^{-1}

По результатам диагностирования и расчетов дается оценка технического состояния гидростатической трансмиссии. Если при номинальной частоте вращения вала гидронасоса и номинальном давлении в линиях нагнетания значения объемного КПД гидропривода не менее значений, представленных в таблице 5 [1], то гидростатическая трансмиссия считается технически исправной.

20. Демонтировать гидростатическую трансмиссию. Сделать заключение о результатах испытаний.

Заключение

Разработанная методика оценки технического состояния гидростатических трансмиссий мобильных технических средств позволяет оценить техническое состояние гидростатических трансмиссий по объемному КПД (зависимость (2)), определяемому по частоте вращения выходного вала при номинальной нагрузке.

Данная методика может быть использована для оценки технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса гидростатических трансмиссий мобильных технических средств в условиях эксплуатации и на ремонтных предприятиях АПК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пьянзов, С.В. Устройство для оценки технического состояния объемного гидропривода / С.В. Пьянзов, П.А. Ионов, С.А. Величко, А.М. Земсков // Пермский аграрный вестник. – 2018. – № 2 (22). – С. 15-22.
2. Диагностирование гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко [и др.] // Агропанорама. – 2009. – № 1. – С. 44-48.
3. Пьянзов, С.В. Объемные гидроприводы, применяемые в трансмиссиях отечественных и зарубежных

ных комбайнов / С.В. Пьянзов, П.А. Ионов // XLVI Огаревские чтения. – 2018. – №1. – С. 447-454.

4. Жданко, Д.А. Методические рекомендации по оценке технического состояния агрегатов гидростатических трансмиссий мобильных энергетических средств / Д.А. Жданко [и др.]; под общ. ред. Д.А. Жданко. – Минск: БГАТУ, 2019. – 124 с.

5. Жданко, Д.А. Диагностирование агрегатов гидростатических трансмиссий / Д.А. Жданко, В.Я. Тимошенко, Д.И. Сушко // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Международной научно-практич. конф. на 25-й Международ-

ной специализированной выставке «Белагро-2015», Минск, 4 июня 2015 г./ Министерство сельского хозяйства и продовольствия Респ. Беларусь; РО «Белагросервис»; Белор. гос. аграрный технический ун-т; редкол.: Н.А. Лабушев [и др.]. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2015. – С. 179-184.

6. Тимошенко, В.Я. Мобильное устройство для диагностирования агрегатов гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко, Д.А. Жданко, В.В. Ярош // Изобретатель. – 2019. – №2-3. – С. 34-38.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 04.03.2021

УДК 339.187:63-021.66

ТЕНДЕНЦИИ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТОВАРОПРОВОДЯЩЕЙ СЕТИ В СИСТЕМЕ ПРОДВИЖЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОВ НА ВНЕШНИЙ РЫНОК

Н.В. Киреенко,

зав. каф. инновационного развития ИПК и ПК АПК БГАТУ, докт. экон. наук, профессор

К.Г. Мелешко,

аспирант РНУП «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси», магистр экон. наук

В статье изучены нормативные и правовые основы создания национальной системы продвижения товаров на внешний рынок. Выявлены тенденции функционирования субъектов аграрной товаропроводящей сети за 2016-2020 годы и комплекс проблем, сдерживающих их развитие за рубежом. Предложены стратегические направления развития товаропроводящей сети в системе продвижения сельскохозяйственных товаров Республики Беларусь на внешний рынок.

Ключевые слова: аграрный бизнес, система продвижения, субъекты товаропроводящей сети, сельскохозяйственные товары, продукты питания, внешний рынок, экспорт.

The article examines the regulatory and legal foundations for creating a national system to promote goods to foreign markets. The tendencies of functioning of the subjects of the agrarian distribution network for 2016–2020 and a set of problems hindering their development abroad are revealed. Strategic directions for the distribution network development in the system of promoting agricultural products of the Republic of Belarus to the foreign market are proposed.

Keywords: agribusiness, promotion system, subjects of the distribution network, agricultural products, food stuffs, foreign market, export.

Введение

Внешняя торговля выполняет важную функцию в экономической системе Республики Беларусь по обеспечению финансовой стабильности и национальной безопасности. За 2016-2020 годы удельный вес экспорта сельскохозяйственных товаров в валовом внутреннем продукте составил 8,0-9,0 %, а в товарной структуре страны достиг 20,0 % [1]. Государственной программой «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы предусматривается повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и продуктов питания, наращивание экспортного потенциала, развитие экологически безопасного сельского хозяйства, ориен-

тированного на укрепление продовольственной безопасности страны, обеспечение полноценного питания и здорового образа жизни населения [2]. Решение поставленных задач требует создания благоприятных условий и принятия комплексных мер по расширению экспортной географии, закреплению отечественных экспортеров на перспективных сегментах.

В данном контексте важное значение приобретает повышение эффективности функционирования товаропроводящей сети (ТПС) на внешнем рынке как одного из стратегических направлений аграрной политики страны. Однако особенностями реализации экспортной стратегии обусловлены значительным участием государства в их создании и в отношении экс-

портеров. Кроме этого, ряд отечественных субъектов не имеют достаточно практического опыта, соответствующих специалистов, финансовых ресурсов для продвижения продукции на внешний рынок, в том числе через ТПС. В то же время, как показывает практика, в условиях высокой конкуренции организации АПК должны не только производить продукцию, удовлетворяя потребности оптовых и розничных потребителей, но и создавать оптимальную структуру товародвижения.

Целью работы является проведение комплексного анализа и обоснование стратегических направлений развития товаропроводящей сети в системе продвижения сельскохозяйственной продукции и продуктов питания Республики Беларусь на внешний рынок.

Научное исследование базировалось на основе данных Национального статистического комитета Республики Беларусь, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Белорусского государственного концерна пищевой промышленности «Белгоспищепром», изучения и обобщения национальной нормативной и правовой базы в сфере развития аграрного бизнеса и внешней торговли. Использовались методы системного и сравнительного анализа.

Основная часть

В ходе исследования выявлены современные тенденции функционирования и комплекс актуальных проблем, сдерживающих развитие аграрной товаропроводящей сети Республики Беларусь.

Разработана нормативная и правовая база, а также созданы организационные и финансовые условия по расширению системы продвижения продукции на зарубежные направления. В соответствии с Положением о товаропроводящей сети белорусских организаций за рубежом от 24.02.2012 г. № 183 (в ред. пост. Совета Министров Республики Беларусь от 26.12.2017 № 1000), товаропроводящая сеть рассматривается как совокупность собственных и отраслевых субъектов ТПС, включая иностранных юридических лиц (иностранных индивидуальных предпринимателей), расположенных за рубежом, обособленных подразделений белорусского производителя, агентов, государственных организаций, подчиненных Правительству Республики Беларусь, созданных (учрежденных) ею юридических лиц Республики Беларусь, осуществляющих реализацию и сервисное обслуживание товаров белорусских производителей [3]. Основными нормативными и правовыми актами, регулирующими их создание и функционирование, являются:

– Указ Президента Республики Беларусь от 25.08.2006 № 534 «О содействии развитию экспорта товаров (работ, услуг)», направленный на создание в Республике Беларусь комплексной системы стимулирования экспорта [4];

– постановление Совета Министров Республики Беларусь от 23.04.2012 № 384 «Об утверждении Положения о порядке организации национальных выставок (экспозиций) в иностранных государствах», в

рамках которого осуществляется частичное финансирование за счет бюджетных средств расходов по организации национальных выставок (экспозиций) Республики Беларусь [5];

– Указ Президента Республики Беларусь от 14.11.2019 № 412 «О поддержке экспорта», предусматривающий возмещение за счет средств бюджета юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям в части расходов по участию в международных специализированных выставках и по проведению оценки соответствия продукции в иностранных государствах [6].

Действующая законодательная база формирует институциональную систему поддержки экспорта, в рамках которой в республике эффективно работают БРУПЭИС «Белэксимгарант», ОАО «Промагролизинг», РУП «Национальный центр маркетинга», Белорусская торгово-промышленная палата, межправительственные комиссии (комитеты, советы), советы делового сотрудничества с зарубежными странами.

Сформирована аграрная товаропроводящая система продвижения продукции на зарубежные рынки. Современную аграрную сеть представляют организации Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (Минсельхозпрод), Белорусского государственного концерна пищевой промышленности «Белгоспищепром» (концерн «Белгоспищепром»), Белорусского республиканского союза потребительских обществ, субъекты малого и среднего бизнеса, не являющиеся подведомственными вышеуказанным организациям. В ее состав также входят транспортные, складские, логистические, торговые и другие субъекты.

Значительную роль в реализации экспортной стратегии АПК Беларуси выполняют ТПС Министерства сельского хозяйства и продовольствия и концерна «Белгоспищепром». По состоянию на 01 января 2021 г. сеть включала 161 и 11 структур, соответственно (табл. 1-2).

Сокращение общего количества субъектов аграрной товаропроводящей системы. За последние пять лет структура ТПС концерна «Белгоспищепром» существенно не изменилась. Однако наблюдается уменьшение общего количества участников сети Министерства сельского хозяйства и продовольствия на 3,1 %. При этом значительное сокращение (37,3 %) отмечалось по организациям с белорусским капиталом. Среди последних наибольший удельный вес приходился на торговые представительства (48,1 %), торговые дома (37,0 %) и совместные предприятия (14,9 %). Основными субъектами без участия белорусского капитала стали дистрибьюторы (65,0 %) и дилеры (35,0 %). При этом, как показали исследования, дилерские структуры имеются только у ОАО «Брестский мясокомбинат».

Рост объемов экспорта сельскохозяйственной продукции и продуктов питания. За 2016-2020 гг. реализация продукции на внешний рынок через ТПС выросла на 114 774 тыс. долл. США, или на 18,1 %. Если доля субъектов с белорусским капиталом составила только 16,8 %, то объем их экспортных поставок до стиг 61,4 %, или 459 944,0 тыс. долл. США. В то время как 134 организации (83,2 %) без участия белорусского ка-

Таблица 1. Экспортные поставки продукции через ТПС Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь за 2016-2020 гг.

Субъект ТПС	Год			Темп роста 2019 г. к 2016 г., %	Темп роста 2020 г. к 2019 г., %
	2016	2019	2020		
Количество субъектов ТПС, ед.					
Субъекты с белорусским капиталом – всего,	43	28	27	65,1	96,4
в том числе:					
торговые дома	16	12	10	75,0	83,3
торговые представительства	19	12	13	63,2	108,3
совместные предприятия	8	4	4	50,0	100,0
Субъекты без участия белорусского капитала – всего	123	146	134	118,7	91,7
в том числе:					
дилеры	45	47	47	104,4	100,0
дистрибьюторы	78	99	87	126,9	87,9
Всего по ТПС	166	174	161	104,8	92,5
Объем реализации продукции субъектами ТПС, тыс. долл. США					
Субъекты с белорусским капиталом – всего,	423 740,0	431 128,0	459 944,0	101,7	106,7
в том числе:					
торговые дома	44 345,7	33 398,8	34 764,3	75,3	104,1
торговые представительства	375 086,8	395 633,7	424 133,0	105,5	107,2
совместные предприятия	4 307,5	2 095,5	1 046,7	48,6	49,9
Субъекты без участия белорусского капитала – всего	210 360,0	246 547,0	288 930,0	117,2	117,2
в том числе:					
дилеры	23 989,0	23 333,0	32 405,0	97,3	138,9
дистрибьюторы	186 371,0	223 214,0	256 525,0	119,8	114,9
Всего по ТПС	634 100,0	677 675,0	748 874,0	106,9	110,5
Примечание. Таблица составлена по данным Минсельхозпрода					

Таблица 2. Распределение субъектов ТПС концерна «Белгоспищепром» по странам с участием белорусского капитала (по состоянию на 01.01.2021 г.)

Наименование страны, региона, города	Количество и наименование субъекта ТПС
Российская Федерация	
г. Москва	6 – ООО «Белорусская сахарная компания», ЗАО «БелТВ и ИМЦ», ООО «Криница-Трейд», ООО «Красный пищевик», ООО «МКР», ООО «Коммунарка»
г. Смоленск	1 – ООО «КриницаБелТрейд»
г. Брянск	1 – ООО «Белорусская продовольственная компания»
другие страны СНГ	
Республика Армения	1 – ООО «Армяно-Белорусский Торговый дом «Ар-Бе»
Азербайджанская Республика	1 – ООО «Белорусские сладости»
Страны Европейского союза	
Латвийская Республика	1 – ООО «Белпищепром»
Примечание. Таблица составлена авторами по данным концерна «Белгоспищепром»	

питала обеспечили 288 930,0 тыс. долл. США (38,6 %). Рост продаж наблюдался по дистрибьюторским (37,6 %) и дилерским структурам (35,1 %), торговым представительствам (13,1 %). По другим субъектам ТПС отмечалось снижение объемов реализации продукции за рубежом.

Товарная структура экспорта характеризуется традиционной направленностью для Республики Беларусь. Более 95,0 % экспортных поставок субъектов ТПС Министерства сельского хозяйства и продовольствия приходится на молочную и мясную

продукцию. Ассортимент концерна «Белгоспищепром», реализуемый на внешний рынок, включает сахар, кондитерские изделия, алкогольные и безалкогольные напитки и другие.

Основным внешним рынком остается Российская Федерация. В настоящее время 82,6 % и 72,7 % от общего количества организаций ТПС Минсельхозпрода и концерна «Белгоспищепром», соответственно, функционируют в России. В то же время 50,0 % субъектов находятся в Москве и Московской области, Санкт-Петербурге и Ленинградской области. В другие регионы

поставки белорусской продукции осуществляют российские посреднические структуры.

Остальные страны по системе Минсельхозпрода распределялись следующим образом: Армения – 3 организации, Азербайджан – 2, Казахстан – 6, Китай – 2, Молдова – 1, Пакистан – 1, США – 1, Туркменистан – 1, Таджикистан – 1, Узбекистан – 1, Украина – 8 организаций. На рынке ЕС Минсельхозпрод не имеет субъектов собственной сети.

ТПС концерна «Белгоспищепром» включает 11 торговых домов, которые работают в странах СНГ и вне СНГ. При этом на европейском рынке функционирует один субъект – ООО «Белпищепром» (Латвия), который осуществляет организацию оптовых поставок продукции и импорта (встречных поставок), создание розничной сети, а также поиск контрагентов.

Значительное различие по количеству субъектов ТПС в областях Республики Беларусь (рис. 1).

Наиболее крупную региональную ТПС имеет Брестская область, включающая 83 организации, из которых 4 (4,8%) – с участием белорусского капитала и 79 (95,2%) – без белорусского капитала. Через такую систему экспортируется более 60,0 % сельскохозяйственной продукции и продуктов питания, произведенных в регионе. Наряду с этим, активно развивается сеть Гродненской области, которая представлена 33 субъектами: 4 (12,1%) организации с белорусским капиталом и 29 (87,9%) – без белорусского капитала. Однако объем экспорта через данные структуры составляет лишь 8,3 % от общереспубликанских поставок. В других ре-

гионах аграрные ТПС представлены незначительным количеством субъектов. В то же время на пять организаций Минской области приходится более 12,0 % экспортных поставок страны, что подтверждает эффективность и результативность их работы.

Недостаточный уровень использования инструментов электронной торговли. Исследования показывают, что субъекты ТПС применяют традиционные методы торговли, а механизмы электронной коммерции используют в ограниченном объеме. Это обусловлено недостатком квалифицированных специалистов в области международной торговли и права, отсутствием финансовых средств для приобретения программного обеспечения и использования возможностей сайта организации, нежеланием вносить изменения во внешнеэкономическую деятельность и др.

В настоящее время основным способом продаж являются прямые поставки (непосредственно потребителям, через собственные и корпоративные субъекты ТПС, др.), на долю которых приходится более 80,0 % от общего объема экспорта. В то же время в стране развиваются современные методы продвижения продукции на рынок, функционируют две электронные торговые площадки. Первая расположена на базе ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа», специализирующаяся на торговле реальными товарами. Биржевые торги проводятся в режиме on-line через Интернет с применением электронной цифровой подписи, что позволяет увеличивать биржевой оборот и расширять географию клиентской базы. Однако через секцию «Сельхозпро-

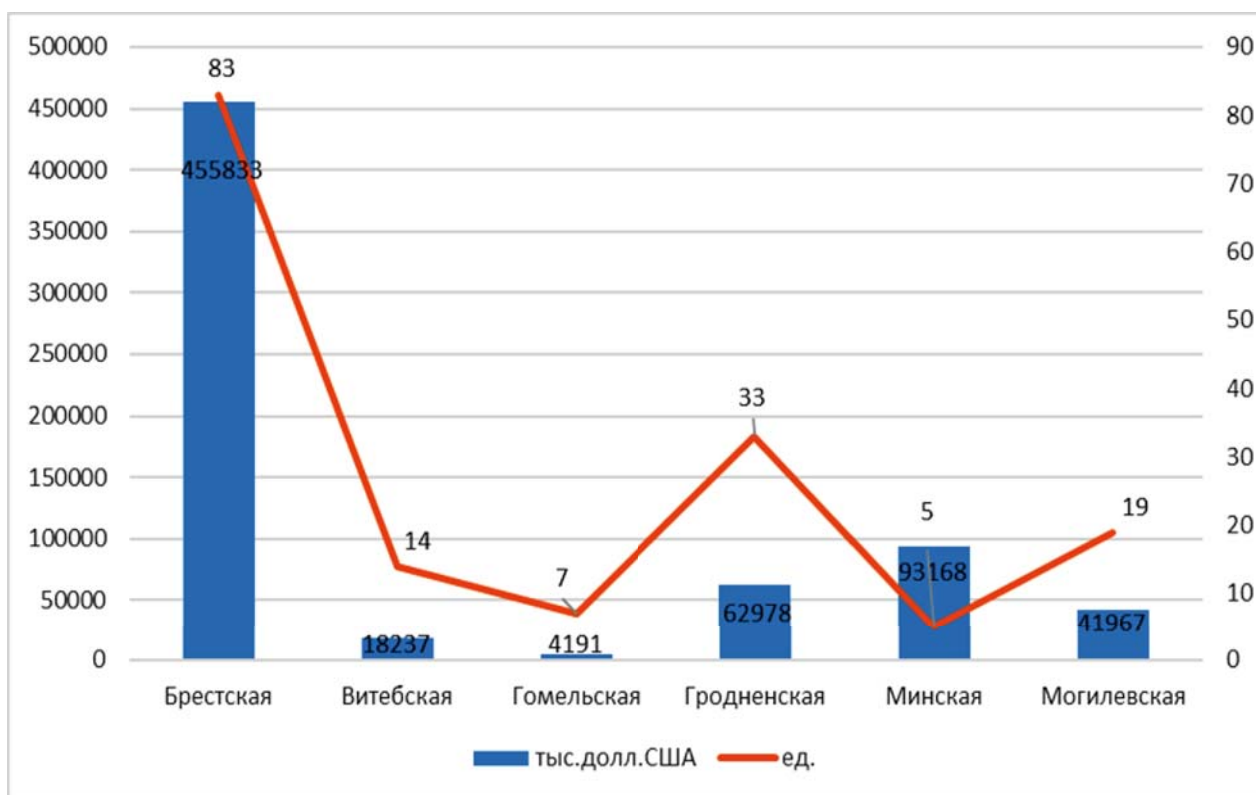


Рисунок 1. Распределение субъектов ТПС по регионам Республики Беларусь в 2020 г., ед.
(Примечание. Рисунок выполнен по данным Минсельхозпрода)

дукция» реализуется лишь 7,5 % от общего объема экспорта данной продукции страны.

В качестве второй площадки выступает РУП «Национальный центр маркетинга», являющийся одним из ведущих отечественных консалтинговых предприятий, оказывающих комплекс услуг по сопровождению и развитию внешнеэкономической деятельности. Он выступает оператором и Интернет-ресурса (export.by), который представляет собой портал информационной поддержки белорусских экспортеров в продвижении их продукции на внешние сегменты, а также для рекламы экспортного потенциала и возможностей республики на мировом агропродовольственном рынке.

По результатам исследования авторами обоснованы стратегические направления совершенствования ТПС, обеспечивающие достижение целей развития экспорта сельскохозяйственных товаров Беларуси на перспективу.

Во-первых, необходимо расширять географию экспорта с ориентацией на конкретный региональный и/или страновой рынок и одновременно уходить от преобладающего монорынка Российской Федерации, которая наращивает собственное сельскохозяйственное и пищевое производство и, соответственно, возможности для белорусского экспорта сокращаются. Поэтому в данном контексте для большего охвата зарубежных рынков требуется внедрение новых принципов формирования моделей аграрного бизнеса, в том числе методов и стратегий электронной торговли: «бизнес-покупатель», или B2C; «бизнес-бизнес», или B2B.

Во-вторых, учитывая высокий уровень эффективности организаций ТПС с участием белорусского капитала, целесообразно их развитие на перспективных внешних рынках, которые характеризуются:

- преобладающей долей в структуре продаж организации (отрасли);
- постоянным ростом объемов экспорта товаро-производителя;
- стабильными внешнеторговыми показателями, если организация располагает необходимыми возможностями для расширения своей доли рынка или объемов продаж.

В-третьих, необходимо совершенствовать механизмы создания субъектов ТПС, учитывая комплекс внутренних и внешних факторов, а именно: производственный и экспортный потенциал организации (отрасли); товарный ассортимент; особенности функционирования конкретного рынка (правовые, экономические, демографические, природно-климатические, научно-технические, социально-культурные). Особое внимание требуется уделить выбору участника сети в данном регионе, используя следующие критерии:

- устойчивое финансовое состояние и обеспечение нормативных значений коэффициентов платежеспособности организации;
- наличие квалифицированных специалистов в структуре управления и опыта работы на зарубежных направлениях;

– разнообразие предоставляемых маркетинговых, сбытовых и рекламных услуг [7].

В-четвертых, в развитие Указа Президента Республики Беларусь от 14.11.2019 № 412 «О поддержке экспорта» авторами предлагается предусмотреть возмещение расходов, направленных на разработку маркетинговых стратегий; осуществление торговых миссий; выполнение маркетинговых исследований; продвижение потребительских свойств продукции, стандартов качества; прохождение инспекций организаций на право экспорта в третьи страны. Использование данных инструментов обеспечивает создание дополнительных условий для поддержки экспорта и продвижения белорусской продукции на рынки иностранных государств [8].

В-пятых, с целью повышения эффективности внешнеэкономической деятельности и развития информационного обеспечения органам государственного управления целесообразно:

- осуществлять проведение комплексных маркетинговых исследований, предоставлять оперативную торговую и конъюнктурную информацию;
- обеспечивать финансовую поддержку стратегическим и перспективным экспортным проектам;
- консультировать экспортеров в части действующего зарубежного законодательства, существующих стандартов и иных требований к товарам, услугам, работам;
- содействовать в урегулировании торговых споров, оказывать помощь в случае их явной или скрытой дискриминации на внешних рынках;
- принимать участие в организации зарубежных деловых визитов, специализированных симпозиумов и конференций, рекламных и выставочно-ярмарочных кампаний.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что в Республике Беларусь сформированы благоприятные условия по развитию национальной системы продвижения товаров на внешний рынок. В то же время современная аграрная ТПС по количеству участников и выполняемых ими функций не обеспечивает в полной мере эффективную внешнюю торговлю сельскохозяйственных товаров. За последние годы отмечается сокращение субъектов с участием белорусского капитала, рост дистрибьюторских и дилерских структур, отсутствие расширения в географической и товарной структуре экспортных поставок, неравномерное распределение организаций сети по регионам страны; недостаточный уровень использования инструментов электронной торговли.

Стратегические направления развития ТПС в системе продвижения сельскохозяйственных товаров Республики Беларусь на внешний рынок должны базироваться на комплексном подходе и предусматривать укрепление конкурентных позиций субъектов за счет принятия следующих мер:

- создания новых торговых домов, торговых представительств, совместных предприятий с участием белорусского капитала;

- диверсификации географической и товарной структуры экспортных поставок;
- сокращения неэффективных и низкодоходных ассортиментных позиций;
- внедрения электронных инструментов продвижения продукции;
- расширения мер государственной поддержки отечественных экспортеров (маркетинговых, информационных, выставочных, рекламных и др.);
- развития сбытовой кооперации путем выбора и создания более эффективного субъекта ТПС;
- широкого информационного обеспечения и координации действий белорусских экспортеров на внешних рынках.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доклад социально-экономическое положение Республики Беларусь: январь-декабрь 2020 г. [Электронный ресурс] // Национальный стат. комитет Респ. Беларусь. – Режим доступа: https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/publications/izdania/public_bulletin/index_18909/. – Дата доступа: 26.01.2021.
2. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы: пост. Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
3. Об утверждении Положения о товаропроводящей сети белорусских организаций за рубежом, классификатора видов поставок товаров, подлежащих учету при осуществлении экспортных операций, и признании утратившими силу некоторых постановлений Совета Министров Республики Беларусь [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 24 февр. 2012 г., № 183 (ред. 14 сент. 2020 г., № 533) / Национальный правовой Интернет-портал Республики

Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21200183>. – Дата доступа: 15.02.2021.

4. О содействии развитию экспорта товаров (работ, услуг) [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 25 авг. 2006 г., № 534 (ред. 19 дек. 2019 г., № 467) / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P30600534>. – Дата доступа: 20.02.2021.
5. Об утверждении Положения о порядке организации национальных выставок (экспозиций) в иностранных государствах [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 23 апр. 2012 г., № 384 (ред. 29 июня 2020 г., № 380) / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21200384>. – Дата доступа: 25.02.2021.
6. О поддержке экспорта [Электронный ресурс]: Указ Президента Респ. Беларусь, 14 нояб. 2019, № 412 / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/P31900412_1573765200.pdf. – Дата доступа: 15.02.2021.
7. Киреенко, Н.В. Товаропроводящая сеть Беларуси на зарубежных продовольственных рынках / Н.В. Киреенко // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 1. – С. 10-21.
8. Мелешко, К.Г. Зарубежный опыт стимулирования экспорта сельскохозяйственной продукции и продовольствия / К.Г. Мелешко // Продовольственная безопасность Республики Беларусь в современных условиях: материалы Первого Всебелорусского форума, Минск, 12 окт. 2016 г. – Минск: Ин-т системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2016. – С. 214-223.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.03.2021

Счетчик газа ультразвуковой СГУ001 типоразмеров G16-G25

Предназначены для измерения объемного расхода горючего газа по ГОСТ 5542-87 или паров сжиженного углеводородного газа по ГОСТ 20448-90 с приведением измеренного объема газа к нормальным условиям, т.е. к температуре газа 20 °С и плотности 0,72 кг/м³ с отображением информации об объеме израсходованного газа на табло счетчика с возможностью передачи информации в централизованную систему учета.



Основные технические данные

Рабочий диапазон температур, °С	от - 30 до + 50
Рабочий диапазон расхода газа, м³/час	от 0,16 до 40
Основная относительная погрешность, не более, %	± 3
Порог чувствительности, не более, м³/час	0,05
Наибольшее избыточное рабочее давление газа, кПа	100
Число разрядов индикаторного табло счетчика	8
Дополнительная относительная погрешность при изменении температуры окружающей среды от - 30 до +50 °С, не более	0,01% на 1 °С

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ РАСЧЕТОВ ПО ВОЗМЕЩЕНИЮ УЩЕРБА РАБОТНИКАМИ ОРГАНИЗАЦИИ

Н.Н. Киреенко,

зав. каф. учета, анализа и аудита БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

Л.К. Голуб,

доцент каф. бухгалтерского учета, экономики и права БГЭУ, канд. экон. наук, доцент

Проведен анализ ведения учета расчетов по возмещению материального ущерба работниками организации на основании изучения специальной литературы и нормативных правовых актов. Предложена авторская методика проведения внутрихозяйственного контроля, обоснованы рекомендации по совершенствованию регулирования у субъекта хозяйствования указанных расчетов с работниками и формированию учетной информации в соответствии с требованиями системы управления.

Ключевые слова: контроль, методика контроля, ущерб, материальный ущерб, учетная оценка, бухгалтерский учет.

The analysis of accounting of calculations for compensation of material damage by the employees of the organization is carried out on the basis of the study of special literature and regulatory legal acts. The author's method of conducting on-farm control is proposed, recommendations for improving the regulation of the specified settlements with employees and the formation of accounting information in accordance with the requirements of the management system are substantiated.

Keywords: control, control technique, damage, material damage, accounting assessment, accounting.

Введение

Осуществляя процесс хозяйственной деятельности, организация сталкивается с вопросами эффективности функционирования системы внутреннего контроля, призванной не только выявить ошибки, но и обеспечить законность проводимых операций и принимаемых управленческих решений. Вопросы определения размера ущерба и порядка его возмещения не теряют своей актуальности и в настоящее время, поскольку в правильности осуществления расчетов, которые должны осуществляться в рамках, определенных законодательством Республики Беларусь, заинтересованы как наниматели, так и работники организации.

Основная часть

Внутрихозяйственный контроль представляет собой деятельность должностных лиц субъекта хозяйствования в рамках должностных инструкций и локальных нормативных правовых актов, направленную на достижение поставленных целей организацией в целом и ее отдельными подразделениями. Для осуществления эффективного контроля, проверяющим необходимо обладать знаниями о приемах и способах контроля, которые обеспечивают практическую сторону его проведения.

При контроле соблюдения расчетной дисциплины объектом внутрихозяйственного контроля может быть и дебиторская задолженность работников по возмещению материального ущерба, проверку которой целесообразно осуществлять сплошным методом.

Процесс контроля, на наш взгляд, необходимо выполнять в последовательности, представленной на рисунке 1, проверяя ряд ключевых моментов.

При осуществлении контрольных мероприятий возможна проверка тех аспектов, которые закреплены как на законодательном уровне, так и в локальных нормативных правовых актах организации. Источниками информации при проведении проверки также могут быть документы, приведенные на рисунке 2.

В ходе проведения *первого этапа* проверки целесообразно использовать такие способы и приемы документального контроля, как формальная и правовая проверки, сравнительный анализ документов [1]. Проверяющий должен проконтролировать обоснованность заключения договора о полной материальной ответственности и создания условий, обеспечивающих сохранность материальных ценностей.

Начинать проверку необходимо с ознакомления с разработанным в организации перечнем должностей служащих и работ, выполняемых работниками, с которыми заключаются договоры о полной материальной ответственности, что позволяет в ходе проверки установить правомерность их заключения. Если такой документ в организации отсутствует, то целесообразно воспользоваться примерным перечнем должностей работников, с которыми могут заключаться договоры о полной индивидуальной материальной ответственности, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 26.05.2000 г. № 764.

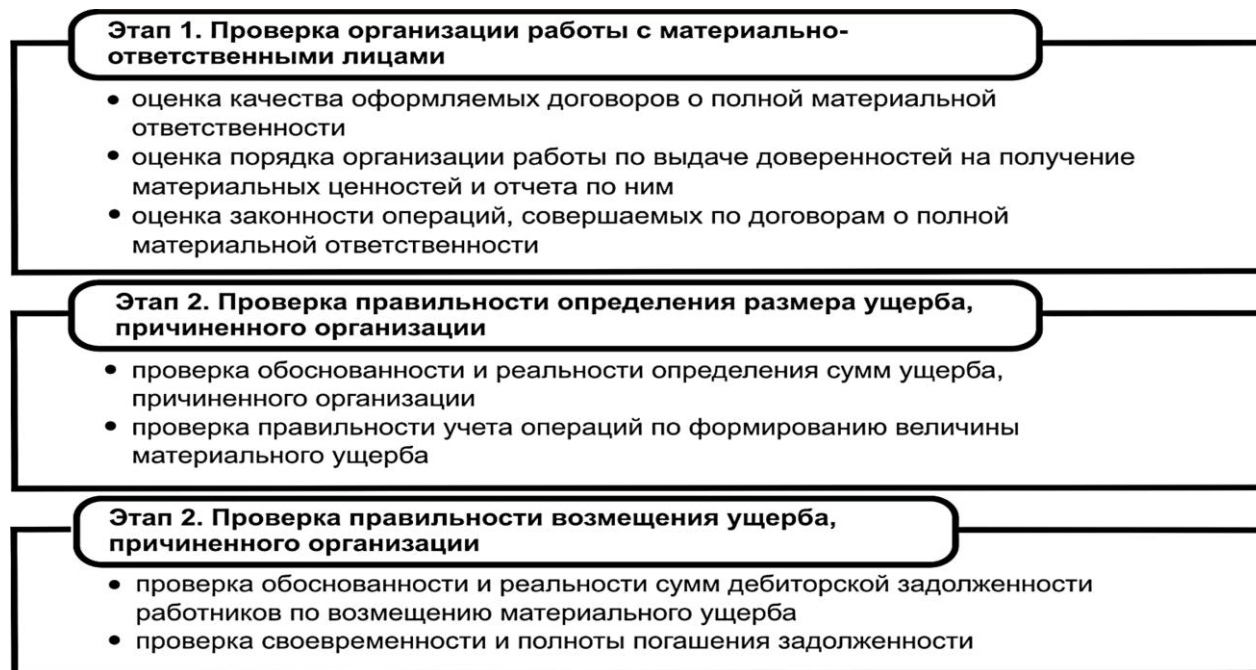


Рисунок 1. Последовательность и содержание проверки расчетов по возмещению материального ущерба



Рисунок 2. Источники информации при контроле расчетов по возмещению ущерба работниками организации

Проверяющие устанавливают также, разработана ли в организации форма договора о полной материальной ответственности, соответствует ли она требованиям законодательства, заключаются ли данные договоры с работниками. Данный договор закрепляет обязанности работника возместить причиненный нанимателю прямой действительный ущерб в полном размере, т.е. в размере причиненного ущерба, без ограничения какой-либо величиной.

По общему правилу наниматель должен доказать факт причинения ущерба, а также наличие других условий материальной ответственности. В то же время, если между работником и нанимателем был за-

ключен письменный договор о полной материальной ответственности за необеспечение сохранности вверенных ему ценностей, работник сам обязан доказать отсутствие своей вины в причинении ущерба.

Ограниченная материальная ответственность работников организации может устанавливаться на основании Трудового Кодекса Республики Беларусь (ТК), а также коллективным договором или соглашениями, если это не противоречит положениям ТК о полной материальной ответственности.

Необходимо проверить соблюдение порядка закрепления материальных ценностей за материально-ответственным лицом, а именно:

- соблюдение порядка выдачи разовых доверенностей на получение под отчет материальных ценностей (или других разовых документов);

- наличие подписей материально ответственных лиц в документах, подтверждающих поступление материальных ценностей в организацию и их внутреннее перемещение (между материально ответственными лицами);

- соблюдение порядка проведения инвентаризации (обязательность проведения инвентаризации при смене материально ответственных лиц закреплена статьей 13 Закона № 57-3 «О бухгалтерском учете и отчетности» (далее – Закон №57-3)) [2].

В ходе проведения *второго этапа* проверяющие используют такие способы и приемы контроля, как формально-правовая и взаимная проверки, информационное моделирование, экономико-математические методы, арифметический подсчет [1]. Проверяющий должен проверить правильность определения размера стоимости ущерба, причиненного организации и отражение информации по его величине в учете.

Статьей 407 ТК предусмотрено, что определение размера, причиненного работниками ущерба, производится в порядке, установленном законодательством [3]. Действующее в настоящее время Положение о порядке определения размера вреда (в том числе реального ущерба), причиненного государству юридическим лицом и индивидуальным предпринимателем противоправными действиями, утвержденное постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 07.12.2016 № 1001 (далее – Положение № 1001), применяется, как указано в п. 1 документа, при проведении проверок органами государственного контроля, в соответствии с Положением о порядке организации и проведения проверок, утвержденном Указом Президента Республики Беларусь от 16.10.2009 г. № 510 «О совершенствовании контрольной (надзорной) деятельности в Республике Беларусь» [4].

По мнению многих специалистов, Положение № 1001 должно применяться всеми организациями при определении размера причиненного ущерба, в том числе и при выявлении в ходе внутривозвратного контроля недостатков имущества. На наш взгляд, организации могут воспользоваться нормами приведенного документа, но обязательность его применения при определении размера ущерба в рассматриваемой ситуации не просматривается.

Таким образом, полагаем, что такой порядок может быть закреплён в локальном нормативном правовом акте организации, например, в положении об учетной политике. Это связано с тем, что в соответствии с Законом №57-3 учетная политика включает применяемые организацией виды учетной оценки, позволяющие определить размер (стоимость) хозяйственной операции [2]. При этом, если в отношении конкретных хозяйственных операций, отдельных составляющих активов, доходов, расходов организации, в законодательстве Республики Беларусь не установлен порядок их отражения в бухгалтерском учете и отчетности, то такой порядок разрабатывается организацией самостоятельно с применением профессио-

нального суждения, исходя из требований, установленных законодательством Республики Беларусь.

Данный порядок может быть закреплён и в Положении о внутривозвратном контроле, разработанном в организации, как методическое обеспечение его проведения.

Инструкцией о порядке применения типового плана счетов бухгалтерского учета, утвержденной постановлением Минфина Республики Беларусь от 29.06.2011 г. № 50 (далее – Инструкция № 50) и Инструкцией по инвентаризации активов и обязательств, утвержденной постановлением Минфина Республики Беларусь от 30.11.2007 г. № 180 (далее – Инструкция № 180) определено, что для обобщения информации о движении сумм по недостаткам и потерям от порчи активов, кроме потерь имущества в результате стихийных бедствий, используется счет 94 «Недостачи и потери от порчи имущества» [5, 6]. Следовательно, в ходе проверки необходимо проверить полноту отражения сумм недостатков, выявленных по результатам инвентаризации на данном счете, а также информации по формированию размера материального ущерба.

Далее в ходе проверки необходимо установить правомерность отнесения сумм ущерба на работников организации с учетом положений Инструкции № 180.

Третий этап проверки предусматривает контроль возмещения ущерба, причиненного работниками организации. Проверяющие могут использовать приемы и способы контроля, указанные при раскрытии методики второго этапа. Задача, стоящая перед проверяющими на данном этапе, – проверить соблюдение требований законодательства и интересов собственника имущества при возмещении работниками сумм ущерба, причиненного организации.

Статья 400 ТК ограничивает размер ущерба, причиненного работником при исполнении трудовых обязанностей, величиной реального ущерба [3], под которым понимается утрата, ухудшение или понижение ценности имущества, влекущие необходимость произвести нанимателю:

- затраты на восстановление, приобретение имущества или иных ценностей;

- излишние денежные выплаты (за исключением штрафов, взыскиваемых с нанимателя). По установленным правилам упущенная выгода не должна учитываться в случае причинения ущерба при исполнении работником трудовых обязанностей.

Данное положение ТК свидетельствует о необходимости закрепления в локальных нормативных правовых актах организации порядка определения размера материального ущерба, подлежащего возмещению работником.

Такой документ необходим также бухгалтерии организации, так как для отражения в бухгалтерском учете расчетов по возмещению материального ущерба необходимо определить и учесть размер дебиторской задолженности работника при возмещении материального ущерба, как текущую стоимость будущих поступлений денежных средств от использования актива (недостающего имущества), что соответствует порядку бухгалтерского учета расчетов по воз-

мещению материального ущерба, установленного Инструкцией № 50. Согласно указанному документу, расчеты по возмещению причиненного работником ущерба учитываются в бухгалтерском учете на счете 73 «Расчеты с персоналом по прочим операциям», субсчет 2 «Расчеты по возмещению ущерба» [5]. Рассматриваемый документ содержит бухгалтерские записи, необходимые для отражения в бухгалтерском учете выявленных недостатков, но не устанавливает порядок определения сумм по данным хозяйственным операциям.

Для разработки данного порядка можно учесть нормы Положения № 1001, но при использовании указанного документа возникают неясности. Так, пунктом 4 Положения № 1001 установлено, что размер вреда определяется при недостатке как разница между денежной оценкой имущества, числящегося в бухгалтерском учете, и денежной оценкой его фактического наличия [4]. Данная норма, вероятно, не предполагает возможности взыскания дополнительных сумм, относительно тех, которые числятся в бухгалтерском учете организации. Соответственно, взыскать недостающую сумму можно лишь по стоимости имущества, числящейся в бухгалтерском учете.

Разберемся, насколько такой порядок раскрывает закрепленную в ТК категорию реального ущерба. Например, определение ущерба при его взыскании по полностью амортизированным объектам. Положение № 1001 не содержит такого порядка. В части основных средств и нематериальных активов в нем определено, что размер вреда определяется исходя из денежной оценки имущества, числящегося в бухгалтерском учете (документов, отражающих денежную оценку имущества), уменьшенную на сумму амортизационных отчислений по основным средствам и нематериальным активам. В то же время, если будет выявлена недостача полностью амортизированных основных средств, остаточная стоимость которых равна нулю, то необходимость взыскания материального ущерба и вовсе не возникает. Такой подход к определению сумм материального ущерба, подлежащего возмещению, на наш взгляд, нивелирует профилактическую функцию внутрихозяйственного контроля, заключающуюся в том числе в разработке рекомендаций по устранению нарушений у материально-ответственных лиц, недопущение подобных нарушений в дальнейшем, а также снижение их уровня в организации в целом.

Или другой объект учета – запасы, в состав которых включаются материалы, готовая продукция и другие виды имущества, которые учитываются в бухгалтерском учете по фактической себестоимости, но в фактическую себестоимость запасов включаются не все затраты, возникающие у организации в процессе приобретения, хранения данных ценностей. В случае, если организацией для приобретения материалов был привлечен кредит банка для осуществления расчетов с поставщиком, то проценты за пользование данным кредитом не увеличивают стоимость запасов, а относятся в состав прочих расходов по финансовой деятельности, учитываемых на счете 91 «Прочие доходы и расходы». Не включаются в фактическую себесто-

имость, например, затраты, связанные с хранением материалов (амортизация складских помещений, затраты на их содержание, заработная плата материально ответственных лиц и т.п.). Можно называть и другие затраты, учитываемые, в частности, в составе управленческих. Соответственно, можно сделать вывод о том, что, взыскивая с материально-ответственного лица ущерб в размере фактической себестоимости запасов, по которой они числятся в учете, организация не покрывает понесенные ею затраты, то есть величину реального ущерба.

Возникают и другие вопросы, связанные с определением размера причиненного ущерба. Так, налоговое законодательство в установленных случаях определяет необходимость восстановления сумм налоговых вычетов при выявлении недостатков, что отражается в бухгалтерском учете сторнировочной записью по дебету счета 68 «Расчеты по налогам и сборам» и кредиту счета 18 «Налог на добавленную стоимость по приобретенным товарам, работам, услугам». Восстановленная сумма налога на добавленную стоимость (НДС) увеличивает стоимость недостачи с составлением записи по дебету счета 94 «Недостачи и потери от порчи имущества» и кредиту счета 18. При выявлении виновного лица, данная сумма НДС увеличивает задолженность, подлежащую возмещению работником [7].

По мнению авторов, стоимость возмещения ущерба должна покрывать не только стоимость утраченного имущества по первоначальной стоимости, но также и другие затраты. Это подтверждается и положениями, установленными в нормативных документах по бухгалтерскому учету, которые предусматривают порядок отражения разницы, возникающей между суммой, подлежащей взысканию с виновного лица и стоимостью недостающего имущества. Обратимся к нормам Инструкции № 50 в части отражения сумм, подлежащих взысканию с виновного лица. Так, документ предусматривает порядок отражения разницы между суммой, подлежащей взысканию с виновного лица и стоимостью недостающего имущества, отраженной на счете 94 корреспонденцией: дебет счета 73, субсчет 2 – кредит счета 90 «Доходы и расходы по текущей деятельности» (91 «Прочие доходы и расходы») [5].

Исходя из вышесказанного, считаем, что в организации должен быть установлен детализированный порядок не только определения размера причиненного ущерба, но и стоимости его возмещения в разрезе видов имущества: отдельно по основным средствам, материалам, готовой продукции, товарам, отдельным предметам в составе средств в обороте. Такой вывод объясняется особенностями бухгалтерского и налогового учета данных объектов.

Разработанный в организации порядок установления размера ущерба и сумм его возмещения должен снять все неясности в данном вопросе и дать возможность определять его размер во всех возникающих ситуациях, а также служить методической основой проведения внутрихозяйственного контроля расчетов по возмещению материального ущерба работниками

организации. В качестве вспомогательного материала, в целях разработки вопросов определения размера причиненного ущерба, можно изучить положения утратившей в настоящее время силу Инструкции о порядке определения размера, причиненного государственному имуществу вреда, в связи с утратой, повреждением (порчей), недостачей при проведении проверок финансово-хозяйственной деятельности государственных юридических лиц, утвержденной постановлениями Минфина и Минэкономики Республики Беларусь от 24.03.2003 г. № 39/69, которая предусматривала детализированный порядок определения размера причиненного организации вреда.

В ходе проверки необходимо установить, доведен ли до работников (под роспись) принятый в организации порядок определения сумм материального ущерба и его возмещения.

Дальнейший контроль связан с проверкой полноты и своевременности возмещения работником причиненного ущерба, который может производиться: а) в добровольном порядке; б) по распоряжению нанимателя, путем удержания из заработной платы работника; в) в судебном порядке.

В ходе контроля проверяющему следует уделить пристальное внимание проверке удержаний, производимых по распоряжению нанимателя из заработной платы работника, которые имеют ограничения, установленные на законодательном уровне:

а) ограниченные сроки составления нанимателем распоряжения: не позднее двух недель со дня обнаружения ущерба;

б) ограниченный размер ущерба, возможный к возмещению по распоряжению нанимателя, – до трех среднемесячных заработков работника. Если сумма ущерба превышает указанный размер, она не может быть удержана на основании распоряжения. Нельзя удержать часть суммы по распоряжению нанимателя, а часть в судебном порядке;

в) исполнение распоряжения должно быть осуществлено не ранее 10 дней со дня сообщения об этом работнику;

г) наличие письменного объяснения работника.

Кроме указанных пунктов, следует проверить:

– размер удержаний, осуществляемых из заработной платы работника при каждой выплате заработной платы (по общему правилу, такой размер не может превышать 50 % заработной платы, причитающейся к выплате работнику);

– числящуюся в учете невозмещенную дебиторскую задолженность, подлежащую оформлению для взыскания в судебном порядке. Устанавливается временной период, который прошел со дня обнаружения ущерба, для того чтобы не пропустить установленные для взыскания сроки. Для обращения нанимателя в суд по вопросам взыскания материального ущерба, причиненного ему работником, установлен срок в один год со дня обнаружения ущерба.

Заключение

Задачей системы управления является не только сформировать систему внутрихозяйственного кон-

троля, но и оказать методическую помощь для его проведения. Следовательно, при разработке локальных нормативных правовых документов, организации должны предусмотреть и такие, которые определяют порядок работы системы внутрихозяйственного контроля – положения о порядке проведения проверок отдельных участков работы организации, соблюдения расчетной дисциплины и в том числе положения о порядке определения размера ущерба, причиненного организации, и размера его возмещения. Разработка таких норм повысит не только эффективность работы организации, ее структурных подразделений, но и эффективность системы управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Киреенко, Н.Н. Финансово-хозяйственный контроль: учеб.-метод. пособие в 2 ч. / Н.Н. Киреенко. – Теория контроля. – Ч. 1. – Минск: БГЭУ, 2018. – 116 с.
2. О бухгалтерском учете и отчетности: Закон Респ. Беларусь, 12 июля 2013 г., № 57: в ред. от 17.07.2017 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
3. Трудовой кодекс Республики Беларусь, 26 июля, 1999 г. № 296-З: в ред. от 18.07.2019 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
4. Положение о порядке определения размера вреда (в том числе реального ущерба), причиненного государству, юридическим лицам и индивидуальным предпринимателям противоправными действиями: утв. пост. Совета Министров Респ. Беларусь от 07.12.2016 № 1001 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Минск, 2021.
5. Инструкция о порядке применения типового плана счетов бухгалтерского учета: утв. пост. Министерства финансов Респ. Беларусь, 29 июня 2011 г., № 50 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
6. Инструкции по инвентаризации активов и обязательств: утв. пост. Министерства финансов Респ. Беларусь 30 ноября 2007 г., № 180: в ред. от 22.04.2010 г. [Электронный ресурс] // Консультант Плюс / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Минск, 2018.
7. О корректировке налоговых вычетов по НДС в случае порчи, утраты товаров: письмо Министерства по налогам и сборам Респ. Беларусь от 28.03.2017 № 2-1-10/00584 [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. Беларусь / ООО «ЮрСпектр», Нац. центр правовой информации Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 17.03.2021

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. Статьи публикуются на русском языке.

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, представляемая в редакцию, 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 строку;

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, используются 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 и рисунки должны быть представлены в электронном виде в отдельных файлах формата *.tif или *.jpg с разрешением 300 dpi.

Научные статьи, публикуемые в изданиях, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, должны включать:

индекс УДК;

название статьи;

фамилию и инициалы, должность, ученую степень и звание автора (авторов) статьи;

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

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 может быть включен 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 образования, организации, предприятия, 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 лицам, осуществляющим послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство), в год завершения обучения.

Авторские материалы для публикации в журнале «Агропанорама» направляются в редакцию по адресу:

*220023, г. Минск, пр-т Независимости, 99,
корп. 5, к. 602; 608. БГАТУ*

Технология импульсного закалочного охлаждения жидкостью (ТИЗОЖ)

Предназначена для упрочнения сменных деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники.

Преимущества ТИЗОЖ: используются конструкционные нелегированные стали (типа 60ПП); высокая износостойкость изделий (ресурс лемехов, долот, дисков - не менее 50 га;).

Разработанная технология внедрена на 13 предприятиях Республики Беларусь и применяется при изготовлении деталей на ОАО «КЗТШ», ПРУП «МЗШ», ДП «Минойтовский РЗ», ОАО «БЭМЗ», ОАО «Дрогиченский ТРЗ», ОАО «Бобруйскагропромаш», ОАО «Оршаагропромаш», КУПП «Берёза РАС», ОАО «Минский РАС», ОАО «Лида РАС», ОАО «Лидсельмаш», ОАО «Бобруйксельмаш», ОАО «Витебский МРЗ».

