



ISSN 2078-7138

Агропанорама

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 6
декабрь
2020

В номере:

*Определение порогового значения предельной
выработки ресурса моторного
масла трактора «БЕЛАРУС»*

*Сопротивление качению транспортно-
технологических машин в
дорожных условиях*

*Методика расчета конструктивных параметров и
технических характеристик трансформатора
со схемой соединения обмоток
«звезда-двойной зигзаг с
нулевым проводом»*

*Алгоритмы обработки сигналов в
интегрированной системе вибро-
акустической и тепловой
диагностики дизельных
двигателей*



С НОВЫМ, 2021 ГОДОМ!

Уважаемые коллеги, друзья!



Приближается Новый год! По сложившейся традиции в эти предпраздничные дни мы говорим о наших достижениях, подводим итоги уходящего года и строим планы на будущее.

В течение года коллектив Белорусского государственного аграрного технического университета плодотворно трудился над решением поставленных задач по дальнейшему совершенствованию образовательных технологий, направленных на повышение качества подготовки высококвалифицированных специалистов для агропромышленного комплекса страны.

Большое внимание уделялось научной работе. В 2020 году учеными, аспирантами и студентами БГАТУ внедрено более 70 новых научных разработок в производство и образовательный процесс, получено 12 патентов Республики Беларусь на изобретения, издано 5 монографий, успешно защищено 6 кандидатских диссертаций. Научные исследования проводились по приоритетным направлениям науки в рамках шести государственных и региональных научно-технических программ, заданий Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, а также

прямым договорам с предприятиями и организациями республики.

Успешно развивалось и международное сотрудничество. В прошедшем году университет сотрудничал в научно-образовательной деятельности с более чем 90 ведущими университетами и научными организациями стран СНГ, Евросоюза, Китайской Народной Республики и других государств.

В Институте повышения квалификации и переподготовки кадров АПК повысили свою квалификацию и прошли переподготовку более 3 тысяч руководящих работников и специалистов.

Значительных успехов в уходящем году достигли наши студенты, ими получены многочисленные дипломы и грамоты на международных и республиканских научных конференциях, олимпиадах и конкурсах научных работ. Более 45 студентов университета удостоены стипендий Президента Республики Беларусь, имени Франциска Скорины, Минского областного комитета профсоюза работников АПК, Республиканского комитета белорусского профсоюза работников АПК и персональных стипендий совета университета БГАТУ, награждены премией Специального фонда Президента Республики Беларусь по социальной поддержке одаренных учащихся и студентов.

Уважаемые коллеги! Примите слова искренней благодарности за добросовестный и безупречный труд во благо университета и нашей родной Беларуси!

От всей души поздравляю ученых, преподавателей, студентов, аспирантов и всех работников университета с Новым, 2021 годом и Рождеством!

Желаю всем в Новом году дальнейших творческих успехов в учебе и труде, новых научных достижений, оптимизма и осуществления всех намеченных планов!

Дорогие друзья! Крепкого здоровья, счастья, благополучия, стабильности и праздничного настроения Вам и Вашим близким!

*Ректор БГАТУ,
доктор технических наук,
профессор
И.Н. Шило*

АГРОПАНОРАМА 6 (142) декабрь 2020

Издается с апреля 1997 г.

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

Учредитель
Белорусский государственный
аграрный технический университет

Главный редактор
Иван Николаевич Шило

Заместитель главного редактора
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, 2020.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 23.12.2020 г. Зак. № 857 от 22.12.2020 г.

Дата выхода в свет 30.12.2020 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

Ю.Д. Карпиевич

Определение порогового значения предельной выработки ресурса моторного масла трактора «БЕЛАРУС».....2

Г.И. Гедроить, С.В. Занемонский, С.И. Оскирко

Сопротивление качению транспортно-технологических машин в дорожных условиях.....6

В.А. Шкляревич

Исследование показателей тягово-сцепных свойств движителя9

Технологии производства продукции растениеводства и животноводства. Зоотехния

А.М. Антонович, В.Ф. Радчиков, В.А. Люндышев, А.А. Груша

Степень расщепляемости протеина в рубце бычков при скармливании гранулированного люпина.....15

А.В. Китун, Ф.Д. Сапожников, И.М. Швед, С.Н. Бондарев

Основы определения количества хранилищ для сохранности кормов.....18

Технологии переработки продукции АПК

Е.И. Харченко, Е.А. Еремеева

Обоснование подогрева зерна и воды в процессе подготовки зерна к помолу.....23

Л.В. Сафроненко, Е.В. Сафроненко

Инновационные технологии в производстве пробиотических кисломолочных продуктов.....28

Энергетика. Транспорт

М.А. Прищепов, А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга

Методика расчета конструктивных параметров и технических характеристик трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом».....32

Технический сервис в АПК. Экономика

В.Е. Тарасенко, О.Ч. Ролич, Д.А. Михеевич

Алгоритмы обработки сигналов в интегрированной системе виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей.....38

Т.А. Тетеринец

Управление человеческим капиталом в АПК: опыт стран Европейского Союза.....41

ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «АГРОПАНОРАМА» В 2020 ГОДУ.....46

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВОГО ЗНАЧЕНИЯ ПРЕДЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ РЕСУРСА МОТОРНОГО МАСЛА ТРАКТОРА «БЕЛАРУС»

Ю.Д. Карпиевич,

профессор каф. автомобилей БНТУ, докт. техн. наук, доцент

В статье рассматривается процесс определения порогового значения предельной выработки ресурса моторного масла по комплексному показателю, учитывающему суммарный объем израсходованного топлива на различных режимах работы двигателя трактора «Беларус» и количество циклов его пуска, находящегося в реальных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: трактор, моторное масло, ресурс, пороговое значение, двигатель.

The process of determining the threshold value of the maximum depletion of the engine oil resource by a complex indicator that takes into account the total volume of fuel consumed at various engine operating modes and the number of start cycles of the «Belarus» tractor in real operating conditions are considered the article.

Keywords: tractor, engine oil, resource, threshold value, engine.

Введение

Лабораторные и эксплуатационные испытания подтверждают, что между общим количеством израсходованного двигателем топлива и уровнем загрязнения масла, при котором оно в состоянии продолжать нормально работать, существует положительное соотношение [1]. Масло имеет ограничение на количество загрязнений, которое оно может поглотить без нарушения своих функций [2]. Соотношение между расходом топлива и загрязнением масла является критерием для выбора интервала замены масла [3, 4].

Обычно изготовители двигателей в инструкции по эксплуатации устанавливают его наработку в часах или пробег автомобиля до замены масла [5]. При этом исходят из средних статистических данных по работоспособности масла в различных условиях эксплуатации и при техническом состоянии двигателя, близком к предельному [6]. При фиксированной наработке до смены масла в новых двигателях и двигателях, работающих в более благоприятных условиях, замена масла происходит преждевременно, оно сливается из двигателя еще вполне работоспособным [7]. В то же время, в некоторых двигателях (чаще из-за неполадок в системах охлаждения и топливоподачи) масло становится неработоспособным до того, как оно должно быть заменено по инструкции [8].

Целью работы является определение порогового значения предельной выработки ресурса моторного масла трактора «Беларус».

Основная часть

Исследования по определению порогового значения предельной выработки ресурса моторного масла по комплексному показателю, учитывающему суммарный объем израсходованного топлива на различных режимах работы двигателя Д-245.5S2 и коли-

чество циклов его пуска, проводились на учебном тракторе «Беларус-925М», используемом в образовательном процессе БГАТУ, и на тракторе «Беларус-952», находящемся в реальных условиях эксплуатации СПК «Радонежское» (д. Корчицы Кобринского района Брестской области), с установленной на них телематической системой контроля расхода топлива и режимов работы силового агрегата фирмы СП «Технотон». Схема соединений компонентов телематической системы приведена на рисунке 1.

В качестве исходных данных для проведения экспериментальных исследований были приняты: регламентированный производителем срок замены моторного масла через 250 часов работы двигателя [9], гипотеза о зависимости изменения свойств моторного масла не только от времени, но и от режимов работы двигателя и значения щелочного и кислотного чисел свежего масла, залитого в двигатель. Контрольный забор моторного масла производился в объеме 80 мл через каждые 85-90 часов работы трактора. При этом регистрировались параметры времени работы, суммарного расхода топлива и количество циклов «пуск – работа – остановка двигателя» на момент забора пробы. Затем определялось щелочное и кислотное число каждой пробы, темп изменения которых, по результатам многих исследований, является одним из основных показателей сохранения качественных характеристик и смазывающих свойств моторного масла в процессе эксплуатации. Щелочное и кислотное число каждой пробы масла сравнивалось со щелочным и кислотным числом свежего масла, и затем строилась графическая зависимость изменения темпа указанных показателей в процессе проведения исследований.

Одновременно брались пробы масла и исследовались показатели расхода топлива и режимов работы другого подконтрольного объекта – трактора «Бела-

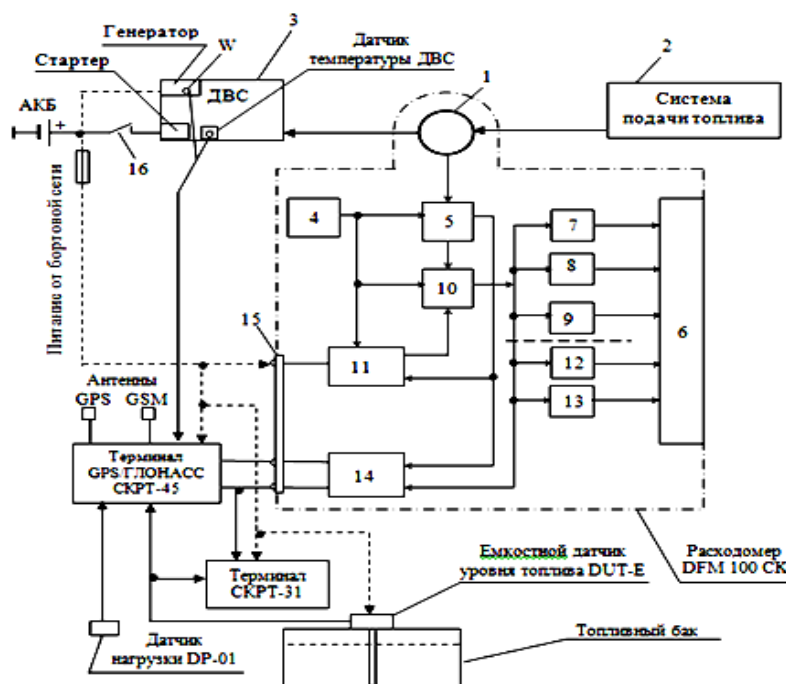


Рисунок 1. Функциональная схема соединений компонентов телематической системы для проведения исследований:

1 – датчик расхода топлива; 2 – система подачи топлива; 3 – двигатель внутреннего сгорания; 4 – встроенные часы (таймер); 5 – анализатор скорости расхода топлива; 6 – ЖК-индикатор расходомера; 7, 8, 9 – счетчики расхода топлива и времени работы двигателя, соответственно, в режиме холостого хода, номинальной работы и перегрузки; 10 – многоканальный ключ-переключатель режимов работы счетчиков; 11 – анализатор уровня напряжения питания бортовой сети трактора; 12 и 13 – счетчики количества пусков двигателя и расхода топлива в режиме пуска; 14 – контроллер информационных сигналов; 15 – электрический разъем расходомера; 16 – включатель реле пуска стартера двигателя внутреннего сгорания

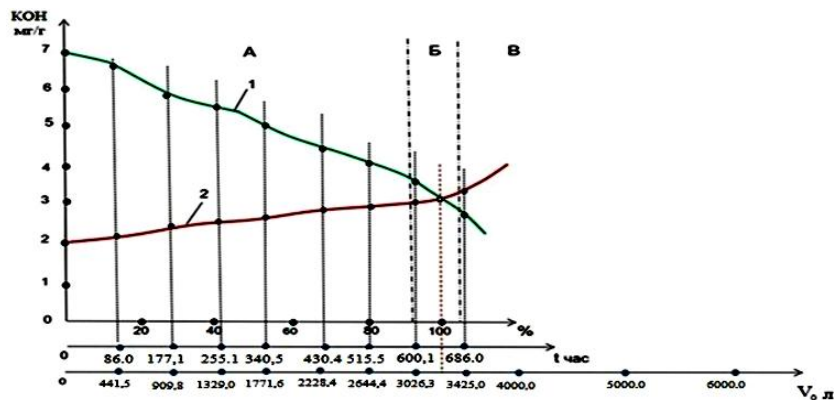


Рисунок 2. Динамика изменения показателей работающего моторного масла марки М14Г2: 1 – щелочное число; 2 – кислотное число; А – эффективная работа масла; Б – диапазон замены масла; В – интенсивное старение масла

рус-952», находящегося в реальных условиях эксплуатации и оснащенного аналогичным двигателем.

В результате проведенных испытаний трактора «Беларус-952», находящегося в реальных условиях эксплуатации, установлено, что темп изменения щелочного числа моторного масла М14Г₂ в процессе эксплуатации

пропорционален количеству пусков двигателя и суммарному расходу топлива за циклы «пуск – работа – остановка двигателя» (рис. 2).

Проанализировав сводные отчеты режимов работы колесного трактора, находящегося в реальных условиях эксплуатации, установлено, что за время испытаний с 10 августа по 4 декабря 2017 года трактор «Беларус-952» отработал 93 дня. В день в среднем осуществлялось 5 пусков двигателя и, как минимум, первый пуск – пуск не прогретого (до +40 °С) двигателя.

Таким образом, за все время трактор проработал 93 дня, где было 465 (93×5=465) пусков двигателя. Из них, как минимум, $m_1 = 93$ – не прогретого (до +40 °С), а прогретого (свыше +40 °С) – $m_2 = 465 - 93 = 372$ пуска.

Проанализировав графики (рис. 3) зависимости часового расхода топлива от температуры и оборотов коленчатого вала двигателя колесного трактора за цикл «пуск – прогрев – работа – остановка», можно заключить, что прогрев двигателя (до +40 °С) занимает 15 минут, что составляет 0,25 часа. Если принять регламентированный производителем срок замены моторного масла через 250 часов работы двигателя, то это составит (250:0,25) = 1000 пусков двигателя. Следовательно, коэффициент выработки ресурса моторного масла составит $k_1 = 0,001$ – при пуске двигателя, не прогретого (до +40 °С).

Объем израсходованного двигателем топлива за 250 часов его работы (периодичность замены масла в часах работы двигателя, установленная заводом-изготовителем), соответствующий предельной выработке ресурса моторного масла (пороговое значение), рассчитывался по следующей формуле и заносился в память бортового компьютера:

$$V_0 = \frac{G \cdot t}{\rho} = \frac{19,44 \cdot 250}{0,84} = 5785,7 \text{ л} \quad (1)$$

где G – часовой расход топлива, кг/ч;
 t – периодичность замены масла в часах работы двигателя, установленная заводом-изготовителем, ч;

ρ – плотность топлива, г/см³.

Часовой расход топлива для двигателя Д-245.5S2, установленного на тракторе «Беларус-952», определяется по формуле:

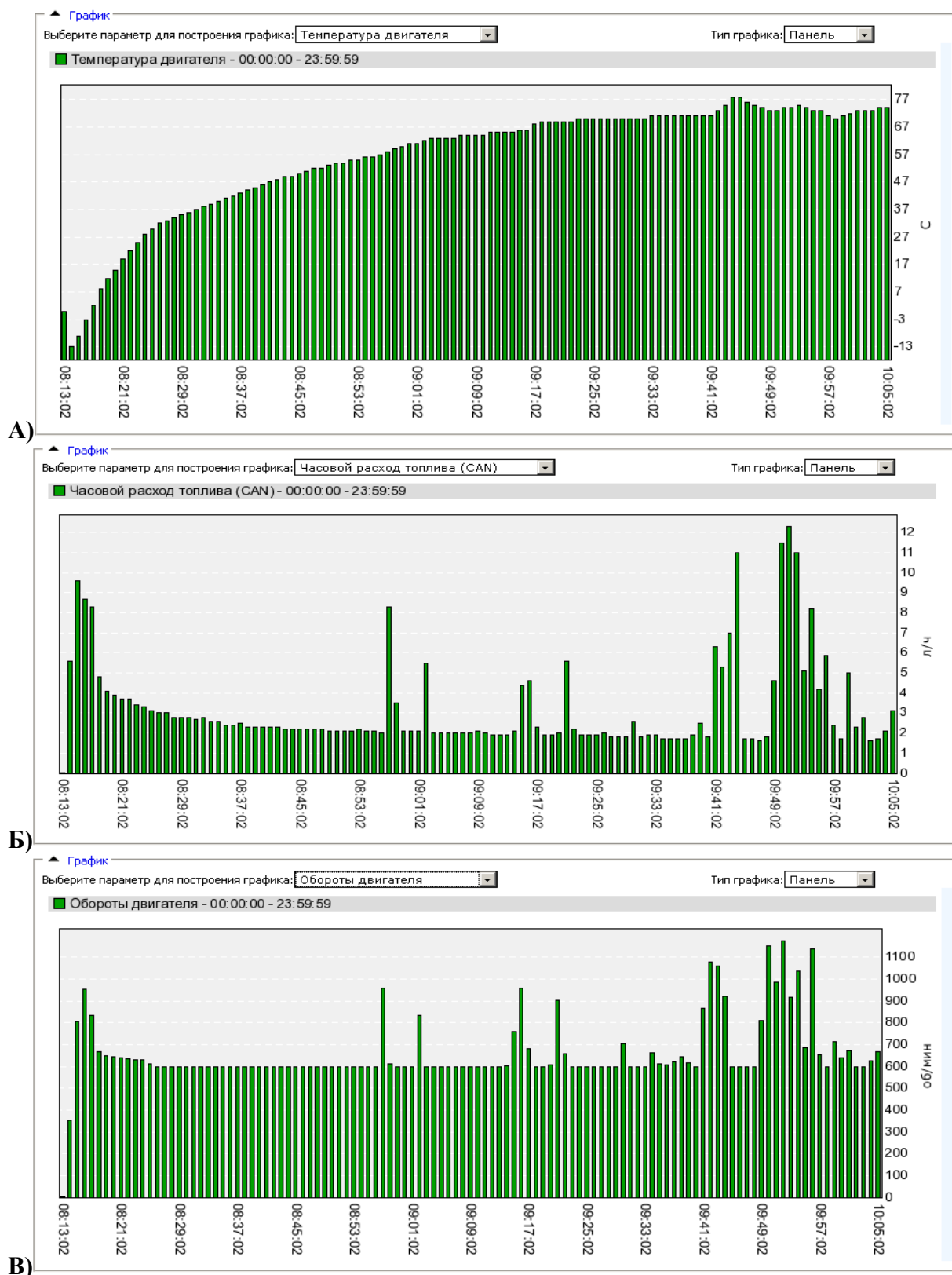


Рисунок 3. Графики изменения температуры (А), часового расхода топлива (Б) и оборотов коленчатого вала (В) двигателя трактора «Беларус – 925М» за цикл «пуск – прогрев – работа – остановка» при отрицательной температуре наружного воздуха

$$G = \frac{g_e \cdot N_e}{10^3} = \frac{240 \cdot 81}{1000} = 19,44 \text{ кг/ч}, \quad (2)$$

где g_e – эффективный удельный расход топлива, г/кВт·ч;

N_e – номинальная мощность двигателя, кВт.

Объем израсходованного двигателем топлива при полной выработке ресурса моторного масла по новому методу составил – 3240 л (рис. 2).

Из этого следует, что оценку степени выработки и величину остаточного ресурса моторного масла в процессе эксплуатации более целесообразно производить не по времени работы, а по комплексному показателю (3), учитывающему суммарный расход топлива, характеризующий температурные условия и режимы работы контролируемого объекта, и количество циклов пуска двигателя

$$\Delta = \left(\frac{\sum_{p=1}^n V_p}{V_0} + m_1 \cdot \kappa_1 + m_2 \cdot \kappa_2 \right) \cdot 100\% =$$

$$= \left(\frac{3240}{5785,7} + 93 \cdot 0,001 + 372 \cdot 0,0009 \right) \times$$

$$\times 100\% \approx 100\%, \quad (3)$$

где V – объем израсходованного двигателем топлива за цикл «пуск – работа – остановка двигателя», л;

$p = 1, 2, \dots, n$, n – количество циклов;

m_1 , m_2 – количество циклов пуска двигателя, не прогретого (до $+40^\circ\text{C}$) и прогретого (свыше $+40^\circ\text{C}$) соответственно;

κ_1 , κ_2 – коэффициенты выработки ресурса моторного масла при пуске двигателя, не прогретого до $+40^\circ\text{C}$ и прогретого свыше $+40^\circ\text{C}$, соответственно.

Коэффициент выработки ресурса моторного масла $\kappa_2=0,0009$ – при пуске двигателя, прогретого свыше $+40^\circ\text{C}$, определен математически из уравнения 3.

В процессе проведения исследований определен признак снижения качественных свойств щелочного числа работающего моторного масла после наработки контролируемого объекта (трактора «Беларус-952») более 600 часов в реальных условиях эксплуатации (рис. 2).

Заключение

В результате проведенных исследований теоретически определено пороговое значение предельной выработки ресурса моторного масла марки M14Г₂ по объему израсходованного двигателем Д-245.5S2 топ-

лива ($V_0=5785,7$ л) за 250 часов работы колесного трактора «Беларус-952». Использование комплексного показателя, учитывающего суммарный объем израсходованного топлива на различных режимах работы двигателя в реальных условиях эксплуатации и количество циклов его пуска, позволит прогнозировать выработку ресурса моторного масла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Картошкин, А.П. Топливо для автотракторной техники / А.П. Картошкин; 2-е изд. – М.: Академия, 2013. – 192 с.
2. Автомобильные эксплуатационные материалы / И.Л. Трафименко [и др.]. – Минск: Новое знание. – 2008. – С. 71-73.
3. Карпиевич, Ю.Д. Бортовой мониторинг степени выработки ресурса моторного масла колесных и гусеничных машин / Ю.Д. Карпиевич, Н.Г. Мальцев, И.И. Бондаренко // Наука и техника. – 2014. – № 4. – С. 10-14.
4. Карпиевич, Ю.Д. Новый метод бортового мониторинга степени выработки ресурса моторного масла / Ю.Д. Карпиевич, И.И. Бондаренко, Н.Г. Мальцев // Автомобиле- и тракторостроение: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 – 18 мая 2018 г.: в 2 т. / Белорусский национальный технический ун-т; под ред. Д.В. Капский [и др.]. – Минск, 2018. – Т. 1. – С. 9-11.
5. Мамедьяров, М.А. Химия синтетических материалов / М.А. Мамедьяров. – Л.: Химия, 1989. – 240 с.
6. Картошкин, А.П. Смазочные материалы для автотракторной техники / А.П. Картошкин. – М.: Академия, 2012. – 184 с.
7. Григоров, А.Б. Изменение диэлектрической проницаемости дизельных моторных масел в эксплуатации / А.Б. Григоров, П.В. Карножицкий, И.С. Наглюк // Автомобильный транспорт. – Х.: ХНАДУ. – 2007. – № 20. – С. 95-97.
8. Карпиевич, Ю.Д. Диэлектрическая проницаемость как показатель степени выработки ресурса моторного масла / Ю.Д. Карпиевич, И.И. Бондаренко, Д.А. Русакевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 32-34.
9. Пуховой, А.А. Тракторы. Устройство. Техническое обслуживание. Ремонт. «БЕЛАРУС» серия 1000-2000: учеб. пособие / А.А. Пуховой, И.Н. Шило. – Астана: КАТУ им. С. Сейфуллина, 2012. – 779 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.11.2020

СОПРОТИВЛЕНИЕ КАЧЕНИЮ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН В ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЯХ

Г.И. Гедроить,

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

С.В. Занемонский,

ст. преподаватель каф. тракторов и автомобилей БГАТУ

С.И. Оскирко,

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

В статье приведены методика и результаты экспериментальных исследований по определению силы сопротивления качению транспортно-технологических машин в дорожных условиях.

Ключевые слова: машина, дорога, движитель, воздействие на почву, исследования, сопротивление качению, шина, давление воздуха, нагрузка.

The methodology and results of experimental studies to determine the rolling resistance force of transport and technological machines on the road are presented in the article.

Keywords: machine, road, mover, impact on soil, research, rolling resistance, tire, air pressure, load.

Введение

Сила сопротивления качению существенно влияет на потери энергии при движении тракторного агрегата. Она зависит от многих конструкционных и эксплуатационных факторов: типа и состояния покрытия дороги, профиля шины, рисунка протектора, его износа, конструкции каркаса и качества материала шины, давления воздуха в шинах, изношенности протектора [1-3]. В аналитических моделях учесть все факторы сложно. Поэтому экспериментальные исследования являются важным этапом при разработке и создании мобильных машин.

Актуальность оценки сил сопротивления качению в дорожных условиях для транспортно-технологических машин (прицепов, машин для внесения удобрений, транспортировщиков рулонов) возрастает из-за тенденции использования на них шин, обеспечивающих снижение уровня воздействия ходовых систем на почву. Это дает положительный результат в полевых условиях [4], но на дорогах энергозатраты на передвижение возрастают.

Цель работы – исследовать изменение силы сопротивления качению транспортно-технологических машин в разных дорожных условиях в зависимости от типа используемых шин.

Основная часть

Исследованию вопроса взаимодействия различного типа движителей с опорным основанием посвящены труды многих ученых – В.А. Скотникова, Я.С. Агейкина, В.В. Гуськова, В.В. Кацыгина, В.П. Бойкова, В.А. Русанова, А.Н. Орды, Г.С. Горина, В.И. Кнорова, Н.Ф. Бочарова, В.Ф. Бобкова,

И.И. Водяника, А.М. Кононова, М.Г. Беккера, Дж. Вонга, М.Н. Летошнев и др. [1-3]. В большинстве работ описываются исследования взаимодействия колесного движителя с деформируемой опорной поверхностью. Их основной целью является определение показателей деформации шины и почвы, сопротивления качению, силы тяги, уровня воздействия на почву и др. Работы отличаются описанием зоны контакта колеса с опорным основанием, принятыми закономерностями изменения нормальных и касательных напряжений в контакте, допущениями.

Модели, построенные при аналитических исследованиях, всегда содержат эмпирические коэффициенты, которые определяются при нагружении шин на обжимных стендах, при полевых и дорожных исследованиях машин. Авторами данной статьи выполнены исследования и получены результаты по значениям силы сопротивления качению транспортно-технологических машин в дорожных условиях.

В качестве объектов исследований использовались образцы машин (табл. 1) с четырехколесными или шестиколесными ходовыми системами, осна-

Таблица 1. Технические характеристики транспортно-технологических машин

Машина	Полная масса, кг	Количество осей/колес, шт.	Шины
Образец-1	32000	1/2+б.т./4	1300x750 мод. Я-186
Образец-2	22000	1/2+б.т./4	16,5/70-18 мод. КФ-97
Образец-3	14570	б.т./4	16,5/70-18 мод. КФ-97
Образец-4	18730	б.т./4	22/70-20 мод. Ф-118
Образец-5	12330	б.т./4	1140x600 мод. Я-404
Образец-6	11800	б.т./4	1140x700 мод. Я-369
Образец-7	10800	б.т./4	22/70-20 мод. Ф-118
Образец-8	26660	1/2+б.т./4	22/70-20 мод. Ф-118

* – балансирная тележка

щенными широкопрофильными и арочными шинами. Серийные машины оборудованы шинами 16,5/70-18 (мод. КФ-97). Параметры шин образцов приведены в таблице 2.

Для проведения исследований по определению сил сопротивления качению машин выбирались участки дороги длиной не менее 60 м и с уклоном не более двух градусов. Опыты проводились при движении в прямом и обратном направлении. На дороге сравниваемые варианты исследовались на одном участке. Измерение сил сопротивления качению машин осуществлялось тензометрическими тяговыми звеньями (тензобалками) (рис. 1).

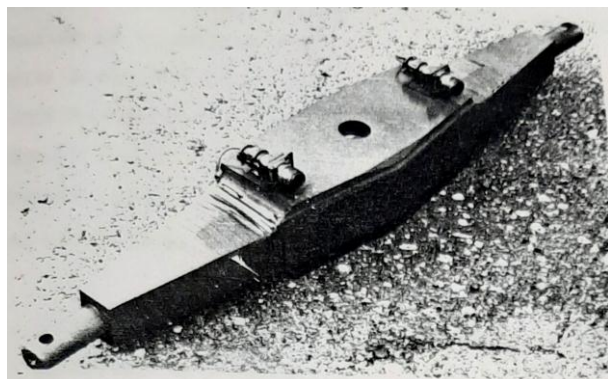


Рисунок 1. Тензометрическое тяговое звено для измерения силы сопротивления качению машин

На вертикальных и горизонтальных плоскостях тяговых звеньев наклеивались тензорезисторы для измерения, соответственно, силы сопротивления качению машины и нагрузки, передаваемой от машины на трактор. Тензорезисторы соединялись в мостовую схему. Точная разметка деталей и качественная наклейка тензорезисторов позволили исключить взаимное влияние вертикальной и горизонтальной сил. Это установлено при тарировке тензозвеньев с помощью специального устройства. Нагружение и разгрузка тензозвеньев во время тарировки осуществлялись гидравлическим домкратом с трехкратной повторностью. Усилие определялось по образцовому динамометру сжатия ДОСМ-3-5. По результатам тарировки вычислялись масштабные коэффициенты. Ошибка тарировки звеньев не превышала 1,8 %.

Минимальное давление воздуха в шинах выбиралось исходя из допустимой деформации шин при соответствующей нагрузке. При исследовании образцов 6 и 7 (табл. 1) было смоделировано движение с разным давлением воздуха в шинах. Скорость движения в дорожных условиях задавалась в пределах 3...4 м/с. Взвешивание машин и распределение нагрузки по опорам производились на автомобильных весах погрешностью $\pm 0,2$ %.

Результаты экспериментов по определению сил сопротивления качению машин в дорожных условиях приведены в таблице 3.

Нагрузка на ходовые системы исследованных образцов (табл. 3) была ниже их полной массы, так как часть нагрузки передавалась на тензозвено, т.е. догружала трактор.

В связи с разной грузоподъемностью шин, нагрузки на ходовые системы машин различаются. Поэтому сравнение вариантов удобнее производить по коэффициенту сопротивления качению, равному отношению силы сопротивления качению к нормальной нагрузке на ходовую систему [5- 7].

На асфальтированной дороге наиболее низкие значения коэффициента сопротивления качению машин получены для серийных машин (табл. 3, образцы 2, 3) и составляют 0,013. В шинах таких машин давление воздуха – 370 кПа. Применение шин с давлением воздуха 200...250 кПа приводит к повышению коэффициента сопротивления качению машин до 0,018...0,028, т.е. в 1,5...2,1 раза. При дальнейшем снижении давления воздуха в шинах до 100...150 кПа коэффициент сопротивления качению возрастает до 0,021...0,033, что выше, чем у серийных машин в 1,6...2,5 раза. Необходимо отметить, что значения давления воздуха коррелируют с давлением ходовых систем на опорное основание [2, 8]. Разность в значениях коэффициента сопротивления качению машин при одном давлении воздуха в шинах связана с тем, что они имеют разные размеры, форму профиля, деформируемость (табл. 2).

Аналогичные соотношения получены на сухой грунтовой дороге. На размокшей грунтовой дороге (толщина размокшего слоя 40...50 мм) получены равные значения коэффициентов сопротивления качению для машин с шинами 16,5/70-18 и 22/70-20.

Таблица 2. Геометрические размеры шин, м

Шина	Наружный диаметр	Ширина профиля	Высота профиля	Статический радиус	Ширина беговой дорожки протектора	Высота беговой дорожки протектора	Радиус кривизны беговой дорожки протектора
1300x750 мод. Я-186	1,280	0,750	0,300	0,564	0,684	0,118	0,555
16,5/70-18 мод. КФ-97	1,065	0,425	0,306	0,484	0,35	0,054	0,311
22/70-20 мод. Ф-118	1,320	0,560	0,406	0,571	0,460	0,070	0,413
1140x600 мод. Я-404	1,150	0,605	0,261	0,496	0,530	0,062	0,597
1140x700 мод. Я-369	1,160	0,710	0,266	0,515	0,630	0,062	0,831

**Таблица 3. Сопротивление качению
транспортно-технологических машин**

Машина	Нагрузка на ходовую систему, кН	Давление воздуха в шинах, кПа	Сила сопротивления качению, кН	Коэффициент сопротивления качению
Асфальт				
Образец-1	300,5	250	7,62	0,025±0,002
Образец-2	204,0	370	2,66	0,013±0,001
Образец-3	128,2	370	1,66	0,013±0,001
Образец-4	169,0	210	3,42	0,020±0,001
Образец-5	108,4	150	3,16	0,030±0,001
Образец-6	108,5	250	2,45	0,023±0,003
	108,5	200	3,03	0,028±0,002
	108,5	150	3,61	0,033±0,002
Образец-7	108,5	250	1,93	0,018±0,002
	108,5	200	2,25	0,021±0,003
	108,5	150	2,45	0,023±0,004
	108,5	100	3,15	0,029±0,003
Сухая грунтовая дорога				
Образец-3	128,2	370	2,36	0,018±0,002
Образец-4	169,0	210	4,48	0,027±0,001
Образец-5	108,4	150	3,94	0,037±0,001
Размокшая грунтовая дорога				
Образец-8	249,5	220	9,46	0,038±0,002
Образец-2	202,5	370	7,72	0,038±0,003

Таблица 4. Уклоны дорог

Местность	Максимальный подъем на дороге, град.			
	с покрытием	грейдерной	грунтовой	полевой
Равнинная	4	5...6	7	8
Холмистая	5	6...7	8	10

**Таблица 5. Значение приведенного коэффициента
сопротивления качению машин**

Машина	Давление воздуха в шинах, кПа	Подъем, град.				
		0	2	4	6	8
Асфальт						
Образец-3	370	0,013	0,048	0,083	0,118	0,154
Образец-7	200	0,021	0,056	0,091	0,126	0,162
	100	0,029	0,064	0,099	0,134	0,170
Сухая грунтовая дорога						
Образец-3	370	0,018	0,053	0,088	0,123	0,159
Образец-4	210	0,027	0,062	0,097	0,132	0,168

Размеры последних близки к рекомендованным, с целью совершенствования ходовых систем транспортно-технологических машин [9].

В реальных дорожных условиях агрегатам необходимо преодолевать подъемы, что соответственно вызывает увеличение сил сопротивления качению машин. Суммарное сопротивление движению машин на пересеченной местности оценивается приведенным коэффициентом сопротивления дороги ψ .

$$\psi = f \pm \operatorname{tg} \alpha,$$

где f – коэффициент сопротивления качению на горизонтальной дороге;

α – угол уклона дороги, град.

Согласно источнику [10], можно выделить углы уклона на равнинной и холмистой местности (табл. 4).

Результаты расчетов испытанных образцов на широкопрофильных шинах приведены в таблице 5.

Из таблицы 5 видно, что уже при углах подъема два градуса, во всех вариантах составляющая приведенного коэффициента сопротивления качению от преодоления подъема выше, чем составляющая от дороги. С ростом углов подъема эта разница увеличивается. При углах подъема восемь градусов, суммарное значение приведенного коэффициента сопротивления дороги составляет 0,154...0,170. Отметим, что близкие значения коэффициента сопротивления качению получены для движения машин на почвах с низкой несущей способностью [1, 2].

Приведенные результаты показывают, что применение на транспортно-технологических машинах шин с пониженным давлением воздуха приводит к существенному росту коэффициента сопротивления качению в дорожных условиях, что отрицательно сказывается на топливно-экономических показателях агрегатов. Однако возможность агрегатирования на дорогах в большей степени зависит от уклонов дорог.

Заключение

Одной из тенденций современного сельскохозяйственного машиностроения является снижение уровня воздействия ходовых систем на почву. Применение на транспортно-технологических машинах шин с давлением воздуха 100...250 кПа вместо шин с давлением воздуха 370 кПа приводит к росту коэффициента сопротивления качению на асфальте и сухих грунтовых дорогах в 1,5...2,5 раза. Определяющую роль для возможности агрегатирования при этом для всех машин играют уклоны используемых дорог.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скотников, В.А. Проходимость машин / В.А. Скотников, А.В. Пономарев, А.В. Климанов. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 328 с.
2. Агейкин, Я.С. Проходимость автомобилей / Я.С. Агейкин. – М.: Машиностроение, 1981. – 242 с.

3. Гедроить, Г.И. Совершенствование профиля пневматических шин для сельскохозяйственной техники / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2017. – № 5. – С. 2-5.

4. Гедроить, Г.И. Уплотнение почв ходовыми системами сельскохозяйственных машин / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2010. – № 6. – С. 8-12.

5. Кутьков, Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г.М. Кутьков. – М.: Колос, 2004. – 504 с.

6. Расчет нормальной жесткости шин для оценки их эксплуатационных показателей / А.Н. Евграфов [и др.] // Автомобильная промышленность. – 1977. – №3. – С. 20-22.

7. Гедроить, Г.И. Сопротивление качению ведомых пневматических колес / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2010. – № 1. – С. 26-30.

8. Гедроить, Г.И. Опорные свойства шин для сельскохозяйственной техники / Г.И. Гедроить // Агропанорама. – 2009. – № 4. – С. 23-27.

9. Совершенствование ходовых систем транспортно-технологических сельскохозяйственных машин / Г.И. Гедроить [и др.] // Агропанорама. – 2020. – № 2. – С. 2-6.

10. Моделирование характеристик дизельного двигателя: учеб.-метод. пособие / Ю.Н. Атаманов [и др.]. – Минск: БНТУ, 2014. – 196 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.11.2020

УДК 631.372

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ДВИЖИТЕЛЯ

В.А. Шкляревич,

ст. преподаватель каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ

В статье получены зависимости, позволяющие оценить влияние конструктивных параметров движителя машинно-тракторного агрегата на развитие его касательной силы тяги и коэффициенты буксования и сцепления.

Ключевые слова: колесный движитель, гусеничный движитель, касательная сила тяги, буксование, сцепление, почвозацеп.

Dependencies allowing to estimate the influence of structural parameters of machine-tractor unit propeller on development of its tangent tractive effort and coefficients of slip and grip are obtained in the article.

Keywords: weeled propeller, tracked propeller, tangent tractive effort, slip, grip, grouser.

Введение

В настоящее время создано множество различных типов ходовых систем, учитывающих разнообразие почвенных условий и агротехнические требования, предъявляемые к выполнению технологических операций. Основными их видами являются колесные и гусеничные ходовые системы. Наиболее простым и универсальным элементом ходовой системы является колесный движитель. Гусеничный движитель можно представить как модификацию колесного – по характеру контакта с почвой гусеничные движители приближаются к колесу большого диаметра.

При движении машинно-тракторного агрегата (МТА), в состав которого входит тяговое энергетическое средство, как правило, трактор, по поверхности почвы его движители преобразуют крутящий момент в касательную силу тяги, которая ограничивается сцеплением движителя с почвой. От величины касательной силы тяги зависят тягово-сцепные свойства машинно-тракторного агрегата. Чрезмерное увеличение касательной силы тяги приводит к разрушению структуры почвы под движителями и срезу почвы их почвозацепами.

От величины касательной силы тяги зависит коэффициент сцепления движителя с почвой, характеризующий его тягово-сцепные свойства, который в свою очередь связан с его буксованием, являющимся одним из показателей режима работы движителя. Максимальное значение коэффициента сцепления соответствует такой величине буксования, после достижения которой наступает полный срез почвы под движителем.

Цель исследования – получение зависимостей, позволяющих оценить влияние конструктивных параметров движителя МТА на развитие его касательной силы тяги и коэффициенты буксования и сцепления для снижения негативных последствий процесса слеодообразования.

Основная часть

Как правило, при движении машинно-тракторного агрегата по поверхности почвы действительный путь, пройденный им, оказывается меньше теоретического. Это объясняется частичным буксованием опорной поверхности движителя по почве, зависящим как от ее свойств, так и от конструкции и типа движителя, развиваемой касательной силы тяги. Степень пробуксовки оценивают коэффициентом

буксования δ , который можно определить по следующим формулам [1]:

$$\delta = \frac{s_t - s_d}{s_t} \text{ или } \delta = \frac{v_t - v_d}{v_t}, \quad (1)$$

где s_t – действительный путь, м;

s_d – теоретический путь, м;

v_t – теоретическая скорость движения, м/с;

v_d – действительная скорость движения, м/с.

Как известно [1, 2], касательная сила тяги как для гусеничного (рис. 1), так и для колесного (рис. 2) движителей, складывается из двух составляющих – силы сопротивления почвы сдвигу и силы трения протектора о почву, равных, соответственно, продольной реакции почвы на почвозацепах $R' - F'_k$ и силы трения звеньев по почве $R'' - F''_k$:

$$F_k = F'_k + F''_k. \quad (2)$$

Одинаковую продольную реакцию почвы R' на всех почвозацепах можно предположить только в том случае, если почва является весьма упругой. Однако подавляющее большинство типов почв обладает не только упругими, но и пластичными свойствами и поэтому продольная нагрузка на различные почвозацепы не будет одинаковой.

При установившемся движении погружение очередного переднего почвозацепа в почву не вызовет перераспределения продольной нагрузки на почвозацепах, так как все остальные, находящиеся в почве почвозацепы, обеспечивают требуемое тяговое уси-

лие F'_k , но как только из почвы будет поднят задний почвозацеп, продольная реакция R' на почвозацепах должна будет перераспределиться. Это приводит к дополнительному прессованию почвы назад на величину сдвига почвы Δ оставшимися в нем почвозацепами, включая и передний. Если у переднего почвозацепа это будет первая подпрессовка почвы, то у второго спереди по ходу движения она будет уже второй [1, 3]. Следовательно, каждый последующий почвозацеп имеет общее количество подпрессовок на единицу больше, чем предыдущий, а последний почвозацеп спрессует почву на суммарную величину сдвига Δ_Σ (рис. 1, 2):

$$\Delta_\Sigma = n_n \Delta, \quad (3)$$

где n_n – число почвозацепов движителя, погруженных в почву;

Δ – сдвиг почвы (единичная подпрессовка почвы почвозацепом движителя), м.

Составляющую касательной силы тяги единичного движителя от сдвига почвы в теории гусеничных и колесных машин определяют согласно выражению [3, 4]:

$$F'_k = \int_A \tau dA_{оп}. \quad (4)$$

Так как большинство типов почв обладают ярко выраженными пластичными свойствами, зависимость касательного напряжения от деформации сдвига прием согласно [5]:

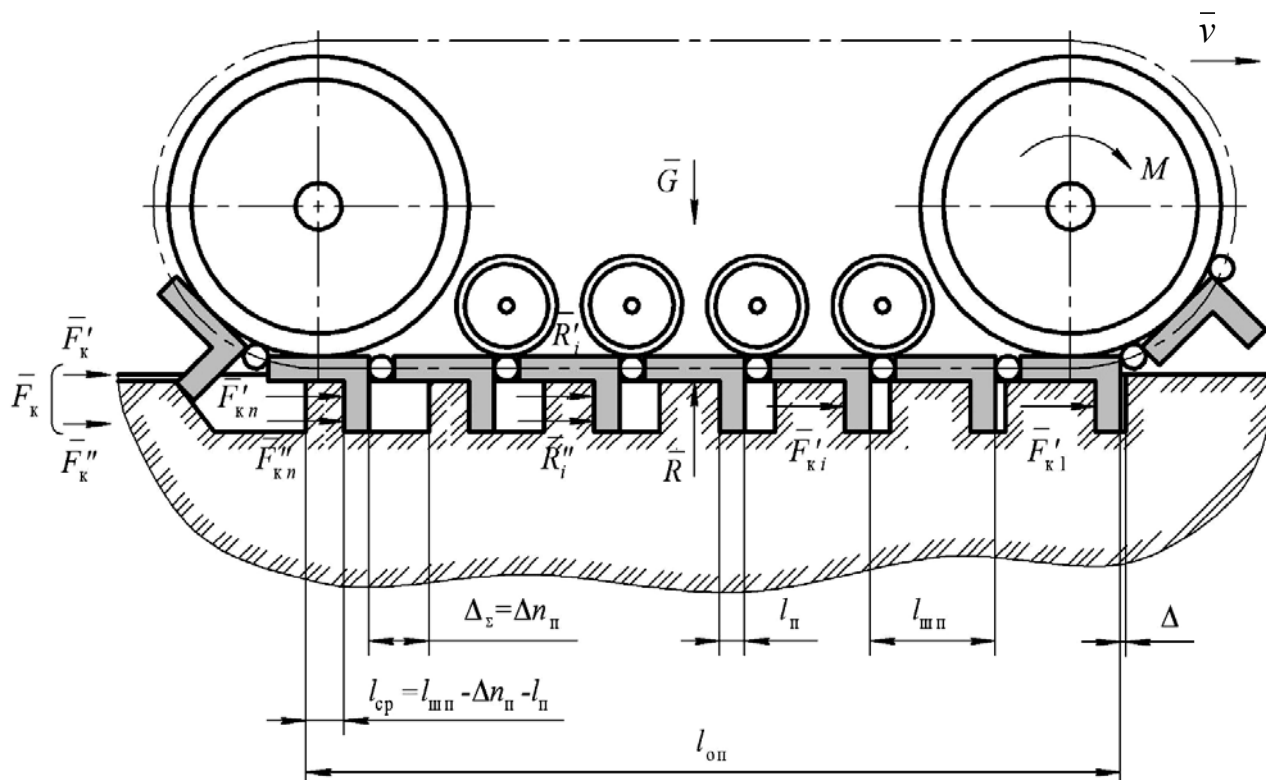


Рисунок 1. Схема к определению максимальной касательной силы тяги при срезе почвы почвозацепами гусеничного движителя

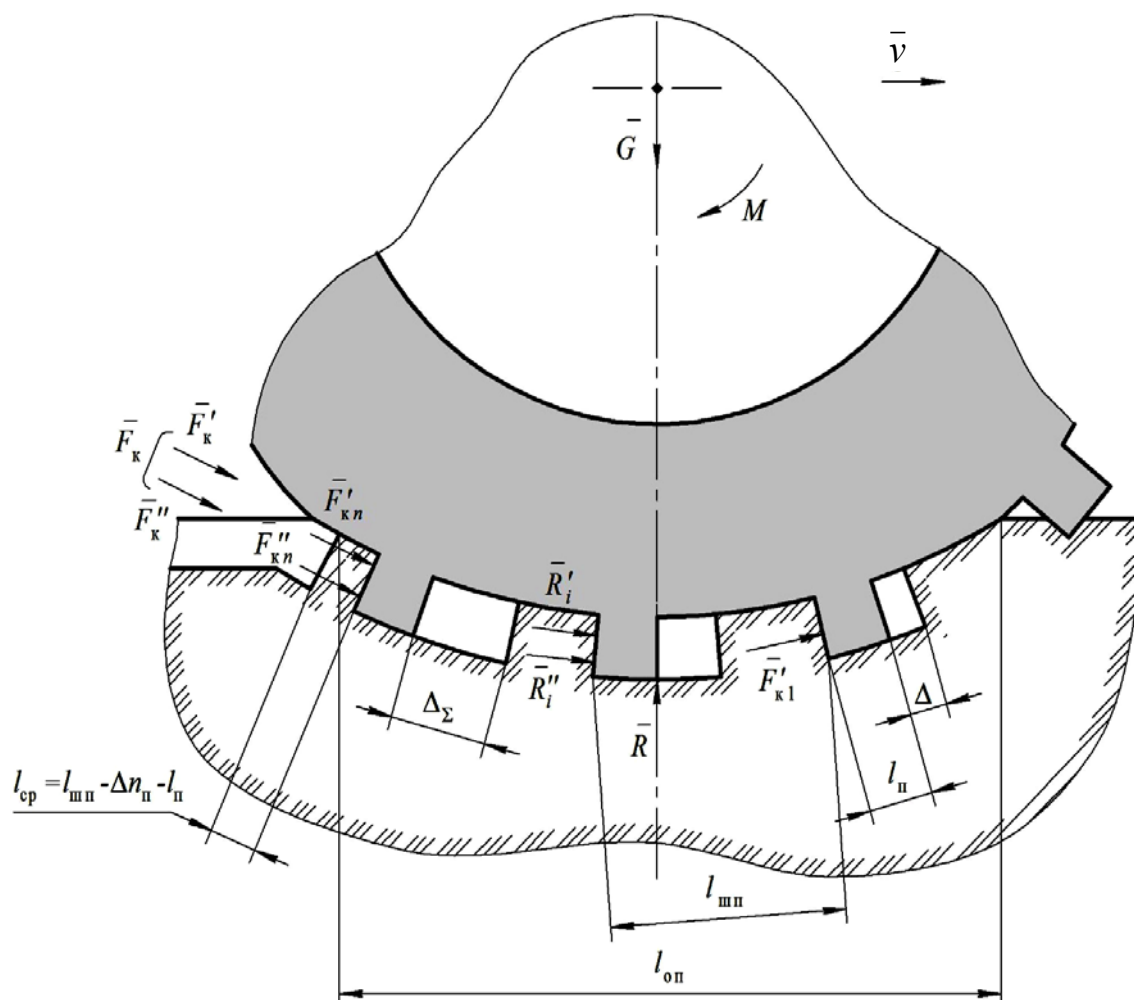


Рисунок 2. Схема к определению максимальной касательной силы тяги при срезе почвы почвозацепами колесного движителя

$$\tau = f_{\text{тс}} \cdot q \cdot \text{th} \left(\frac{\Delta}{k_{\tau}} \right), \quad (5)$$

где $f_{\text{тс}}$ – коэффициент трения скольжения опорной поверхности движителя о почву;

q – давление движителя на почву, Па;

k_{τ} – коэффициент деформации сдвига, м.

Площадь опорной поверхности движителя (рис. 1, 2):

$$A_{\text{оп}} = l_{\text{шп}} \cdot n_{\text{п}} \cdot b, \quad (6)$$

где $l_{\text{шп}}$ – шаг между почвозацепами, м;

b – ширина движителя, м.

После подстановки зависимостей (5) и (6) в выражение (4) составляющая касательной силы тяги от сдвига почвы запишется в следующем виде:

$$F'_{\text{к}} = f_{\text{тс}} \cdot q \cdot \text{th} \left(\frac{\Delta}{k_{\tau}} \right) \cdot l_{\text{шп}} \cdot n_{\text{п}} \cdot b. \quad (7)$$

Составляющую касательной силы тяги от силы трения движителя о почву определим согласно зависимости [1, 5]:

$$F''_{\text{к}} = f_{\text{тс}} \cdot G, \quad (8)$$

где G – вертикальная нагрузка, Н.

Касательная сила тяги $F_{\text{к}}$, выраженная ее составляющими, определяемыми по зависимостям (7) и (8), соответственно, при выполнении условий и допущений, описанных в источнике [4], согласно выражению (2), равняется:

$$F_{\text{к}} = f_{\text{тс}} \cdot q \cdot \text{th} \left(\frac{\Delta}{k_{\tau}} \right) \cdot l_{\text{шп}} \cdot n_{\text{п}} \cdot b + f_{\text{тс}} \cdot G. \quad (9)$$

Так как единичная подпрессовка почвы на величину Δ , являющуюся разницей теоретического и действительного пути на расстоянии, равном шагу между почвозацепами $l_{\text{шп}}$ (рис. 1, 2), то коэффициент буксования, определяемый по зависимости (1), можно представить в следующем виде [5]:

$$\delta = \frac{\Delta}{l_{\text{шп}}} \quad (10)$$

Откуда

$$\Delta = \delta l_{\text{шп}} \quad (11)$$

Известно [6, 7], что давление движителя на почву зависит от вертикальной нагрузки и площади опорной поверхности (рис. 1, 2):

$$q = \frac{G}{A_{\text{оп}}} = \frac{G}{l_{\text{оп}} \cdot b} = \frac{G}{l_{\text{шп}} \cdot n_{\text{п}} \cdot b} \quad (12)$$

Таким образом, зависимость (9), согласно которой определяется общая касательная сила тяги движителя, после соответствующих преобразований с учетом выражений (11) и (12) примет вид:

$$F_{\text{к}} = f_{\text{тс}} \cdot G \left(\text{th} \left(\frac{\delta \cdot l_{\text{шп}}}{k_{\text{т}}} \right) + 1 \right) \quad (13)$$

Проанализируем зависимость касательной силы тяги движителя от его режима работы (буксования) при движении в установившемся режиме по горизонтальной поверхности почвы, подготовленной под посев ($f_{\text{тс}} = 0,4$; $k_{\text{т}} = 0,05$ м) [5], при различной величине вертикальной нагрузки и $l_{\text{шп}} = 0,15$ м (рис. 3).

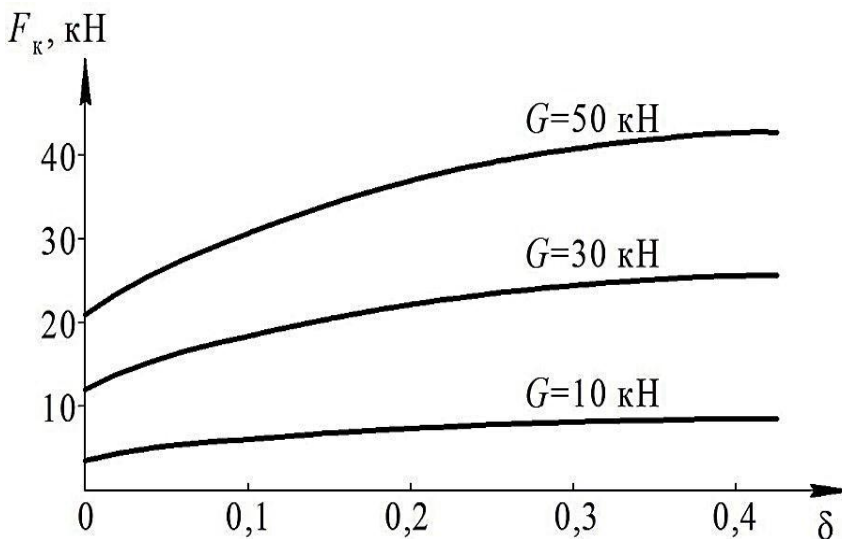


Рисунок 3. Зависимость касательной силы тяги движителя от буксования

Анализ кривых $F_{\text{к}}(\delta)$, построенных согласно теоретической зависимости (13) при различной величине вертикальной нагрузки на движитель и представленных на рисунке 3, согласуется с данными исследований [8, с. 22], согласно которым с увеличением деформаций сдвига, а следовательно, и буксования, касательная сила тяги на рыхлых почвах повышается до некоторого предельного значения. Затем она либо остается постоянной, либо несколько снижается.

Решим уравнение (9), подставив в него значение величины сдвига Δ из выражения (11), относительно коэффициента буксования δ :

$$\delta = \frac{k_{\text{т}}}{l_{\text{шп}}} \text{arth} \left(\frac{F_{\text{к}} - f_{\text{тс}} \cdot G}{q \cdot l_{\text{шп}} \cdot n_{\text{п}} \cdot b} \right) \quad (14)$$

Полученная зависимость (14) для определения коэффициента буксования подтверждает данные многочисленных экспериментальных и теоретических исследований, описывающих процесс буксования движителя. Как видно из формулы (12), коэффициент буксования зависит от величины касательной силы тяги, развиваемой движителем, параметров самого движителя ($n_{\text{п}}$, $l_{\text{шп}}$, b) и свойств почвы ($k_{\text{т}}$). Буксование уменьшается при увеличении вертикальной нагрузки на движитель, так как при этом растет составляющая касательной силы тяги от силы трения движителя о почву $F_{\text{тс}}$. Увеличение количества почвозацепов и шага между почвозацепами, по сути – длины опорной поверхности, а также ширины движителя приводит к снижению буксования.

Полученную зависимость (14) с учетом (12) можно записать в следующем виде:

$$\delta = \frac{k_{\text{т}}}{l_{\text{шп}}} \text{arth} \left(\frac{F_{\text{к}}}{G} - f_{\text{тс}} \right) \quad (15)$$

С целью предотвращения отрицательных последствий процессов слеодообразования определим величину максимальной касательной силы тяги $F_{\text{к max}}$, при которой происходит срез почвы почвозацепами движителя. Как уже отмечалось, при движении движителя машинно-тракторного агрегата по поверхности поля срез почвы под задним, погруженным в почву почвозацепом, приводит к перераспределению касательных усилий на остальных почвозацепах. При этом необходимо учитывать, что задний почвозацеп является наиболее нагруженным и исключение его из работы приведет к срезу почвы всеми остальными почвозацепами. В источниках [1, 3] приводится доказательство неминусовости полного среза почвы под движителем при срезе почвенного «кирпича» под задним почвозацепом. Исходя из этого, при определении максимальной касательной силы тяги при срезе почвы почвозацепами, как гусеничного, так и колесного движителей, запишем уравнение устойчивости по срезу почвенного «кирпича» именно под задним почвозацепом (рис. 1, 2):

$$F_{\text{к max}} = \tau_{\text{ср}} A_{\text{ср}}, \quad (16)$$

где τ_{cp} – напряжение среза в почве под задним почвозацепом движителя, Па;

A_{cp} – площадь среза, равная площади основания почвенного кирпича за последним почвозацепом, погруженным в почву, м².

Из рисунков 1 и 2 видно, что площадь основания почвенного «кирпича» за последним почвозацепом, погруженным в почву, равна:

$$A_{cp} = l_{cp}b = (l_{шп} - \Delta_{\Sigma} - l_{п})b, \quad (17)$$

где l_{cp} – длина почвенного кирпича за последним почвозацепом, погруженным в почву, м;

Δ_{Σ} – суммарная величина сдвига почвы, м;

$l_{п}$ – длина почвозацепа, м.

Следует отметить, что числитель в формуле (1) – разность теоретического пути и действительного, пройденного движителем по опорной поверхности – есть величина суммарной деформации сдвига почвы почвозацепами движителя, а знаменатель – теоретический путь – длина опорной поверхности движителя ($l_{оп} = l_{шп}n_{п}$). Таким образом, величину буксования движителя можно представить в следующем виде:

$$\delta = \frac{\Delta_{\Sigma}}{l_{оп}}. \quad (18)$$

Откуда

$$\Delta_{\Sigma} = \delta l_{оп} = \delta l_{шп}n_{п}. \quad (19)$$

После подстановки выражения (19) в зависимость (17) получаем площадь основания почвенного кирпича за последним почвозацепом, погруженным в почву, выраженную через коэффициент буксования движителя:

$$A_{cp} = (l_{шп} - \delta l_{шп}n_{п} - l_{п})b. \quad (20)$$

Таким образом, зависимость (16) с учетом выражения (20) запишется в следующем виде:

$$F_{к\max} = \tau_{cp}(l_{шп} - \delta l_{шп}n_{п} - l_{п})b. \quad (21)$$

С другой стороны, согласно зависимости (9), с учетом выражений (4), (12) и (20), величина максимальной касательной силы тяги $F_{к\max}$, при которой происходит срез почвы почвозацепами движителя, равняется сумме ее составляющих, действующих на последнем ($A_{оп} = A_{cp}$), наиболее нагруженном, почвозацепе:

$$F_{к\max} = f_{тс} \cdot q \cdot \text{th} \left(\frac{\delta \cdot l_{шп}}{k_{\tau}} \right) \times \\ \times (l_{шп} - \delta \cdot l_{шп} \cdot n_{п} - l_{п}) \cdot b + \frac{f_{тс} \cdot G}{n_{п}}. \quad (22)$$

Путем математических вычислений выразим коэффициент сцепления движителя с почвой, соответствующий величине максимальной касательной силы тяги [9], приравняв правые части уравнений (21) и (22) с учетом зависимости (12):

$$\varphi_{сц} = \frac{F_{к\max}}{G} = \frac{\tau_{ср}}{\sigma} = f_{тс} \times \\ \times \left(\text{th} \left(\frac{\delta \cdot l_{шп}}{k_{\tau}} \right) + \frac{l_{шп}}{l_{шп} - \delta \cdot l_{шп} \cdot n_{п} - l_{п}} \right). \quad (23)$$

Полученная зависимость коэффициента сцепления, определяемого величиной максимальной касательной силы тяги $F_{к\max}$, при которой происходит срез почвы почвозацепами движителя, позволяет определить конструктивные параметры движителя, обеспечивающие реализацию его тягово-сцепных свойств без превышения допустимого буксования.

Заключение

На основе анализа взаимодействия почвозацепов, как гусеничного, так и колесного движителей с почвой, получена зависимость касательной силы тяги (13) от механических свойств почвы, параметров и режима работы движителя, выраженного через вертикальную нагрузку и коэффициент буксования.

Анализ кривых $F_{к}(\delta)$, построенных по теоретической зависимости (13) при различной величине вертикальной нагрузки на движитель, согласуется с данными исследований, согласно которым с увеличением буксования касательная сила тяги на рыхлых почвах повышается до некоторого предельного значения, затем она либо остается постоянной, либо несколько снижается.

Получено выражение (14), позволяющее оценить влияние физико-механических свойств почвы и конструктивных параметров движителя на его буксование, которое является одним из показателей режима работы движителя.

На основании установленной зависимости максимальной касательной силы тяги (22), при которой происходит срез почвы под движителем, получена закономерность (23) для определения коэффициента сцепления, позволяющая определить конструктивные параметры движителя, обеспечивающие реализацию его тягово-сцепных свойств без превышения допустимого буксования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Забавников, Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин / Н.А. Забавников. – М.: Машиностроение, 1975. – 448 с.
2. Водяник, И.И. Воздействие ходовых систем на почву / И.И. Водяник. – М.: Агропромиздат, 1990. – 173 с.
3. Гуськов, А.В. Оптимизация потребительских свойств и параметров колесных тракторов семейства «Беларус»: монография / А.В. Гуськов; под ред. д-ра техн. наук, проф. В.П. Бойкова. – Могилев: Бел.-Рос. ун-т, 2008. – 210 с.

4. Скотников, В.А. Проходимость машин / В.А. Скотников, А.В. Пономарев, А.В. Климанов. – Минск: Наука и техника, 1982. – 328 с.

5. Тракторы. Теория / В.В. Гуськов [и др.]; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 378 с.

6. Орда, А.Н. Закономерности деформирования почв под воздействием колес сельскохозяйственных машин / А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, А.С. Воробей // Известия НАН Беларуси. Сер. аграр. наук. – 2015. – № 1. – С. 98-105.

7. Обоснование закономерностей деформирования почв различных агрофонов под воздействием

колес / И.Н. Шило [и др.] // Агропанорама. – 2018. – № 2. – С. 2-6.

8. Кутков, Г.М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г.М. Кутков. – М.: Колос, 2004. – 504 с.

9. Снижение уплотняющего воздействия ходовых систем почвообрабатывающих агрегатов на почву / А.Н. Орда [и др.] // Обработка почвы и производство семян льна: монография / Высшая школа агробизнеса в Ломже; под ред. проф. Э. Каминского. – Ломжа, 2016. – С. 47-91.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 11.12.2020

Независимая навеска и система стабилизации штанги опрыскивателя «Мекосан-2500-18»

Предназначена для снижения амплитуды колебаний штанги и повышения надежности ее несущей конструкции.

Применение разработки позволяет эффективно гасить колебания штанги, возникающие вследствие движения колес опрыскивателя по неровности поверхности поля, что обеспечивает высокую равномерность распределения пестицидов по обрабатываемому объекту, а также повышение надежности несущей конструкции штанги.



Основные технические данные

Марка машины	Мекосан-2500-18
Производительность за 1 час времени, га:	
- сменного	10,9
- эксплуатационного	10,7
Система навески штанги на остов опрыскивателя	Независимая
Способ крепления рамки штанги к остову опрыскивателя	Параллелограммная навеска
Амплитуда колебаний краев штанги, м	до 0,1
Рабочая скорость движения, км/ч	9-12
Качество выполнения технологического процесса:	
- неравномерность распределения рабочей жидкости по ширине захвата, %, не более	15
- снижение неравномерности распределения рабочей жидкости по ширине захвата, %, не менее	5
Габаритные размеры опрыскивателя в транспортном положении, мм, не более	6045x2425x2215
Габаритные размеры опрыскивателя в рабочем положении (при высоте установки штанги 600 мм), мм, не более	6045x18250x2215
Дорожный просвет, мм	350
Увеличение массы опрыскивателя, кг	на 120

УДК 636.2.087.74

СТЕПЕНЬ РАСЩЕПЛЯЕМОСТИ ПРОТЕИНА В РУБЦЕ БЫЧКОВ ПРИ СКАРМЛИВАНИИ ГРАНУЛИРОВАННОГО ЛЮПИНА

А.М. Антонович,

*аспирант лаборатории кормления и физиологии питания крупного рогатого скота
РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»*

В.Ф. Радчиков,

*зав. лабораторией кормления и физиологии питания крупного рогатого скота,
РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», докт. с-х. наук, профессор*

В.А. Люндышев,

доцент каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ, канд. с-х. наук, доцент

А.А. Груша,

студент БГАТУ

В статье приведены результаты физиологических исследований использования гранулирования, как физического способа обработки белкового корма. Гранулирование белкового корма позволяет увеличить количество нераспавшегося в рубце белка, как источника аминокислот собственно корма, используемых в тонком кишечнике.

Ключевые слова: бычки, комбикорм, сухое вещество, обменная энергия, сырой протеин, рубец, расщепляемость.

The results of physiological research of the use of granulation as physical method of protein feed treatment are presented in the article. Protein feed granulation allows to increase the amount of protein undisintegrated in a farding bag as a source of amino acid of feed in thin intestine.

Keywords: bull-calves, mixed fodder, dry matter, exchange energy, raw protein, farding bag, breakdown.

Введение

Успешное развитие скотоводства невозможно без рационального использования кормов, которое основано на повышении трансформации питательных веществ, содержащихся в кормах, в продукцию животноводства, в том числе и за счет организации кормления.

Говядина относится к ценным продуктам питания, коэффициент усвоения питательных веществ которой равен 82-85 %, и в структуре производства мяса занимает 49 %.

Основой рациональной организации производства говядины является интенсивное выращивание молодняка. При этом важную роль играет нормированное полноценное кормление и наличие прочной кормовой базы, так как дефицит качественных кормов является главным фактором, сдерживающим проявление продуктивного потенциала животных. Особую актуальность представляет вопрос, связанный с решением белковой проблемы. Недостаток протеина в кормах составляет до 40 % [1-5].

Сельскохозяйственные предприятия республики, специализирующиеся на производстве продукции животноводства, имеют недостаток протеина и в связи с этим вынуждены закупать основные белковые корма, что приводит к увеличению себестоимости

продукции. Культуры, способные снизить дефицит кормового белка, с успехом возделываются в Республике Беларусь. Одна из таких культур – люпин, использование которого позволит решить проблему обеспеченности животноводства кормовым белком.

Люпин, как и все зернобобовые культуры, является хорошим источником пополнения комбикормов белком, содержит 28-34 % сырого протеина и 3,8-6 % лизина от количества сырого протеина, превосходит все культуры по производству белка с 1 га пашни. Он может долго храниться, так как не поражается насекомыми – вредителями, слабо поражается грибами и другой микрофлорой [6, 7].

Люпин содержит большое количество сырой клетчатки – от 12,5 до 16 % и лигнина – 0,9 %. Большое значение в кормлении молодняка крупного рогатого скота играет протеиновое питание. Защита протеина корма от расщепления в рубце увеличивает питательность корма и продуктивность животного. При скармливании жвачным животным обработанных кормов с целью «защиты» в них протеина от быстрого распада, необходимо, чтобы в рубце оставалось не менее 6-8 % сырого протеина, доступного при ферментации, иначе может снизиться переваримость и потребление корма вследствие недостатка азота для микроорганизмов рубца.

Проблема протеинового питания жвачных животных особенно остро встала в связи с ростом их продуктивности и существенным изменением в технологии кормления и производства кормов.

Цель работы – определить степень влияния молотого и гранулированного люпина на расщепляемость протеина в рубце бычков возраста 12 месяцев.

Основная часть

Для выполнения поставленной задачи, в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству» проведены два физиологических опыта на молодняке крупного рогатого скота черно-пестрой породы.

Формирование групп животных (контрольной и опытной) проводилось по принципу пар-аналогов в соответствии со схемой исследований (табл. 1).

Таблица 1. Схема исследований

Группа	Количество животных в группе	Продолжительность опыта, дни	Особенности кормления
I контрольная	3	75	Основной рацион (ОР) + комбикорм с включением 10% молотого люпина (по норме)
II опытная	3	75	ОР + комбикорм с включением 10% гранулированного люпина

В процессе проведения исследований использовались зоотехнические, биохимические, математические методы анализа и изучались следующие показатели:

1. Количество заданных кормов и их остатков – методом контрольного кормления.

2. Химический состав и питательность кормов – путем общего зоотехнического анализа. Отбор проб кормов осуществлялся в начале и в конце научно-хозяйственных опытов. Химический анализ кормов проводился в лаборатории биохимических анализов РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству».

3. Кровь для исследований брали из яремной вены через 2,5-3 часа после утреннего кормления животных.

4. Морфологический состав крови – эритроциты, лейкоциты и гемоглобин определяли прибором MedonicCA 620 в цельной крови, общий белок, мочевины, глюкозу, Са, Р – прибором CORMAYLUMEN в сыворотке.

5. Интенсивность процессов рубцового пищеварения при скармливании баротермически обработанных концентрированных кормов изучалась путем отбора проб жидкой части содержимого рубца через фистулу спустя 2-2,5 часа после утреннего кормления в течение двух дней.

В рубцовой жидкости определяли:

– концентрацию ионов водорода (рН) – электропотенциометром марки рН-340;

– общий и остаточный азот – методом Кьельдаля, белковый – по разнице между общим и остаточным;

– общее количество ЛЖК – методом паровой дистилляции в аппарате Маркгама;

– аммиак – микродиффузным методом в чашках Конвея;

– количество инфузорий – путем подсчета в 4-сетчатой камере Горяева.

6. Количественные и качественные параметры процессов рубцового пищеварения определяли в физиологических опытах, проведенных методом *in vivo* на бычках черно-пестрой породы с вживленными хроническими канюлями рубца диаметром 2-2,5 см. В нейлоновые мешочки закладывались образцы высокобелковых кормов. Период инкубации исследуемых концентрированных кормов составлял 6 часов (ГОСТ 28075-89). Интенсивность процессов рубцового пищеварения при скармливании баротермически обработанного корма изучалась путем отбора проб жидкой части содержимого рубца, через фистулу спустя 2-2,5 часа после утреннего кормления в течение двух дней.

Расщепляемость сырого протеина рассчитывалась по формуле:

$$РП = \frac{МСП_0, г - МСП_1, г}{МСП_0, г} \times 100 \%. \quad (1)$$

В корме до и после инкубации определяли содержание сырого протеина. Зная содержание сырого протеина в корме до инкубации, вычисляли массу сырого протеина в инкубированной навеске (МСП₀), а

по содержанию сырого протеина в остатке после инкубации и массе этого остатка вычисляли массу сырого протеина, оставшегося после инкубации (МСП₁).

Цифровой материал проведенных исследований обработан методом вариационной статистики на персональном компьютере с использованием пакета анализа табличного процессора Microsoft Office Excel 2010.

Рацион кормления молодняка крупного рогатого скота в период проведения физиологического опыта представлен в таблице 2. Основу рациона животных в физиологическом опыте составлял силос кукурузный.

Содержание обменной энергии в сухом веществе рациона составило 70,4 – 70,6 МДж. Потребление сухого вещества подопытными животными из опытной группы с добавлением в рацион гранулированного люпина оказалось выше на 1,4 % за счет большего потребления кормов. На долю сырого протеина в сухом веществе рационов приходилось 12 %.

Результаты исследований рубцовой жидкости животных, потреблявших гранулированный и молотый высокобелковый корм, представлены в таблице 3.

Изучая рубцовое пищеварение, следует отметить, что уровень общего азота в рубцовой жидкости опытной группы при потреблении гранулированного люпина был выше показателя контрольной группы на 15,3 %. В ходе исследований установлено снижение содержания аммиака в рубцовой жидкости у животных опытной группы, потреблявшей комбикорм с включением 10 % гранулированного люпина, на 18,1%.

Таблица 2. Рацион по фактически потребленным кормам

Корма и питательные вещества	Группа	
	I	II
Силос кукурузный, кг	16,68	16,78
Комбикорм КР-3 + люпин молотый, кг	2,7	
Комбикорм КР-3 + люпин гранулированный, кг		2,7
В рационе содержится:		
кормовых единиц	6,36	6,38
обменной энергии, МДж	70,4	70,6
сухого вещества, кг	6,60	6,69
сырого протеина, г	799,5	805
расщепляемого протеина, г	563,8	565,3
нерасщепляемого протеина, г	235,9	242,8
переваримого протеина, г	521,4	532,7
сырого жира, г	253	254
сырой клетчатки, г	1412	1420
крахмала, г	1396,6	1525,1
сахара, г	220,5	225
кальция, г	41,2	41,3
фосфора, г	20,4	21,4
натрия, г	12,8	18,2
магния, г	13	12,8
калия, г	54,3	56,2
серы, г	11,8	11,8
железа, мг	111	118
меди, мг	39,8	40,9
цинка, мг	246	254
марганца, мг	261,3	277
кобальта, мг	2,6	2,9
йода, мг	2,7	2,7
каротина, мг	320,6	348,5
витамина D, МЕ	18,5	20
витамина E, мг	1314	1330

Таблица 3. Результаты исследований рубцовой жидкости

Показатели	Группа	
	I	II
pH	6,96±0,07	6,84±0,030
ЛЖК, ммоль/100 мл	9,78±0,36	11,55±0,1
Концентрация простейших, тыс./100 мл	434±10,21	464±14,30
Аммиак, мг/100 мл	15,4±0,81	12,6±0,810
Азот, мг/100 мл	130±0,01	150±0,010

Результаты степени защиты сырого протеина при использовании молотого и гранулированного высокобелкового корма приведены в таблице 4.

Проведенными физиологическими исследованиями методом *in vivo* на бычках возраста 12 месяцев установлено, что расщепляемость сырого протеина в молотом люпине составила 64,8 %, а в гранулированном – 54,2 %. Использование гранулированного белкового корма позволило снизить расщепляемость используемого корма в рубце опытных животных на 10,6 п.п.

Показатели крови животных находились в пределах физиологической нормы, что указывает на

Таблица 4. Расщепляемость в рубце и степень защиты сырого протеина молотого и гранулированного люпина

Корм	Протеин, г		Расщепляемость в рубце, %	Степень защиты, %
	до инкубации	После инкубации		
Люпин молотый	1,077	0,379	64,81	35,2
Люпин гранулированный	0,826	0,378	54,23	45,8

нормальное протекание обменных процессов. По результатам биохимического анализа крови бычков в группе, которая поедала комбикорм с добавлением 10 % гранулированного люпина, установлено повышение эритроцитов на 5,5 %, гемоглобина на 6,7%, общего белка на 10,3 %, общего кальция на 4,42 %, фосфора неорганического на 5,48 %.

Таким образом, результаты исследований показали, что скармливание гранулированного белкового компонента в составе комбикорма, включаемого в рацион животных, способствует интенсивному протеканию обменных процессов и обеспечивает нормальное физиологическое состояние животных.

Заключение

В результате проведенных физиологических исследований методом *in vivo* на бычках возраста 12 месяцев было установлено, что использование гранулирования как физического способа обработки белкового корма, позволяет снизить расщепляемость протеина в рубце опытных животных на 10,6 п.п. Степень защиты протеина в рубце составила 54,2 %.

Снижение уровня расщепляемости сырого протеина высокобелкового корма в рационах животных способствует меньшему накоплению в рубцовой жидкости аммиака на 18,2 %, повышению концентрации ЛЖК на 18,1 %, увеличению численности инфузорий на 6,9 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сбалансированное кормление молодняка крупного рогатого скота / Н.В. Казаровец [и др.]; под. общ. ред. В.А. Люндышева. – Минск: БГАТУ, 2012. – 280 с.
2. Белково-витаминно-минеральные добавки в кормлении молодняка крупного рогатого скота / В.Ф. Радчиков [и др.]. – Жодино: РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству», 2010. – 156 с.
3. Использование разных количеств лактозы в рационах молодняка крупного рогатого скота / В.П. Цай [и др.] // Научное обеспечение животноводства Сибири: матер. III Междунар. науч.-практич. конф., Красноярск, 16-17 мая 2019 г. – Красноярск, 2019. – С. 278-282.

4. Богданович, Д.М. Природный микробный комплекс в кормлении молодняка крупного рогатого скота /Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Инновационное развитие аграрно-пищевых технологий: материалы Междунар. науч.-практич. конф., Волгоград, 4-5 июня 2020 г.; под общ. ред. И.Ф. Горлова. – Волгоград: ООО «СФЕРА», 2020. – С. 22-26.

5. Богданович, Д.М. Кремнеземистые и карбонатные сапропели в рационах молодняка крупного рогатого скота / Д.М. Богданович // Модернизация аграрного образования: интеграция науки и практики: сборник науч. трудов по материалам V Междунар. науч.-практич. конф., 5 декабря 2019 г. – Томск-Новосибирск: Золотой колос, 2019. – С. 216-219.

6. Богданович, Д.М. Переваримость, использование питательных веществ и продуктивность молодняка крупного рогатого скота при скормливании биологически активной добавки /Д.М. Богданович,

Н.П. Разумовский // Селекционно-генетические и технологические аспекты производства продуктов животноводства, актуальные вопросы безопасности жизнедеятельности и медицины: материалы Междунар. науч.-практич. конф., посвященной 90-летию юбилею биотехнологического факультета, 28-29 ноября 2019 г. – Пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2019. – С. 13-23.

7. Богданович, Д.М. Эффективность скормливания телятам кормовой добавки «ПМК» / Д.М. Богданович, Н.П. Разумовский // Научные основы производства и обеспечения качества биологических препаратов для АПК: материалы Междунар. науч.-практич. конф., посвященной 50-летию института, 25-27 сентября 2019 г.; под ред. А.Я. Самуйленко. – Щелково, 2019. – С. 401-405.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 30.10.2020

УДК 636.085.51:631.35

ОСНОВЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ХРАНИЛИЩ ДЛЯ СОХРАННОСТИ КОРМОВ

А.В. Китун,

зав. каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

Ф.Д. Сапожников,

доцент каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

И.М. Швед,

ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

С.Н. Бондарев,

ассистент каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

В статье выработано направление по рациональному использованию хранилищ для сохранности кормов и определен оптимальный состав машин технологической линии подготовки кормов к скормливанию.

Ключевые слова: процесс, корма, ферма, производство, технологическая линия, состав машин, запасы, хранилище.

A direction for the rational organization of the process of preparing fodder for feeding is presented and the optimal composition of machines for the technological line for preparing fodder for feeding is determined in the article.

Keywords: process, feed, farm, production, technological line, composition of machines, stocks, storage.

Введение

Технологический процесс подготовки кормов к скормливанию – сложный многостадийный механизм. Он включает в себя выполнение следующих операций: выемку, погрузку, транспортировку, приготовление и раздачу кормов [1-3]. Для выполнения перечисленных операций используют машины и оборудование, которые в зависимости от группы, образуют производственные подразделения, целью которых является решение единой задачи – обеспечение оговоренного зоотехническими требованиями режима

кормления животных при минимальных затратах. Это условие может быть выполнено только при наличии достаточного числа современных машин и оборудования, взаимосвязанных между собой в единые технологические линии по производительности.

Целью исследований является обоснование необходимого количества хранилищ для сохранности годовых запасов кормов.

Основная часть

Планирование производства кормов подразделяется на три этапа:

– определяется потребность в кормах отдельных видов скота и птицы и хозяйства в целом;

– разрабатывается кормовой план (план производства);

– составляется баланс кормов по их объему и протеину.

Потребность в кормах рассчитывается на два периода:

– от урожая планируемого года до урожая будущего года;

– с 1 января планируемого года до 1 января следующего года.

Годовую потребность в кормах для комплекса или фермы подсчитывают, зная поголовье животных или птицы и кормовые рационы. Последние выбирают в зависимости от вида животных или птицы, их продуктивности, а также с учетом зоны расположения хозяйства.

Суточный расход каждого вида корма рассчитывается по формуле:

$$P_c = q_1 m_{ж1} + q_2 m_{ж2} + \dots + q_n m_{жн} = \sum_1^q q_n m_{жн}, \quad (1)$$

где $q_1, q_2 \dots q_n$ – суточная норма выдачи корма в расчете на одно животное для различных групп, кг;

$m_{ж1}, m_{ж2} \dots m_{жн}$ – поголовье животных в группах.

Годовая потребность в кормах:

$$P_{\Gamma} = P_{с.з.л} t_k + P_{с.з.з} t_z, \quad (2)$$

где $P_{с.л}$ и $P_{с.з}$ – суточный расход кормов в летний и зимний периоды года, кг;

t_l и t_z – продолжительность летнего и зимнего периодов использования данного вида корма, дни;

k – коэффициент, учитывающий потери кормов во время хранения и транспортировки (для концентрированных кормов $k = 1,01$; для корнеплодов $k = 1,03$; для силоса $k = 1,1$; для зеленой массы $k = 1,05$).

Продолжительность летнего и зимнего периодов использования кормов зависит от зоны расположения хозяйства (табл. 1) [4].

Таблица 1. Продолжительность летнего и зимнего периодов использования кормов в различных районах страны

Период года	Продолжительность периода (дни) в районах с расчетной зимней температурой самой холодной пятидневки (°С)				
	ниже -40	-30...-40	-25...-30	-20...-25	до -20
Летний	125	155	185	215	245
Зимний	240	210	180	150	120

Наличие запасов – это расходы. Однако отсутствие запасов – это тоже расходы, только выраженные в форме разнообразных потерь.

Основные причины создания запасов кормов на животноводческом предприятии – возможность колебания спроса и сезонные колебания производства.

Наличие запасов позволяет снизить требования к степени согласованности производственных процессов на различных участках, а, следовательно, и соот-

ветствующие издержки на организацию управления этими процессами.

Перечисленные причины свидетельствуют о том, что на животноводческом предприятии вынуждены создавать запасы кормов, так как в противном случае увеличиваются издержки обращения, то есть уменьшается прибыль. В то же время запас не должен превышать некоторую оптимальную величину.

При определении норм запаса используют три группы методов: эвристические, методы технико-экономических расчетов и экономико-математические методы.

Эвристические методы предполагают использование опыта специалистов, которые изучают отчетность за предыдущий период и принимают решения о минимально необходимых запасах, основанные, в значительной степени, на субъективном понимании тенденций развития спроса.

Метод технико-экономических расчетов. Сущность метода заключается в разделении совокупного запаса в зависимости от целевого назначения на отдельные группы, например, корнеклубнеплоды, комбикорма и т.д.

Для выделенных групп отдельно рассчитываются текущий, страховой и сезонный запасы. Текущие запасы обеспечивают непрерывность производственного процесса между очередными поставками, страховые запасы предназначены для непрерывного обеспечения материалами производственного процесса в случае различных непредвиденных обстоятельств, например, непредвиденного возрастания спроса. Сезонные запасы образуются при сезонном характере производства и потребления. Примером сезонного характера производства может служить производство сельскохозяйственной продукции.

Метод технико-экономических расчетов позволяет достаточно точно определять необходимый размер запасов, однако трудоемкость его велика.

Для создания запасов кормов на животноводческом предприятии создаются склады.

На складе может создаваться и поддерживаться специальный режим (температура, влажность и т.д.). Любой склад обрабатывает не менее трех видов материальных потоков: входной, выходной и внутренний.

Наличие входного потока означает необходимость разгрузки транспорта, проверки количества и качества прибывшего груза. Выходной поток обуславливает необходимость погрузки транспорта, внутренний – необходимость перемещения груза внутри склада.

Технология выполнения погрузочно-разгрузочных работ на складе зависит от характера груза и вида используемых средств механизации.

В качестве критерия оптимальности количества складов для кормов выбирают минимум совокупных расходов по доставке и хранению.

1. *Зависимость величины затрат на транспортировку от количества складов в системе распре-*

ления. При увеличении количества складов в системе распределения стоимость доставки товаров на склады возрастает, так как увеличивается количество поездок, а также совокупная величина пробега транспорта.

Стоимость доставки товаров со складов потребителям, с увеличением количества складов снижается. Это происходит в результате резкого сокращения пробега транспорта.

Суммарные транспортные расходы при увеличении количества складов в системе распределения, как правило, убывают.

2. *Зависимость затрат на содержание запасов от количества складов в системе распределения.* При увеличении числа складов, сокращается зона обслуживания каждого из них. Сокращение зоны обслуживания влечет за собой и сокращение запасов на складе.

Однако увеличение складской сети влечет за собой тиражирование страхового запаса, т.е. создавая шесть складов, необходимо в каждом из них создать страховой запас. В результате суммарный запас во всех складах возрастет (по сравнению с запасом с одним центральным складом).

3. *Зависимость затрат, связанных с эксплуатацией складского хозяйства от количества складов.* При увеличении количества складов, затраты, связанные с эксплуатацией одного склада, снижаются. Однако совокупные затраты на содержание всего складского хозяйства возрастают. Происходит это в связи с так называемым эффектом масштаба: при уменьшении площади склада эксплуатационные затраты, приходящиеся на один квадратный метр, увеличиваются.

4. *Зависимость затрат, связанных с управлением от количества входящих в нее складов.* При увеличении количества складов, расходы на системы управления возрастают.

Общая вместимость хранилища (V) для хранения годовых запасов корма определяется по формуле [5]:

$$V = \frac{P_r}{\rho}, \quad (3)$$

где P_r – годовая потребность в кормах, кг;

ρ – насыпная плотность корма, кг/м³.

Потребное число хранилищ определяется из выражения [5]:

$$N = \frac{V}{V_x \varepsilon}, \quad (4)$$

где V_x – вместимость хранилища, м³;

ε – коэффициент использования вместимости хранилища (табл. 2) [5].

Таблица 2. Примерная вместимость и коэффициент использования вместимости хранилищ

Вид хранилища	V_x , м ³	ε
Траншея для хранения силоса и сенажа	500; 750; 1000; 1500; 2000; 3000; 4000; 5000; 6000	0,95...0,98
Хранилище (скирда)	1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 4000	1,0
Склад концентрированных кормов	500; 1000; 1500; 2000; 2500; 3000; 3500; 4000; 5000; 6000	0,65...0,75

Выбрав вместимость хранилища, ширину и высоту, определяют его длину:

$$L = \frac{V_x}{B_x h_x}, \quad (5)$$

где B_x – ширина хранилища, м;

h_x – высота хранилища, м (табл. 3) [5].

Таблица 3. Рекомендуемые размеры хранилищ

Хранилище	Ширина, м	Высота, м
Силоса	12...18	2...3
Сенажа	6; 9; 12; 16	2,5...3
Сена	5...6	2...4
Соломы	5...6	4

Концентрированные корма хранят в закрытых складах. Корнеплоды сохраняют в хранилищах. Склады для концентрированных кормов и хранилища для корнеклубнеплодов целесообразно размещать рядом с кормоцехом. Силос и сенаж закладывают в герметичные наземные траншеи и полимерные рукава. Наземные траншеи должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать боковое давление силосуемой массы, а также кислотоупорными и хорошо предохраняющими силосуемую массу от промерзания. Для уменьшения потерь корма, создания удобства в работе и более эффективного применения механизации, траншеи строят с облицованными стенами и твердым бетонным основанием. Для увеличения герметичности и влагопроницаемости стены и дно траншеи обрабатывают специальным раствором или промазывают горячим битумом.

Хранение силоса и сенажа в полимерных рукавах позволяет свести к минимуму (до 3 %) потери кормов от контакта с влагой и кислородом, а также заготавливать их в любом удобном месте, при наличии ровной площадки.

Выбор силосных сооружений зависит от количества одновременно закладываемой массы в течение не более четырех дней.

Грубые корма (сено, солома) в россыпном или прессованном состоянии сохраняют в скирдах или сенохранилищах. Хранение сена на крытых площадках, снабженных вентиляционными установками, позволяет снизить потери сухого вещества, сырого протеина и незаменимых аминокислот.

В зависимости от размеров комплексов (ферм), видов обрабатываемых кормов, используют кормоцехи, кормовые дворы или отдельные кормоприготовительные линии. В их состав входят линии приготовления грубых кормов, силоса, корнеклубнеплодов, концентрированных кормов, приготовления и дозированной подачи обогатительных растворов, смешивания, измельчения и выдачи готовой кормосмеси.

Эти линии представляют собой группу машин, согласованных по производительности и синхронности выполне-

ния технологического процесса. В результате воздействия рабочих органов, входящих в их состав машин, изменяется либо состояние и форма корма, либо его положение в пространстве.

Кормоцехи могут обеспечивать кормосмесями одну или несколько ферм и подразделяются, в зависимости от типа кормления и суточного объема производства кормосмеси.

Работа технологических линий кормоцехов первой группы не согласовывается с расписанием дня животноводческой фермы или комплекса. Кормосмеси, приготовленные в таких кормоцехах, должны иметь все ингредиенты, предусмотренные рецептом. Отклонения от принятой технологии не допускаются.

Первый тип кормоцехов отличается более сложным схемно-конструктивным исполнением. В комплекте машин и оборудования имеются агрегаты или установки для термохимической обработки соломы.

Работа технологических линий кормоцехов второй группы согласовывается с расписанием дня животноводческой фермы или комплекса. Кормосмеси в своем составе могут иметь разное количество ингредиентов в соответствии с зоотехническими нормами кормления животных, поэтому отказ одной из технологических линий не всегда приводит к прекращению выпуска готовой продукции.

Кормоприготовительные предприятия (кормоцехи) располагают в отдельном здании или сблокировав их со складами концентрированных кормов. Это уменьшает затраты на транспортировку кормов из склада на кормоприготовительное предприятие.

Так как в состав рациона животных включены различные по массе виды кормов, то важным показателем при выборе соответствующих машин, является определение требуемой производительности. Этот параметр рассчитывается для каждой технологической линии и позволяет обеспечить устойчивый ритм работы, как комплекта машин, так и других производственных подразделений.

Исходными данными для расчета производительности технологических линий являются: число животных и норма скармливаемых кормов. Эти данные позволяют определить требуемый показатель для каждой технологической линии:

$$Q_i = \sum_{j=1}^{n_{ж}} q_i m_{жи}, \quad (6)$$

где q_i – количество корма i -го вида, расходуемое по максимальному суточному рациону на одно животное, кг;

$m_{жи}$ – число животных i -й группы, гол.;

$n_{ж}$ – число групп животных.

Данные по суточной потребности кормов позволяют определить производительность технологической линии:

$$W = \frac{P_k}{T_{кормл.} K_{кормл.}}, \quad (7)$$

где P_k – масса корма, которую необходимо выдать животным за один цикл работы, т;

$T_{корм}$ – время, затрачиваемое на подготовку корма к скармливанию, час;

$K_{кормл.}$ – кратность кормления животных.

Время, затрачиваемое на подготовку корма к скармливанию, определяется по формуле:

$$T = T_{раб} + \sum_{i=1}^n t_{пр}, \quad (8)$$

где $T_{раб}$ – рабочее время линии, час;

$\sum_{i=1}^n t_{пр}$ – простои машин по различным причинам

(техничским, организационным и технологическим), час.

Подставив в формулу (8) значение баланса времени (9), можно определить производительность любого элемента подготовки кормов к скармливанию:

$$W = \frac{P_k}{\left(T_{раб} + \sum_{i=1}^{n_{ж}} t_{пр} \right) K_{кормл.}}. \quad (9)$$

В технологическом процессе приготовления кормовой смеси основной операцией является смешивание кормов. Объем работы для данной линии определяется по формуле:

$$W_{см} = \sum_{i=1}^{k_l} W_i, \quad (10)$$

где k_l – число технологических линий.

Возможные простои машин по различным причинам отражают готовность системы к выполнению технологического процесса в течение рабочего времени. Основным элементом, влияющим на выполнение данного условия, является надежность системы. Этот показатель системы отражает безотказность работы машин на протяжении выполнения технологического процесса и позволяет экономичнее подобрать оборудование поточных линий системы. Поэтому при определении производительности технологических линий системы можно использовать коэффициент готовности.

Заключение

Анализ используемых методов определения норм запаса кормов выявил, что метод технико-экономических расчетов достаточно точно определяет необходимый запас кормов. Описанный в статье метод технико-экономических расчетов позволил обосновать количество хранилищ, необходимых для сохранения годовых запасов корма.

Предложенный расчет производительности технологической линии кормоцеха позволяет подобрать конкретные машины. При этом некоторые из них значительно отличаются по производственным показателям, и в поточных линиях не согласуются.

Малопродуктивную машину рекомендуется устанавливать в начале поточной линии, так как она является лимитирующим элементом системы. В случае, когда малопродуктивная машина установлена в конце поточной линии, производительность всей

линии снижается до 30 % от номинальной. В результате повышается металлоемкость системы и затраты энергии на выработку единицы продукции. Чтобы технико-экономические показатели системы не ухудшались и соблюдалось условие поточности в технологических линиях, производительность каждой последующей машины должна быть больше или равна производительности предыдущей машины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технологии и техническое обеспечение производства высококачественных кормов: рекомендации / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь; РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию»; РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству»; РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»; РНДУП «Институт мелиорации».

ции». – Минск: Научно-практич. центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2013. – 74 с.

2. Сысоев, Д.П. Параметры раздатчика-смесителя кормов для малых ферм крупного рогатого скота: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Д.П. Сысоев. – Ростов-на-Дону, 2011. – 191 с.

3. Ресурсосберегающие технологии приготовления и раздачи кормов на животноводческих фермах малых форм хозяйствования / Д.П. Сысоев [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 3. – С. 15-19.

4. Нормы технологического проектирования свиноводческих ферм крестьянских хозяйств: НТП-АПК 1.10.02.001-00. – Введ. 15.09.2000. – М.: НИПИагропром, 2000. – 52 с.

5. Курсовое и дипломное проектирование по машиноиспользованию в животноводстве, автоматизации ферм и перерабатывающих предприятий: учеб. пособие / Н.В. Брагинец [и др.]. – Луганск: ЛНАУ, 2012. – 447 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 13.11.2020

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, м ³ /час	от 0,16 до 40
Основная относительная погрешность, не более, %	± 3
Порог чувствительности, не более, м ³ /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

УДК 664.726.5

ОБОСНОВАНИЕ ПОДОГРЕВА ЗЕРНА И ВОДЫ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ ЗЕРНА К ПОМОЛУ

Е.И. Харченко,

доцент каф. технологии хранения и переработки зерна НУПТ (Украина), канд. техн. наук, доцент

Е.А. Еремеева,

доцент каф. технологии хранения и переработки зерна УНУС (Украина), канд. техн. наук, доцент

В статье приведены результаты моделирования температуры зерна пшеницы при изменении его начальной температуры и влажности в процессе увлажнения с учетом начальной температуры зерна. Предложена методика моделирования изменений температуры зерна для различных начальных условий. Приведена технологическая схема подготовки зерна к помолу производительностью 200...250 т/сутки с использованием подогревателей зерна ПЗ-6.

Ключевые слова: пшеница, температура, влажность, подготовка зерна, моделирование.

The results of modeling wheat grain temperature when changing its initial temperature and moisture content in the moistening process taking into account initial grain temperature are presented in the article. A technique for modeling changes in grain temperature for various initial conditions is presented. A technological scheme of preparing grain for grinding with a capacity of 200...250 t/day using grain heaters PZ-6 is presented.

Keywords: wheat, temperature, humidity, grain preparation, modeling.

Введение

В холодный и переходный периоды года зерно пшеницы подается на переработку в муку со сниженной температурой [1; 3; 4; 16], что негативно влияет на эффективность гидротермической обработки и, как следствие, на результаты помола зерна в муку [3, 4]. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах [10] и ряд других литературных источников [3; 7; 15] рекомендуют проводить увлажнение зерна пшеницы водой, подогретой до 35,0...50,0 °С. Для нормального протекания гидротермической обработки и помола зерна его температура должна находиться в пределах 18,0...22,0 °С [5]. При сортовых помолах пшеницы, зерно, поступающее в переработку, рекомендуется подогревать до температуры 20,0...25,0 °С [14].

Классическая технология подготовки пшеницы к помолу рекомендует проводить подогревание зерна в аппаратах БПЗ перед подачей его на первый этап очистки [10]. Основная задача подогрева зерна заключается в увеличении его температуры и улучшении эффективности проведения «холодного» кондиционирования пшеницы.

Практика использования подогревателей зерна БПЗ показала, что они ненадежны в работе [12], из-за чего подогрев зерна был исключен из технологического процесса. Размещение подогревателей зерна в начале технологического процесса [10] перед подачей его на первый этап очистки приводит к охлаждению зерна при прохождении через технологическое и транспортное оборудование за счет отдачи тепловой энергии рабочим органам оборудования. В результате этого на увлажнение зерно пшеницы поступает с пониженной температурой.

Щербаков С.И. [17] рекомендует подогревать зерно непосредственно перед его увлажнением. Увеличение температуры зерна приведет к повышению эффективности «холодного» кондиционирования.

На современном этапе развития техники и технологии переработки зерна в муку подогреватели зерна изготавливаются только компанией «ОЛІС» (г. Одесса, Украина) [2; 9], технические характеристики которых позволяют повышать температуру зерна пшеницы до 15,0 °С [9]. Подогревание зерна пшеницы в процессе подготовки его к помолу используется на единичных предприятиях, но гораздо более широко применяется увлажнение зерна подогретой водой.

Несмотря на широкое распространение увлажнения зерна подогретой водой на мукомольных заводах, эффективность повышения температуры зерна пшеницы остается неизвестной, включая многочисленные исследования гидротермической обработки зерна [18]. Исследований увеличения температуры зерна в процессе его увлажнения подогретой водой в литературных источниках не приводится [3; 4; 8; 10; 14; 15; 17].

Целью работы является исследование температуры зерна пшеницы при его различных начальных температурах, увеличении влажности и рекомендации по организации технологии подготовки пшеницы к помолу с использованием подогрева зерна.

Основная часть

Исследовать изменения температуры зерна пшеницы в процессе его увлажнения возможно на основе законов теплопроводности зерна и воды.

Температуру зерна после его увлажнения определяли по формуле [3]:

$$t_{36} = \frac{G_3 t_0 c_3 + G_6 t_6 c_6}{(G_3 + G_6) \cdot c_{36}}, \quad (1)$$

где G_3 – масса зерна пшеницы, для расчетов принята $G_3 = 1,0$ кг;

G_6 – масса воды, которая добавлена к зерну с целью его увлажнения, кг;

t_0 – температура зерна перед его увлажнением (холодного зерна), °C;

t_6 – температура воды, добавляемая к зерну в процессе кондиционирования, °C;

c_3 – удельная теплоемкость зерна пшеницы, Дж/(кг·K);

c_6 – удельная теплоемкость воды, Дж/(кг·K);

c_{36} – удельная теплоемкость увлажненного зерна, Дж/(кг·K).

Удельную теплоемкость сухого зерна пшеницы, c_3 , Дж/(кг·K), рассчитывали по следующей формуле [5]:

$$c_3 = \left(891,7 + 87,49W_n - 1,545W_{овз}^2 + 0,01149W_n^3 \right) \times \left[1 + 0,287 \cdot 10^{-3} (25 - W_n)(t_0 - 28) \right]. \quad (2)$$

где W_n – влажность зерна на общую массу, %.

Удельную теплоемкость воды, рассчитывали по формуле, которая предложена Осборном, Стимсоном и Гиннингсоном [18]:

$$c_6 = c_6(15^\circ\text{C}) \cdot [0,99618 + 0,0002874 \left(\frac{t_6 + 100}{100} \right)^{5,26} + 0,011160 \cdot 10^{-0,036t_6}], \quad (3)$$

где $c_6(15^\circ\text{C})$ – удельная теплоемкость воды при $15,0^\circ\text{C}$, $c_6(15,0^\circ\text{C}) = 4185,5$ Дж/(кг·K) [18].

Удельную теплоемкость увлажненного зерна определяли по формуле [13]:

$$c_{36} = \frac{W_k}{100} c_6 + \frac{100 - W_k}{100} c_{cp}, \quad (4)$$

где W_k – влажность зерна на общую массу, %;

c_{cp} – удельная теплоемкость сухих веществ пшеницы, $c_{cp} = 1550$ Дж/(кг·K) [6, 13].

Массу воды (G_6), кг определяли по формуле:

$$G_6 = G_3 \cdot \left(\frac{W_k - W_n}{100} \right), \quad (5)$$

где W_k – конечная заданная влажность зерна на общую массу, %;

W_n – начальная заданная влажность зерна на общую массу, %.

Увеличение влажности зерна пшеницы ΔW , % определяли как разницу между конечной и начальной влажностью зерна.

Конечную заданную влажность зерна принимали равной $16,0$ %, как оптимальную для зерна пшеницы при сортовых помоях. Повышение влажности пшеницы на $5,0$ % принято из условия, что в технологическом процессе «холодного» кондиционирования зерна в ап-

паратах интенсивного увлажнения А1-БШУ-2, возможно добавление влажности не более чем $5,0$ % [11].

Моделирование проводили для двух возможных в практике мукомольного производства вариантов увлажнения зерна пшеницы. Первый вариант предусматривал, что технологический процесс подготовки зерна к помолу не имеет аппаратов для подогревания зерна, а его увлажнение происходит только подогретой водой.

Второй вариант предусматривал, что в технологический процесс подготовки зерна включен аппарат для подогревания зерна, и перед увлажнением зерно имеет температуру $15,0^\circ\text{C}$ [9].

Для моделирования изменения температуры зерна пшеницы в процессе его увлажнения начальную температуру зерна принимали от $-5,0$ до $10,0^\circ\text{C}$ с шагом в $5,0^\circ\text{C}$; температуру воды – $50,0^\circ\text{C}$ [19]; начальную влажность зерна пшеницы принимали от $11,0$ до $14,0$ % с шагом в $1,0$ %. Конечную температуру зерна после увлажнения принимали равной $18,0 \dots 22,0^\circ\text{C}$, как рекомендуется в литературных источниках [3].

Также проводилось моделирование варианта увлажнения зерна водой с температурой $80,0^\circ\text{C}$ [8].

Проведенное моделирование изменений температуры зерна пшеницы (вариант 1) в зависимости от начальной температуры зерна и его влажности показало, что без предварительного нагрева при начальных температурах от $-5,0$ до $15,0^\circ\text{C}$ достичь температуры $18,0 \dots 22,0^\circ\text{C}$ невозможно. Результаты моделирования приведены на рисунке 1.

При температуре воды $50,0^\circ\text{C}$ и наибольшем увеличении влажности зерна на $5,0$ % можно увеличить температуру зерна пшеницы только до $12,6^\circ\text{C}$ при условии, что начальная температура зерна будет составлять $10,0^\circ\text{C}$.

В случае, если начальная температура зерна пшеницы перед увлажнением будет составлять $10,0^\circ\text{C}$, а температура воды $80,0^\circ\text{C}$ [8] и максимальное повышение влажности на $5,0$ %, то в таком случае температура зерна пшеницы после увлажнения увеличится до $15,6^\circ\text{C}$. Приведенные данные указывают, что увлажнение пшеницы подогретой водой без предварительного подогрева самого зерна не обеспечивает повышения температуры зерна до $18,0 \dots 22,0^\circ\text{C}$ [14].

В случае, если температура зерна пшеницы перед подачей на увлажнение будет составлять $15,0^\circ\text{C}$, что возможно при использовании предварительного подогревания зерна (вариант 2), а температура воды $50,0^\circ\text{C}$, то при увеличении влажности зерна на $5,0$ %, его температура увеличится до $16,6^\circ\text{C}$, что также не обеспечивает повышения температуры зерна пшеницы до $18,0 \dots 22,0^\circ\text{C}$. Результаты исследований приведены на рисунке 2.

Если зерно пшеницы будет увлажняться с $14,0$ % до $16,0$ %, что также возможно в практике мукомольного производства, то при начальной температуре пшеницы $15,0^\circ\text{C}$, его температура после увлажнения увеличится только на $0,3^\circ\text{C}$.

При всех одинаковых условиях, увлажнение зерна, подогретого до $15,0^\circ\text{C}$ водой с температурой $80,0^\circ\text{C}$, позволяет повысить его температуру до $19,6^\circ\text{C}$, что

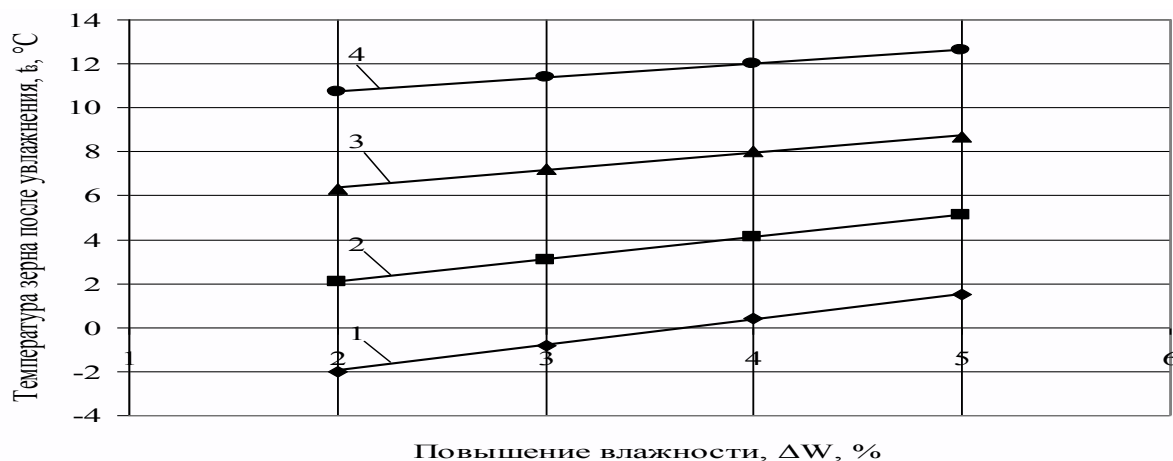


Рисунок 1. Повышение температуры зерна пшеницы при увлажнении его водой с температурой 50,0 °C и разной начальной температурой: 1 – -5 °C; 2 – 0 °C; 3 – 5 °C; 4 – 10 °C

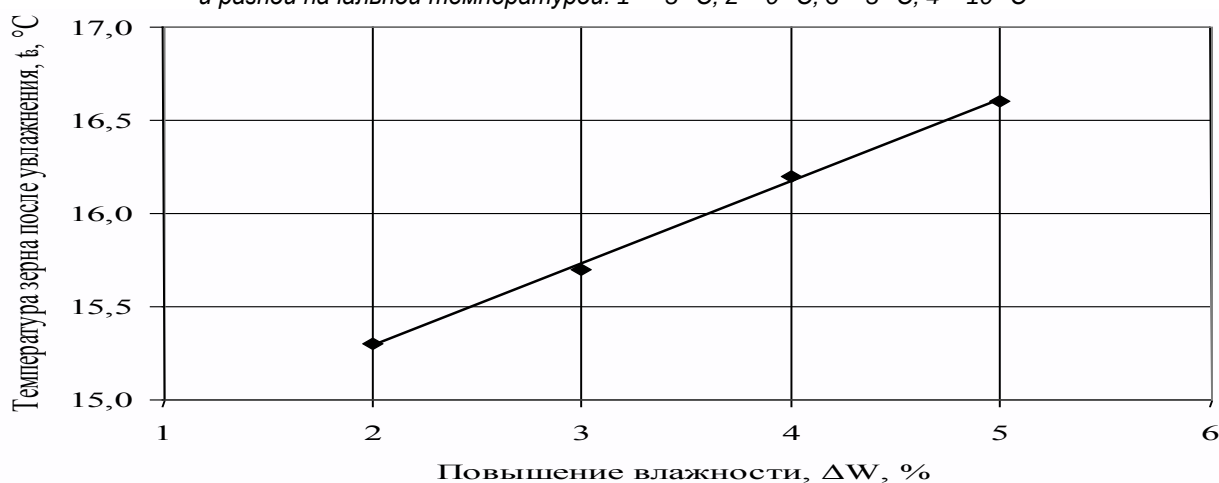


Рисунок 2. Повышение температуры зерна пшеницы, подогретой до 15,0 °C, при увлажнении ее водой с температурой 50,0 °C

соответствует диапазону температур зерна пшеницы 18,0...22,0 °C [3].

Подогревание зерна целесообразно проводить непосредственно перед его подачей в аппараты интенсивного увлажнения. Это обеспечит уменьшение передачи тепловой энергии подогретым зерном рабочим органам технологического и транспортного оборудования. Организация технологического процесса подготовки зерна к помолу с подогревом зерна для мукомольных заводов производительностью 200...250 т/сутки существенно не отличается от предложенных в правилах организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах [10]. Отличительной особенностью такого технологического процесса является наличие подогревателей для зерна перед его подачей непосредственно на увлажнение. Производительность подогревателей для зерна ПЗ-6 составляет 6 т/час [9], что обеспечивает работу технологического процесса в два потока [11].

Для обеспечения равномерного увлажнения пшеницы, в технологическом процессе необходимо предусмотреть систему автоматического увлажне-

ния, которая является частью технологии и должна быть предусмотрена на этапе проектирования технологического процесса подготовки зерна к сортовому помолу (рис. 3). В состав этой системы входит электронное устройство расхода зерна (2.15, 2.16) (рис. 3) с возможностью передачи сигнала на контроллер прибора для измерения влажности зерна в потоке (15.1, 15.2) (рис. 3). Подогреватели зерна ПЗ-6 должны быть установлены перед устройствами расхода зерна, в связи с тем, что эти устройства эффективно работают только под подпором потока зерна. При такой компоновке процесса, подогреватели зерна также выполняют функцию оперативных емкостей. Установка системы автоматического увлажнения зерна пшеницы обеспечивает учет той влаги, которая частично испаряется за счет нагрева зерна в подогревателях для зерна ПЗ-6.

Заключение

На основании законов теплопроводности зерна проведено моделирование температуры зерна пшеницы, что позволяет сделать следующие выводы:

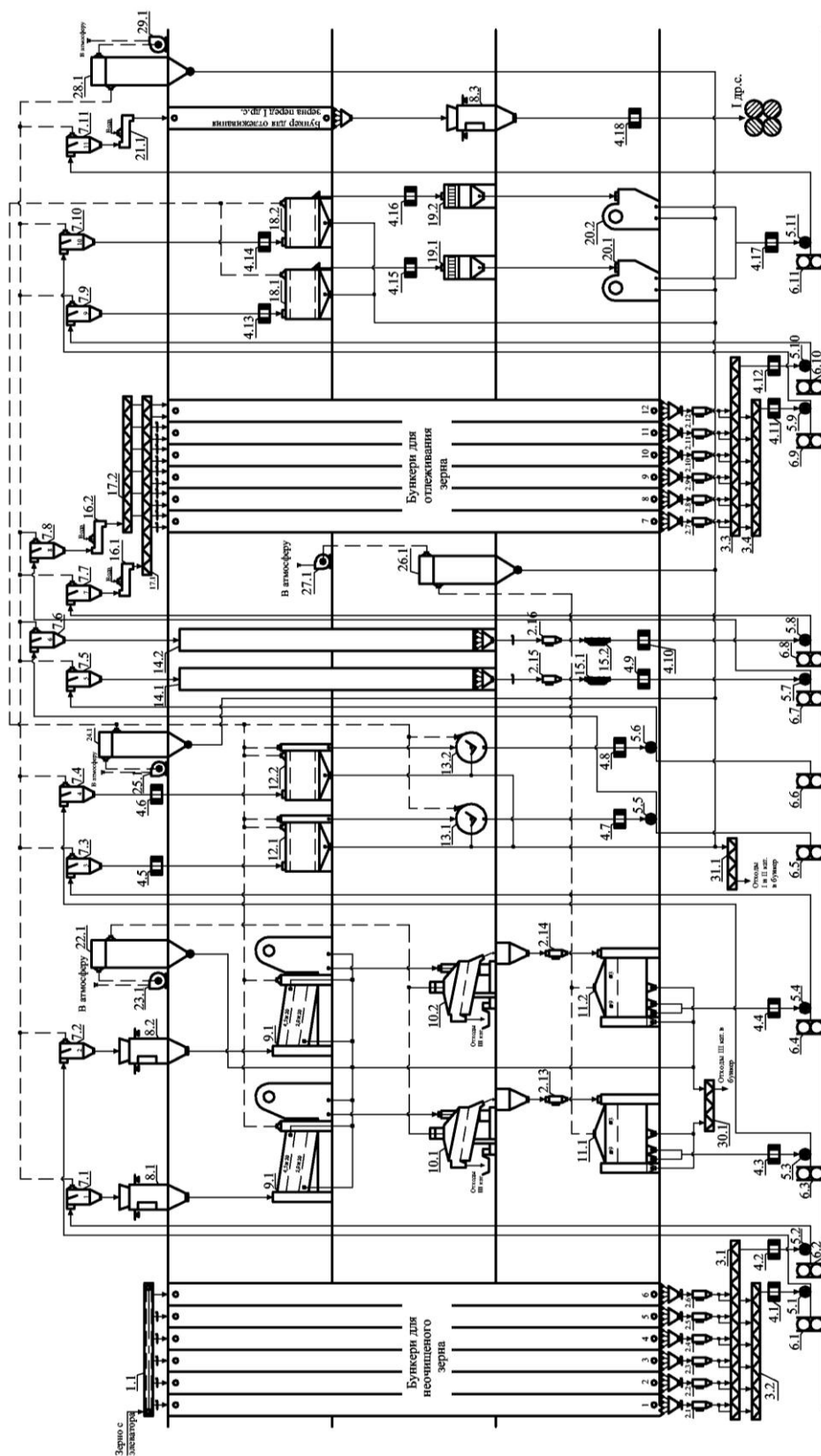


Рисунок 3. Схема технологического процесса подготовки зерна пшеницы к сортовому помолу с использованием подогревателей зерна производительностью 200...250 т/сутки: 1.1 – транспортер KS-320; 2.1-2.16 – устройство расхода зерна РВЗ-1; 3.1-3.4 – транспортер Ш-200; 4.1-4.18 – магнитная колонка БМЗ; 5.1-5.11 – шлюзовой питатель РЗ-БШЗ; 6.1-6.11 – воздушная машина; 7.1-7.11 – циклон-разрушитель УЗ-БРО; 8.1-8.3 – весовой дозатор; 9.1 – зерноочистительный сепаратор с воздушным каналом ВС-600; 10.1-10.2 – камнеотборник РЗ-БКТ-100; 11.1-11.2 – концентратор КЗХ-9; 12.1-12.2 – обочная машина МАО-6 с аспирационным каналом ВС-600; 13.1-13.2 – триер-куколотборник А9-УТК-6; 14.1-14.2 – подогреватель зерна ПЗ-6; 15.1-15.2 – устройство расхода зерна РВЗ-1; 16.1-16.2 – аппарат интенсивного увлажнения А1-БШУ-2; 17.1-17.2 – транспортер винтовой Ш-200; 18.1-18.2 – обочная машина РЗ-БГО-8; 19.1-19.2 – энтолейтор-стерилизатор РЗ-БЕЗ; 20.1-20.2 – воздушный сепаратор А1-БДЗ; 21.1 – аппарат интенсивного увлажнения А1-БШУ-1; 22.1, 24.1, 26.1, 28.1 – фильтр-циклон РЦИЕ-40, 8-48; 23.1 – вентилятор среднего давления (аспирация сепараторов); 25.1, 27.1, 29.1 – вентилятор для отходов I и II категории Ш-160; 30.1 – транспортер для отходов III категории Ш-160; 31.1 – транспортер для отходов I и II категории Ш-160.

1. Увлажнение пшеницы с низкой начальной температурой водой, подогретой до 50,0 °С на 5,0 %, не обеспечивает повышения температуры зерна до 18,0...22,0 °С. Температура зерна повышается до 12,6 °С.

2. Увлажнение зерна пшеницы с низкой начальной температурой водой, подогретой до 80,0 °С, повышает температуру зерна на 5% – до 15,6 °С.

3. Увлажнение зерна пшеницы с начальной температурой 15,0 °С водой с температурой 50,0 °С на 5,0 % обеспечивает повышение температуры до 16,6 °С.

4. Увлажнение зерна пшеницы с начальной температурой 15,0 °С водой с температурой 80,0 °С на 5,0 % обеспечивает повышение температуры до 19,6 °С.

Доказано, что повышение температуры зерна пшеницы до 18,0...22,0 °С возможно только при увлажнении его водой с температурой 80,0 °С в количестве 5,0 % и начальной температурой зерна 15,0 °С. Исходя из этого, подогревание зерна пшеницы целесообразно проводить непосредственно перед подачей его на этап увлажнения, что дает возможность уменьшить потери тепловой энергии зерном и улучшить эффективность «холодного» кондиционирования. Для предприятий производительностью 200...250 т/сутки рекомендуется для подогревания зерна использовать аппараты марки ПЗ-6 с производительностью 6 т/час.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Атаназевич, В.И. Сушка зерна / В.И. Атаназевич. – М.: Агропромиздат, 1986. – 240 с.

2. Верещинський, О.П. Наукові основи і практика підвищення ефективності сортів хлібопекарських помелів пшениці / О.П. Верещинський: автореферат дисс. докт. техн. наук. – К.: НУХТ, 2013. – 35 с.

3. Егоров, Г.А. Гидротермическая обработка зерна / Г.А. Егоров. – М.: Колос, 1968. – 95 с.

4. Егоров, Г.А. Особенности подготовки и размола замороженного зерна пшеницы. Обзорная информация: серия Мукомольно-крупяная промышленность / Г.А. Егоров, А.А. Моксякова, Р.А. Ульченко. – М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1981. – 56 с.

5. Егоров, Г.А. Технология муки. Технология крупы / Г.А. Егоров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 2005. – 296 с.

6. Жидко, В.И. Зерносушение и зерносушилки / В.И. Жидко, В.А. Резчиков, В.С. Уколов. – М.: Колос, 1982. – 239 с.

7. Жислин, Я.М. Выработка муки и крупы в сельскохозяйственном мукомолье / Я.М. Жислин, А.К. Терещенко. – М.: Колос, 1969. – 231 с.

8. Совершенствование технологии помолов пшеницы и ржи в СССР и за рубежом / Б.М. Максимчук [и др.] // Обзорная информация. Серия: Мукомольно-крупяная промышленность. – М.: ЦНИИТЭИ, 1981. – 40 с.

9. Подогреватель зерна ПЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.olis.com.ua/rus/podogrevateli-zerna-pz.html>. – Дата доступа: 02.07.2020.

10. Правила организации и ведения технологического процесса на мукомольных заводах. – Минск: Минсельхозпрод, 2010. – 235 с.

11. Птушкина, Г.Е. Высокопроизводительное оборудование мукомольных заводов / Г.Е. Птушкина, Л.И. Товбин. – М.: Агропромиздат, 1987. – 288 с.

12. Повышение эффективности работы мельниц, оснащенных комплектным высокопроизводительным оборудованием. Рекомендации совещания-семинара. – Калинин: Министерство хлебопродуктов РСФСР, 1988. – 25 с.

13. Станкевич, Г.М. Сушение зерна / Г.М. Станкевич, Т.В. Страхова, В.И. Атаназевич. – К.: Либідь, 1997. – 352 с.

14. Куприца, Я.Н. Технология переработки зерна: мукомольное, крупяное и комбикормовое производство / Я.Н. Куприца. – М.: Колос, 1965. – 504 с.

15. Чеботарев, О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шаззо, Я.Ф. Мартыненко. – Ростов-на-Дону, 2004. – 688 с.

16. Исследование температуры зерна при его подготовке к помолу / О.И. Шаповаленко [и др.] // Хранение и переработка зерна. – 2010. – №3. – С. 45.

17. Щербаков, С.И. Помолы пшеницы и ржи / С.И. Щербаков. – 2-е изд.; перераб. и доп. – М.: Заготиздат, 1953. – 275 с.

18. Kaye, G.W. Tables of physical and chemical constants / G.W. Kaye, T.H. Laby. – Longmans, Green & Co, London, New York, Toronto. – 1970.

19. Kharchanko, Y. Influence of water temperature and moisture increase on wheat temperature during moistening / Y. Kharchanko, V. Chorny, A. Sharan // Ukrainian Journal of Food Science. – 2020. – №8 (1). – P. 58-67.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 01.08.2020

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ КИСЛОМОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

Л.В. Сафроненко,

доцент каф. инновационного развития АПК ИПК и ПК АПК БГАТУ, канд. техн. наук

Е.В. Сафроненко,

директор ОАО «Бона Фуд»

В статье проанализированы основные принципы создания инновационных технологий пробиотических кисломолочных продуктов, обеспечивающих как стабильный микробиологический состав, так и заявленные качественные характеристики.

Ключевые слова: микроорганизмы, концентрированные закваски, лактобациллы, бифидобактерии, технологии.

The basic principles of creating innovative technologies for probiotic fermented milk products that provide both a stable microbiological composition and the declared quality characteristics are analyzed in the article.

Keywords: microorganisms, concentrated starter cultures, lactobacilli, bifidobacteria, technologies.

Введение

Выпуск молочных продуктов принадлежит к числу тех производств, в которых микробиологические процессы играют роль одного из важнейших факторов. Показатели безопасности и качества молочных продуктов во всем мире в основном нормируются именно по микробиологическим критериям, а органолептические характеристики ферментированных молочных продуктов, консистенция, реологические и диетические свойства во многом зависят от состава микрофлоры присутствующих в них заквасок.

Великий русский биолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине (1908 г.), Илья Ильич Мечников утверждал, что ресурс человеческой жизни рассчитан более чем на 100-120 лет, и преждевременная старость – «есть болезнь, которую надо лечить». Одну из причин ранней старости он видел в систематическом отравлении организма ядами гнилостных бактерий, которые обитают в толстом кишечнике. Борьба с ними ученый предлагал употреблением в больших количествах кисломолочных продуктов, в особенности заквашенных с помощью болгарской палочки, поскольку молочнокислые микроорганизмы создают в кишечнике среду, неблагоприятную для гнилостных бактерий. Известно, что при благоприятных условиях питания и обитания, многие бактерии, в том числе молочнокислые, способны удваиваться каждые 30 и даже 20 минут (время деления). И этот фактор определяет подходы к созданию определенных технологических режимов, подбору состава микрофлоры заквасок и состава сырья для производства кисломолочных продуктов.

В середине 20 века было установлено, что бифидобактерии являются одним из важнейших показателей здоровья, так как доминируют среди микроорганизмов микрофлоры кишечника человека всех возрастов. В последние годы активно изучается влияние

пробиотиков, к которым относятся бифидо- и лактобактерии, на кишечный биоценоз, развитие и течение различных заболеваний при нарушении кишечной микрофлоры. Уменьшение количества бифидо- и лактобактерий, или их полное исчезновение приводит к длительным кишечным инфекциям у детей и взрослых, снижению их иммунитета, нарушению минерального, белкового и жирового обмена и процессов кишечного всасывания. Таким образом, создание инновационных технологий выпуска пробиотических кисломолочных продуктов является актуальной задачей молочной промышленности [1].

Целью работы является создание инновационных технологий пробиотических кисломолочных продуктов для различных возрастных категорий населения Республики Беларусь.

Основная часть

Состав микрофлоры пробиотических кисломолочных продуктов основывается на современных знаниях состава микрофлоры человеческого организма, а также их современной систематике.

В таблице 1 приведен видовой состав пробиотиче-

Таблица 1. Видовой состав пробиотической микрофлоры

Lactobacillus:	Bifidobacterium:
L. Helveticus	B. Adolescentis
L. Acidophilus	B. Bifidum
L. Casei	B. Lactis
L. Paracasei	B. Longum
L. Plantarum	B. Pseudocatenulatum
L. Fermentum	B. Pseudocatenulatum
L. Plantarum	Propionibacterium
L. Gasseri	Propionibacterium freudenreichii subsp. Shermanii
L. Rhamnosus	

ской микрофлоры, наиболее часто используемый в инновационных технологиях производства, как фармакологических препаратов, так и пищевых продуктов [2-4].

Получение кисломолочных продуктов, содержащих микроорганизмы-пробиотики (лактобациллы, бифидо- и пропионовокислые бактерии), основано либо на их размножении в молоке при внесении посевного материала и стимуляторов роста в исходное сырье, либо при внесении такого количества исходной лиофилизированной или глубокомороженной биомассы микроорганизмов, которое обеспечивает в конечном продукте терапевтическую дозу жизнеспособных клеток вышеперечисленных пробиотических культур. Для конкурентоспособности таких кисломолочных продуктов необходимы инновационные технологии, обеспечивающие необходимый технологический процесс.

В мировом промышленном производстве молочных продуктов широко используется способ получения ферментированных продуктов. В подготовленное сырье вносятся микроорганизмы в виде бактериальных концентратов лиофильно высушенных или глубокомороженных, содержащих высокоактивную микрофлору (титр 10^{10} – 10^{12} КОЕ/г жизнеспособных клеток), позволяющую без длительной активизации, при оптимальных температурных режимах, ферментировать сырье. При создании таких бакконцентратов учитываются технологические особенности изготовления конкретного продукта, что гарантирует направленность, интенсивность и стабильность проведения технологического процесса.

В РУП «Институт мясо-молочной промышленности» Беларуси изготавливают поливидовые сухие концентрированные закваски для производства ферменти-

рованных молочных продуктов с пробиотическими микроорганизмами «Биолюкс» (ТУ РБ 100377914.511) и «Пробилакт» (ТУ ВУ 100377914.564).

Микробиологический состав концентрированных заквасок и технология его производства разработаны таким образом, что простое внесение их в подготовленную молочную смесь, при оптимальной температуре обеспечивает получение конечных продуктов с необходимыми органолептическими, физико-химическими и микробиологическими характеристиками.

В таблице 2 представлены виды бактериальных концентратов «Биолюкс» [5; 7].

В таблицах 3, 4 представлен состав сухих концентрированных заквасок «Пробилакт» и «Биолюкс».

Как видно из таблиц 3 и 4, бактериальный состав сухих концентрированных заквасок «Биолюкс» и «Пробилакт», а также содержание общего количества жизнеспособных клеток (сотни миллиардов в 1 г и их биологическая активность в заквасках) является основанием для создания инновационных технологий пробиотических кисломолочных продуктов.

С использованием бактериальных заквасок «Биолюкс» разработаны кисломолочные продукты:

– коктейль кисломолочный «Биолюкс» (ТУ ВУ 100098867.186);

– биопродукты «Биостиль» (ТУ ВУ 100377914.536), «На здоровье!» (ТУ ВУ 100098867.249);

– продукты диетической направленности «Бифидобакт» (ТУ РБ 02906526.029) и «Бифитат» (ТУ РБ-2906526.047) [5, 6; 8].

На основе бактериальных заквасок «Пробилакт» создано 15 рецептов диетических обогащенных биопродуктов «Бифи-мульти» для детей дошкольного и млад-

Таблица 2. Микробиологический состав концентрированных заквасок «Биолюкс»

Наименование концентрата	Состав пробиотической микрофлоры	Состав сквашивающей микрофлоры
Биолюкс-БП	<i>Bifidobacterium ssp.</i> , <i>Propionibacterium ssp.</i>	–
Биолюкс-МБПЛБ	<i>Bifidobacterium ssp.</i> , <i>Propionibacterium ssp.</i> , <i>Lactobacillus casei</i> и/или <i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. diacetylactis</i> с добавлением или без добавления <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i>
Биолюкс-МБПЛБ _в		
Биолюкс-МБ	<i>Bifidobacterium ssp.</i>	
Биолюкс-МБ _в		
Биолюкс-МЛБ	<i>Lactobacillus casei</i> и/или <i>Lactobacillus plantarum</i>	
Биолюкс-МЛБ _в		
Биолюкс-МБП	<i>Bifidobacterium ssp.</i> , <i>Propionibacterium ssp.</i>	
Биолюкс-МБП _в		
Биолюкс-МБЛБ	<i>Bifidobacterium ssp.</i> , <i>Lactobacillus casei</i> и/или <i>Lactobacillus plantarum</i>	
Биолюкс-МБЛБ _в		
Биолюкс-МПЛБ	<i>Propionibacterium ssp.</i> ; <i>Lactobacillus casei</i> и/или <i>Lactobacillus plantarum</i>	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. diacetylactis</i> , <i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus</i> с добавлением или без добавления <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i>
Биолюкс-МПЛБ _в		
Биолюкс-МП	<i>Propionibacterium ssp.</i>	
Биолюкс-МП _в		
Биолюкс-МТБПЛБ	<i>Bifidobacterium ssp.</i> , <i>Propionibacterium ssp.</i> , <i>Lactobacillus casei</i> и/или <i>Lactobacillus plantarum</i>	
Биолюкс-МТБ	<i>Bifidobacterium ssp.</i>	
Биолюкс-МТЛБ	<i>Lactobacillus casei</i> и/или <i>Lb. plantarum</i>	
Биолюкс-МТБП	<i>Bifidobacterium ssp.</i> , <i>Propionibacterium ssp.</i>	
Биолюкс-МТБЛБ	<i>Bifidobacterium ssp.</i> , <i>Lactobacillus casei</i>	
Биолюкс-МТПЛБ	<i>Lb. casei</i> и/или <i>Lb. plantarum</i> ; <i>Propionibacterium</i>	
Биолюкс-МТП	<i>Propionibacterium ssp.</i>	

**Таблица 3. Состав микрофлоры сухих концентрированных заквасок
«Пробилакт» ТУ ВУ 100377914.564 -2008**

Наименование	Состав микрофлоры заквасок
БК «Пробилакт»-1	<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus, Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus casei</i>
БК «Пробилакт»-2	<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus, Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium ssp.</i>
БК «Пробилакт»-3	<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus, Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium ssp., Lactobacillus casei</i>
БК «Пробилакт»-4	<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus, Lactobacillus helveticus, Lactobacillus casei</i>
БК «Пробилакт»-5	<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus, Lactobacillus helveticus, Bifidobacterium ssp.</i>
БК «Пробилакт»-6	<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus, Lactobacillus helveticus, Bifidobacterium ssp., Lactobacillus casei</i>
БК «Пробилакт»-7	<i>Lactobacillus helveticus</i>

Таблица 4. Количественный состав микрофлоры концентрата «Биолюкс»

Наименование показателя	Количество, КОЕ/г						
	МТП, МП	МТБП, МБП	МТБПЛБ, МБПЛБ	МТПЛБ, МПЛБ	МТЛБ, МЛБ	МТБЛБ, МБЛБ	МТБ, МБ
Бифидобактерии, не менее	—	$2,2 \cdot 10^{10}$	$1,9 \cdot 10^{10}$	—	—	$2,2 \cdot 10^{10}$	$4 \cdot 10^{10}$
Мезофильные лактобациллы, не менее	—	—	$2,3 \cdot 10^9$	$6 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{10}$	$4,5 \cdot 10^9$	—
Пропионовокислые бактерии, не менее	$2 \cdot 10^{10}$	$4,5 \cdot 10^9$	$2,3 \cdot 10^9$	$1,4 \cdot 10^{10}$	—	—	—
Лактококки и термофильные стрептококки, не менее	$6 \cdot 10^{10}$	$6,8 \cdot 10^{10}$	$7,1 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{10}$	$6,8 \cdot 10^{10}$	$6 \cdot 10^{10}$

шего школьного возраста, в том числе сладкие и с натуральными фруктовыми наполнителями (ТУ ВУ 100377914.569-2009), в составе которых присутствуют пищевые волокна, кальций и витаминный комплекс. Разработаны биопродукты для детей раннего возраста – «Цветик-семицветик» (ТУ ВУ 100377914.568-2009), в том числе с фруктозой и натуральным фруктовым пюре. Натуральные фруктовые и овощные пюре дополняют исходный вкус кисломолочного продукта характерным привкусом и придают продуктам более вязкую консистенцию, а также обогащают продукты натуральными пектинами (табл. 5).

Клинические исследования подтвердили эффективность использования данных продуктов для нор-

мализации микрофлоры кишечника у детей.

Заключение

На основе анализа литературных данных, а также изучения современных подходов к созданию технологий продуктов из молока сформулированы основные направления совершенствования инноваций в производстве кисломолочных продуктов. Широкий выбор бактериальных концентрированных заквасок, разные способы их применения позволяют технологам-практикам целенаправленно управлять микробиологическими процессами при производстве пробиотических кисломолочных продуктов, обеспечивать их широкий ассортимент и гарантированное качество.

Таблица 5. Органолептические показатели кисломолочных продуктов

Вид продуктов	Наименование показателей	
	Консистенция и внешний вид, цвет	Вкус и запах
Биопродукт «Цветик - семицветик» для детского питания (с фруктозой, жирностью 3,2%)	Продукт молочно-белого цвета с нарушенным сгустком, однородной, вязкой консистенции	Чистый кисломолочный, легкого сладковатого вкуса, без посторонних привкуса и запаха
Биопродукт «Цветик - семицветик» для детского питания (с фруктозой и яблочным пюре, жирностью 3,2 %)	Продукт молочного цвета с кремовым оттенком, с нарушенным сгустком, с видимыми частицами пюре однородной, вязкой консистенции	Чистый кисломолочный, с легким привкусом яблочного пюре, без посторонних привкуса и запаха
Биопродукт «Цветик - семицветик» для детского питания (с фруктозой, ароматизированный, жирностью 3,2 %)	Продукт молочно-белого цвета, с нарушенным сгустком, однородной, вязкой консистенции	Чистый кисломолочный, вкус сладковатый, с легким ароматом и привкусом ванили, без посторонних привкуса и запаха

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Семенихина, В.Ф. Разработка заквасок для кисломолочных продуктов / В.Ф. Семенихина, И.В. Рожкова // Молоко. Переработка и хранение: монография – М.: РАН. – 2015. – С. 31-77.
2. Молокеев, А.В. Рецептуростроение комплексных эубиотиков, адекватных возрастному микробиоценозу человека / А.В. Молокеев, Э.В. Криницина, Р.М. Ильина // «Пробиотики и пробиотические продукты в профилактике и лечении наиболее распространенных заболеваний человека: материалы Международ. науч.-практич. конф., Москва, 21-23 апреля 1999 г. – С. 34-37.
3. Сакс, Дж. С. Микробы хорошие и плохие. Наше здоровье и выживание в мире бактерий / Дж. С. Сакс. – М.: Элемент, 2013. – 153 с.
4. Богданова, Л.Л. Поливидовые бактериальные концентраты пробиотических микроорганизмов «Биолюкс» для производства ферментированных молочных продуктов / Л.Л. Богданова, Н.Н. Фурик, Л.В. Сафроненко, Н.В. Дудко // Матер. II Международ. конгресса по пробиотикам и VI объединенной научной сессии Института гастроэнтерологии и клинической

фармакологии Спб ГМА им. И.И. Мечникова; Санкт-Петербург, 28–29 октября 2009 г. – С.5.

5. Новый вид пробиотических кисломолочных продуктов /Л.В. Сафроненко [и др.] // Актуальные вопросы переработки молочного сырья: науч. труды РУП «Институт мясо-молочной промышленности»; редкол.: С.А. Суслов [и др.]. – Минск, 2007. – С. 18-21.

6. Сафроненко, Л.В. Бактериальные концентраты пробиотических микроорганизмов / Л.В. Сафроненко, Л.Л. Богданова, А.В. Мелещенко // Проблемы создания продуктов здорового питания. Наука и технологии: материалы XII Всероссийской науч.-практич. конф., Углич, 2006 г. / ГНУ ВНИИМС Россельхозакадемии; редкол.: Л.М. Аксенова, Н.Ф. Панков. – Углич, 2006. – С. 214.

7. Функциональные кисломолочные продукты «Биостиль» / Л.Л. Богданова [и др.] // Вести НАН Беларуси. Серия аграрных наук. – 2008. – № 2. – С. 111–115.

8. Сафроненко, Л.В. Разработка ферментированных пробиотических продуктов для детского питания / Л.В. Сафроненко, Е.В. Сафроненко // Агропанорама. – 2017– № 1. – С. 31-35.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.10.2020

Радиоволновой влагомер зерна

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



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

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

УДК 621.313

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК 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 расчета конструктивных параметров и технических характеристик трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом». На основании данной методики разработаны алгоритм и программа расчета характеристик трансформатора на ЭВМ при различных исходных параметрах. Произведен анализ их влияния на конструктивные параметры и технические характеристики трансформатора.

Ключевые слова: трансформатор, схема соединения обмоток, конструктивные параметры, технические характеристики.

Methodology for calculating the design parameters and technical characteristics of a transformer with a "star-double zigzag with a neutral wire" winding connection scheme is presented in the article. An algorithm and a program for computer-based calculating the characteristics of a transformer have been developed for various initial parameters on the basis of this methodology. An analysis of their influence on the design parameters and technical characteristics of the transformer has been carried out.

Keywords: transformer, winding connection diagram, design parameters, technical characteristics.

Введение

Трансформатор со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» [1] имеет нулевую группу соединений обмоток, обеспечивает синусоидальность кривой тока нагрузки и напряжения и обладает хорошими симметрирующими свойствами [2-5]. При использовании трансформатора в качестве силового для питания сельскохозяйственных потребителей его целесообразно выполнить с масляным охлаждением, так как это уменьшает габариты и повышает надежность его работы.

Конструктивно трансформатор состоит из магнитной системы, системы обмоток с их изоляцией и системы охлаждения [6-11]. При работе трансформатора из-за потерь энергии в обмотках, магнитной системе и других элементах выделяется определенное количество теплоты. В масляных трансформаторах отвод теплоты от обмоток и магнитной системы осуществляется трансформаторным маслом, которое нагреваясь у поверхностей, отводит теплоту путем естественной конвекции и теплопроводности к стенкам бака трансформатора. Стенки бака трансформатора, омываемые воздухом, в свою очередь, отдают теплоту в окружающую среду конвекцией и излучением с внешней поверхности бака [12-19].

Загрузки магнитной и электрической систем должны находиться в пределах допустимых значений, которые установлены на основании имеющегося в стране и за рубежом опыта конструирования, изготовления и эксплуатации трансформаторов [6-11]. Завышенное значение параметров загрузки магнитной системы приводит к увеличению потерь холостого хода и перегреву магнитопровода, заниженное значение – к перерасходу обмоточных проводов и электротехнической стали. Завышенное значение параметров загрузки электрической системы приводит к увеличению потерь короткого замыкания и перегреву трансформатора, к увеличению напряжения короткого замыкания. Заниженное значение – к перерасходу проводникового материала и электротехнической стали.

Целью работы является разработка методики расчета параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом».

Основная часть

В основу разработанной методики расчета параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» положены такие свойства, как однозначность и результированность, заключающиеся в однозначной ее реали-

зации при изменении задаваемых параметров в определенных пределах. Это позволит использовать ее в дальнейшем при оптимизации технических (конструктивно-режимных) параметров трансформатора.

С учетом этого, авторами предлагается методика расчета технических (конструктивно-режимных) параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»:

1. Задаются исходные параметры рассчитываемого трансформатора: номинальная мощность S_n ; число фаз; частота тока f ; номинальное линейное напряжение первичной $U_{1н}$ обмотки; номинальное линейное напряжение вторичной $U_{2н}$ обмотки; способ охлаждения трансформатора; режим работы; материал и геометрический тип сечения обмоточных проводов; максимальная плотность тока первичной $j_{1\max}$ обмотки; максимальная плотность тока вторичной $j_{2\max}$ обмотки; рекомендуемое значение мощности $P_{к.з.д}$ короткого замыкания; рекомендуемое значение напряжения короткого замыкания $u_{к.з.д}$; марка стали магнитопровода; рекомендуемое значение магнитной индукции в стержнях магнитопровода $B_{с.з.д}$; рекомендуемое соотношение основных размеров трансформатора $\beta_{з.д}$.

2. Производится расчет основных электрических параметров: номинального линейного тока первичной $I_{1н}$ и вторичной $I_{2н}$ обмоток, номинального фазного тока первичной $I_{1ф}$ и вторичной $I_{2ф}$ обмоток, номинального фазного напряжения первичной $U_{1ф}$ и вторичной $U_{2ф}$ обмоток, мощность одной фазы трансформатора $S_{ф}$, мощность на одном стержне S' , активную составляющую рекомендуемого значения напряжения короткого замыкания $U_{а.з.д}$, реактивную составляющую рекомендуемого значения напряжения короткого замыкания $U_{р.з.д}$.

3. В зависимости от класса напряжения обмоток производится выбор изоляции и изоляционных расстояний: между стержнем и вторичной обмоткой a_{01} , между основной частью вторичной обмотки и дополнительными частями вторичных полуобмоток $a_{1'1''}$, $a_{1''1''}$, между вторичной и первичной обмоткой a_{12} , первичными обмотками разных фаз a_{22} , между ярмом и вторичной обмоткой l_{01} , между ярмом и первичной обмоткой l_{02} , толщины межслойной изоляции вторичной обмотки $\delta_{из2}$, толщины межслойной изоляции первичной обмотки $\delta_{из1}$ (рис. 1).

4. Производится расчет размеров магнитной системы трансформатора: коэффициента заполнения стержня активной сталью K_c , предварительного значения приведенного канала рассеяния a'_p диаметра окружности, описанной вокруг стержня d , среднего диаметра канала между обмотками d'_{12} , предварительного значения средней высоты

обмоток l , высоты стержня l_c , размеров пакетов стали.

Если $25kB \cdot A < S_n \leq 630kB \cdot A$, то количество ступеней в поперечном сечении стержней принимается $n_c=6$, в сечении ярм – $n_y=5$;

если $16kB \cdot A < S_n \leq 25kB \cdot A$, то количество ступеней в поперечном сечении стержней принимается $n_c=5$, в сечении ярм – $n_y=4$;

если $S_n = 16kB \cdot A$, то количество ступеней в поперечном сечении стержней принимается $n_c=4$, в сечении ярм – $n_y=3$;

если $S_n < 16kB \cdot A$, то количество ступеней в поперечном сечении стержней принимается $n_c=3$, в сечении ярм – $n_y=2$.

Затем определяется фактическая площадь поперечного сечения стержней $P_{сф}$, фактическая площадь

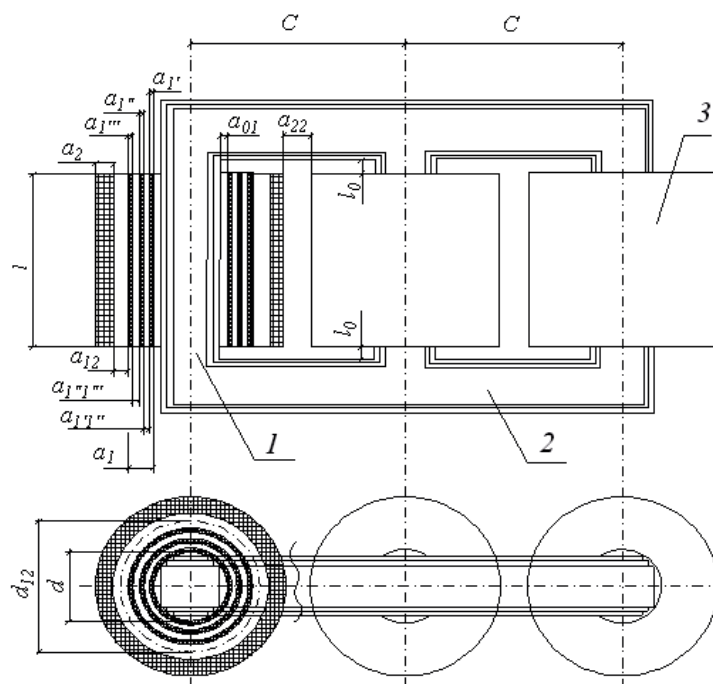


Рисунок 1. Основные размеры трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»: 1 – стержень; 2 – ярмо; 3 – обмотка; d – диаметр стержня магнитной системы, м; l – высота обмоток, м; d_{12} – диаметр осевого канала между первичными и вторичными обмотками, м; c – расстояние между осями стержней магнитопровода, м; a_1 – суммарный радиальный размер вторичных обмоток, м; a_2 – радиальный размер первичных обмоток, м; l_0 – изоляционные расстояния между ярмами и обмотками, м; a_{01} – изоляционные расстояния между вторичной обмоткой и стержнем магнитопровода, м; a_{12} – изоляционные расстояния между первичной и вторичной обмоткой, м; $a_{1'1''}$, $a_{1''1''}$ – изоляционные расстояния между основной частью вторичной обмотки и дополнительными частями вторичных полуобмоток, м; a_{22} – изоляционные расстояния между первичными обмотками разных фаз, м; a_1 , a_1' , a_1'' , a_1''' – радиальные размеры основной и дополнительных частей вторичных обмоток, м.

поперечного сечения ярм $P_{яф}$, активная площадь поперечного сечения стержней P_c , активная площадь поперечного сечения ярм $P_{я}$.

5. Производится расчет вторичной обмотки: ЭДС одного витка вторичной обмотки E_B , число витков во вторичной обмотке одной фазы W_2 , напряжение одного витка U_B , уточняется действительная магнитная индукция в стержнях B_c , уточняется действительная магнитная индукция в ярмах $B_{я}$, расчетное сечение обмоточного провода F'_2 . Принимают ближайшее стандартное сечение провода $F_{2гост}$ (при необходимости, допускается увеличение количества параллельных сечений от одного до четырех), для провода круглого сечения определяют диаметр без изоляции d_2 и диаметр с изоляцией d_2'' , для провода прямоугольного сечения – радиальные размеры без изоляции $a_{нн}$ и с изоляцией $a_{нн}''$, а также осевые размеры без изоляции $b_{нн}$ и с изоляцией $b_{нн}''$. Определяется фактическая плотность тока j_2 , расчетное число витков в одном слое вторичной обмотки для провода круглого или прямоугольного сечения W_{2c}'' , количество слоев вторичной обмотки n_2 , действительное количество витков в одном слое W_{2c} , высота обмотки для провода круглого или прямоугольного сечения l_2 . Высота обмотки проверяется по условию размещимости на стержне, если условие не выполняется, то число слоев увеличивают на два и выполняют перерасчет осевого размера с последующей проверкой размещимости на стержне.

Затем рассчитывается радиальный размер вторичной обмотки для провода круглого или прямоугольного сечения a_1 , внутренний диаметр вторичной обмотки D_2' , наружный диаметр вторичной обмотки D_2'' .

6. Производится расчет первичной обмотки: число витков в обмотке одной фазы первичной обмотки W_1 , расчетное сечение обмоточного провода первичной обмотки F'_1 . Принимают ближайшее стандартное сечение провода $F_{1гост}$ (при необходимости допускается увеличение количества параллельных сечений от одного до четырех). Для провода круглого сечения определяют диаметр без изоляции d_1 и диаметр с изоляцией d_1'' , для провода прямоугольного сечения – радиальные размеры без изоляции $a_{вн}$ и с изоляцией $a_{вн}''$, а также осевые размеры без изоляции $b_{вн}$ и с изоляцией $b_{вн}''$.

Далее определяется фактическая плотность тока j_1 , расчетное число витков в одном слое первичной обмотки для провода круглого или прямоугольного сечения W_{1c}'' , количество слоев первичной обмотки n_1 . Полученное значение округляется до ближайшего целого числа, действительное количество витков в одном слое W_{1c} , высота первичной обмотки для провода круглого или прямоугольного сечения l_1 , высота первичной обмотки проверяется по условию размещимости на стержне.

Если условие не выполняется, то число слоев увеличивают на один и выполняют перерасчет осевого размера с последующей проверкой размещимости на стержне.

Определяется радиальный размер обмотки для провода круглого или прямоугольного сечения a_2 , внутренний диаметр обмотки D_1' , наружный диаметр обмотки D_1'' , действительное расстояние между осями соседних стержней C , действительное значение диаметра канала между обмотками d_{12} , действительное соотношение основных размеров трансформатора β .

7. Выполняется расчет параметров короткого замыкания трансформатора, для чего определяются: средняя длина витка первичной обмотки D_{cp1} , средняя длина витка вторичной обмотки D_{cp2} , вес металла обмоточного провода первичной обмотки G_1 , вес металла обмоточного провода вторичной обмотки G_2 , основные потери в первичной $P_{осн1}$ и вторичной $P_{осн2}$ обмотке, средняя высота обмоток l_{cp} , коэффициент рассеяния σ , действительное значение коэффициента Роговского, коэффициент первичной обмотки для провода круглого или прямоугольного сечения β_1 , коэффициент вторичной обмотки для провода круглого или прямоугольного сечения β_2 , коэффициент добавочных потерь первичной обмотки для провода круглого или прямоугольного сечения $K_{д1}$, коэффициент добавочных потерь вторичной обмотки для провода круглого или прямоугольного сечения $K_{д2}$, потери в стенках бака и других элементах конструкции P_6 , потери мощности короткого замыкания трансформатора P_k . Затем рассчитывается размер приведенного канала рассеяния a_p , активная составляющая напряжения короткого замыкания $U_{ка}$, реактивная составляющая напряжения короткого замыкания $U_{кр}$, напряжения короткого замыкания трансформатора U_k .

8. Производится расчет параметров холостого хода трансформатора, потерь мощности, тока холостого хода, а затем коэффициента полезного действия, предварительно рассчитав длину ярма $l_{я}$, вес стержней магнитопровода G_c , вес ярм магнитопровода $G'_я$, вес углов магнитной системы G_y , суммарный вес ярм и углов магнитной системы $G_{я}$, активная составляющая потерь холостого хода трансформатора P_x , намагничивающая мощность зазоров магнитопровода Q_z , намагничивающая мощность трансформатора Q_x , активная составляющая тока холостого хода $I_{х.а}$, реактивная составляющая тока холостого хода $I_{х.р}$, ток холостого хода трансформатора I_x , коэффициент полезного действия трансформатора η .

9. Выполняется проверочный тепловой расчет трансформатора: определяются поверхность охлаждения первичной обмотки P_{01} , поверхность охлаждения вторичной обмотки P_{02} , удельный тепловой поток с поверхности первичной обмотки q_1 , удельный тепловой поток с поверхности вторичной обмотки q_2 , внутренний перепад температуры первичной обмотки θ_{01} , внутренний перепад температуры вторичной обмотки θ_{02} , перепад температуры на поверхности первичной $\theta_{0,м1}$ и вторичной $\theta_{0,м2}$ обмоток, полный средний перепад температуры обмотки низкого напряжения

к маслу $\theta_{0,м\text{ ср}2}$, полный средний перепад температуры обмотки высокого напряжения к маслу $\theta_{0,м\text{ ср}1}$.

Проводится выбор основных размеров бака: ширина бака $B_{\min}$, расстояние между осями соседних стержней C , длина бака A , высота активной части $H_{а.ч.}$, глубина бака $H_б$, периметр гладкого бака прямоугольного сечения в плане $p_{бп}$, периметр гладкого бака овального сечения в плане $p_б$.

Для гладкого бака (для масляных трансформаторов мощностью до 40 кВ·А) площадь боковой поверхности для гладкого бака прямоугольного сечения в плане $P_{бп}$, площадь боковой поверхности для гладкого бака овального сечения в плане $P_б$, общие площади поверхностей теплоотдачи конвекцией $P_{кп}$ и излучением $P_{ип}$ для гладкого бака прямоугольного сечения в плане, общие площади поверхностей теплоотдачи конвекцией $P_к$ и излучением $P_и$ для гладкого бака овального сечения в плане.

Для бака овального сечения в плане со стенками в виде волн для масляных трансформаторов мощностью 40...630 кВ·А площадь боковой поверхности излучения волнистой части стенки $P_{б.п.}$, развернутая длина волны $l_в$, шаг волны стенки $t_в$, число волн m , площадь конвективной поверхности волнистой части стенки бака $P_{к.в.}$, полная площадь поверхности излучения бака $P_{и.}$, полная площадь поверхности конвекции бака $P_{к.}$.

Затем для всех типов баков определяется теплоотдача путем излучения со всей поверхности бака $Q_{и.}$, теплоотдача путем конвекции со всей поверхности бака $Q_{к.}$, полная теплоотдача со всей поверхности бака Q [12-19].

Далее определяется превышение средней температуры стенки бака над температурой окружающего воздуха $\theta_{б.в.}$, среднее превышение температуры масла вблизи стенки над температурой внутренней поверхности стенки бака $\theta_{м.в.}$, превышение температуры масла в верхних слоях над температурой окружающего воздуха $\theta_{м.в.в.}$. Полученное превышение температуры масла в верхних слоях в баке над температурой окружающего воздуха должно быть согласно ГОСТ 11677-85 [20] менее 60 °С.

Затем рассчитывается превышение средней температуры первичной $\theta_{0,в.1}$ и вторичной $\theta_{0,в.2}$ обмоток над температурой воздуха.

Если все три условия по температуре выполняются, то размер бака и выбранная изоляция обеспечивают допустимый нагрев трансформатора. Если расчетные температуры превышают допустимые, то необходимо увеличить размеры или изменить конструкцию бака и повторить его тепловой расчет.

Далее проводится определение массы масла $G_{м.б.}$, для чего определяется объем прямоугольного $V_{бп}$ или овального $V_б$ бака, объем волнистой части бака $V_{бп.}$, масса активной части $G_{а.ч.}$, объем активной части $V_{а.ч.}$, объем масла в прямоугольном $V_{м.б.п.}$, овальном или волнистом $V_{м.б.в.}$ баке.

На основании вышеизложенной методики авторами разработана детальная блок-схема алгоритма и компьютерная программа расчета конструктивных параметров и технических характеристик трехфазного силового трансформатора со схемой соединения обмоток

«звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» на алгоритмическом языке программирования Pascal. Программа предназначена для расчета указанного трансформатора с масляным охлаждением. Она предусматривает расчет параметров трансформаторов различной мощности и напряжения с учетом выбора типа и материала применяемого обмоточного провода, марки и толщины пластин электротехнической стали магнитопровода, соотношения основных размеров в широком диапазоне значений плотности токов в обмотках и магнитной индукции в элементах магнитопровода. При расчете предусмотрена возможность использования медных и алюминиевых проводов круглого и прямоугольного сечения с максимальным числом параллельных сечений, равным четырем. В программе предусмотрен выбор сечения и габаритных размеров обмоточного провода первичной и вторичной обмотки из заложенного в нее массива стандартных значений. Программа позволяет определять основные конструктивные размеры активной части и бака трансформатора, расход обмоточного провода и электротехнической стали, производить расчет параметров холостого хода и короткого замыкания, а также проверочный тепловой расчет трансформатора.

При разработке новой серии трансформаторов необходимо получить их наиболее энергоэффективными и экономичными. Решение этой задачи для каждого типа трансформатора требует рассмотрения большого числа вариантов расчета, отличающихся соотношением основных размеров, а также параметрами холостого хода и короткого замыкания. Параметры холостого хода в значительной степени определяются заданной величиной магнитной индукции B в элементах магнитной системы, а параметры короткого замыкания – заданной величиной плотности тока в обмотках j . Соотношение основных размеров β оказывает значительное влияние не только на параметры трансформатора, но и определяет пропорции размеров трансформатора.

Для определения влияния соотношения основных размеров β на параметры трансформатора проведены расчеты трансформаторов различных мощностей. Расчеты выполнены на ЭВМ с использованием разработанной программы расчета в широком диапазоне изменения β . Проведены два варианта расчета: первый – при неизменном значении магнитной индукции в стержнях магнитопровода $B_c=1,6$ Тл и различных значениях плотности тока в обмотках ($j=1,0; 2,0; 3,0$ А/мм²); второй – при неизменном значении плотности тока в обмотках $j=2,5$ А/мм² и различных значениях магнитной индукции в стержнях магнитопровода ($B_c=1,4; 1,6; 1,8$ Тл). Результаты расчетов представлены в виде графиков для наиболее часто используемых в сельских сетях трансформаторов мощностью 100 кВ·А.

На рисунках 2-5 приведены зависимости веса стали и металла (алюминия) обмоточного провода, потерь и напряжения короткого замыкания, а также потерь и тока холостого хода от β для трансформатора типа ТМГ 100/10 со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом».

Аналогичные зависимости получены и для трансформаторов других мощностей.

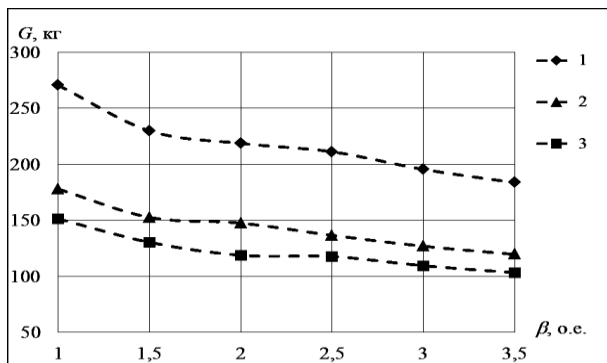


Рисунок 2. Зависимости веса металла обмоток $G=f(\beta)$ при $B_c=1,6$ Тл для трансформатора типа ТМГ-100/10:

1 – G при $j = 1,0 \frac{A}{mm^2}$; 2 – G при $j = 2,0 \frac{A}{mm^2}$;

3 – G при $j = 3,0 \frac{A}{mm^2}$

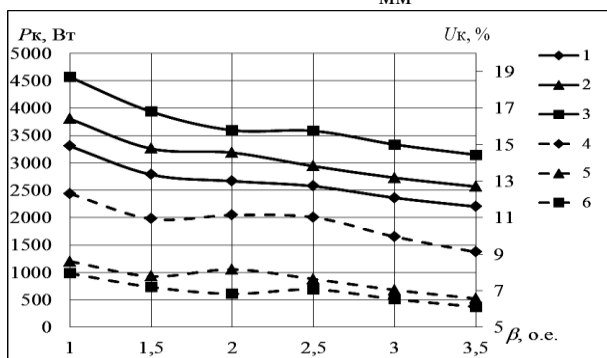


Рисунок 3. Зависимости потерь короткого замыкания $P_k=f(\beta)$ и напряжения короткого замыкания $U_k\%=f(\beta)$ при $B_c=1,6$ Тл для трансформатора типа ТМГ-100/10:

1 – P_k при $j = 1,0 \frac{A}{mm^2}$; 2 – P_k при $j = 2,0 \frac{A}{mm^2}$;

3 – P_k при $j = 3,0 \frac{A}{mm^2}$; 4 – U_k при $j = 1,0 \frac{A}{mm^2}$;

5 – U_k при $j = 2,0 \frac{A}{mm^2}$; 6 – U_k при $j = 3,0 \frac{A}{mm^2}$

Заключение

1. Анализ результатов расчета показывает, что характер изменения конструктивных и энергетических параметров с изменением β одинаков для трансформаторов различной мощности.

2. С ростом β масса металла обмоток снижается. Увеличение плотности токов в обмотках при неизменных значениях β снижает массу обмоток, но при этом ухудшаются условия охлаждения обмоток. Увеличение магнитной индукции при неизменных значениях β незначительно снижает массу металла обмо-

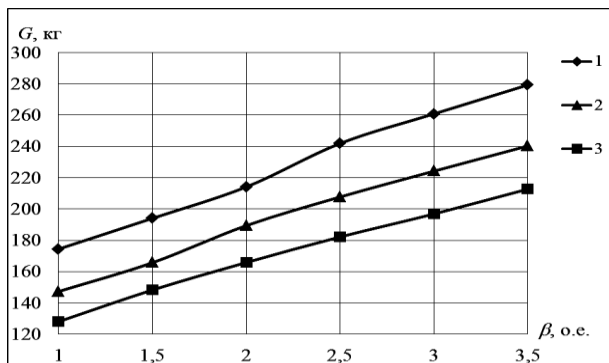


Рисунок 4. Зависимости веса стали магнитопровода $G_{ст}=f(\beta)$ при $j=2,5A/mm^2$ для трансформатора типа ТМГ-100/10:

1 – $G_{ст}$ при $B_c=1,4$ Тл; 2 – $G_{ст}$ при $B_c=1,6$ Тл;

3 – $G_{ст}$ при $B_c=1,8$ Тл

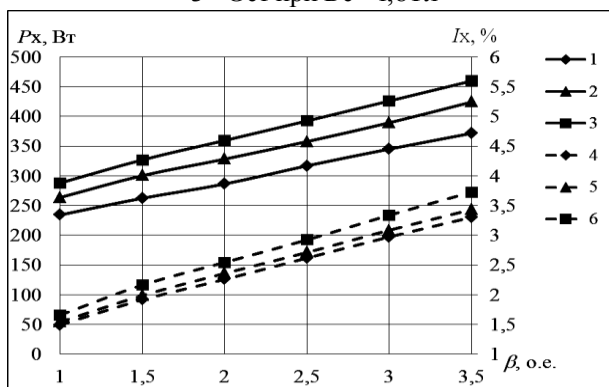


Рисунок 5. Зависимости потерь холостого хода $P_x=f(\beta)$ и тока холостого хода $I_x=f(\beta)$ при $j=2,5A/mm^2$ для трансформатора типа ТМГ-100/10:

1 – P_x при $B_c=1,4$ Тл; 2 – P_x при $B_c=1,6$ Тл;

3 – P_x при $B_c=1,8$ Тл; 4 – I_x при $B_c=1,4$ Тл;

5 – I_x при $B_c=1,6$ Тл; 6 – I_x при $B_c=1,8$ Тл

ток за счет уменьшения диаметра стержней и соответственно средней длины витка. Использование для изготовления обмоток медного провода уменьшает объем металла обмоток из-за увеличения плотности тока, но масса провода значительно увеличивается, так как плотность меди выше алюминия.

3. Увеличение β ведет к снижению массы стали в стержнях, и к увеличению массы стали в ярмах и общей массы стали магнитопровода трансформатора. Увеличение магнитной индукции при неизменных значениях β снижает массу стали в стержнях, ярмах и общую массу стали. Увеличение плотности токов в обмотках при неизменных значениях β снижает массу стали в ярмах и общую массу стали. Использование медного провода для изготовления обмоток уменьшает массу стали в ярмах и общую массу стали незначительно.

4. Увеличение магнитной индукции при неизменных значениях β увеличивает потери и ток холостого хода за счет увеличения удельных потерь в стали и удельной намагничивающей мощности, хотя общая

масса стали при этом уменьшается. Так как с ростом β увеличивается масса стали, то возрастают потери и ток холостого хода. Увеличение плотности токов в обмотках при неизменных значениях β незначительно снижает потери холостого хода за счет снижения массы стали и незначительно снижает ток холостого хода. Применение медного провода для изготовления обмоток незначительно уменьшает потери и ток холостого хода по сравнению с алюминиевым.

5. Значения потерь короткого замыкания и напряжения короткого замыкания снижаются с возрастанием β практически пропорционально снижению массы металла обмоток. Увеличение плотности токов в обмотках при неизменных значениях β увеличивает потери и снижает напряжение короткого замыкания. С ростом потерь ухудшаются условия охлаждения обмоток. Увеличение магнитной индукции при неизменных значениях β незначительно снижает потери короткого замыкания из-за снижения массы металла обмоток за счет уменьшения диаметра стержней и соответственно средней длины витка, но поверхность охлаждения обмоток при этом снижается.

Применение медного провода для изготовления обмоток уменьшает потери и напряжение короткого замыкания по сравнению с алюминиевым проводом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трехфазный симметрирующий трансформатор с четной группой соединения обмоток: патент ВУ 16008/А.И. Зеленкевич, В.М. Збродыга; заявитель Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – № а 20100121; заявл. 02.01.2010; опубл. 30.06.2012 // Афіційны 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. – Саратов: ГАУ, 2020. – С. 19-22.

6. Тихомиров, П.М. Расчет трансформаторов: учеб. пос. / П.М. Тихомиров. – 5-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 528 с.

7. Петров, Г.Н. Электрические машины / Г.Н. Петров. – М.: Энергия, 1974. – Ч. 1. – 240 с.

8. Васютинский, С.Б. Вопросы теории и расчета трансформаторов/ С.Б. Васютинский. – Л.: Энергия, 1970. – 432 с.

9. Transformer design principles: with application to core-form transformers /Robert, M. Del Vecchio [et al.] // Gordon and Breach Science Publishers. – 2003. – 700 s.

10. Иванов-Смоленский, А.В. Электрические машины / А.В. Иванов-Смоленский. – М.: МЭИ, 2006. – Т. 1. – 652 с.

11. Збродыга, В.М. Улучшение показателей не-синусоидальности и несимметрии напряжений в электроустановках сельскохозяйственного назначения применением трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом»: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / В.М. Збродыга. – Минск, 2010. – 20 с.

12. Залесский, А.М. Тепловые расчеты электрических аппаратов / А.М. Залесский, Г.А. Кукеков. – Л.: Энергия, 1967. – 380 с.

13. Susa, D. Dynamic Thermal Modelling of Power Transformers / D. Susa, M. Lehtonen, H. Nordman // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2005. – Vol. 20, iss. 1. – P. 197-204.

14. teNyenhuis, E.G. Calculation of core hot-spot temperature in power and distribution transformers / E.G. teNyenhuis, R.S. Girgis, G.F. Mechler, Gang Zhou // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2002. – Vol. 17, iss. 4. – P. 991-995.

15. Pierce, L.W. An investigation of the thermal performance of an oil filled transformer winding / L.W. Pierce // IEEE Transactions on Power Delivery. – 1992. – Vol. 7, iss. 3. – P. 1347-1358.

16. Hwang, M.D. Calculation of winding temperatures in distribution transformers subjected to harmonic currents / M.D. Hwang, W.M. Grady, H.W. Sanders // IEEE Transactions on Power Delivery. – 1988. – Vol. 3, iss. 3. – P. 1074-1079.

17. Tanguy, A. Thermal performance of power transformers: thermal calculation tools focused on new operating requirements / A. Tanguy, J.P. Patelli, F. Devaux, J.P. Taishe, T. Ngnegueu // Presented at CIGRE Session, CIGRE, Paris, France – 2004. – Report Nr. A2-105. – 7 p.

18. Radakovic, Z. Numerical Determination of Characteristic Temperatures in Directly Loaded Power Oil Transformer / Z. Radakovic. // ETEP. – 2003. – Vol. 13, No. 1. – P. 1-8.

19. Eckholz, K. New developments in transformer cooling calculations / K. Eckholz, W. Knorr, M. Schäfer, K. Feser, E. Cardillo // Presented at CIGRE Session, CIGRE, Paris, France – 2004. – Report Nr. A2-107 – 8 p.

20. Трансформаторы силовые. Общие технические условия: ГОСТ 11677-85; – взамен ГОСТ 11677-75. – Введ. 1986-07-01. – Минск: Госстандарт, 1992. – 44 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.10.2020

АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ДИАГНОСТИКИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В.Е. Тарасенко,

зав. каф. технологий и организации технического сервиса БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

О.Ч. Ролич,

доцент каф. проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, канд. техн. наук, доцент

Д.А. Михеевич,

директор ООО «АКСОНИМ»

В целях идентификации дефектов узлов и агрегатов дизельных двигателей и детектирования моментов их зарождения в масштабе реального времени, разработаны алгоритмы вычисления и обработки аналитического ансамбля потока данных, включающие скейлограммы и гистограммы, и использующиеся в интегрированной системе виброакустической и тепловой диагностики.

Ключевые слова: двигатель, система, сигнал, датчик, алгоритм, скейлограмма, гистограмма, массив, выборка.

In order to identify defects of units and assemblies of diesel engines and detect the moments of their inception in real time, algorithms for calculating and processing the analytical ensemble of the data flow, including scaleograms and histograms, have been developed and are used in the integrated system of vibroacoustic and thermal diagnostics.

Keywords: engine, system, signal, sensor, algorithm, scaleogram, histogram, array, sample.

Введение

Значительное повышение эффективности эксплуатации и надежности сельскохозяйственной техники обусловлено, в частности, решением задачи контроля ее работы в масштабе реального времени [1]. Следует отметить, что подобные задачи, ранее считавшиеся нерешаемыми в реальном времени, на текущий момент, в связи с интенсивным развитием микропроцессорной техники, становятся принципиально решаемыми. При этом использование современной микроконтроллерной базы позволяет снизить стоимость подобных приборов контроля до минимального соотношения цены к вычислительной способности.

Целью настоящей работы является разработка алгоритмов вычисления и обработки аналитического ансамбля потока данных для идентификации дефектов узлов и агрегатов машин. Данные алгоритмы предназначены для работы в интегрированной системе виброакустической и тепловой диагностики.

Касательно дизельных двигателей, настоящие алгоритмы и действия, связанные с прогнозированием их остаточного ресурса, осуществляются по косвенным признакам в моменты технического обслуживания, и не носят характера реального времени [2, 3].

Основная часть

Авторами предлагается оценивать остаточный ресурс узлов и агрегатов дизеля на основе распозна-

вания образов дефектов и анализа динамики деформации формы сегментированных областей в интегрированном потоке изображений скейлограмм сигналов виброакустических датчиков и гистограмм сигналов тепловизионных сенсоров [4, 5].

Суть основного алгоритма обработки потоков данных, поступающих от датчика вибрации, акустики или тепла, заключается в следующем.

Из потока одномерных данных, схематично представленного на рисунке 1, множеством отсчетов, как ячеек одинакового размера, отбираются взаимно пересекающиеся выборки постоянной длины N .

Каждая выборка подвергается вычислению одномерной гистограммы и вейвлет-преобразованию. Результирующее множество статистических и вейвлет-образов исходных выборок объединяется соответственно в двухмерную гистограмму и скейлограмму в виде полутонных изображений, отражающих статистический и вейвлет ансамбли, динамически меняющиеся при добавлении или смене выборки в потоке данных.

Объединенный образ двухмерной гистограммы и скейлограммы далее обобщенно именуется «аналитическим ансамблем».

С целью подчеркивания контуров объектов аналитического ансамбля, на его полутонное представление возможно наложение цветовой палитры [4].

Анализ аналитического ансамбля, как изображений, проводится стандартными способами цифровой

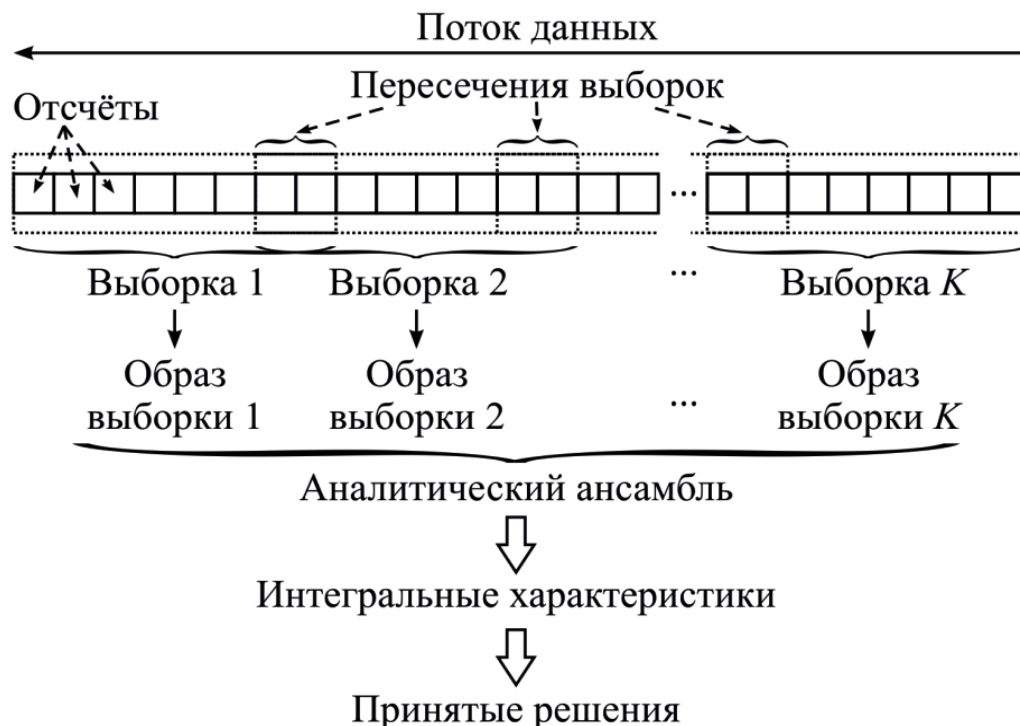


Рисунок 1. Схема преобразования потока данных для оценки остаточного ресурса узлов и агрегатов дизеля

обработки изображений, заключающимися в их сегментации и вычислении интегральных характеристик сегментированных объектов [6].

Для вычисления интегральных характеристик объектов аналитического ансамбля, на базе которых впоследствии распознаются образы дефектов или оценивается состояние узлов и агрегатов дизеля, изображение аналитического ансамбля подвергается адаптивной пороговой обработке и сегментации. Вектор признаков дефектов строится из описания отдельных объектов сегментированного изображения аналитического ансамбля множеством метрических характеристик, в общем состоящих из цепных кодов, геометрических и энергетических центров, периметров, площадей, показателей толщины, соотношений радиусов кривизны и взаимного расположения сегментированных объектов изображения аналитического ансамбля.

Окончательное решение, связанное с состоянием узлов и агрегатов дизельных двигателей и распознаванием типов дефектов, принимается на базе корреляционного анализа результирующих векторов признаков сегментированных объектов с априори вычисленными векторами аналогичных признаков известных дефектов. По форме и максимальному значению корреляционной функции оценивается состояние узлов и агрегатов, в частности, их остаточный ресурс.

Алгоритм построения скейлограммы состоит из следующих этапов.

1. Задание длины N периодических выборок. Как правило, $N = 2^p$,

где p – натуральное число, $5 < p < 14$.

2. Выделение памяти для двухмерного массива-скейлограммы размером $(K \times N/2)$:

float scaleGram[K][$N/2$]

и его инициализация нулями.

3. Выбор базисной функции $b(k)$ преобразования и ее представление в виде N -мерного вектора $b = \{b_k\}$, $k = 0, 1, \dots, (N-1)$. Координаты b_k вектора b – это значения базисной функции $b(k)$, сдвинутые на $N/2$ элементов вправо, т.е. центрированные по отношению к массиву $b[k]$ длиной N :

$$b_k = b[k] = b(\text{const} \cdot (k - N/2)),$$

где const – коэффициент, постоянный для выбранного базиса и зависящий только от вида базисной функции $b(k)$.

4. Формирование множества $\{b_s\}$ базисных векторов в зависимости от коэффициента s масштаба, варьируемого от 0 до $(N/2)$ с шагом 1. В результате получается двухмерная матрица B , в которой отдельные строки являются векторами b_s , а значение s коэффициента масштаба определяет непосредственный номер строки в матрице B :

$$B_{s,k} = b_{k + \frac{N(s-1)}{2s}}.$$

5. Модификация базисных векторов посредством умножения координат каждого вектора-базиса b_s на весовые коэффициенты w_k функции $w(k)$ прямоугольного окна, окна Хэмминга, Хэннинга или Блэкмана [7]:

$$W_{s,k} = B_{s,k} \cdot w_k.$$

В результате данного шага формируется двухмерная матрица W модифицированного (с учетом функции окна) базиса, содержащего в себе множество $\{W_s\}$ модифицированных базисных векторов.

6. Выбор из потока данных массива $f[k] = f_k$ длиной N и представление его N -мерным вектором $f = \{f_k\}, k = 0, 1, \dots, (N - 1)$.

7. Последовательное скалярное произведение вектора f на модифицированный базисный вектор W_s , принадлежащий s -й строке двухмерной матрицы W :

$$F_s = f \cdot W_s.$$

Вычисленное множество $\{F_s\}$ представляет собой вектор F как образ текущей выборки f . Длина вектора F равна $N/2$. Его координатами F_s впоследствии заполняется первая строка матрицы $scaleGram[][]$. Таким образом, индекс s в результирующей двухмерной матрице $scaleGram[][]$ обозначает номер столбца.

8. Линейный сдвиг на одну строку массива $scaleGram[][]$ скейлограммы:

$$scaleGram[k][s] = scaleGram[k - 1][s], k = 1, 2, \dots, (K - 1); s = 0, 1, \dots, N / 2.$$

9. Запись в первую строку массива $scaleGram[][]$ скейлограммы элементов, вычисленного на шаге 7 вектора F :

$$scaleGram[0][s] = F[s], s = 0, 1, \dots, N / 2.$$

10. Линейное или экспоненциальное контрастное масштабирование скейлограммы $scaleGram[][]$ как изображения (или аналитического ансамбля в соответствии с рисунком 1) размером $(K \times N/2)$ [6].

11. Формирование из потока данных очередной, например $(K + 1)$ -й выборки (рис. 1) и циклическое повторение шагов 6 – 11.

Алгоритм вычисления гистограммы оперирует выборками той же длины N , что и вышеприведенный алгоритм вычисления скейлограммы. Поэтому основными этапами в построении гистограммы как изображения размером $(K \times Q)$, где натуральное число Q (как правило, $8 \leq Q \leq N/2$) определяет количество гистограммных ячеек, являются:

1. Априорное задание границ $[f_{min}, f_{max}]$ диапазона изменения потоковых данных.

2. Вычисление множества $\{r_q\}$ границ промежуточных гистограммных поддиапазонов:

$$r_q = [f_{min} + q \cdot \Delta, f_{min} + (q + 1) \cdot \Delta],$$

где $\Delta = \frac{f_{max} - f_{min}}{Q}$ – ширина поддиапазона, $q = 0, 1, \dots, (Q - 1)$.

3. Выделение памяти для двухмерного массива гистограммы размером $(K \times Q)$:

$$int\ hist2D[K][Q]$$

и его инициализация нулями.

4. Выбор из потока данных массива $f[k] = f_k$ длиной $N, k = 0, 1, \dots, (N - 1)$.

5. Модификация выборки $\{f_k\}$ посредством умножения каждого ее элемента на весовой коэффициент w_k функции $w(k)$ окна, чаще всего прямоугольного [7]. В результате данной операции формируется множество $\{g_k\}$ и массив $g[N]$ по формуле:

$$g[k] = g_k = f_k \cdot w_k.$$

6. Линейный сдвиг на одну строку массива $hist2D[][]$ двухмерной гистограммы:

$$hist2D[k][q] = hist2D[k - 1][q], k = 1, 2, \dots, (K - 1); q = 0, 1, \dots, (Q - 1).$$

7. Выделение памяти для одномерного массива гистограммы длиной Q :

$$int\ hist1D[Q]$$

и его инициализация нулями.

8. Вычисление одномерной гистограммы $hist1D[]$ для модификации $\{g_k\}$ исходной выборки $\{f_k\}$ путем подсчета количества элементов массива $g[]$, попадающих в q -й гистограммный поддиапазон.

9. Запись в первую строку массива $hist2D[][]$ двухмерной гистограммы элементов одномерной гистограммы:

$$hist2D[0][q] = hist1D[q].$$

Далее по аналогии с шагом 10 алгоритма построения скейлограммы результирующая двухмерная гистограмма подвергается контрастному масштабированию с последующим циклическим повторением шагов, начиная с номера 4.

Фрагменты аналитического ансамбля в виде изображений скейлограмм и гистограмм, сформированные посредством двух описанных выше алгоритмов, подвергаются линейной фильтрации, представляющей свертку с ядром Калмана, пространственному дифференцированию, сегментации и пороговой обработке [6].

В качестве диагностических векторов сегментированного аналитического ансамбля, позволяющих идентифицировать образы зарождающихся или прогрессирующих дефектов, используются множества чисел, включающие координаты энергетических и геометрических центров сегментированных объектов, их площади и определяющие форму коэффициенты толщины.

Принятие решения о наличии, типах и степени выраженности дефектов, а также оценка остаточного ресурса узлов и агрегатов дизеля основывается на анализе пространственного расположения и форме сегментированных объектов, соответствующих определенным дефектам аналитического ансамбля, степени их обособленности и характеру группировки [4]. Динамика деформации формы сегментированных объектов оценивается по изменению их площадей и коэффициентов толщины.

При наличии базы образов дефектов, их распознавание и оценка скорости развития осуществляется путем анализа значений коэффициентов корреляции между диагностическими векторами сегментированных объектов аналитического ансамбля и аналогичными векторами, принадлежащих базе образов дефектов.

Заключение

Описанные алгоритмы вычисления и обработки аналитического ансамбля потока данных, включающие скейлограммы и гистограммы, и использующиеся в интегрированной системе виброакустической и тепловой диагностики, разработаны для идентификации дефектов узлов и агрегатов дизельных двигателей и детектирования моментов их зарождения в масштабе реального времени. Своевременное обнаружение зарождения дефектов позволит повысить работоспособность контролируемых объектов и значительно продлить их эксплуатационный ресурс.

Учитывая характер отсчетов используемых виброакустических и тепловых датчиков, вышеописанные расчеты практически ведутся на целочисленном множестве с применением целочисленной арифметики. А принимая во внимание симметричность базисных функций вектора b , в практических алгоритмах реализованы низкоуровневая оптимизация и ускорение процессов вычисления скейлограмм и корреляционной обработки аналитического ансамбля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе / И.Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2016. – 336 с.
2. Рекомендации по внедрению диагностической системы управления состоянием дизелей тепловозов и дизель-поездов по результатам анализа масла [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа: http://osjd.org/dbmm/download?vp=51&load=y&col_id=2066&id=1542. – Дата доступа: 25.09.2020 г.
3. Ресурсосберегающее управление процессами эксплуатации и технического сервиса сельскохозяйственной техники / С.Л. Никитченко [и др.] // Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование. – 2018. – № 4 (44). – С. 57-65.
4. Ролич, О.Ч. Тепловой контроль работы двигателя на основе статистического анализа сигналов болометра / О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко, В.С. Ивашко // Изобретатель. – 2019. – № 2-3 – С. 40-44.
5. Ролич, О.Ч. Многоканальная интегрированная система виброакустической и тепловой диагностики дизельных двигателей / О.Ч. Ролич, В.Е. Тарасенко // Агропанорама. – 2019. – № 5 – С. 42-45.
6. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
7. Гетманов, В.Г. Цифровая обработка сигналов / В.Г. Гетманов. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 232 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 05.10.2020

УДК 331.101.3

УПРАВЛЕНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМ КАПИТАЛОМ В АПК: ОПЫТ СТРАН ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА

Т.А. Тетеринец,

доцент каф. экономики и организации предприятий АПК БГАТУ, канд. экон. наук, доцент

Изучен опыт управления человеческим капиталом в странах Европейского Союза. Рассмотрены практические аспекты менеджмента человеческого капитала в приграничных регионах: странах Балтии и Польше. Выделены общие подходы к единой сельскохозяйственной политике стран ЕС. Отмечается приоритетность кластерного и программного подходов к управлению человеческим капиталом в контексте развития сельских территорий.

Ключевые слова: человеческий капитал, агропромышленный комплекс, Европейский Союз, сельские территории, программы.

The experience of human capital management in the European Union countries was studied. Practical aspects of human capital management in the border regions of the Baltic States and Poland are considered. Common approaches of the common agricultural policy of the EU countries are highlighted. The priority of cluster and program approaches in human capital management in the context of rural development is noted.

Keywords: human capital, agro-industrial complex, European Union, rural territories, programs.

Введение

В современных условиях трансформации социально-экономических отношений развития общества,

устойчивость производственной сферы зависит не только от качества и количества технических средств, но и от совокупности накопленного человеческого капитала. Эффективность управления этим ресурсом

предопределяет результативность функционирования аграрного сектора и перспективы его развития. Успешное решение этой задачи во многом определяется глубиной изучения зарубежного опыта управления человеческим капиталом в АПК, выявление наиболее успешных механизмов тактического и стратегического менеджмента с целью его применения в отечественной практике.

Основная часть

Аграрная политика ЕС выступает одним из ключевых элементов национальной экономической стратегии стран-участниц и раскрывается в контексте развития сельских территорий на основе эндогенного подхода. Его сущность состоит в преимущественном использовании внутренних ресурсов управляемой системы. Такой подход в Евросоюзе был применен в рамках единой сельскохозяйственной политики ЕС (ЕСП ЕС) посредством разработки программы «LEADER», которая в процессе ее реализации претерпела несколько модификаций: «LEADER II», «LEADER +», «Ось IV LEADER». Ее характерными особенностями выступают:

- использование принципа программирования «снизу вверх», учитывающего территориальную интеграцию между секторами;
- разработка локальных стратегий развития в «программном регионе», лимитированная определенными территориальными границами и численностью населения от 50 до 150 тысяч человек. В этих документах отражаются ключевые цели каждого региона, обусловленные его идентичностью, особенностями исторического развития, сложившимися традициями и социальными связями;
- формирование локальных активных групп, которые представляют государственно-частные партнерства, обеспечивающие реализацию программы на местах, и выступают локомотивом регионального развития аграрного сектора;
- укрепление сотрудничества региональной администрации, сельскохозяйственных организаций, предпринимательских структур и учреждений социальной инфраструктуры с целью выработки практикоориентированных приоритетов развития сельских территорий;
- активизация процессов трансфера знаний, опыта и инноваций с целью стимулирования преобразований новшеств в инновации и их распространения в аграрном секторе;
- усиление кооперации «программных регионов» как в рамках одного европейского государства, так и в межрегиональном разрезе;
- эскалация взаимодействия участников программы с целью стимулирования взаимообмена человеческим капиталом, передачи знаний при участии Центров взаимодействия ЕС [1, с. 143].

В настоящее время разработаны концептуальные основы пролонгации программы «LEADER», в основе которых заложен нео-эндогенный подход. Его приоритетным направлением является активизация трансфера знаний и инноваций в аграрном секторе ЕС. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что центральным ядром развития сельскохозяйственной сферы является человеческий капитал. Последний выступает неотъемлемым и основополагающим элементом вертикальной сети сельхозорганизаций, представителей предпринимательского сектора, учреждений социальной инфраструктуры, местного населения и органов управления, функционирующих в сельской местности. Основной упор делается на формирование и укрепление институционального потенциала локального региона, с целью мобилизации внутренних источников развития. При этом важная роль отводится системе аграрного образования, представители которой выполняют роль посреднических агентов, обеспечивающих трансфер знаний и инноваций [2, с. 80].

Одним из центральных мест нео-эндогенного подхода развития сельских территорий в Западной Европе выступает концепция социального капитала. Практической реализацией этой концепции выступает модель формирования сельских сетей – «Rural Web», основанная на цифровизации сельских регионов. Формирование сельских сетей является базисом развития сельских территорий, способствует формированию нового уровня отношений между городскими и сельскими жителями, укреплению внутренних и внешних взаимосвязей, концентрации человеческого капитала в аграрных регионах [3, с. 2]. Основная гипотеза, формирующая данную концепцию, заключается в способности *Web* обеспечивать повышение эффективности аграрной экономики на локальном уровне. Модель «Rural Web» является мультипликативной и состоит из следующих ключевых составляющих: внутренний потенциал, инновации, рыночное регулирование, институализация аграрного сектора, устойчивость, социальный капитал.

Представленная концепция расширяет границы эндогенного подхода в контексте развития сельских территорий, позволяя устранить его некоторую локализованность. Построение системы сельских сетей позволяет формировать региональный институциональный потенциал, обеспечивающий мобилизацию совокупности внутренних и внешних ресурсов. Например, в Германии функционирует Национальное объединение сельских территорий при Федеральном ведомстве продовольствия и сельского хозяйства. Данная структура является связующим звеном между региональными органами управления и Европейской сетью развития сельской местности. Основные усилия данного объединения направлены на обеспечение постоянного взаимодействия с общественностью: бизнес-партнерами, представителями государствен-

ных структур, потенциальными получателями финансирования и т.д. [4].

Следуя общему курсу ЕАП Европейского Союза, в Польше механизм управления аграрным человеческим капиталом раскрывается в рамках программного подхода к развитию сельских территорий. Точечное финансирование аграрных проектов позволило сформировать основные приоритеты сельскохозяйственного развития управления человеческим капиталом, суть которых заключается в следующем:

- трансфер знаний посредством демонстрации опыта передовых хозяйств, финансирования процессов подготовки профессиональных консультантов, усиления международной кооперации и трансграничного сотрудничества прогрессивных субъектов аграрного рынка;

- повышение конкурентоспособности сельскохозяйственных организаций за счет их модернизации и реструктуризации, государственной поддержки аграрных стартапов и мотивации сельской молодежи;

- усиление кооперации и интеграции сельскохозяйственных производителей, перерабатывающих предприятий, научно-образовательных организаций;

- борьба с бедностью и социальной изоляцией на основе диверсификации аграрного производства, поддержки развития аграрного предпринимательства, совершенствования социальной и производственной инфраструктуры в сельской местности [5, с. 286].

Основной крен рационального использования национального богатства Польши направлен на повышение технико-технологического, материально-сырьевого и трудового потенциалов страны. Одним из ведущих инструментов реализации мер, обеспечивающих достижение поставленных целей, выступает механизм экономического стимулирования укрепления человеческого потенциала посредством программно-целевого метода [6, с. 836].

Исследуя вопросы формирования и развития человеческого капитала, специалисты отмечают его существенный дефицит в странах Балтии. Однако восстановление количественной и качественной величины человеческого потенциала за счет миграционного фактора ограничивается рядом объективных причин. Привлечение высококвалифицированных специалистов из стран СНГ сдерживается психологическим диктатом дискриминационной политики по отношению к русскоговорящему населению. Активизация иммиграционных процессов из числа работников стран Западной Европы блокируется разрывом экономических условий жизнедеятельности.

Социально-экономическая картина развития балтийских стран оказала непосредственное влияние на функционирование аграрной сферы, включая и состояние его человеческого капитала. Значительное сокращение размера финансовой помощи, оказываемой Европейским Союзом, влечет за собой пересмотр политики кохезии, в рамках которой происходило

перераспределение инвестиционных ресурсов с целью оказания спонсорской помощи менее развитым странам европейской зоны. ЕАП Евросоюза, в большей степени, направлена на финансирование проектов развития крупных фермерских хозяйств, являющихся частью транснациональных корпораций. Ежегодно европейский бюджет выделяет на эти цели около 40 % от его общего размера. Однако неспособность Балтийских стран осваивать эти ресурсы в полном объеме и низкая эффективность их использования, обусловили необходимость пересмотра дотаций странам-реципиентам.

Вхождение Литвы, Латвии и Эстонии в состав Европейского Союза, наряду с определенными преференциями, обусловило возникновение многих проблем. Часть из них связана с вхождением в европейский рынок, что вызвало значительный отток капитала, в том числе и человеческого. В частности, как отмечает Цауркубулле Ж.Л., положительные тенденции увеличения экономической активности латвийских жителей обусловлены усилением эмиграции населения из страны [7, с. 64].

В целом демографическая ситуация свидетельствует о крайне негативных тенденциях в странах Балтии. Последние годы характеризуются тенденцией снижения общей численности населения за счет сокращения рождаемости, роста смертности и активизации эмиграционных потоков, которые носят преимущественно трудовой характер. «В дальнейшем вслед за трудовыми эмигрантами Прибалтику покидают члены их семей, женщины детородного возраста и дети. В результате меняется структура населения, увеличивается доля пожилых людей, которых крайне затруднительно отнести к потенциалу человеческого капитала» [8, с. 220].

Система образования, выступающая фундаментом развития человеческого капитала, характеризуется наличием существенных недостатков в прибалтийских странах. Одной из наиболее распространенных проблем является его качественная дифференциация по территориальному признаку. Применительно к аграрной сфере это накладывает особый отпечаток, т.к. обучение специалистов сельскохозяйственного профиля предполагает их некоторую удаленность от центра, что объективно обусловлено наличием необходимой материально-технической базы, сельскохозяйственных земель, специализированной техники и т.д. Сложившаяся ситуация провоцирует социальное неравенство и препятствует действенному формированию и развитию человеческого потенциала в масштабах страны.

Таким образом, бенчмаркинг зарубежного опыта управления развитием человеческого капитала в аграрной сфере позволяет определить основные направления совершенствования данного механизма:

- программирование развития человеческого капитала на основе эндогенного и нео-эндогенного

подходов, учитывающее ресурсный потенциал аграрного региона, возможности и перспективы межтерриториального взаимодействия. Отправной точкой программирования аграрного человеческого капитала является обеспечение тесной взаимосвязи разрабатываемых и действующих программных документов, как с позиции стратегических ориентиров, так и тактических целей;

- кластеризация аграрного сектора, основанная на вертикально-интегрированной модели взаимодействия научных и образовательных учреждений, органов государственного управления, представителей мелкого, среднего и крупного аграрного бизнеса, социальной инфраструктуры села посредством формирования территориально-отраслевых объединений с целью усиления взаимодействия участников аграрного рынка;

- циркуляризация сотрудничества сельскохозяйственных предприятий и учреждений аграрного образования, направленная на обеспечение непрерывности системы обучения, адаптации образовательных стандартов к реалиям современного мира, повышение практикоориентированности полученных знаний и опыта. Возможным вариантом ее практической реализации выступает система взаимного обмена обучающимися для прохождения практики на предприятиях и работниками организации, направляемыми на переобучение или повышение квалификации;

- трансформация системы финансирования аграрной образовательной сферы посредством модификации источников инвестирования с привлечением капитала агропромышленных организаций. Обеспечение доступа представителей аграрного бизнес-сообщества к формированию учебных программ и планов, созданию востребованных специальностей, наполняемости образовательных дисциплин и направлений повышения квалификации будет способствовать усилению инвестиционной заинтересованности субъектов хозяйствования в приращении человеческого капитала;

- совершенствование механизма трансфера человеческого капитала посредством создания региональных научно-консультативных аграрных центров, обеспечивающих устойчивость процесса передачи наиболее успешных практик, научных разработок, оказания консультационных услуг.

Реализация предложенных мероприятий будет способствовать приращению человеческого капитала в аграрном секторе, его своевременному обновлению и расширенному воспроизводству. Программирование, кластеризация и циркуляризация научно-производственного сотрудничества, направленные на капитализацию человеческого потенциала, позволят существенно повысить эффективность его использования, и на этой основе обеспечить устойчивое развитие отечественного АПК.

Заключение

Европейская аграрная политика основывается на формировании кооперативных подходов в контексте развития сельских территорий и направлена на решение следующих основных задач: мобилизация эндогенных факторов развития сельских территорий; усиление локальной кооперации и активизация участия в разработке местных стратегий различных представителей; совершенствование и распространение инновационных подходов к управлению «программными регионами».

Изучение прибалтийского опыта позволяет извлечь ценные уроки о недопущении критического состояния человеческого капитала. Сокращающиеся размеры его количественной величины, возросшие темпы эрозии свидетельствуют об отсутствии эффективных моделей сохранения кадрового потенциала. Непосредственная зависимость от европейской финансовой поддержки аграрного сектора оказывает непосредственное влияние не только на развитие его производственного потенциала, но и на модернизацию социальной инфраструктуры сельских территорий. В совокупности это свидетельствует о неэффективности механизма управления человеческим капиталом в Балтийских странах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Костяев, А.И. Концептуальные подходы к развитию сельских территорий с учетом европейского опыта / А.И. Костяев // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2018. – Т. 67. – № 6. – С. 141-148.
2. Кормишкина, Л.А. Государственная финансовая поддержка устойчивого развития северных территорий в странах Европейского Союза / Л.А. Кормишкина, Н.Н. Семенова // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – №5 (54). – С. 79-82.
3. Mantino, F. La riforma delle Politiche di sviluppo rurale 2014-2020. Rivista // *Agriregioni Europa*. – 2013. – Vol. 9. – №12 [Electronic resource]. – URL: <https://agriregio-nieuropa.univpm.it/it/content/article/31/35/la-riforma-delle-politiche-di-sviluppo-rurale-2014-2020>. – Date of access: 13.11.2020.
4. Human Capital Project: Year 2 Progress Report // The World Bank [Electronic resource]. URL: <http://documents.worldbank.org/curated/en/483491602866728302/Human-Capital-Project-Year-2-Progress-Report>. – Date of access: 14.11.2020.
5. Чижевский, А. Структурные изменения в польском сельском хозяйстве в свете условий единой аграрной политики Европейского Союза / А. Чижевский, С. Стемпень // *Россия и Польша перед лицом общих вызовов: материалы Междунар. науч. конф.*

Москва, 4-5 декабря 2017 г.; отв. ред. к.э.н., в.н.с. И.С. Сеницина. – М.: ИЭ РАН. – 2018. – С. 270-292.

6. Мицкевич, Б. Основные этапы и стратегические направления развития агробизнеса Польши / Б. Мицкевич // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. – 2019. – № 2-2. – С. 831-838.

7. Цауркубуле, Ж.Л. Уровень и качество жизни населения Латвии в контексте европейской интеграции / Ж.Л. Цауркубуле // Экономический бюллетень

НИЭИ Министерства экономики Республики Беларусь. – 2018. – № 4. – С. 60-67.

8. Олеченкова, В.А. Страны Балтии: фактор человеческого капитала / В.А. Олеченкова // Вестник Коми республиканской академии государственной службы и управления. – 2018. – № 20 (25). – С. 217-226.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 09.12.2020

Автоматизированная микропроцессорная система очистки воздуха от микрофлоры на предприятиях АПК

Предназначена для очистки и обеззараживания воздуха от микрофлоры в помещениях, к которым предъявляются повышенные требования по предельному уровню содержания бактерий, вирусов плесени, грибков и других вредных микроорганизмов.



Основные технические данные

тип облучателя	закрытый (рециркуляционный)
производительность установки, м ³ /ч	900
подаваемое напряжение, V	220 ± 22
частота питания, Гц	50 ± 2
источник ультрафиолетового излучения (УФИ)	разрядная лампа высокого давления ДРТ-400
облучённость в эффективном спектральном диапазоне 220-400 нм, Вт/м ²	45 ± 15
ресурс работы УФИ (не более), ч	2500
срок службы (не менее), лет	5
управление установкой	дистанционное (пульт ДУ)
снижение обсемененности воздуха на выходе из установки	95 %

Применение установки позволяет эффективно в автоматическом режиме по заданной программе очищать воздух в производственных помещениях предприятий, к которым предъявляются повышенные требования к чистоте воздуха.

ПЕРЕЧЕНЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ «АГРОПАНОРАМА» В 2020 ГОДУ

№ 1/2020

И.Н. ШИЛО, Н.Н. РОМАНИЮК, А.Н. ОРДА, В.А. ШКЛЯРЕВИЧ	Влияние почвенных условий эксплуатации на проходимость колесных шин
В.М. ПОЗДНЯКОВ, С.А. ЗЕЛЕНКО, Р.И. КОЛЕСНИК	Определение оптимальных режимно-конструктивных параметров работы вибропневматического оборудования для предпосевной подготовки семян рапса
В.Л. СЕЛЬМАНОВИЧ, С.Л. КУЛАГИН, А.Э. ШИБЕКО, Н.Н. БЫКОВ	Актуальные вопросы заготовки высококачественных кормов в сельскохозяйственных организациях Беларуси
Н.А. ВОРОБЬЕВ, С.А. ДРОЗД	Методика инженерного расчета параметров и режимов работы оборудования для двухстадийного измельчения зерна
С.М. БАРАЙШУК, И.А. ПАВЛОВИЧ	Снижение сопротивления заземляющих устройств применением обработки грунта неагрессивными к материалу заземлителя стабилизирующими влажностью добавками
К.В. ГАРКУША, В.А. КОРОТИНСКИЙ, К.Э. ГАРКУША	Повышение эксплуатационной надежности гелиоколлектора для подогрева воды в механических мастерских
М.А. ПРИЩЕПОВ, В.А. ДАЙНЕКО, Е.М. ПРИЩЕПОВА	Структурные схемы частотно-регулируемого асинхронного электропривода вальцовых плющилок-измельчителей с бездатчиковым скалярным управлением
В.С. ГЕРАСИМОВ, В.И. ИГНАТОВ, С.А. БУРЯКОВ	Проблемы экологии при проведении утилизации сельскохозяйственной техники в АПК Российской Федерации
А.Н. КАРТАШЕВИЧ, В.А. ШАПОРЕВ	Результаты стендовых испытаний дизеля 4ЧН 11,0/12,5 на смесях дизельного топлива с биогазом

№ 2/2020

Г.И. ГЕДРОИТЬ, С.В. ЗАМЕМОНСКИЙ, А.В. БОБРЫШОВ, С.И. ОСКИРКО	Совершенствование ходовых систем транспортно-технологических сельскохозяйственных машин
В.В. ПОДДУБИЦКИЙ, В.Н. ДАШКОВ, В.П. ЧЕБОТАРЕВ	Теоретическое исследование движения частицы топлива в топочном пространстве
К.В. БОРАК, С.М. ГЕРУК, И.С. КРУК	Повышение долговечности стрелчатых лап паровых культиваторов
Е.А. ГОРОДЕЦКАЯ, А.Д. СЫЧ, Ю.К. ГОРОДЕЦКИЙ, Е.Т. ТИТОВА	Комбинированная предпосевная обработка семян укропа и кориандра
Д.И. КРИВОВЯЗЕНКО, Е.М. ЗАЯЦ	Методика расчета электрокоагулятора белков молочной сыворотки
В.А. КОВАЛЕВ, А.В. КРУТОВ, Е.А. КОВШИРКО	Замена реагентной подготовки сточных вод молочных комбинатов в схеме биологической очистки их электрообработкой
Е.М. ПРИЩЕПОВА	Разработка системы стабилизации загрузки вальцовой плющилки-измельчителя фуражного зерна
О.В. БОНДАРЧУК	Моделирование процесса изменения влагосодержания зерна ячменя под действием электрического поля
Н.В. КИРЕЕНКО	Развитие аграрного бизнеса в контексте обеспечения продовольственной безопасности Республики Беларусь

№ 3/2020

Л.М. АКУЛОВИЧ, Л.Е. СЕРГЕЕВ, С.И. МЕНДАЛИЕВА, Е.В. СЕНЧУРОВ, М.А. ЗАЛУЦКИЙ	Магнитно-абразивная обработка поверхности металлических молочных катетеров
Н.Н. РОМАНИЮК, П.Н. ЛОГВИНОВИЧ, К.В. САШКО, А.А. СТЕПАНЮК	Устройство, сигнализирующее о наступлении предельного рабочего состояния фрикционных накладок колодок тормозов
В.В. ГУСЬКОВ, А.С. ПОВАРЕХО, А.А. СУШНЕВ, В.И. ШИМУКОВИЧ, П.А. ШИШКО	К вопросу оптимизации параметров движителя многоцелевых колесных машин

А.Н. ОРДА, В.А. ШКЛЯРЕВИЧ, Н.Л. РАКОВА, А.Г. ВАБИЦЕВИЧ	Методика расчета урожайности сельскохозяйственных культур для различных технологий возделывания с учетом уплотняющего воздействия ходовых систем МТА на почву
В.Я. ГРУДАНОВ, А.Б. ТОРГАН, Л.Т. ТКАЧЕВА, А.А. ЛЕЛЕВИЧ	Совершенствование конструкции режущего механизма макаронного прессы на основе закономерностей скользящего резания
В.С. КОРКО	Исследование закономерностей формирования акустических полей и кавитационных процессов в ультразвуковой ванне с водой
Д.А. ЖДАНКО, В.Я. ТИМОШЕНКО, П.С. ХМЕЛЬНИЦКИЙ	Устройство для диагностирования насосов объемного гидropriвода
Г.И. ГАНУШ, В.В. ЛИПНИЦКАЯ, А.А. БУРАЧЕВСКИЙ	Методологические принципы, направления и методика адаптации трудовых ресурсов АПК к природным и экономическим условиям хозяйствования
И.А. ВОЙТКО	Развитие системы агрострахования как фактор повышения эффективности производства и переработки льнопродукции
Л.В. КОРБУТ, С.Д. ЮДИЦКАЯ	Актуальные направления диверсификации сельской экономики в Республике Беларусь

№ 4/2020

Н.К. ТОЛОЧКО, П.В. АВРАМЕНКО, О.В. СОКОЛ, А.А. ГРУША, Д.И. КОПЧИК	Проектирование и аддитивное производство деталей машин
П.П. КАЗАКЕВИЧ, А.Н. ЮРИН, В.В. ВИКТОРОВИЧ, В.П. ЧЕБОТАРЕВ, А.Д. ЧЕЧЕТКИН	Обоснование параметров устройств для загрузки контейнеров плодами при их механизированной уборке
И.А. ОСАДЧИЙ, А.Н. ВЫРСКИЙ, В.И. КАРДАКОВ	Контроль параллельности валов на основе обобщенной методики анализа динамики мгновенного центра вращения
В.И. ПЕРЕДНЯ, А.В. КИТУН, С.Н. БОНДАРЕВ, Е.В. МУЗЫЧКО	К вопросу определения параметров линии машинного доения животных
А.Н. СМЕРНОВ, П.В. АВРАМЕНКО, Н.Г. СЕРЕБРЯКОВА	Обоснование конструктивных и технологических параметров универсальной рычажной системы одноковшового фронтального погрузчика
Н.И. ЗЕЗЕТКО, А.Ф. БЕЗРУЧКО	Исследование вибрации кабины трактора «Беларусь»
Д.И. КРИВОВЯЗЕНКО, А.Д. ЧЕРНЫЙ, Е.М. ЗАЯЦ	Электрическая коагуляция белков молочной сыворотки
А.Н. КАРТАШЕВИЧ, П.Ю. МАЛЫШКИН	Улучшение энергетических свойств колесного трактора при работе на смешанном дизельно-газовом топливе
А.О. ГЕРМАНОВИЧ, В.Б. ЛОВКИС	Результаты испытаний опытного образца лесохозяйственной машины «АМКОДОР 2021» для обработки почвы на энергетических плантациях
Г.В. ХАТКЕВИЧ, Е.Н. ЛЕБЕДЕВА	Основные факторы динамики иностранных инвестиций в экономике Республики Беларусь

№ 5/2020

А.Н. СМЕРНОВ, П.В. АВРАМЕНКО, Н.Г. СЕРЕБРЯКОВА, В.И. ТАТАРИНОВ, А.В. ЛАВНИКОВИЧ	Методика проектирования гидромеханизма поворота ковша одноковшового фронтального погрузчика
Ю.Д. КАРПИЕВИЧ	Бортовой мониторинг технического состояния двигателя внутреннего сгорания
В.П. ЧЕБОТАРЕВ, Д.В. ЗУБЕНКО, Ю.Л. САЛАПУРА, А.В. ЗУБЕНКО	Экспериментальные исследования работы пневматической высевочной системы сеялки с турбулизирующей вставкой
И.М. ШВЕД	Определение числа оборотов мешалки миксера, заключенной в кожух
Ю.А. РАКЕВИЧ	Использование инфракрасной термографии для выявления мастита коров
А.В. КЛОЧКОВ, О.Б. СОЛОМКО, А.А. ЕМЕЛЬЯНЕНКО	Параметры магнитного поля в устройствах омагничивания воды

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 строчку;

б) буквы латинского алфавита, обозначающие переменные, постоянные, коэффициенты, индексы и т.д., набираются курсивом;

в) элементы, обозначаемые буквами греческого и русского алфавитов, набираются шрифтом прямого начертания;

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

е) специальные символы и элементы, обозначаемые буквами греческого алфавита, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

ж) пронумерованные формулы пишутся в отдельной от текста строке, а номер формулы ставится у правого края.

Нумеруются лишь те формулы, на которые имеются ссылки в тексте.

3. Рисунки, графики, диаграммы необходимо выполнять с использованием электронных редакторов и вставлять в файл документа Word. Изображение должно быть четким, толщина линий более 0,5 пт, размер рисунка по ширине: 5,6 см, 11,5 см, 17,5 см и 8,5 см.

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер (если таблиц несколько). Рекомендуются 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 «Заключение» 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

Научно-исследовательская аналитическая лаборатория НИИМЭСХ БГАТУ

Сотрудниками научно-исследовательской аналитической лаборатории (НИАЛ) разработана оригинальная методика определения содержания в кормах структурных углеводов: нейтрально-детергентной и кислотно-детергентной клетчатки.

НИАЛ проводит испытания кормов для сельскохозяйственных животных в хозяйствах Минской области.

Также проводятся физико-химические исследования в различных областях сельского хозяйства:

- *В области животноводства:*
 - *определение содержания питательных веществ в кормах;*
 - *определение содержания в кормах структурных углеводов (НДК и КДК).*
- *В тепличном овощеводстве и растениеводстве:*
 - *физико-химическое исследование почв (весь спектр анализов, кроме анализов на присутствие радионуклидов);*
 - *анализ химического состава сельхозпродукции (растений и плодов);*
 - *определение физико-химического состава удобрений и средств защиты растений.*
- *Анализ сточных вод:*
 - *животноводческих комплексов и ферм;*
 - *перерабатывающих предприятий;*
 - *в системах мойки сельскохозяйственной техники и оборудования в ремонтном производстве.*



В.Л. ГУРАЧЕВСКИЙ, И.И. КУЧИНСКАЯ, И.Г. ХОРОВЕЦ	О сельскохозяйственном производстве на пострадавших от чернобильской аварии территориях
И.Н. ШИЛО, Т.А. НЕПАРКО, Д.А. ЖДАНКО	Повышение урожайности сельскохозяйственных культур – решающий фактор в снижении затрат производственных ресурсов
М.А. АРНАТОВИЧ	Современные тенденции и актуальные направления развития плодовоовощного подкомплекса Республики Беларусь
Г.И. ГАНУШ, А.В. ЧИРИЧ	Актуальные направления развития социальной инфраструктуры сельской местности в Республике Беларусь

№ 6/2020

Ю.Д. КАРПИЕВИЧ	Определение порогового значения предельной выработки ресурса моторного масла трактора «Беларус»
Г.И. ГЕДРОИТЬ, С.В. ЗАНЕМОНСКИЙ, С.И. ОСКИРКО	Сопротивление качению транспортно-технологических машин в дорожных условиях
В.А. ШКЛЯРЕВИЧ	Исследование показателей тягово-сцепных свойств движителя
А.М. АНТОНОВИЧ, В.Ф. РАДЧИКОВ, В.А. ЛЮНДЫШЕВ, А.А. ГРУША	Степень расщепляемости протеина в рубце бычков при скормли- вании гранулированного люпина
А.В. КИТУН, Ф.Д. САПОЖНИКОВ, И.М. ШВЕД, С.Н. БОНДАРЕВ	Основы определения количества хранилищ для сохранности кормов
Е.И. ХАРЧЕНКО, Е.А. ЕРЕМЕЕВА	Обоснование подогрева зерна и воды в процессе подготовки зер- на к помолу
Л.В. САФРОНЕНКО, Е.В. САФРОНЕНКО	Инновационные технологии в производстве пробиотических кис- ломолочных продуктов
М.А. ПРИЩЕПОВ, А.И. ЗЕЛЕНЬКЕВИЧ, В.М. ЗБРОДЫГА	Методика расчета конструктивных параметров и технических характеристик трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом»
В.Е. ТАРАСЕНКО, О.Ч. РОЛИЧ, Д.А. МИХАЕВИЧ	Алгоритмы обработки сигналов в интегрированной системе вибродиагностической и тепловой диагностики дизельных двигате- лей
Т.А. ТЕТЕРИНЕЦ	Управление человеческим капиталом в АПК: опыт стран Евро- пейского Союза

“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.