



ISSN 2078-7138 (Print)
ISSN 2078-7146 (Online)
DOI: 10.56619/2078-7138-2023-155-1

Агропанорама

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 1
февраль
2023

В номере:

*Распределение тягового сопротивления
почвообрабатывающей машины между
модулями мобильного энергетического
средства*

*Особенности работы трансформатора
со схемой соединения обмоток «звезда-
треугольник с зигзагом» при
несимметричной нагрузке*

*Повышение степени очистки семенного
вороха при электросепарации
мелкосемянных культур*

*Условия и факторы обеспечения роста
емкости внутреннего рынка
плодоовощной продукции*



**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Уважаемые коллеги!

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

***«ПЕРЕРАБОТКА И УПРАВЛЕНИЕ
КАЧЕСТВОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ПРОДУКЦИИ»,***

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

30 - 31 марта 2023 г.

Основные направления работы конференции:

- Переработка и хранение сельскохозяйственной продукции***
- Управление качеством в АПК***
- Охрана труда на предприятиях АПК***
- Обеспечение национальной продовольственной
безопасности в современных экономических условиях***
- Инновационные технологии подготовки специалистов
для АПК***

***г. Минск, пр-т Независимости, 99, корпус 1
Контактные телефоны: (+ 375 17) 373-83-74; 338-77-58
E-mail: konf_itf2023@bsatu.by
www.bsatu.by***

АГРОПАНОРАМА 1 (155) февраль 2023

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
Николай Николаевич Романюк

Заместитель главного редактора
Михаил Александрович Прищепов

Редакционная коллегия:

Л.С. Герасимович	И.С. Крук
П.П. Казакевич	А.С. Сайганов
В.М. Капцевич	В.Н. Тимошенко
А.Н. Карташевич	Н.К. Толочко
Н.В. Киреенко	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:

БГАТУ, пр-т Независимости, 99/1, к. 220
220023, г. Минск, Республика Беларусь,
Тел. (+375 17) 272-47-71
Тел./факс (+375 17) 258-41-16

Прием статей и работа с авторами:

г. Минск, пр-т Независимости, 99/5, к. 602, 608
Тел. (+375 17) 385-91-02, 355-22-14
E-mail: AgroP@bsatu.by

БГАТУ, 2022.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 24.02.2023 г. Зак. № 104 от 22.02.2023 г.

Дата выхода в свет 28.02.2023 г.

Печать офсетная. Тираж 100 экз.

Статьи рецензируются.

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

ЛП № 023330/316 от 30.10.2020 г.

Выходит один раз в два месяца.

Подписной индекс в каталоге «Белпочта» - 74884.

Стоимость подписки на журнал на 1-е п/г 2023 г.:

для индивидуальных подписчиков - 39,84 руб.;

ведомственная - 41,94 руб.;

Цена журнала в киоске БГАТУ - 10,20 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

О.И. Мисуно, Д.А. Жданко

Распределение тягового сопротивления почвообрабатывающей
машины между модулями мобильного энергетического
средства.....2

Технологии производства продукции расте- ниеводства и животноводства. Зоотехния

В.Л. Сельманович

Сравнительная продуктивность галеги восточной и традиционных
многолетних бобовых трав.....7

Технологии переработки продукции АПК

А.М. Мазур, Е.В. Таразевич

Исследование безотходной технологии переработки картофеля
на крахмал.....11

Энергетика. Транспорт

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

Особенности работы трансформатора со схемой соединения
обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» при несимметричной
нагрузке.....16

**В.А. Дайнеко, Е.М. Прищепова, Т.Г. Базулина,
Ж.Г. Юрковец**

Цифровые технологии в системах мониторинга электропривода
технологических машин.....23

В.С. Корко

Повышение степени очистки семенного вороха при
электросепарации мелкосемянных культур.....30

М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский

Исследование температурной зависимости удельного
сопротивления обратного молока при изменении его кислотности
и содержания в нем хлорида натрия.....35

Технический сервис в АПК. Экономика

Л.А. Казакевич

Конкурентная позиция тепличных хозяйств столичного
региона.....41

А.А. Бурачевский

Условия и факторы обеспечения роста емкости внутреннего
рынка плодоовощной продукции.....44

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯГОВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ МАШИНЫ МЕЖДУ МОДУЛЯМИ МОБИЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

О.И. Мисуно,

доцент каф. механики материалов и деталей машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Д.А. Жданко,

проректор по учебной работе и производству БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В статье обосновано повышение эксплуатационных показателей работы почвообрабатывающих машин за счет рационального распределения тягового сопротивления между энергетическим (трактором) и технологическим (опорно-приводная тележка) модулями мобильного энергетического средства при наименьшей величине потерь мощности на буксование движителей.

Ключевые слова: энергонасыщенный трактор, энергетический модуль, технологический модуль, модульная схема, почвообрабатывающий агрегат, производительность, ширина захвата, скорость, буксование, сцепной вес, тяговое сопротивление.

The article substantiates the increase in the operational performance of tillage machines due to the rational distribution of traction resistance between the power (tractor) and technological (support-drive trolley) modules of the mobile power device with a minimum of power loss on the slipping of the movers.

Key words: power-packed tractor, power module, technological module, modular scheme, tillage unit, productivity, grip width, speed, slipping, coupling weight, traction resistance.

Введение

Перед агропромышленным комплексом республики стоит задача повышения производительности технологических процессов и, как результат, снижения затрат на производство сельскохозяйственной продукции.

Повышение производительности в растениеводстве, в частности, на обработке почвы, достигается увеличением тяговой мощности энергетических средств, энергонасыщенности тракторов. Анализ зависимостей тяговой мощности трактора от его тягового усилия показывает, что максимальная мощность достигается при определенном соотношении тягового усилия и скорости движения. Следовательно, при повышении энергонасыщенности трактора его возрастающую тяговую мощность можно реализовать через увеличение тягового усилия трактора и его агрегатирования с широкозахватными сельскохозяйственными машинами или увеличением рабочей скорости движения агрегата. Темп прироста производительности агрегата, как за счет увеличения ширины захвата, так и за счет увеличения скорости движения, отстает от темпа роста мощности двигателя трактора.

В настоящее время актуальной задачей является повышение эксплуатационных показателей работы почвообрабатывающих машин в агрегате с тракторами «БЕЛАРУС». Решение этой задачи обеспечивает повышение эффективности технологических процес-

сов обработки почвы. Значительный вклад в решение проблем совершенствования почвообрабатывающих машин и агрегатов внесли ученые – Д.А. Чудаков, Г.М. Кутьков, И.П. Ксенович, М.Д. Подскребко, З.И. Липкович, В.В. Кацыгин, Г.Н. Синееков, Н.Д. Лепешкин, В.Т. Надькто и другие.

К числу важнейших эксплуатационных показателей работы почвообрабатывающих агрегатов относится производительность, которая, как известно, определяется количеством выполненной в единицу времени работы определенного качества. Известно, что производительность агрегатов на обработке почвы зависит в основном от энергоемкости технологического процесса, энергетических возможностей трактора и степени использования времени смены и определяется по формуле

$$W = 0,36Bv\tau, \quad (1)$$

где W – часовая производительность почвообрабатывающего агрегата, га/ч;

B – ширина захвата почвообрабатывающей машины, м;

v – рабочая скорость движения агрегата, м/с;

τ – коэффициент использования времени смены.

Как видно из выражения (1), наибольшая производительность почвообрабатывающего агрегата может быть достигнута при определенной скорости движения и ширине захвата орудия.

Повышение производительности увеличением ширины захвата орудия сопровождается неизбежным увеличением габаритных размеров и массы агрегата, снижает его маневренность, уменьшает коэффициент использования времени смены. При этом для реализации возрастающего тягового усилия требуется увеличение сцепного веса сельскохозяйственного трактора, что влечет повышенный расход энергии. Так, на передвижение массы пахотного агрегата по полю расходуется свыше 30 % энергии, затрачиваемой двигателем. На перемещение одной тонны массы пахотного агрегата затрачивается до одного килограмма топлива на один гектар [1].

Повышение производительности агрегата за счет увеличения скорости движения также имеет ряд ограничивающих факторов. С увеличением скорости движения агрегата возрастает тяговое сопротивление почвообрабатывающей машины, приводящее к возрастающим энергетическим затратам на выполнение технологического процесса, увеличиваются динамические нагрузки, уменьшается максимальное значение тягового КПД. Коэффициент использования времени смены с увеличением скорости движения агрегата также снижается, так как увеличиваются затраты времени на разворот, на техническое и технологическое обслуживание, а доля времени, затрачиваемого на производство полезной работы, уменьшается. Управление агрегатом при обработке почвы на скоростях 10-11 км/ч – это напряженный труд для механизатора, а на скоростях выше 12 км/ч на пахоте – вести трактор по дну борозды практически невозможно [1].

Увеличение ширины захвата почвообрабатывающей машины при одновременном повышении скорости еще больше снижает значение коэффициента использования времени смены. В результате этого эффективность применения скоростных широкозахватных агрегатов падает резче, чем орудий с меньшей шириной захвата.

Темп прироста производительности почвообрабатывающего агрегата, как за счет увеличения ширины захвата, так и за счет увеличения скорости движения, отстает от темпа роста мощности двигателя трактора [2].

Снижение расхода топлива, повышение производительности и в целом эффективности использования энергонасыщенных тракторов на обработке почвы в некоторой мере достигается иногда за счет балластирования, т.е. увеличения сцепного веса колесных тракторов путем навешивания дополнительных грузов, а также использованием механических и гидравлических догрузателей [3]. Увеличение эксплуатационной массы трактора с помощью навесных или монтируемых балластных грузов заводского изготовления производится обычно для догрузки переднего ведущего моста и обеспечения благоприятного распределения эксплуатационной массы трактора при работе с различными сельскохозяйственными машинами. Балластирование трактора путем заливки в шины колес водного раствора используется только в случае недостаточного сцепления колес с почвой в

неблагоприятных условиях (на легких песчаных, переувлажненных почвах и т.д.). Шины, заполненные жидкостью, ухудшают плавность хода трактора на скоростях более 20 км/ч. При наезде на препятствие у таких шин может произойти разрыв их каркаса. Балластирование колесных тракторов «БЕЛАРУС» дает возможность на пахоте снизить удельный расход топлива на 6-7 %. Однако при работе трактора в почвенных условиях с нормальной влажностью и плотностью с почвообрабатывающими машинами с пассивными рабочими органами (плугами, культиваторами, боронами, комбинированными агрегатами) запрещается увеличение эксплуатационной массы трактора для повышения тягового усилия на крюке. Это уменьшит срок службы трактора, приведет к снижению долговечности узлов трансмиссии и ходовой системы. Кроме того, при работе агрегата с дополнительной загрузкой балластными грузами затрачивается определенное количество топлива на их перемещение [4].

Только в некоторой мере можно повысить производительность почвообрабатывающего агрегата за счет повышения мощности колесного трактора «БЕЛАРУС» при его работе в тяговом режиме, но для этого потребуются увеличить его эксплуатационный вес. Увеличение массы сельскохозяйственных тракторов приводит также к повышению расхода энергии на дополнительное рыхление почвы в связи с большим ее уплотнением, нарушающим условия роста и развития культурных растений, снижающим их урожайность.

Дальнейшее повышение мощности колесного трактора класса 5 при работе в тяговом режиме невозможно, так как требует увеличения его эксплуатационного веса, в то время как уже сейчас нагрузка на почву достигла предельного значения. Осевая нагрузка трактора превышает нагрузку, регламентируемую стандартами, даже на дороге с твердым покрытием [5, 6].

Повысить эффективность использования энергонасыщенных тракторов при их работе в составе почвообрабатывающих агрегатов удастся повышением тягово-сцепных свойств трактора и снижением давления на почву за счет установки сдвоенных колес, но при этом снижается маневренность агрегата, повышаются нагрузки на ходовую систему трактора, особенно на разворотах и движении по неровностям. Влияние сдвояния колес на тяговую динамику трактора на рыхлом фоне проявляется следующим образом. В зоне номинальных тяговых усилий и при малых скоростях буксование снижается в среднем в 1,4 раза и повышается тяговая мощность. При работе с малым тяговым усилием на крюке и на больших скоростях тяговая мощность трактора со сдвоенными колесами меньше, чем на одинарных колесах из-за повышенного сопротивления качению. Сдвояние передних колес рекомендуется использовать только в исключительных случаях, при недостаточных сцепных условиях и на переувлажненных почвах.

Можно сделать вывод о том, что дальнейшее развитие мобильной сельскохозяйственной техники на той же энергетической базе и на тех же технологиче-

ских принципах еще способно увеличить производительность, но ценой все больших и больших затрат [2].

Повышение эксплуатационных показателей энергонасыщенных колесных тракторов в составе почвообрабатывающих агрегатов за счет установки двойных колес, балластирования, увеличения веса трактора происходит, главным образом, из-за снижения буксования движителей, что влечет снижение неэффективных потерь мощности.

Повышение энергонасыщенности тракторов и развитие машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур привело к опережению роста массы технологической части машинно-тракторного агрегата относительно роста массы трактора. С применением комбинированных агрегатов масса технологической части агрегата сравнялась с массой энергетической части. В будущем можно прогнозировать, что масса технологической части агрегата будет превосходить массу энергетической [7].

Применяемые для агрегатирования с тракторами класса 5 оборотные плуги, машины для предпосевной обработки почвы, посева зерновых культур имеют большую ширину захвата, большую массу и состоят из нескольких секций [7]. Например, основная секция оборотного плуга навешивается между трактором и опорной тележкой, а дополнительная секция плуга – на опорную тележку. Плуг и тележка имеют значительную массу. Масса плуга ППО-8-40К составляет примерно 5500 кг, ППО.8.30/45 – 6400 кг, ПО-(6+4)-40/45 – 7070 кг [4].

Рост энергонасыщенности сельскохозяйственных тракторов требует разработки новых схем построения агрегатов. Рациональное использование возрастающих мощностей тракторов на обработке почвы можно реализовать передачей «избыточной» мощности на привод промежуточных тягово-прицепных модулей или опорных ведущих колес сельскохозяйственных машин [2]. В этом случае будет использоваться масса агрегата для создания тягового усилия, что позволит увеличить производительность, рассредоточить сцепную массу по движителям, снизить удельную энергоёмкость работ и уплотнение почвы [6].

Целью работы является повышение эксплуатационных показателей работы почвообрабатывающих машин за счет рационального распределения тягового сопротивления между модулями мобильного энергетического средства.

Основная часть

Перспективное направление для использования высокоэнергонасыщенных тракторов «БЕЛАРУС» на обработке почвы открывает модульная схема построения агрегата на основе мобильного энергетического средства (МЭС) [1; 8, 9, 10]. Так, на пахоте эта схема включает энергетический модуль (источник энергии, в качестве которого используется трактор) и технологический модуль, получающий привод от энергетического модуля. Между модулями навешивается рабочая машина – плуг. Технологический модуль – это

приспособление в виде опорной тележки. Привод колес технологического модуля осуществляется от двигателя трактора посредством гидравлической системы с регулируемым аксиально-поршневым насосом («БЕЛАРУС-3522») или электрической системы («БЕЛАРУС-3023» с электромеханической бесступенчатой трансмиссией). В таком агрегате тяговое усилие будет создаваться как энергетическим, так и технологическим модулями. Масса технологического модуля используется для создания дополнительной силы тяги трактора. При этом только часть мощности двигателя трактора будет реализовываться через его ходовую систему, и его удельная материалоемкость может быть снижена.

В зависимости от соотношения сцепных весов трактора и технологического модуля может быть обеспечен прирост тягового усилия от 50 до 100 %. Энергонасыщенность тракторов в таком агрегате можно повысить в 1,5...2 раза в сравнении с агрегатами, построенными по традиционной схеме [6].

Производительность выполняемого технологического процесса будет зависеть от распределения тягового сопротивления почвообрабатывающей машины между энергетическим и технологическим модулями мобильного энергетического средства при работе агрегата. Тогда тяговое сопротивление почвообрабатывающей машины P будет равно

$$P = F_t + F_m, \quad (2)$$

где F_t , F_m – тяговое сопротивление почвообрабатывающей машины преодолеваемое, соответственно, энергетическим и технологическим модулями, Н.

Доля тягового сопротивления почвообрабатывающей машины, приходящаяся на энергетической модуль, составит

$$\varepsilon_t = \frac{F_t}{P} = \frac{F_t}{F_t + F_m}. \quad (3)$$

Тогда тяговое сопротивление почвообрабатывающей машины, преодолеваемое энергетическим и технологическим модулями, соответственно, могут быть представлены

$$F_t = \varepsilon_t P, \quad (4)$$

$$F_m = \varepsilon_m P = (1 - \varepsilon_t) P, \quad (5)$$

где ε_m – доля тягового сопротивления почвообрабатывающей машины, приходящаяся на технологический модуль.

В процессе работы почвообрабатывающего агрегата всегда обеспечивается равенство

$$\varepsilon_t + \varepsilon_m = 1. \quad (6)$$

В качестве критерия оптимизации распределения тягового сопротивления почвообрабатывающей машины между модулями принимаем минимум потерь мощности на буксование движителей мобильного энергетического средства. Величина буксования ведущих колес сельскохозяйственных агрегатов характеризуется отношением потерянной скорости поступательного движения к возможному ее теоретическому значению. Буксование колесных тракторов при их работе с широкозахватными почвообрабатывающими

машинами, в частности, с оборотными плугами существующих конструкций, достигает до 20 % и более. Особенно повышенное буксование наблюдается у скоростных энергонасыщенных тракторов, что снижает эффективность использования их потенциальных возможностей при работе на почвах с высоким удельным сопротивлением, а также на почвах влажных и рыхлых. При этом из-за буксования теряется часть мощности, передаваемой от двигателя энергетического средства через трансмиссию к движителям.

Проанализируем потери мощности на буксование N_{δ} при работе почвообрабатывающего агрегата, имеющего приводные опорные колеса технологического модуля, у которого и вес рабочей машины используется для создания касательной силы тяги. Величина теряемой мощности N_{δ} в агрегате, построенном по модульной схеме, пропорциональна величине буксования движителей энергетического и технологического модулей и определяется по уравнению

$$N_{\delta} = N_{\delta_T} + N_{\delta_M} = (F_T + G_T f_T) \frac{v \delta_T}{1 - \delta_T} + (F_M + G_M f_M) \frac{v \delta_M}{1 - \delta_M}, \quad (7)$$

где N_{δ_T} , N_{δ_M} – потери мощности на буксование движителей, соответственно, энергетического и технологического модулей, Вт;

G_T , G_M – сцепной вес, соответственно, энергетического и технологического модулей, Н;

f_T , f_M – коэффициент сопротивления качению, соответственно, энергетического и технологического модулей;

δ_T , δ_M – буксование движителей, соответственно, энергетического и технологического модулей.

Достаточно полно результаты тяговых испытаний тракторов «БЕЛАРУС» в пределах буксования движителей 0,05-0,15 можно аппроксимировать линейным уравнением. Тогда

$$\delta_T = a_T \frac{F_T}{G_T} = a_T \frac{P \varepsilon_T}{G_T}, \quad (8)$$

$$\delta_M = a_M \frac{F_M}{G_M} = a_M \frac{P(1 - \varepsilon_T)}{G_M}, \quad (9)$$

где a_T , a_M – постоянный безразмерный коэффициент, определяемый по результатам тяговых испытаний, соответственно, энергетического и технологического модулей.

Потери мощности на буксование агрегата в зависимости от доли тягового усилия энергетического модуля определяются выражением

$$N_{\delta} = (P \varepsilon_T + G_T f_T) v \frac{a_T \frac{P \varepsilon_T}{G_T}}{1 - a_T \frac{P \varepsilon_T}{G_T}} +$$

$$+ (P(1 - \varepsilon_T) + G_M f_M) v \frac{a_M \frac{P(1 - \varepsilon_T)}{G_M}}{1 - a_M \frac{P(1 - \varepsilon_T)}{G_M}}. \quad (10)$$

Функция $N_{\delta} = f(\varepsilon_T)$ имеет экстремум, когда возникает минимум потерь мощности на буксование при заданном тяговом сопротивлении почвообрабатывающей машины. Выражение первой производной по ε_T имеет вид

$$\begin{aligned} \frac{dN_{\delta}}{d\varepsilon_T} = & \frac{P^2 v a_T \varepsilon_T}{G_T \left(1 - \frac{a_T P \varepsilon_T}{G_T}\right)} + \frac{(P v \varepsilon_T + G_T f_T v) a_T P}{G_T \left(1 - \frac{a_T P \varepsilon_T}{G_T}\right)} + \\ & + \frac{(P \varepsilon_T v + G_T f_T v) a_T^2 P^2 \varepsilon_T}{G_T^2 \left(1 - \frac{a_T P \varepsilon_T}{G_T}\right)^2} - \frac{P^2 v a_M (1 - \varepsilon_T)}{G_M \left(1 - \frac{a_M P (1 - \varepsilon_T)}{G_M}\right)} - \\ & - \frac{(P v (1 - \varepsilon_T) + G_M f_M v) a_M P}{G_M \left(1 - \frac{a_M P (1 - \varepsilon_T)}{G_M}\right)} - \\ & - \frac{(P(1 - \varepsilon_T) v + G_M f_M v) a_M^2 P^2 (1 - \varepsilon_T)}{G_M^2 \left(1 - \frac{a_M P (1 - \varepsilon_T)}{G_M}\right)^2}. \end{aligned} \quad (11)$$

Приравняв выражение (11) к нулю и решая относительно ε_T , получим

$$\begin{aligned} \varepsilon_T = & - \frac{1}{\left(a_M G_M^2 f_M a_T^2 - a_M^2 G_T^2 + a_T^2 G_M^2 - a_T G_T^2 f_T a_M^2\right) P} \times \\ & \times [-a_T G_T f_T G_M a_M + a_M^2 P G_T + a_T G_T f_T a_M^2 P - a_M G_T G_M - \\ & - a_T G_M^2 - a_M G_M^2 f_M a_T - (-2 a_T^2 G_T f_T a_M^3 P G_M^2 f_M + \\ & + a_T G_T^2 f_T G_M^2 a_M^2 + 2 a_T^2 G_T f_T G_M^3 a_M - 2 a_T^2 P G_T a_T G_M^2 + \\ & + 2 a_M^2 G_T G_M^3 f_M a_T + a_M G_M^4 f_M a_T^3 f_T - 2 a_M^2 G_M^3 f_M a_T^2 P + \\ & + a_M^3 G_M^2 f_M a_T^2 P^2 + a_T^3 G_M^2 f_T a_M^2 P^2 - 2 a_T^3 G_M^3 f_T a_M P + \\ & + a_M^2 G_T^2 G_M^2 + a_T^3 G_M^4 f_T + 2 a_M G_T G_M^3 a_T + a_T^2 G_M^4 a_M f_M + \\ & + a_M^3 G_T^2 G_M^2 f_M - 2 a_T^2 G_M^3 a_M P + a_T^2 G_M^2 a_M^2 P^2 + a_T^2 G_M^4 + \\ & + 2 a_T^2 G_T f_T G_M^3 a_M^2 f_M - 2 a_M^3 P G_T G_M^2 f_M a_T - \\ & - 2 a_T^2 G_T f_T a_M^2 P G_M^2 + a_M^3 G_M^2 f_M a_T^3 P^2 - \\ & - 2 a_M^2 G_M^3 f_M a_T^3 P + a_T G_T^2 f_T a_M^3 G_M^2 f_M)^{0.5}] G. \end{aligned} \quad (12)$$

В пахотном агрегате на основе МЭС энергетический и технологический модули работают в одинаковых почвенных условиях. Тогда можно предполо-

жить, что $f_T = f_M = f$ и $a_T = a_M = a$. Доля тягового усилия энергетического модуля в тяговом сопротивлении почвообрабатывающей машины при минимуме потерь мощности на буксование будет равна

$$\varepsilon_T = \frac{G_T}{G_T + G_M}. \quad (13)$$

Подставляя выражение (12) в формулы (4) и (5), можно получить формулы для определения тяговых усилий энергетического и технологического модулей в агрегате, построенном по модульной схеме. Для пахотного агрегата формулы (4) и (5) примут вид

$$F_T = P \frac{G_T}{G_T + G_M}; \quad (14)$$

$$F_M = P \frac{G_M}{G_T + G_M}. \quad (15)$$

Величина буксования движителей энергетического и технологического модулей определяется после подстановки выражения (13) в (8) и (9)

$$\delta_T = \delta_M = a \frac{P}{G_T + G_M}. \quad (16)$$

Заключение

Таким образом, перспективным направлением для использования высокоэнергонасыщенных тракторов «БЕЛАРУС» является модульная схема построения почвообрабатывающего агрегата. Тяговое сопротивление почвообрабатывающей машины в таком агрегате должно распределяться между энергетическим и технологическими модулями пропорционально доли их сцепных весов в общем сцепном весе, что обеспечит повышение эксплуатационных показателей работы за счет минимума потерь мощности на буксование движителей.

Передавая часть мощности двигателя энергетического средства на привод колес технологического модуля можно повышать мощность трактора или снижать его вес, что будет способствовать повышению эффективности технологического процесса обработки почвы и повышению производительности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подскребко, М.Д. Проблемы совершенствования почвообрабатывающих агрегатов с энергонасы-

щенными тракторами / М.Д. Подскребко // Агропано-рама. – 1997. – № 1. – С. 13-15.

2. Мисуно, О.И. Производительность плуга, агрегатируемого с МЭС на базе трактора «БЕЛАРУС 2022» / О.И. Мисуно // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Белагро-2019», Минск, 6-7 июня 2019 г. / Белорус. гос. аграрн. технич. ун-т; редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2019. – С. 337-343.

3. Кузнецов, Е.Е. Дополнительные догружающие устройства в ходовой системе МЭС / Е.Е. Кузнецов, О.А. Кузнецова // Сельский механизатор. – 2015. – № 6. – С. 9-11.

4. Мисуно, О.И. Снижение потерь мощности на буксование колесного трактора на пахоте / О.И. Мисуно // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сб. науч. статей Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21-23 ноября 2018 г. – Минск, 2018. – С. 229-231.

5. Кутьков, Г.М. Энергонасыщенность и классификация тракторов / Г.М. Кутьков // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 5. – С. 11-14.

6. Кутьков, Г.М. Конструктивные параметры широкозахватных МТА на основе МЭС / Г.М. Кутьков, В.Т. Надыкто, Е.В. Габай // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1994. – № 4. – С. 12-16.

7. Лепешкин, Н.Д. Основные направления развития механизации обработки почвы и посева в Республике Беларусь до 2030 года / Н.Д. Лепешкин, А.А. Точицкий, В.В. Мижурич, Д.В. Заяц // Механизация и электрификация сельского хозяйства: выпуск 51. – Минск: Беларуская навука, 2018. – С. 10-15.

8. Перспективные мобильные энергетические средства (МЭС) для сельскохозяйственного производства / В.В. Кацыгин [и др.]. – Минск.: Наука и техника. – 1982. – 272 с.

9. Экспериментальные исследования мобильного энергетического средства МЭС-330 «Автотрактор» на пахоте / В.В. Адамчук [и др.] // Механизация и электрификация сельского хозяйства: выпуск 51. – Минск: Беларуская навука, 2018. – С. 25-28.

10. Надыкто, В.Т. Снижение энергозатрат пахотными МТА на основе МЭС / В.Т. Надыкто // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1996. – № 10. – С. 8-11.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 29.12.2022

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ГАЛЕГИ ВОСТОЧНОЙ И ТРАДИЦИОННЫХ МНОГОЛЕТНИХ БОБОВЫХ ТРАВ

В.Л. Сельманович,

доцент каф. инновационного развития АПК ИПК и ПК АПК БГАТУ, канд. с.-х. наук, доцент

Приведены сравнительные результаты исследований продуктивности многолетних бобовых трав и по остаткам их органической массы в почве, а также выходу кормовых единиц и обеспеченности переваримым протеином традиционных многолетних бобовых трав и малораспространенных – галеги восточной и люцерны рогатой.

Ключевые слова: растительный белок, галега восточная, люцерна посевная, люцерна рогатая, многолетние бобовые травы, продуктивность, органическое вещество.

The article presents comparative results of long-term studies of the productivity of perennial legumes in production conditions, the yield of feed units and the provision of a feed unit with digestible protein among traditional perennial legumes and sparsely distributed ones - eastern galega and horned lyadvenets. The results of a study on the remains of organic mass by perennial legumes in the soil are presented.

Key words: vegetable protein, eastern goat, alfalfa, horned lyadvenets, perennial legumes, research, productivity, organic matter.

Введение

В Республике Беларусь решению проблемы дефицита растительного белка в последнее время уделяется большое внимание. Недостаточное производство кормов и относительно низкое их качество сдерживает рост продуктивности скота. Каждый недостающий грамм переваримого белка в рационе животных ведет к перерасходу не менее 2 % кормов в физическом весе. В результате этого повышается себестоимость животноводческой продукции. Недостаток белка в рационе животных требует постоянного изыскания способов увеличения его производства за счет растительных источников. Возделывание многолетних, высокопродуктивных, богатых растительным белком культур – одно из направлений в решении проблемы кормового белка [1; 5].

Общеизвестно, что продуктивность многолетних трав, в сравнении с другими кормовыми культурами, отличается наибольшей стабильностью. Варьирование урожайности многолетних трав под влиянием погодных условий составляет 24 %, в то время как у кукурузы – до 51 %. Результаты исследований и опыт передовых хозяйств республики свидетельствуют о том, что при соблюдении технологических приемов возделывания, многолетние бобовые травы способны формировать до 450-550 ц/га зеленой массы в годы со средними показателями метеорологических условий. Поэтому проблема расширения посевов многолетних бобовых трав является приоритетной задачей современного земледелия, решение которой делает воз-

можным поддержание и наращивание плодородия почв, получение полноценного и дешевого кормового белка, уменьшение дорогостоящего азота [1; 8].

Существующая в настоящее время в ряде стран модель лугового травосеяния с преобладанием злаковых травостоев и высоким уровнем применения азота минеральных удобрений для большинства хозяйств неприемлема.

Однако проблему дефицита растительного белка невозможно решить, возделывая только традиционные бобовые травы (клевер, люцерна посевная и др.), так как они имеют короткий жизненный цикл (2-4 года), невысокую и неустойчивую урожайность семян. В связи с этим, в условиях ограниченных материальных ресурсов, недостаточного применения азотных удобрений внедрение и распространение нетрадиционных высокобелковых кормовых культур, таких как галега восточная (козлятник восточный) и люцерна рогатая, становится важным и необходимым. Это позволит стабилизировать продуктивность травяного поля, более полно использовать почвенные ресурсы, создать устойчивый зеленый и сырьевой конвейер [1; 4; 7].

Достаточно широкое распространение галега восточная, как кормовое растение, получила в России, Эстонии, Латвии, Финляндии. Исследования галеги восточной проводятся в научно-практическом центре НАН Беларуси по земледелию в течение многих лет.

Целью настоящей работы является сравнение продуктивности галеги восточной и многолетних бо-

бобовых трав, а также поступление органического вещества в почву за 5 лет вегетации этих растений.

Основная часть

Исследования по выявлению сравнительной продуктивности галеги восточной, люцерны посевной, клевера лугового и лядвенца рогатого на однотипных почвах и фонах удобрений в условиях западной части Республики Беларусь велись с 2015 года. Почвы дерново-подзолистые супесчаные ($pH_{\text{сол.}}$ – 5,7; P_2O_5 – 23,5; K_2O – 25,0 мг на 100 г почвы). Посев был осуществлен беспокровно в третьей декаде мая 2014 года на опытном поле ОСП «Ляховичский государственный аграрный колледж», на производственных площадях ОАО «Нача», ОАО «Ляховичский райагросервис» Брестской области. Семена перед посевом обрабатывались ризоторфином.

Закладка опытов, наблюдения и учеты проводились в соответствии с методическими указаниями [2].

В ходе исследований доказана возможность получения достаточно высокой урожайности зеленой массы галеги восточной по сравнению с традиционными многолетними бобовыми травами (табл. 1). Учитывая, что в этой климатической зоне возможно получать три полноценных укоса люцерны посевной, галеги восточной и лядвенца рогатого, оценка продуктивности этих бобовых трав осуществлялась при трехкратном скашивании и двукратном скашивании клеверов. Продуктивность галеги восточной была сравнительно одинаковой с люцерной посевной (в среднем за пять лет), однако существенно различалась по годам пользования. Так, в 2017 году травостой галеги восточной был поврежден весенними заморозками и оказавшись в условиях весенне-летней засухи сформировал урожайность зеленой массы ниже, чем люцерны посевной. В благоприятных погодных условиях 2018 года было получено три укоса галеги восточной и она по урожайности превысила люцерну посевную на 20 %. Даже в условиях острой засухи 2019 года, когда наблюдалось выгорание пастбищ, галега восточная сформировала достаточно высокую урожайность.

Отличительной способностью галеги восточной от других многолетних бобовых трав является способность давать высокобелковый корм одновременно

с кормовыми посевами озимой ржи и на 10-20 дней раньше других кормовых растений.

По выходу кормовых единиц и сбору переваримого белка галега восточная и люцерна посевная не существенно различались между собой и значительно превосходили другие культуры: по кормовым единицам – лядвенец рогатый на 38,1 %, клевер луговой – на 37,7%; по переваримому белку, соответственно, на 51,2 и 53,7 % (табл. 2). Обладая такими показателями по сбору переваримого белка, можно говорить о высоком кормовом потенциале и привлекательности галеги восточной для производства.

Кроме того, для галеги восточной характерен продолжительный период вегетации – вплоть до глубокой осени, когда температура воздуха снижается до 1-3° С. Растение обеспечивает зеленый корм в тот период, когда в поле из зеленых кормов остается только рапс. Такие биологические особенности позволяют использовать галегу восточную в качестве ценной кормовой культуры для зеленого конвейера в весенний и осенний периоды [1; 4, 5].

Галеге восточной свойственна высокая облиственность (63-69 %), и по этому показателю она превосходит клевер и люцерну [6].

В опытах выход кормовых единиц в среднем составлял 72-116 ц/га, сбор переваримого белка – 11,4-19,6 ц/га (табл. 2). Обеспеченность кормовой единицы переваримым белком в среднем составила 156-169,6 г (табл. 3).

Этот фактор имеет большое хозяйственное значение, так как позволяет достаточно хорошо сбалансировать рационы животных, значительно уменьшив скормливание дорогостоящих концентратов. Включение в рацион коров кормов из галеги восточной позволяет повысить продуктивность животных на 5-6,5 %, удешевить производство продукции и укрепить здоровье животных [6-7].

Кроме этого, в наших исследованиях определялось количество корневых остатков и элементов питания, оставляемых бобовыми культурами на шестой год жизни (табл. 4).

К концу пятого вегетационного периода галега восточная оставляла в почве наибольшее количество органической массы – 35,8 т/га. После люцерны их было на 54,5 % меньше, чем после галеги восточной,

Таблица 1. Урожайность зеленой массы и сухого вещества многолетних бобовых трав, ц/га (2015-2019 гг.)

Культура	2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		Среднее	
	Зеленая масса	СВ	Зеленая масса	СВ	Зеленая масса	СВ	Зеленая масса	СВ	Зеленая масса	СВ	Зеленая масса	СВ
Галега восточная	623	143	641	148	587	135	718	164	501	110	613	140
Люцерна посевная	601	138	647	165	609	140	577	133	393	90	565	133
Клевер луговой	593	119	397	79	339	75	—	—	—	—	363*	74*
Лядвенец рогатый	505	101	407	81	313	63	—	—	—	—	425*	87*

* продуктивность лядвенца рогатого и клевера лугового (в среднем за 3 года)

Таблица 2. Выход кормовых единиц (к. е.) и сбор переваримого белка (п. б.), ц/га (2015-2019 гг.)

Культура	2015 г.		2016 г.		2017 г.		2018 г.		2019 г.		Среднее	
	к.е.	п.б.	к.е.	п.б.	к.е.	п.б.	к.е.	п.б.	к.е.	п.б.	к.е.	п.б.
Галега восточная	113	20,3	120	20,7	109	18,9	134	23,0	103	15,5	116	19,6
Люцерна посевная	115	19,3	139	23,1	118	19,6	112	18,6	76	12,6	112	18,6
Клевер луговой	100	16,7	69	11,1	60	10,5	—	—	—	—	76	12,8
Лядвенец рогатый	94	14,1	70	11,3	52	8,8	—	—	—	—	72	11,4

Таблица 3. Обеспеченность кормовой единицы перевариваемым белком, г (2015-2019 гг.)

Культура	2015	2016	2017	2018	2019	Среднее
Галега восточная	179	172	175	172	150	169,6
Люцерна посевная	167	170	169	166	165	167,4
Клевер луговой	165	161	173	—	—	166,3
Лядвенец рогатый	150	161	159	—	—	156,7

Таблица 4. Количество свежего органического вещества, поступившего в почву с корневыми остатками, и биологическая продуктивность, т/га (среднее за 2015-2019 гг.)

Культура	Органическая масса		
	Пожнивные остатки	Корневые остатки	Всего
Галега восточная	8,1	27,7	35,8
Люцерна посевная	4,0	12,3	16,3
Клевер луговой	3,2	8,3	11,5
Лядвенец рогатый	4,5	13,9	18,4

лядвенца рогатого – на 48,6 %, а клевера лугового – на 67,8 %. К этому периоду их продуктивность снижалась. Это важные показатели биологической продуктивности растений, которые свидетельствуют об экологической эффективности многолетних бобовых трав и их влиянии на повышение почвенного плодородия. Особенно выделяется галега восточная.

Немаловажное значение с практической точки зрения имеет сравнение бобовых трав в эквивалентном соотношении вносимых органических удобрений. Согласно научным данным, с одной тонной подстильного навоза КРС в почву в среднем вносится 203 кг органического вещества и около 4,5 кг азота. Расчеты показывают, что содержание органического вещества, накопившегося в почве после пятилетнего возделывания галеги восточной, эквивалентно 66 т/га навоза, люцерны – 36 т/га, лядвенца рогатого – 29 т/га. Содержание азота в корневых и пожнивных остатках эквивалентно 66, 29 и 30 т/га навоза соответственно, фосфора – 45, 16 и 13 т/га, калия – 38, 22 и 15 т/га.

При этом исключаются затраты на внесение навоза в почву [3; 5].

В совокупности задействование адаптивного потенциала многолетних бобовых трав (галега восточная, люцерна посевная, лядвенец рогатый и клеверов) в масштабе нашей республики позволит:

- увеличить производство травяных кормов на 15-20%, удешевив кормовую единицу в 2-3 раза (в сравнении со злаковыми травами и кукурузой);

- сбалансировать по белку кормовую единицу травяных кормов и, следовательно, повысить коэффициент их полезного действия на 30-35 %;

- оставить в почве корневые остатки, которые эквивалентны внесению 20-25 т/га качественного навоза;

- увеличить площади хороших предшественников для зерновых, что обеспечит без дополнительных затрат 2-3,5 ц/га прибавки урожая зерна;

- снизить потребность (на 10-15 %) в технических средствах и топливе, так как многолетние бобовые травы не требуют ежегодной обработки почвы, а люцерна посевная, галега восточная и лядвенец рогатый растут на одном месте 5-10 лет и более;

- уменьшить затраты на технические средства защиты (гербициды, протравители, фунгициды), что имеет не только экономическое, но и экологическое значение [8].

Заключение

В результате проведенных исследований можно утверждать, что галега восточная, равно как и другие многолетние бобовые травы, является не только высокоэффективным белковым растением, но и накопителем органического вещества и азота, а также хорошим предшественником, одним из источников поддержания запасов гумуса в почвах, обогащая ее не только органическим веществом, но и экологически безопасным биологическим азотом.

Для оптимизации посевных площадей на пашне необходимо в ближайшие годы радикально изменить структуру посевов многолетних трав, отдав предпочтение (наряду с клеверами) другим многолетним бобовым травам: люцерне посевной, галеге восточной, лядвенцу рогатому и другим. Также необходимо

наладить семеноводство галеги восточной, преодолев инерцию, стереотипы мышления кадров, в том числе настойчивым, целенаправленным обучением технологии возделывания и семеноводству многолетних бобовых трав.

Основами оптимизации лугового кормопроизводства в условиях изменяющегося климата, должны стать:

- повышение общей культуры земледелия;
- радикальное изменение травосеяния;
- более эффективное и интенсивное использование улучшенных сенокосов и пастбищ;
- гарантированное самообеспечение семенами трав;
- оперативное внедрение засухоустойчивых культур, в том числе недостаточно распространенных высокобелковых культур – галеги восточной, лядвенца рогатого и др.;
- расширение в южной части республики семеноводства теплолюбивых культур (лядвенца рогатого, галеги восточной и др.).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бушуева, В.И. Галега восточная: монография / В.И. Бушуева, Г.И. Тарануха. – 2-е изд., дополненное. – Минск: Экоперспектива, 2009. – 193 с.

2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований / Б.А. Доспехов – М.: Книга по требованию, 2013. – 349 с.

3. Панников, В.Д. Почва, климат, удобрение и

урожай / В.Д. Панников, В.Г. Минеев. – 2 – е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 511 с.

4. Сельманович, В.Л. Кормопроизводство: учеб. пособие / В.Л. Сельманович. – Минск: Новое знание, 2008. – 256 с.

5. Сельманович, В.Л. Кормопроизводство: учеб. пособие / В.Л. Сельманович. – Минск: РИПО, 2021. – 262 с.

6. Сельманович, В.Л. Влияние различных приемов возделывания на продуктивность козлятника восточного / В.Л. Сельманович // Агропанорама. – 2022. – № 3 (151). – С. 21-24.

7. Сельманович, В.Л. Формирование укосных бобово-злаковых травостоев с козлятником восточным в условиях запада Республики Беларусь / В.Л. Сельманович // Актуальные проблемы устойчивого развития сельских территорий и кадрового обеспечения АПК: материалы Междунар. науч.-практич. конф., Минск, 3 – 4 июня 2021 г. / Белорус. гос. аграр.-технич. ун-т; редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. – Минск: БГАТУ. – 2021. – С. 350-355.

8. Сельманович, В.Л. Разные приемы возделывания козлятника восточного и его продуктивность / В.Л. Сельманович, А.Э. Шибeko, Н.Н. Быков // Экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты современных агротехнологий: материалы V Междунар. науч.-практич. конф., Рязань, 31 марта – 1 апреля 2021 г. / ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань: Издат-во ИП А.В. Коняхин (Book Jet). – 2021. – 466 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 21.02.2023

“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 2023 года: для индивидуальных подписчиков - 39,84 руб., ведомственная подписка - 41,94 руб.

УДК 663.331

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2023-155-1-11-15>

ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ КАРТОФЕЛЯ НА КРАХМАЛ

А.М. Мазур,

*профессор каф. технологий и технического обеспечения процессов переработки БГАТУ,
докт. техн. наук, профессор*

Е.В. Таразевич,

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

Представлена биохимическая характеристика клеточного сока и мезги при производстве картофельного крахмала. Определены возможности переработки клеточного сока на картофельный белок, а мезги на клетчатку.

Ключевые слова: крахмал, белок, клеточный сок, мезга, клетчатка.

The biochemical characteristics of cell juice and pulp in the production of potato starch are given. The possibilities of processing cell juice into potato protein and pulp into cellulose have been determined.

Key words: starch, protein, cell juice, pulp, fiber.

Введение

Мировое производство картофеля в настоящее время составляет 350 млн т. Ведущими странами по выращиванию картофеля являются:

- Китай – 73 млн т;
- Россия – 36 млн т;
- Украина – 19,5 млн т;
- США – 19,1 млн т;
- Германия – 11,2 млн т;
- Польша – 11,0 млн т;
- Голландия – 6,8 млн тонн.

В Республике Беларусь производство картофеля снизилось с 11 млн т до 7,0 млн, из которых 5 млн т выращивается частным сектором. Государственный сектор производит всего около 2 млн т против 5-6 млн ранее. Выращивание и переработка картофеля на крахмал и другие продукты были приоритетным направлением функционирования агропромышленного комплекса. На 22 специализированных заводах выпускалось более 25 тыс. т крахмала в год, 80 % которого отгружалось на экспорт. В настоящее время в республике функционирует 13 картофелеперерабатывающих предприятий, которые производят менее 20 тыс. т картофельного крахмала, из которых 9 тыс. т поставляется на экспорт. В то же время Республика Беларусь импортирует более 12 тыс. т нативного и модифицированного крахмала. Что касается сырья для производства картофельного крахмала, то в республике имеется около 10 сортов картофеля с относительно высокой крахмалистостью (18-25 %), реко-

мендованных для производства крахмала. Однако средняя крахмалистость картофеля, поступающего на крахмальные заводы, составляет менее 15 %.

В странах Европы содержание крахмала в сортах картофеля, идущего на переработку, составляет 24-28 %.

Исследования сортов картофеля белорусской селекции по биохимическим и технологическим показателям, пригодным для промышленной переработки, проводились учеными Козловой Л.Н. [1] и Маханько В.Л. [2].

Действующие предприятия в нашей стране имеют небольшие мощности, позволяющие переработать 100-300 т картофеля в сутки, что экономически не оправдано. За рубежом все крахмальные предприятия давно имеют мощности не менее 600-1000 т переработки картофеля в сутки. В то же время существующие мощности крахмальных заводов республики используются на 60-70 %, а иногда и на 30-50 %. Основная причина заключается в отсутствии сырья для получения нативного крахмала и в недостатке мощностей для переработки этого крахмала на модифицированный.

Исследованиями экономической эффективности переработки картофеля на крахмал занимались ученые – Королев Д.Д. [3] и Старовойтов В.Н. [4].

Исследования по определению основных факторов, влияющих на выбор существующей технологии производства картофельного крахмала в республике, проводили ученые Маханов Н.М. [5], Мазур А.М. [6]. Ими установлено, что технология использования су-

хого вещества картофеля несовершенна. Кроме крахмала, получается только отход – картофельная мезга, обычно содержащая 94-96 % влаги и клеточный сок, который содержит белок, растворимые углеводы, минеральные вещества, они переходят в сточные воды, теряются и при этом загрязняют естественные водоемы.

Исходя из изложенного выше, можно заключить, что одним из самых острых недостатков крахмальной отрасли является отсталая существующая технология производства картофельного крахмала, как по использованию сухого вещества картофеля, так и по экологической безопасности предприятий.

Целью настоящей работы является рассмотрение возможных исследований и наработок по коренному усовершенствованию технологии и организации производства картофельного крахмала – создание безотходной экологически чистой технологии.

Основная часть

Работающие предприятия по производству картофельного крахмала в виде готовой продукции получают только крахмал (до 68 %) от массы сухих веществ картофеля, остальные сухие вещества попадают в отходы, причем половина их теряется со сточной водой [7].

В мезгу переходит крахмал в связанном (в неразорванных клетках) и свободном состоянии. Количество крахмала в мезге зависит от качества измельчения картофеля и степени отмывания свободного крахмала на ситах (обычно в мезге свободного крахмала не больше 3-4 %). Связанного крахмала в мезге бывает от 40 до 60 % к массе сухого вещества мезги. Всего в мезгу переходит сухих веществ от 3 до 6 % к массе перерабатываемого картофеля [8].

В таблице 1 представлено распределение сухих веществ в картофеле, продуктах, получаемых из него, и отходах.

Мезга в сыром и силосованном виде широко используется в качестве корма для животных, но она

является углеводным кормом, и ее целесообразно употреблять в смеси с другими необходимыми для животных кормами, богатыми белками, жирами и др.

Клеточный сок имеет концентрацию сухих веществ от 0,6 до 1,0 % и выше в зависимости от схемы технологического процесса и работы ситовой станции. По данным Т.Л. Лебедевой [9], состав клеточного сока имеет следующие показатели (% к массе сухих веществ):

Крахмал – 6,62;
Белок (N x 6,25) – 32,77;
Клетчатка – 0,18;
Глюкоза – 6,92;
Зола – 16,35;
Прочие вещества – 37,16.

Состав клеточного сока может сильно изменяться в зависимости от сорта перерабатываемого картофеля и его состояния (свежеубранный, лежалый, мороженный, гнилой).

Многие картофелекрахмальные заводы в Республике Беларусь не используют сухие вещества клеточного сока, спуская его после самой примитивной очистки в отстойниках в естественные водоемы. Полная очистка сточных вод – дорогостоящая операция, требующая больших капиталовложений и крупных строительно-монтажных работ. Поэтому рациональное использование сухих веществ клеточного сока представляет собой важную народнохозяйственную проблему.

В то же время за последние годы отечественными и зарубежными учеными проведены исследования по эффективному использованию отходов крахмального производства – мезги и клеточного сока.

Так, по данным Л.Д. Максимовой [9], при нагреве паром разбавленного в соотношении 1:1 клеточного сока (температура – от 65 до 100 °С; давление пара – 2 кг/см²) можно выделить 31-36 % белка от массы общего азота, содержащегося в растворе клеточного сока. Оптимальная температура нагрева составляет 80-85°С. Влажность белкового осадка, выделенного

Таблица 1. Распределение сухих веществ в картофеле, продуктах, получаемых из него, и отходах (средние показатели)

Составные части картофеля	Содержание, %			
	в картофеле	в крахмале	в мезге	в сточной воде
Крахмал	18,50	15,82	2,30	0,38
Клетчатка	1,15	-	1,15	-
Растворимые углеводы	1,10	-	0,13	0,97
Азотистые вещества	2,00	-	0,24	1,76
Жиры	0,15	-	0,02	0,13
Минеральные вещества	1,00	0,09	0,24	0,67
Прочие вещества	1,00	0,02	0,41	0,67
Итого:	25,00	15,93	4,49	4,58
	100,0 %	63,7 %	18,0 %	18,3 %

при тепловой коагуляции – 88-96 %. Ее можно уменьшить обработкой шлама на ситах (до 90 %) и прессованием (до 78 %).

На заводе Майцена (Германия) [10] из картофельной каши после терки на осадительных центрифугах отделяют до 45 % клеточного сока с содержанием 5,5 % сухого вещества. Такой сок упаривают в выпарках под вакуумом и высушивают до влажности 8 %. Мезгу отпрессовывают и сушат до влажности 10 %. Смесь сухого белка и сухой мезги в соотношении 1:1 дает концентрированный корм, содержащий около 20 % протеина. Из одной т картофеля получается 54 кг такого корма при расходе на один его кг 10 кг пара.

В Голландии клеточный сок концентрируют выпариванием под вакуумом до 30 °С_А и потом высушивают на распылительной сушилке до влажности 10 %. Отжатую на прессах мезгу также высушивают и смешивают с сухим клеточным соком в таком соотношении, чтобы получился сухой корм с содержанием протеина 20 %.

Можно также подвергнуть клеточный сок тепловой коагуляции, отделить белковый шлам и выпарить фильтрат.

Смешивание прессованной мезги, отцеженного шлама и упаренного клеточного сока дает ценный корм, реализуемый в сыром виде. В этом случае наиболее дорогая обработка – высушивание не требуется [11].

Возможны и другие варианты отделения ценных веществ и обработки отходов картофелекрахмального производства. При выборе соответствующего способа в первую очередь нужно исходить из народнохозяйственных интересов, помня о недопустимости сброса неочищенных сточных вод в естественные водоемы и о возможности использования ценных составных частей (в особенности белка) для нужд животноводства и орошения полей. Необходимо также предусматривать наименьшие затраты при сооружении и эксплуатации подобных сооружений.

Из клеточного сока путем термообработки, обезвоживания и сушки получают картофельный белок [12]. Так, завод в Швеции при переработке 300 тыс. т картофеля в год получает 60 тыс. т крахмала и 2,5-3,0 тыс. т белка. В связи с большим спросом на картофельный белок на мировом рынке, в Германии начали выращивать картофель, в котором содержание белка достигает 3,5-4,0 %.

Картофельный белок превосходит соевый белок и является одним из лучших белков растительного происхождения, содержит значительное количество высоко усваиваемого лизина и треонина, незаменимые аминокислоты, которые не могут синтезироваться в организме человека и животного.

Высокопитательный и хорошо усваиваемый картофельный белок является ценным компонентом кормовых смесей для животных и превосходным заменителем животного белка. Пищевое и кормовое значение белков картофеля связано с их аминокислотным составом. Считается, что наиболее полноценный белок содержится в курином яйце. Если биологическую питательную ценность куриного яйца принять за 100 %, то ценность белка пшеницы составит 64 %, а белка картофеля – 85 %.

Максимальное содержание белка в белорусских сортах картофеля составляет: сорт Отрада – 3,8 %, сорт Лидер – 3,5 %.

Получаемый картофельный белок – порошок светло-коричневого или серого цвета без запаха, его влажность составляет 10 %, усвояемость – 96 %.

На Солигорском калийном комбинате были проведены исследования и производственные испытания по переработке картофеля на крахмал и реагент, организовано производство переработки более 30 тыс. т картофеля в год. Для производства реагента использовали картофельную мезгу с 2 и 3-кратным истиранием на дезинтеграторах. Работы проводились в ООО «Активные технологии» (г. Минск) с конструкторским сопровождением Всесоюзного научно-исследовательского института по продуктам питания из картофеля.

Схема процесса производства картофельной клетчатки аналогична производству реагента с дополнением процесса обезвоживания и сушки. Использование данной схемы позволило, кроме утилизации мезги, сократить содержание азотистых веществ в сточных водах на 50-60 %, снизить водопотребление на 40-50 % [13].

Клетчатка – натуральный продукт из картофельной мезги, с нейтральным вкусом и запахом. Она полезна для человека и имеет идеальный состав, в котором содержится пектин и гемицеллюлоза – 47 %, целлюлоза – 23 %, крахмал – 12 %, протеин – 5 %, минеральные вещества – 4 %, жир – 0,3 %, вода – 10 %. Калорийность ее составляет только 75 Ккал на 100 г. Клетчатка предотвращает заболевания сердечно-сосудистой системы и кишечника, она способна даже предотвратить рак толстой кишки, выгодна для людей с лишним весом, т.к. положительно влияет на содержание сахара и инсулина в крови. Продукты, в избытке содержащие волокна, соответственно воспринимаются как несущие здоровье, и им отдают предпочтение покупатели. Клетчатка содержит большое количество диетического волокна, едва ли не в два раза превышающее содержание его в пшеничных отрубях. Картофельные волокна имеют идеальный состав. Они содержат пектин и гемицеллюлозу, которые влияют на метаболизм также хорошо, как целлю-

лоза, и также положительно влияют на функцию кишечника. Клетчатка используется в мясоперерабатывающей, хлебопекарной, кондитерской и других отраслях перерабатывающей промышленности.

Преимущество применения клетчатки:

- уникальная способность связывать воду (12-13 частей) и жир (4-5 частей);
- стабильность при низкой и высокой температурах;
- стойкость при различных значениях pH и видах обработки;
- повышает пышность, увеличивает срок хранения и замедляет черствость хлеба.

Дозировка клетчатки в мясных продуктах составляет от 0,3 до 1,5 % от общего объема. Для продуктов с высоким содержанием жира рекомендуемая доза – 1 %.

Экономическая эффективность производства картофельного крахмала с утилизацией мезги имеет относительно высокие показатели.

В странах Европы, таких как Германия, Польша, Бельгия, Швеция и многих других, где создана многотоннажная переработка картофеля на крахмал, предприятия полностью перерабатывают получаемые отходы: мезгу на клетчатку, а клеточный сок на белок. Это дает возможность иметь безотходное экологически чистое высокорентабельное предприятие. При стоимости крахмала на европейском рынке до 500 евро за одну тонну, стоимость картофельного белка и клетчатки составляет более 1200-1300 евро за тонну.

Так, на крахмальном предприятии в Швеции производительностью 100 т картофеля в час, выпускается 21 т крахмала в час, 10 т мезги в час, 75 м³ клеточного сока, который перерабатывают на клетчатку и белок. Рентабельность производства составляет 25-35 %, предприятие экологически чистое и не имеет негативного влияния на окружающую среду.

По вопросу выращивания картофеля в нашей республике есть положительные примеры. Так, Марьиногорское предприятие ОАО «Машпищепрод», площадь которого составляет 600 га, используя отечественные сорта картофеля Журавинка, Бриз, Старт и другие, при среднем содержании сухих веществ в картофеле 20-24 % имеет урожайность 350 ц/га и обеспечивает производственную программу предприятия.

Заключение

Для создания высокорентабельного производства по переработке картофеля на крахмал в Республике Беларусь необходимо:

- создать сырьевые зоны по выращиванию и переработке картофеля по примеру сахарных предприятий, где можно было бы выращивать картофель с содержанием крахмала 24-25 %, белка – 3-4 %, урожайностью – 350-450 ц/га. Это позволит создать предприятия с мощностью 600-1000 т переработки сырья в сутки;
- использовать существующие исследовательские наработки по утилизации мезги и клеточного сока, изучить имеющийся зарубежный опыт и внедрять в Республике Беларусь технологию производства картофельного крахмала с полной утилизацией вышеуказанных отходов на белок и клетчатку, что позволит иметь высокорентабельное, экологически чистое предприятие.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Козлова, Л.Н. Оценка картофеля по биохимическим и технологическим показателям качества клубней в селекции сортов, пригодных для промышленной переработки.: автореф. дис.... канд. с.-х. наук: 06.01.05 /Л.Н. Козлова; Национальная академия наук Беларуси. – Минская обл, пос. Самохваловичи, 2005.- 24 с.
2. Сорта картофеля белорусской селекции. Каталог / В.Л. Маханько [и др.] // Минск: РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по картофелеводству и плодоовощеводству». – 2018. – 42 с.
3. Королев, Д.Д. Производство картофелепродуктов в Голландии и Германии. /Д.Д. Королев // Пищевая промышленность. – 1990. – №4. – С. 66-69.
4. Старовойтов, В.И. Переработка картофеля экономически целесообразно /В.И. Старовойтов // Картофелеводство. – 2008. – № 7. – С. 2-3.
5. Производство картофелепродуктов: справочник / Н.М. Маханов [и др.]. – М.: Агропроизводство, 1987. – С. 245.
6. Основные факторы, влияющие на выбор технологии производства крахмала из картофеля /А.М. Мазур //Агропанорама. – 2019. – № 2. – С. 27-29.
7. Технология крахмала и крахмалопродуктов / Под ред. Н.Н. Трегубова –5-е изд., перераб. и доп. / М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 472 с.
8. Производство картофелепродуктов / Н.А. Жоровин и [др.]; под общ. ред. Н.А. Жоровина. – М.: Агропромиздат, 1987. – 248 с.
9. Химический состав клубней картофеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megaobuchalka.ru/5/5413.html>. – Дата доступа: 16.12. 2018.
10. Ноу-хау в выделении картофельного белка от LARSSON [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://ads.produkt.by/www>. – Дата доступа: 01.12.2010.

11. Пазирук, К.И. Использование отходов при комплексной переработке картофеля / К.И. Пазирук. – М.: ЦИНТИпищепром, 1969. – С. 12.

12. Горун, Е.Г. Научные основы технологии консервирования продуктов питания из картофеля: авто-

реф. дисс. ... докт. техн. наук: 05.18.13 / Е.Г. Горун. – Одесса, 1988. – 32 с.

13. Мазур, А.М. Машины и оборудование для переработки картофеля: монография /А.М. Мазур. – М. – 1999. – 372 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 17.02.2023

Плуг навесной оборотный ПНО-3-40/55 с регулируемой шириной захвата

Предназначен для гладкой вспашки старопахотных слабокаменистых почв с удельным сопротивлением до 0,09 МПа и влажностью обрабатываемого слоя до 22 %. Плуг агрегируется с тракторами «Беларус 1221», «Беларус 1522» с установленными передними балластными грузами массой 450 кг и с балластировкой колес трактора раствором.



Основные технические данные

Тип	навесной
Производительность за 1 ч основного времени, га	0,84 ... 1,48
Рабочая скорость движения на основных операциях, км/ч	7 – 9
Глубина пахоты, см	до 27
Конструкционная ширина захвата плуга, м	1,20/1,35/1,50/1,65
Расстояние от опорной плоскости корпусов до нижней плоскости рамы, мм	700
Расстояние между корпусами по ходу плуга, мм, не менее	750
Количество корпусов, шт.: право- / левооборачивающих	3/3
Тип корпуса	полувинтовой
Конструкционная ширина захвата корпуса, мм	400/450/500/550
Масса плуга конструкционная с комплектом рабочих органов для выполнения основной технологической операции, кг	1120 ± 50
Габаритные размеры плуга в рабочем положении, мм, не более	4200x2000x1520
Транспортная скорость, км/ч, не более	15
Дорожный просвет, мм, не менее	300

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРА СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК «ЗВЕЗДА-ТРЕУГОЛЬНИК С ЗИГЗАГОМ» ПРИ НЕСИММЕТРИЧНОЙ НАГРУЗКЕ

В.М. Збродыга,

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

М.А. Прищепов,

зав. каф. электрооборудования с.-х. предприятий БГАТУ, докт. техн. наук, доцент

И.В. Протосовицкий,

декан агроэнергетического факультета БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

А.И. Зеленкевич,

доцент каф. электроснабжения и электротехники БГАТУ, канд. техн. наук

В статье рассмотрены особенности работы трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» при несимметричном характере нагрузки, в том числе принцип компенсации симметричных составляющих нулевой последовательности.

Ключевые слова: трансформатор, несимметрия токов и напряжений, магнитодвижущая сила, магнитный поток.

The paper considers the features of transformer operation with the "star-delta zigzag" winding connection scheme at unbalanced load, including the compensation principle of symmetrical components of the zero sequence.

Key words: transformer, current and voltage unbalance, magnetomotive force, magnetic flux.

Введение

Несимметрия токов и напряжений отрицательно влияет на работу всех элементов электрической системы, вызывая дополнительные потери мощности, снижая срок службы электрооборудования и экономические показатели его работы. Уменьшение несимметрии можно обеспечить рациональным построением схемы электрической сети и применением специальных корректирующих устройств. Для этого авторы предлагают использовать, наряду с прочими устройствами, трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» [1-10].

Цель данных исследований – рассмотреть работу трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» с точки зрения его способности поддерживать симметрию напряжений при несимметричном характере нагрузки, а также получить математические зависимости, которые описывают снижение несимметрии напряжений вследствие компенсации составляющих нулевой последовательности.

Основная часть

Рассмотрим работу трансформатора с точки зрения его способности поддерживать симметрию напряжений при несимметричном характере нагруз-

ки. Воспользуемся методом симметричных составляющих, сущность которого состоит в том, что несимметричную систему токов, напряжений и потоков одинаковой частоты можно представить в виде трех симметричных систем: прямой, обратной и нулевой последовательности. При этом сопротивления одних и тех же элементов электрических систем различны для разных последовательностей, и они являются, соответственно, сопротивлениями прямой, обратной и нулевой последовательности.

При исследовании примем допущения:

1. Трансформатор запитан от источника бесконечной мощности, и напряжение питания изменяется по синусоидальному закону.

2. Трансформатор является линейным элементом электрической сети.

При работе трансформатора на несимметричную нагрузку фазные напряжения его первичной обмотки, соединенной в звезду без нулевого провода (рис. 1), могут содержать составляющие прямой, обратной и нулевой последовательностей:

$$\begin{aligned}\underline{U}_A &= \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0}; \\ \underline{U}_B &= \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{B2} + \underline{U}_{B0}; \\ \underline{U}_C &= \underline{U}_{C1} + \underline{U}_{C2} + \underline{U}_{C0},\end{aligned}\tag{1}$$

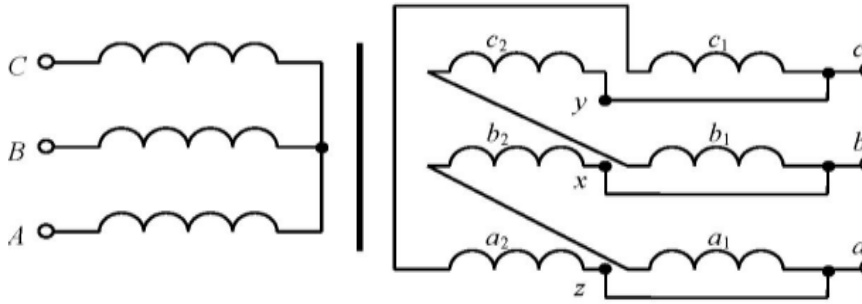


Рисунок 1. Схема соединения обмоток трехфазного трансформатора «звезда-треугольник с зигзагом»

где $\underline{U}_{A1}, \underline{U}_{B1}, \underline{U}_{C1}$ – напряжения прямой последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, В;
 $\underline{U}_{A2}, \underline{U}_{B2}, \underline{U}_{C2}$ – напряжения обратной последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, В;
 $\underline{U}_{A0}, \underline{U}_{B0}, \underline{U}_{C0}$ – напряжения нулевой последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, В.

В первичной обмотке нет путей для протекания токов нулевой последовательности, и они равны нулю

$$\begin{aligned}\underline{I}_{A0} &= 0; \\ \underline{I}_{B0} &= 0; \\ \underline{I}_{C0} &= 0.\end{aligned}\quad (2)$$

Фазные токи первичной обмотки равны сумме составляющих прямой и обратной последовательности

$$\begin{aligned}\underline{I}_A &= \underline{I}_{A1} + \underline{I}_{A2}; \\ \underline{I}_B &= \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{B2}; \\ \underline{I}_C &= \underline{I}_{C1} + \underline{I}_{C2},\end{aligned}\quad (3)$$

где $\underline{I}_{A1}, \underline{I}_{B1}, \underline{I}_{C1}$ – токи прямой последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, А;
 $\underline{I}_{A2}, \underline{I}_{B2}, \underline{I}_{C2}$ – токи обратной последовательности фаз «А», «В», «С» первичной обмотки, А.

При этом система фазных токов первичной обмотки является уравновешенной, а их сумма равна нулю

$$\begin{aligned}\underline{I}_A + \underline{I}_B + \underline{I}_C &= \underline{I}_{A1} + \underline{I}_{A2} + \underline{I}_{B1} + \underline{I}_{B2} + \\ &+ \underline{I}_{C1} + \underline{I}_{C2} = 0.\end{aligned}\quad (4)$$

Фазные напряжения вторичной обмотки трансформатора могут содержать составляющие всех последовательностей

$$\begin{aligned}\underline{U}_a &= \underline{U}_{a1} + \underline{U}_{a2} + \underline{U}_{a0}; \\ \underline{U}_b &= \underline{U}_{b1} + \underline{U}_{b2} + \underline{U}_{b0}; \\ \underline{U}_c &= \underline{U}_{c1} + \underline{U}_{c2} + \underline{U}_{c0},\end{aligned}\quad (5)$$

где $\underline{U}_{a1}, \underline{U}_{b1}, \underline{U}_{c1}$ – напряжения прямой последовательности фаз «а», «b», «с» вторичной обмотки, В;
 $\underline{U}_{a2}, \underline{U}_{b2}, \underline{U}_{c2}$ – напряжения обратной последовательности фаз «а», «b», «с» вторичной обмотки, В;

$\underline{U}_{a0}, \underline{U}_{b0}, \underline{U}_{c0}$ – напряжения нулевой последовательности фаз «а», «b», «с» вторичной обмотки, В.

Фазные токи вторичной обмотки также могут содержать составляющие всех последовательностей

$$\begin{aligned}\underline{I}_a &= \underline{I}_{a1} + \underline{I}_{a2} + \underline{I}_{a0}; \\ \underline{I}_b &= \underline{I}_{b1} + \underline{I}_{b2} + \underline{I}_{b0}; \\ \underline{I}_c &= \underline{I}_{c1} + \underline{I}_{c2} + \underline{I}_{c0},\end{aligned}\quad (6)$$

где $\underline{I}_{a1}, \underline{I}_{b1}, \underline{I}_{c1}$ – токи прямой последовательности фаз «а», «b», «с» вторичной обмотки, А;

$\underline{I}_{a2}, \underline{I}_{b2}, \underline{I}_{c2}$ – токи обратной последовательности фаз «а», «b», «с» вторичной обмотки, А;

$\underline{I}_{a0}, \underline{I}_{b0}, \underline{I}_{c0}$ – токи нулевой последовательности фаз «а», «b», «с» вторичной обмотки, А.

Токи прямой и обратной последовательности протекают по вторичным фазным обмоткам и замыкаются через нагрузку трансформатора. Они уравновешены, а их сумма равна нулю

$$\underline{I}_{a1} + \underline{I}_{a2} + \underline{I}_{b1} + \underline{I}_{b2} + \underline{I}_{c1} + \underline{I}_{c2} = 0. \quad (7)$$

Составляющие нулевой последовательности могут протекать по вторичной обмотке трансформатора, соединенной в треугольник, не выходя в линии. Они равны и одинаково направлены во всех трех фазах

$$\underline{I}_{a0} = \underline{I}_{b0} = \underline{I}_{c0}. \quad (8)$$

На основании второго закона Кирхгофа для первичной обмотки фазы «А» справедливо выражение

$$\begin{aligned}\underline{U}_A &= \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} + \underline{U}_{A0} = -\underline{E}_{A1} - \\ &- \underline{E}_{A2} - \underline{E}_{A0} + \underline{I}_{A1} \underline{Z}_{11} + \underline{I}_{A2} \underline{Z}_{12},\end{aligned}\quad (9)$$

где $\underline{E}_{A1}, \underline{E}_{A2}, \underline{E}_{A0}$ – электродвижущие силы (ЭДС) прямой, обратной и нулевой последовательности фазы «А» первичной обмотки, создаваемые основным магнитным потоком, В;

$\underline{Z}_{11}, \underline{Z}_{12}$ – полные сопротивления токам прямой и обратной последовательностей первичных фазных обмоток, Ом.

Из выражения (9) определим соотношения составляющих прямой, обратной и нулевой последовательности фазы «А» первичной обмотки

$$\underline{U}_{A1} = -\underline{E}_{A1} + \underline{I}_{A1} \underline{Z}_{11}; \quad (10)$$

$$\underline{U}_{A2} = -\underline{E}_{A2} + \underline{I}_{A2} \underline{Z}_{12}; \quad (11)$$

$$\underline{U}_{A0} = -\underline{E}_{A0}. \quad (12)$$

Для вторичной обмотки фазы «а» справедливо выражение

$$\begin{aligned}\underline{U}_a &= \underline{U}_{a1} + \underline{U}_{a2} + \underline{U}_{a0} = \underline{E}_{a1} + \underline{E}_{a2} + \underline{E}_{a0} - \\ &- \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{(2-3)1} - \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{(2-3)2} - \underline{I}_{a0} \underline{Z}_{(2-3)0},\end{aligned}\quad (13)$$

где $\underline{E}_{a1}, \underline{E}_{a2}, \underline{E}_{a0}$ – ЭДС прямой, обратной и нулевой последовательности фазы «а» вторичной обмотки, создаваемые основным магнитным потоком, В;

$\underline{Z}_{(2-3)1}, \underline{Z}_{(2-3)2}, \underline{Z}_{(2-3)0}$ – полные сопротивления токам прямой, обратной и нулевой последовательностей вторичных фазных обмоток, Ом.

$$\begin{aligned}\underline{Z}_{(2-3)1} &= \underline{Z}_{21} + \underline{Z}_{31}; \\ \underline{Z}_{(2-3)2} &= \underline{Z}_{22} + \underline{Z}_{32}; \\ \underline{Z}_{(2-3)0} &= \underline{Z}_{20} + \underline{Z}_{30},\end{aligned}\quad (14)$$

где $\underline{Z}_{21}, \underline{Z}_{22}, \underline{Z}_{20}$ – полные сопротивления половин a_1, b_1, c_1 вторичных фазных обмоток соответственно токам прямой, обратной и нулевой последовательности, Ом;

$\underline{Z}_{31}, \underline{Z}_{32}, \underline{Z}_{30}$ – полные сопротивления половин a_2, b_2, c_2 вторичных фазных обмоток соответственно токам прямой, обратной и нулевой последовательности, Ом.

Из выражения (13) определим соотношения составляющих прямой, обратной и нулевой последовательности фазы «а» вторичной обмотки

$$\begin{aligned}\underline{U}_{a1} &= \underline{E}_{a1} - \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{(2-3)1}; \\ \underline{U}_{a2} &= \underline{E}_{a2} - \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{(2-3)2}; \\ \underline{U}_{a0} &= \underline{E}_{a0} - \underline{I}_{a0} \underline{Z}_{(2-3)0}.\end{aligned}\quad (15)$$

Так как составляющие нулевой последовательности фазных токов первичной обмотки i_{A0}, i_{B0}, i_{C0} равны нулю, то создаваемые ими магнитодвижущие силы (МДС) также равны нулю (рис. 2)

$$\begin{aligned}i_{A0} W_1 &= 0; \\ i_{B0} W_1 &= 0; \\ i_{C0} W_1 &= 0,\end{aligned}\quad (16)$$

где W_1 – количество витков в одной фазе первичной обмотки, шт.

Токи нулевой последовательности, протекая по

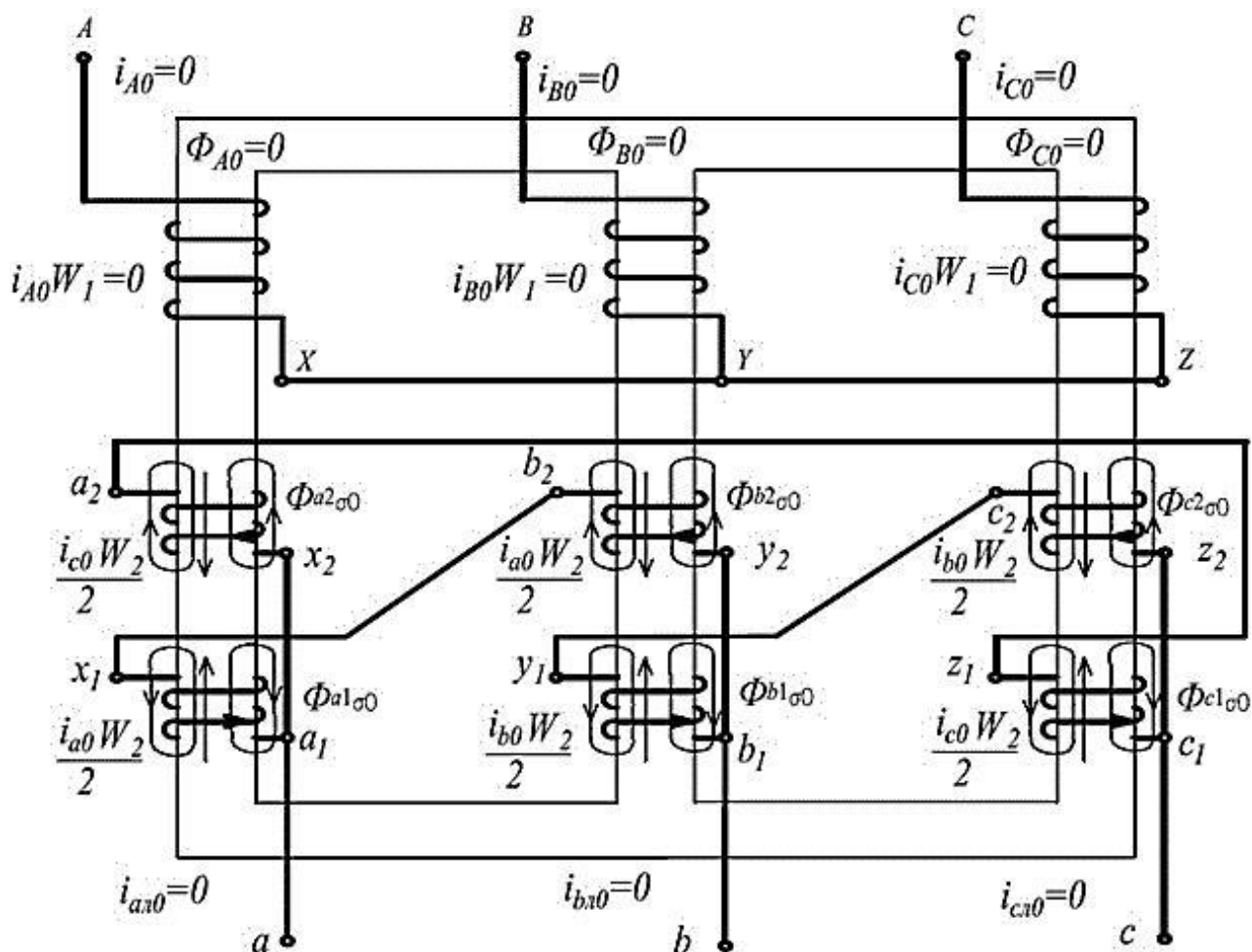


Рисунок 2. Схема распределения МДС и магнитных потоков нулевой последовательности в трехфазном трансформаторе «звезда-треугольник с зигзагом»

вторичным фазным обмоткам внутри треугольника, создадут равные между собой по величине МДС половин обмоток $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$

$$i_{a0} \frac{W_2}{2} = i_{b0} \frac{W_2}{2} = i_{c0} \frac{W_2}{2}, \quad (17)$$

где W_2 – количество витков в одной фазе вторичной обмотки, шт.

С учетом направления намотки и маркировки выводов токи нулевой последовательности обтекают половины фаз вторичных обмоток a_1, b_1, c_1 и a_2, b_2, c_2 , расположенных на каждом из стержней магнитопровода, в противоположных направлениях (рис. 2). МДС нулевой последовательности в стержнях фаз «А», «В», «С» будут равны

$$\begin{aligned} f_{A0} &= 0 + i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{c0} \frac{W_2}{2} = i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{2} = 0; \\ f_{B0} &= 0 + i_{b0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{2} = i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{2} = 0; \\ f_{C0} &= 0 + i_{c0} \frac{W_2}{2} - i_{b0} \frac{W_2}{2} = i_{a0} \frac{W_2}{2} - i_{a0} \frac{W_2}{2} = 0. \end{aligned} \quad (18)$$

Происходит компенсация МДС нулевой последовательности, а их магнитные потоки в стержнях магнитопровода будут равны нулю

$$\begin{aligned} \Phi_{A0} &= \frac{f_{A0}}{R_{A\mu 0}} = 0; \\ \Phi_{B0} &= \frac{f_{B0}}{R_{B\mu 0}} = 0; \\ \Phi_{C0} &= \frac{f_{C0}}{R_{C\mu 0}} = 0, \end{aligned} \quad (19)$$

где $R_{A\mu 0}, R_{B\mu 0}, R_{C\mu 0}$ – сопротивления магнитных цепей соответствующих фаз потокам нулевой последовательности, Гн⁻¹.

Вторичная обмотка самостоятельно уравнивает свои намагничивающие силы нулевой последовательности, устраняя процесс дополнительного подмагничивания ими магнитопровода.

Могут возникать только потоки рассеяния $\Phi_{a1\sigma 0}, \Phi_{a2\sigma 0}, \Phi_{b1\sigma 0}, \Phi_{b2\sigma 0}, \Phi_{c1\sigma 0}, \Phi_{c2\sigma 0}$ (рис. 2), которые тем меньше, чем ближе расположены друг к другу части вторичной обмотки.

ЭДС, создаваемые магнитными потоками нулевой последовательности в обмотках, также будут равны нулю

$$e_{A0} = -W_1 \frac{d\Phi_{A0}}{dt} = 0; e_{a0} = -W_2 \frac{d\Phi_{A0}}{dt} = 0;$$

$$e_{B0} = -W_1 \frac{d\Phi_{B0}}{dt} = 0; e_{b0} = -W_2 \frac{d\Phi_{B0}}{dt} = 0;$$

$$e_{C0} = -W_1 \frac{d\Phi_{C0}}{dt} = 0; e_{c0} = -W_2 \frac{d\Phi_{C0}}{dt} = 0. \quad (20)$$

Следовательно, трансформатор не будет генерировать напряжения нулевой последовательности в питающую сеть, так как с учетом выражения (12)

$$\begin{aligned} \underline{U}_{A0} &= -\underline{E}_{A0} = 0; \\ \underline{U}_{B0} &= -\underline{E}_{B0} = 0; \\ \underline{U}_{C0} &= -\underline{E}_{C0} = 0. \end{aligned} \quad (21)$$

Искажение симметрии фазных напряжений первичной обмотки будет обусловлено только составляющими обратной последовательности. С учетом выражений (9) и (21) первичные фазные напряжения равны

$$\begin{aligned} \underline{U}_A &= \underline{U}_{A1} + \underline{U}_{A2} = -\underline{E}_{A1} - \underline{E}_{A2} + \underline{I}_{A1} \underline{Z}_{11} + \underline{I}_{A2} \underline{Z}_{12}; \\ \underline{U}_B &= \underline{U}_{B1} + \underline{U}_{B2} = -\underline{E}_{B1} - \underline{E}_{B2} + \underline{I}_{B1} \underline{Z}_{11} + \underline{I}_{B2} \underline{Z}_{12}; \\ \underline{U}_C &= \underline{U}_{C1} + \underline{U}_{C2} = -\underline{E}_{C1} - \underline{E}_{C2} + \underline{I}_{C1} \underline{Z}_{11} + \underline{I}_{C2} \underline{Z}_{12}. \end{aligned} \quad (22)$$

Напряжения нулевой последовательности вторичной обмотки будут вызваны только падениями напряжений от соответствующих токов на сопротивлениях фаз

$$\begin{aligned} \underline{U}_{a0} &= 0 - \underline{I}_{a0} \underline{Z}_{(2-3)0} = -\underline{I}_{a0} \underline{Z}_{(2-3)0}; \\ \underline{U}_{b0} &= 0 - \underline{I}_{b0} \underline{Z}_{(2-3)0} = -\underline{I}_{b0} \underline{Z}_{(2-3)0}; \\ \underline{U}_{c0} &= 0 - \underline{I}_{c0} \underline{Z}_{(2-3)0} = -\underline{I}_{c0} \underline{Z}_{(2-3)0}. \end{aligned} \quad (23)$$

Вторичные фазные напряжения будут равны

$$\begin{aligned} \underline{U}_a &= \underline{U}_{a1} + \underline{U}_{a2} + \underline{U}_{a0} = \underline{E}_{a1} + \underline{E}_{a2} - \\ &\quad - \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{(2-3)1} - \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{(2-3)2} - \underline{I}_{a0} \underline{Z}_{(2-3)0}; \\ \underline{U}_b &= \underline{U}_{b1} + \underline{U}_{b2} + \underline{U}_{b0} = \underline{E}_{b1} + \underline{E}_{b2} - \\ &\quad - \underline{I}_{b1} \underline{Z}_{(2-3)1} - \underline{I}_{b2} \underline{Z}_{(2-3)2} - \underline{I}_{b0} \underline{Z}_{(2-3)0}; \\ \underline{U}_c &= \underline{U}_{c1} + \underline{U}_{c2} + \underline{U}_{c0} = \underline{E}_{c1} + \underline{E}_{c2} - \\ &\quad - \underline{I}_{c1} \underline{Z}_{(2-3)1} - \underline{I}_{c2} \underline{Z}_{(2-3)2} - \underline{I}_{c0} \underline{Z}_{(2-3)0}. \end{aligned} \quad (24)$$

Каждая из составляющих прямой, обратной и нулевой последовательности вторичных напряжений будет равна сумме соответствующих значений половин вторичных фазных обмоток. В частности, для фазы «а»

$$\begin{aligned} \underline{U}_a &= \underline{U}'_{a1} + \underline{U}'_{b2} = \underline{U}_{a11} + \underline{U}_{b21} + \\ &\quad + \underline{U}_{a12} + \underline{U}_{b22} + \underline{U}_{a10} + \underline{U}_{b20} = \\ &= \underline{E}_{a11} + \underline{E}_{b21} + \underline{E}_{a12} + \underline{E}_{b22} - \\ &\quad - \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{21} - \underline{I}_{a1} \underline{Z}_{31} - \underline{I}_{a2} \underline{Z}_{22} - \end{aligned}$$

$$-I_{a2}Z_{32} - I_{a0}Z_{20} - I_{a0}Z_{30}, \quad (25)$$

где $\underline{U}'_{a1}, \underline{U}'_{b2}$ – напряжения половин a_1 и b_2 вторичной обмотки фазы «а», В;

$\underline{U}_{a11}, \underline{U}_{a12}, \underline{U}_{a10}$ – напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности половины a_1 вторичной обмотки фазы «а», В;

$\underline{U}_{b21}, \underline{U}_{b22}, \underline{U}_{b20}$ – напряжения прямой, обратной и нулевой последовательности половины b_2 вторичной обмотки фазы «а», В;

$\underline{E}_{a11}, \underline{E}_{a12}$ – ЭДС прямой и обратной последовательности половины a_1 вторичной обмотки фазы «а», В;

$\underline{E}_{b21}, \underline{E}_{b22}$ – ЭДС прямой и обратной последовательности половины b_2 вторичной обмотки фазы «а», В.

Тогда для составляющих прямой, обратной и нулевой последовательности половин a_1 и b_2 вторичной обмотки фазы «а» будут справедливы соотношения

$$\begin{aligned} \underline{U}_{a11} &= \underline{E}_{a11} - I_{a1}Z_{21}; \\ \underline{U}_{b21} &= \underline{E}_{b21} - I_{a1}Z_{31}; \\ \underline{U}_{a12} &= \underline{E}_{a12} - I_{a2}Z_{22}; \\ \underline{U}_{b22} &= \underline{E}_{b22} - I_{a2}Z_{32}; \\ \underline{U}_{a10} &= -I_{a0}Z_{20}; \\ \underline{U}_{b20} &= -I_{a0}Z_{30}. \end{aligned} \quad (26)$$

Для половин b_1 и c_2 фазы «b» вторичной обмотки

$$\begin{aligned} \underline{U}_{b11} &= \underline{E}_{b11} - I_{b1}Z_{21}; \\ \underline{U}_{c21} &= \underline{E}_{c21} - I_{b1}Z_{31}; \\ \underline{U}_{b12} &= \underline{E}_{b12} - I_{b2}Z_{22}; \\ \underline{U}_{c22} &= \underline{E}_{c22} - I_{b2}Z_{32}; \\ \underline{U}_{b10} &= -I_{b0}Z_{20}; \\ \underline{U}_{c20} &= -I_{b0}Z_{30}. \end{aligned} \quad (27)$$

Для половин c_1 и a_2 фазы «с» вторичной обмотки

$$\begin{aligned} \underline{U}_{c11} &= \underline{E}_{c11} - I_{c1}Z_{21}; \\ \underline{U}_{a21} &= \underline{E}_{a21} - I_{c1}Z_{31}; \\ \underline{U}_{c12} &= \underline{E}_{c12} - I_{c2}Z_{22}; \\ \underline{U}_{a22} &= \underline{E}_{a22} - I_{c2}Z_{32}; \\ \underline{U}_{c10} &= -I_{c0}Z_{20}; \\ \underline{U}_{a20} &= -I_{c0}Z_{30}. \end{aligned} \quad (28)$$

Если первичные обмотки и половины вторичных обмоток, размещенные на одном стержне, рассматривать как обмотки трехобмоточного трансформатора,

то на основании выражений (10), (11), (21), (26)-(28) получим его схемы замещения для токов прямой, обратной и нулевой последовательности. На рисунках 3-5 представлены схемы замещения для обмоток, расположенных на стержне магнитопровода фазы «А». Стрелками показаны положительные направления напряжений, токов и ЭДС.

Для обмоток фазы «А» будет следующее соотношение составляющих прямой и обратной последовательностей первичной и вторичной стороны:

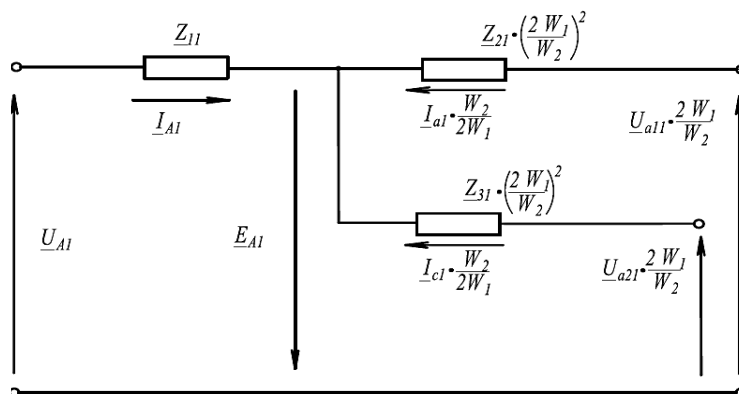


Рисунок 3. Схема замещения трансформатора «звезда-треугольник с зигзагом» для токов прямой последовательности

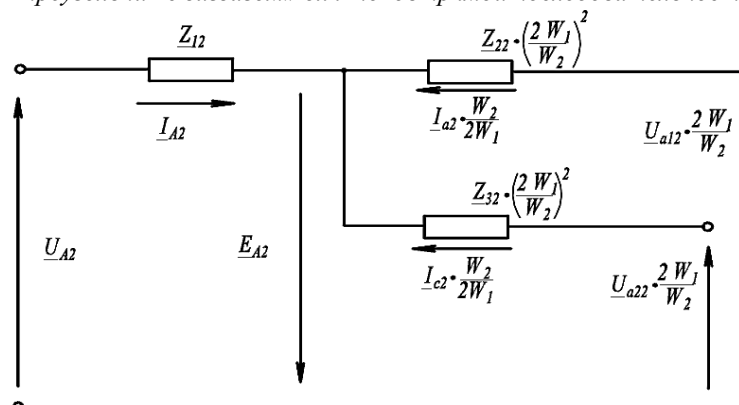


Рисунок 4. Схема замещения трансформатора «звезда-треугольник с зигзагом» для токов обратной последовательности

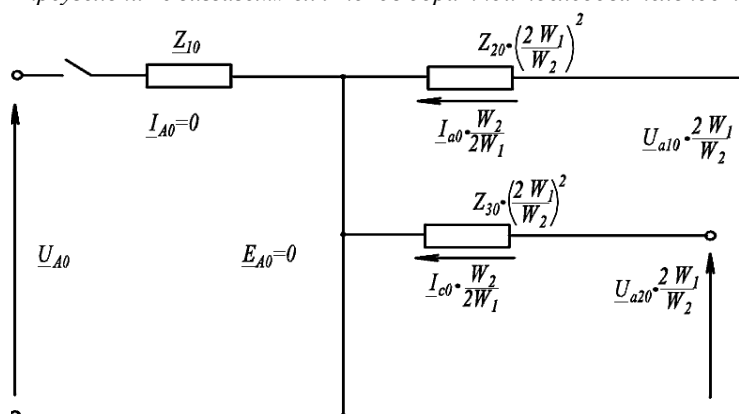


Рисунок 5. Схема замещения трансформатора «звезда-треугольник с зигзагом» для токов нулевой последовательности

$$\begin{aligned} \underline{U}_{A1} - \underline{I}_{A1} \underline{Z}_{11} &= -\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a1} - \frac{W_2}{W_1} \underline{I}_{a1} \cdot \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 \underline{Z}_{(2-3)1}; \\ \underline{U}_{A2} - \underline{I}_{A2} \underline{Z}_{12} &= -\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a2} - \frac{W_2}{W_1} \underline{I}_{a2} \cdot \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 \underline{Z}_{(2-3)2}. \end{aligned} \quad (29)$$

Системы токов прямой и обратной последовательности трансформируются с вторичной стороны на первичную и наоборот, и являются уравновешенными.

Сопротивления короткого замыкания трансформатора токам прямой и обратной последовательностей равны

$$\begin{aligned} \underline{Z}_{K1} &= \underline{Z}_{11} + \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 \underline{Z}_{(2-3)1}; \\ \underline{Z}_{K2} &= \underline{Z}_{12} + \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 \underline{Z}_{(2-3)2}. \end{aligned} \quad (30)$$

С учетом того, что

$$\begin{aligned} \frac{W_2}{W_1} \underline{I}_{ma1} &= \underline{I}_{mA1}; \\ \frac{W_2}{W_1} \underline{I}_{ma2} &= \underline{I}_{mA2}, \end{aligned} \quad (31)$$

получим

$$\begin{aligned} \underline{U}_{A1} - \underline{I}_{A1} \underline{Z}_{K1} &= -\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a1}; \\ \underline{U}_{A2} - \underline{I}_{A2} \underline{Z}_{K2} &= -\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a2}. \end{aligned} \quad (32)$$

Для составляющих нулевой последовательности

$$\underline{U}_{A0} = -\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a0} - \frac{W_2}{W_1} \underline{I}_{a0} \cdot \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 \underline{Z}_{(2-3)0} = 0, \quad (33)$$

откуда

$$-\frac{W_1}{W_2} \underline{U}_{a0} = \frac{W_2}{W_1} \underline{I}_{a0} \cdot \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^2 \underline{Z}_{(2-3)0}. \quad (34)$$

Сложив выражения (32) и (34), получим

$$\begin{aligned} \underline{U}_a &= -\frac{W_2}{W_1} (\underline{U}_{A1} - \underline{U}_{A2} + \underline{I}_{A1} \underline{Z}_{K1} + \underline{I}_{A2} \underline{Z}_{K2}) - \\ &\quad - \underline{I}_{a0} \underline{Z}_{(2-3)0}. \end{aligned} \quad (35)$$

Аналогично определим вторичные напряжения фаз «В» и «С»

$$\begin{aligned} \underline{U}_b &= -\frac{W_2}{W_1} (\underline{U}_{B1} - \underline{U}_{B2} + \underline{I}_{B1} \underline{Z}_{K1} + \underline{I}_{B2} \underline{Z}_{K2}) - \\ &\quad - \underline{I}_{b0} \underline{Z}_{(2-3)0}; \end{aligned} \quad (36)$$

$$\begin{aligned} \underline{U}_c &= -\frac{W_2}{W_1} (\underline{U}_{C1} - \underline{U}_{C2} + \underline{I}_{C1} \underline{Z}_{K1} + \underline{I}_{C2} \underline{Z}_{K2}) - \\ &\quad - \underline{I}_{c0} \underline{Z}_{(2-3)0}. \end{aligned} \quad (37)$$

Заключение

1. Несимметрия напряжений трансформатора обусловлена, главным образом, составляющими прямой и обратной последовательности, которые трансформируются с первичной на вторичную сторону и наоборот, а также падениями напряжений от токов прямой и обратной последовательности на сопротивлениях обмоток, которые незначительны.

2. Снижение несимметрии напряжений происходит вследствие компенсации составляющих нулевой последовательности, а их остаточные значения обусловлены падениями напряжений от токов нулевой последовательности на сопротивлениях фаз вторичной обмотки.

3. Вторичная обмотка самостоятельно уравновешивает свои намагничивающие силы нулевой последовательности, устраняя процесс дополнительного подмагничивания ими магнитопровода, что уменьшает магнитные потери в трансформаторе и повышает его КПД. При этом магнитная система трансформатора уравновешена.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трехфазный трансформатор: пат. 2244 Рес. Беларусь / А.П. Сердешнов, Г.И. Янукович, Е.А. Сердешнов, Д.Г. Янукович; заявитель Белор. гос. аграрный технич. ун-т. – № а 950299; заявл. 1995.06. 09; опубл. 30.09.1998 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 1998. – № 3(18). – С. 216-217.

2. Збродыга, В.М. Улучшение показателей несинусоидальности 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.

3. Прищепов, М.А. Методика расчета конструктивных параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, Г.И. Янукович // Агропанорама. – 2010. – № 5. – С. 29-33.

4. Прищепов, М.А. Техничко-экономическая оптимизация параметров трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, Г.И. Янукович // Агропанорама. – 2010. – № 6. – С. 24-30.

5. Збродыга, В.М. К вопросу повышения качества электроэнергии / В.М. Збродыга, Г.И. Янукович, А.П. Сердешнов // Агропанорама. – 2006. – № 2. – С. 9-12.

6. Янукович, Г.И. Трансформатор со схемой соединения обмоток Y/Δ с зигзагом / Г.И. Янукович, В.М. Збродыга, Н.Г. Королевич // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: материалы 8-й междунар. науч.-технич. конф., Москва, 16-17 мая 2012 г.: в 5 ч. / ГНУ ВИЭСХ; редкол. А.А. Артюшин [и др.]. – М., 2012. – Ч. 1. – С. 141-145.

7. Збродыга, В.М. Анализ работы трансформатора Y/Δ с зигзагом при нелинейном характере нагрузки / В.М. Збродыга // Агропанорама. – 2005. – № 6. – С. 10-14.

8. Збродыга, В.М. Анализ работы трансформатора Y/Δ с зигзагом при несимметричном характере нагрузки / В.М. Збродыга, Г.И. Янукович, А.П. Сердешнов // Агропанорама. – 2006. – № 5. – С. 8-12.

9. Янукович, Г.И. Трансформатор Y/Δ с зигзагом как источник питания нелинейных электроприемников / Г.И. Янукович, В.М. Збродыга, А.П. Сердешнов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: материалы 5-й междунар. науч.-технич. конф., Москва, 16-17 мая 2006 г.: в 5 ч. / ГНУ ВИЭСХ; редкол. А.А. Артюшин [и др.]. – М., 2006. – Ч. 1. – С. 274-277.

10. Збродыга, В.М. Особенности преобразования электрической энергии в трансформаторе со схемой соединения обмоток «звезда-треугольник с зигзагом» / В.М. Збродыга, М.А. Прищепов, А.И. Зеленкевич, Г.И. Янукович // Агропанорама. – 2022. – № 5. – С. 25-33.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 12.01.2023

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, грибов 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.

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

В.А. Дайнеко,

доцент каф. электрооборудования с.-х. предприятий БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Е.М. Прищепова,

доцент каф. электрооборудования с.-х. предприятий БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Т.Г. Базулина,

ст. преподаватель каф. электрооборудования с.-х. предприятий БГАТУ

Ж.Г. Юрковец,

аспирант БГАТУ

В статье проанализировано современное состояние систем контроля регулируемого электропривода, применяемого в различных технологических процессах. Рассмотрены перспективы применения новых технологий в целях развития информатизации и цифровизации приводных систем и отдельных технических средств управления и защиты.

Ключевые слова: регулируемый электропривод, методы функциональной диагностики электропривода, цифровые модули и датчики, облачные технологии в электроприводе.

The article analyzes the current state of control systems of variable electric drive, used in various technological processes. The prospects of using new technologies for the development of informatization and digitalization of drive systems and individual technical means of control and protection are considered.

Key words: variable electric drive, methods of functional diagnostics of the electric drive, digital modules and sensors, cloud technologies.

Введение

Современный электропривод развивается в направлениях совершенствования приводного оборудования и применения устройств силовой электроники и микропроцессорной техники в системах управления. Развитие регулируемого электропривода (ЭП) сопровождается возрастанием информационного потока между ЭП и управляющими устройствами, поэтому повышаются требования к надежности оборудования и каналов передачи информации. Прогнозирование и предотвращение отказов и неисправностей достигается путем контроля технического состояния системы привода, основанного на интеллектуальном подходе к проблеме, в том числе цифровизации, обеспечивающей комплексный мониторинг, как ЭП в целом, так и отдельных его элементов [1, 2]. При таком подходе, реализованном в разработках «Siemens», «Eaton» и других передовых фирм, возможные отказы можно выявить до наступления аварии, провести техническое обслуживание или вывести оборудование в ремонт по текущему состоянию.

Цель работы – провести аналитический обзор по проблеме повышения эксплуатационной надежности электроприводного оборудования путем применения современных цифровых устройств и информацион-

ных технологий в электроприводах технологических машин, а также определить перспективные технические решения для их совершенствования.

Основная часть

Современные системы и методы диагностики асинхронных электроприводов можно разделить на две группы.

К первой группе относятся методы тестовой диагностики: измерение температуры и сопротивления изоляции, токов утечки, сопротивления обмоток, тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток, метод высоковольтного импульса и другие. Тестовое диагностирование – традиционный вид выявления дефектов электрооборудования по регламенту. Такая диагностика способствует предупреждению развития различных дефектов.

Вторая группа включает в себя методы функциональной диагностики, не требующие временного вывода электрооборудования из эксплуатации [3].

Измеряемыми параметрами могут быть: потребляемый ток, мощность, момент, скольжение. Программа, по которой работают устройства функциональной диагностики, обрабатывает входную информацию, определяет вид повреждения работающего электродвигателя или устанавливает его исправность.

Этот метод позволяет хранить в компьютере базы данных с информацией о динамике повреждений электропривода с возможностью прогнозирования его отказа.

Одним из перспективных направлений исследований в этой области является компьютерное моделирование электромеханических устройств, позволяющее имитировать различные дефекты и повреждения [3].

Электродвигатели, предназначенные для применения в составе частотно-регулируемого электропривода, оснащаются встроенными датчиками и модулями, позволяющими формировать сигналы для систем управления и защиты электропривода (встроенные датчики температуры, датчики магнитного поля (датчики Холла), энкодеры, измерительные преобразователи тока и мощности и др.) Применяются также специализированные модули, которые монтируются на корпус электродвигателя и передают информацию по беспроводным каналам, являясь при этом элементами системы беспроводного мониторинга [4]. Система мониторинга реализует следующие функции: сбор данных в удаленных модулях, установленных в шкафах управления и непосредственно на объектах (электродвигателях); передачу данных различными способами (с использованием направленных антенн, посредством передачи по цепи ZigBee-маршрутизаторов, посредством GSM/GPRS-модулей); обработку данных на диспетчерском сервере с целью предоставления результатов мониторинга по запросу, расписанию, при внештатных ситуациях; поддержку доступа к данным с мобильных средств связи. Возможно использование технологий спутниковой навигации.

1. Цифровизация электродвигателей

Компоненты привода, оснащенные цифровыми модулями, образуют систему для его цифровизации [2]. Модули сопряжения непрерывно регистрируют текущие параметры электродвигателей и передают их на обработку. С помощью приложений обеспечивается беспроводной доступ ко всем двигателям и преобразователям в любой момент времени. Например, система мониторинга *SIDRIVE IQ* и *SIMOTICS CONNECT 400* проверяет состояние электродвигателя несколько раз в минуту и может сохранять информацию локально, а также автоматически передает сохраненные данные в открытую цифровую платформу *MindSphere* один раз в день через сеть *Wi-Fi*. *SIDRIVE IQ* – открытая цифровая платформа на базе *MindSphere* для приводных систем *Siemens* проводит анализ данных на основе моделей двигателя и рассчитывает его КПД; на основе предварительных настроек формирует сигналы предупреждений об отклонениях от заданных режимов и параметров. На основе текущих и архивированных данных принима-

ется решение на вид и время технического обслуживания электродвигателя [5]. Таким образом, актуальная информация и архивные данные о состоянии электродвигателей всегда доступны, что снижает затраты на обслуживание.

На рисунке 1 представлена конструкция модуля *SIMOTICS CONNECT*, монтируемого на корпус любого электродвигателя.

Модуль представляет собой корпус с датчиками,

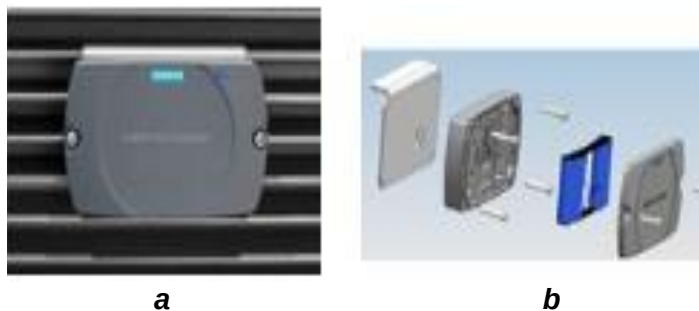


Рисунок 1. Модуль *Simotics connect 400*: а – монтаж модуля *SIMOTICS CONNECT* на корпус электродвигателя; б – основные компоненты модуля *SIMOTICS CONNECT*

контролирующими вибрацию в трех осях, температуру корпуса и частоту магнитного поля статора. На основе этих измерений система рассчитывает температуру электродвигателя, скорость вращения вала, момент нагрузки, энергопотребление, количество пусков, часы наработки. Определяется геоположение электродвигателя.

Технические характеристики модуля: размеры – 125 x 76 x 29 мм; степень защиты – IP54; рабочие температуры – 40°C - 80°C; беспроводная связь (*BLU, Wi-Fi*); питание от батарей 4x3,6В Li/SOC12, AA; срок службы – до двух лет (при передаче данных один раз в час); локальное хранение данных – до 48 часов. Содержит встроенные модули *WLAN* и *Bluetooth*. Процедура монтажа модуля (приклеивание) на корпус любого электродвигателя высот оси (132-450 мм) простая и требует не более одного часа. Возможна настройка со смартфона и дистанционный контроль батарей. Для запуска в работу *SIMOTICS CONNECT 400* следует выбрать настраиваемый модуль, ввести информацию о двигателе, объекте и аккаунте, войти в *MindSphere*, а затем подключиться к *Wi-Fi*.

2. Цифровизация шкафов управления автоматизированным электроприводом

Автоматизация электропривода развивается с появлением новых технологий. Три этапа развития технологий автоматизации:

Первый этап – классическая концепция автоматизации (самая распространенная в настоящее время) [1; 6]. В такой системе управления ЭП применяется центральный модульный контроллер с модулями расширения входов/выходов. Кабели прокладываются от всех датчиков, элементов управления и сигнали-

зации непосредственно к контроллеру. Система, построенная по такой концепции, недостаточно эффективна и требует больших затрат материалов и времени при монтаже, затруднена диагностика неисправностей и устранение их последствий.

Второй этап – современная концепция автоматизации, основанная на организации децентрализованного сбора информации с помощью удаленных модулей ввода/вывода (*XION*). Связь с контроллером обеспечивают шины *Profibus*, *DeviceNet*, *CANopen*. Сбор информации в такой системе осуществляется непосредственно на объекте управления, сокращается количество модулей ввода/вывода и кабелей [10].

Третий этап – появление инновационной технологии компании *Eaton* – *SmartWire-DT* [7], позволившей объединить все элементы системы (от сигнальных ламп до программно-логического контроллера) в единую сеть с помощью одного кабеля, причем питание и сигналы управления передаются по одному шлейфу. Таким образом, система *SmartWire-DT* совмещает функции автоматизации, коммуникации и управления. В результате сокращаются затраты на проектирование, монтаж и наладку (экономия времени на проектирование, монтаж, наладку, тестирование – до 85 %; уменьшение себестоимости шкафа – до 29 %; экономия проводов). Эта система компактна, занимает мало места в шкафу управления, позволяет соединить устройства плавного пуска, преобразователи частоты, автоматические выключатели и узлы управления одним шлейфом. Адресация между *SWD*-компонентами распределяется автоматически, обеспечивается непрерывный монито-

ринг работы отдельных приводов и системы в целом (оперативный контроль пуска, защиты, аварийного останова, аварий). Реализация аппаратных преимуществ *SmartWire-DT* стала возможной благодаря появлению новых линеек оборудования. Например, панель оператора с функциями программно-логического контроллера серии *XV102* позволяет отказаться от использования внешнего контроллера. Панель может выполнять логическую программу управления объектом, являться «мастером сети», состоящей из большого числа устройств.

Принцип интеллектуального («разумного») соединения, реализуемый в системе *SmartWire-DT*, позволяет конструировать шкафы управления на новых принципах, исключающих сложный электромонтаж, обеспечивающих дистанционный интеллект и непрерывную связь между центральным контроллером и всеми элементами цепей управления. Возможно подключение к любому управляющему устройству через шлюзы со стандартными шинами (*Profibus*, *CANopen*, *Ethernet IP/Modbus TCP*) для обмена данными с системами управления высокого уровня. Система *SmartWire-DT* включает в себя до 99 последовательно подключенных устройств (объединенных общей шиной длиной до 600 м). Восьмижильный плоский кабель шины *SWD* объединяет все элементы внутри и снаружи шкафа управления (рис. 2).

Напряжение питания всех интеллектуальных модулей – 15 В постоянного тока; уровень сигналов управления для контакторов – 24 В постоянного тока. Соединение кабеля с модулями осуществляется плос-

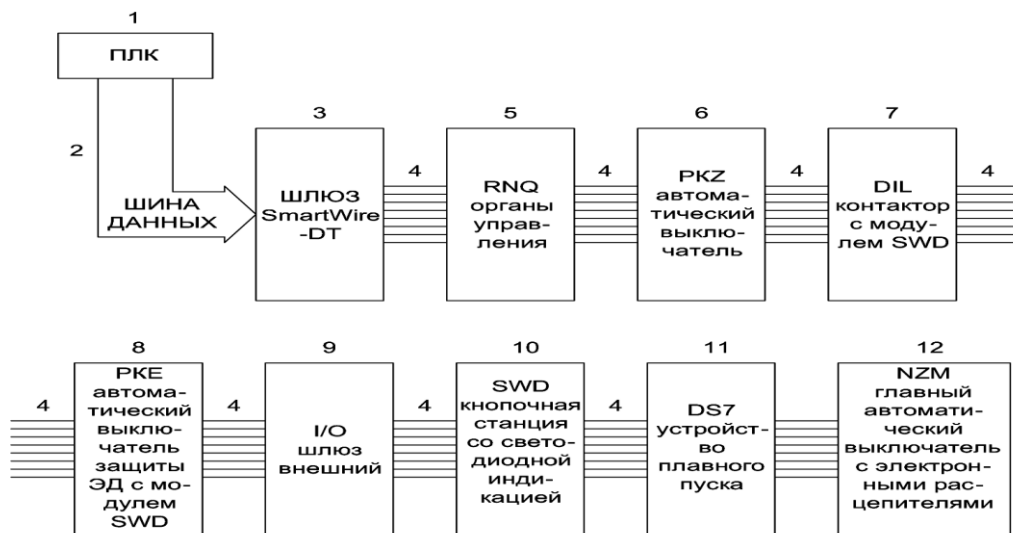


Рисунок 2. Система *SmartWire-DT*:

1 – программируемый логический контроллер (ПЛК); 2 – шина данных; 3 – шлюз *SmartWire-DT*; 4 – шина *SWD* (*SmartWire-DT*); 5 – органы управления *RMQ* (кнопки, переключатели, джойстики) с модулями ввода-вывода *SWD*; 6 – автоматический выключатель *PKS* с модулем ввода-вывода *SWD*; 7 – контактор *DIL* с модулем *SWD*; 8 – автоматический выключатель защиты электродвигателя с модулем *SWD*; 9 – шлюз *I/O* (для внешних связей); 10 – кнопочная станция со светодиодной индикацией и с модулем *SWD*; 11 – устройство плавного пуска *DS7* асинхронного электродвигателя; 12 – главный автоматический выключатель с электронными расцепителями и модулем *SWD*

кими соединителями при помощи обжимного инструмента. Элементы цепи управления и исполнительные элементы подключаются к шине с помощью функциональных элементов. Каждый элемент *SmartWire-DT* имеет собственный адрес и самодиагностику. Для аварийной сигнализации и защиты оборудования служат исполнительные элементы с контактами. Подключение периферийных устройств осуществляется круглым кабелем с переходником для соединения с плоским кабелем шины (степень защиты *IP67*).

Используя цифровые входы модулей, можно определить положение контактной системы контактов, автоматических выключателей и переключателей, а также цепей защиты электродвигателей. Предупреждения о перегрузках через *SmartWire-DT* передаются по каналу диагностики, а в случае отключения поступает информация о причине аварии. Доступна информация о потребляемой мощности. При помощи встроенного в автоматический выключатель *NSM* счетчика ведется учет потребляемой электроэнергии.

Система *SmartWire-DT* конфигурируется при помощи программы *SWD-Assist* [4]. Конфигурацию можно повторно использовать для других проектов, что позволяет использовать *PLC* разных производителей.

3. Цифровизация измерительных преобразователей и датчиков

3.1. Измерительные преобразователи температуры для системы мониторинга частотно-регулируемого электропривода

Схемы контроля температуры электродвигателей и силовых полупроводниковых модулей устройств плавного пуска и преобразователей частоты обычно содержат датчики температуры на основе аналоговых и цифровых микросхем [6]. Для аналоговых микросхем используется зависимость от температуры разности напряжений база-эмиттер двух транзисторов, работающих при разных токах коллектора. В некоторых микросхемах в качестве чувствительного элемента используется внутренний термочувствительный резистор или внешний транзистор. Для систем мониторинга перспективны цифровые датчики температуры [6]. Например, *DS18B20* – это цифровой температурный датчик, содержащий встроенный микроконтроллер, способный хранить значение измерений, сигнализировать о выходе температуры за установленные границы, задавать точность измерений, способ взаимодействия с внешним контроллером и др. (рис. 3).

Микросхема имеет три выхода, из которых для данных используется только один, два остальных – это земля и питание. Число проводов можно сократить до двух, если использовать схему с питанием от измерительной цепи и соединить вывод *Vdd* с землей (*GND*). К одному проводу с данными можно подключить несколько датчиков *DS18B20*. Погрешность измерения не больше 0,5 °C (для температур от -10 °C

до +85 °C). Не требуется дополнительная калибровка, есть функция тревожного сигнала. Диапазон измерений – 55 °C – +125 °C. Напряжение питания – от 3,3 до 5В. Максимальная разрешающая способность – до 0,0625 °C (12 бит). Этот параметр задается программно. Каждая микросхема имеет свой серийный код, причем можно подключить до 127 датчиков к одной линии связи. Информация передается по протоколу *1-Wire*. В оперативную память *SRAM* записываются результаты измерений, в энергонезависимой *EEPROM* хранятся регистры конфигурации, которые могут использоваться как регистры общего назначения. В Республике Беларусь на предприятии «Интеграл» производится интегральная микросхема *IZ18B20A-5 (IZ18B20X)*, которая является полным функциональным аналогом микросхемы *DS18B20*.

3.2. Интеллектуальные датчики тока

Для обеспечения функционирования систем управления и защиты электродвигателей, силовых модулей преобразователей частоты и устройств плавного пуска необходимы датчики тока. Наиболее распространены датчики на эффекте Холла и токовые шунты [8-10]. Как правило, требуется преобразование аналогового сигнала в цифровой, а в случае применения шунтов – гальваническая развязка силовых и управляющих цепей. Развитие микропроцессорной техники привело к созданию принципиально новых измерительных преобразователей – интеллектуальных датчиков (*ИД*), содержащих в одном корпусе чувствительный элемент (преобразователь) и микропроцессор, что позволяет выполнять основные операции по преобразованию и повышению достоверности измерительной информации в месте ее возникновения. *ИД* позволяет обеспечить выполнение функций, повышающих информативность выходного сигнала, формирование потока данных с необходимой достоверностью на основе анализа большого числа результатов отдельных измерителей. Интеллектуальный

PIN ASSIGNMENT

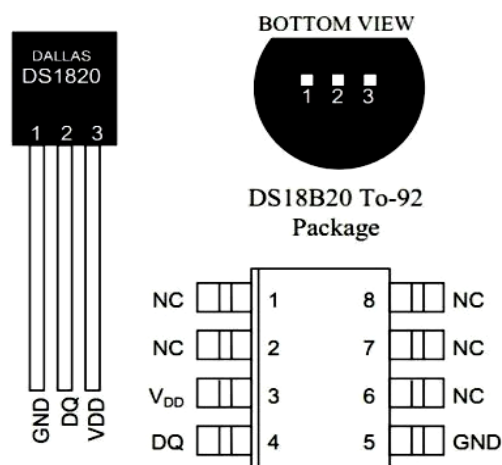


Рисунок 3. Цифровой датчик температуры *DS18B20*

датчик способен автоматически адаптироваться к источнику сигнала, контролировать свои функции и корректировать ошибки измерений. В интеллектуальных силовых модулях преобразователей частоты применяются микросхемы, предназначенные для преобразования сигнала, снимаемого с резистивного шунта в ШИМ-сигнал и связи его с контроллером (рис. 4). По сравнению с датчиками Холла, шунты с изолирующими усилителями имеют большее быстродействие, высокую линейность и помехозащищенность. Если нужны сенсоры магнитного поля, используются датчики Холла [10]. Компания *International Rectifier* выпускает высоковольтные (до 600 В) специализированные интегральные схемы (ИС) типа *IR2170/2175*, предназначенные для работы в резистивных датчиках тока. ИС преобразуют падение напряжения в ШИМ сигнал с несущей частотой 130 кГц, что удобно для построения схем управления двигателями, а также активными нагрузками. Для обеспечения гальванической развязки резистивного датчика тока и схемы управления компания *Agilent Technologies* выпускает микросхемы *HCPL7510/7520*, структура которых приведена на рисунке 5. Гальваническая развязка выдерживает синфазную помеху до 15 кВ/мкс при постоянном синфазном напряжении – 1000 В. Полоса пропускания равна 100 кГц, погрешность линейности – 0,06 %, погрешность коэффициента передачи ± 3 %.

Интеллектуальный датчик тока содержит микропроцессор и коммуникационный чип, реализующий передачу по сетевой шине и беспроводную передачу [4]. Интеллектуальные датчики тока можно объединять по общей шине, при этом обеспечивается поддержка функции записи и хранения данных. Время хранения – не менее года, период опроса устанавливается в пределах 1-65535 с. Поддерживается расчет среднего и среднеквадратичного значения измеряемой силы тока и онлайн-мониторинг в реальном времени. Передача данных возможна по проводным линиям *RS232*, *RS485*, *CAN*, а также по беспроводным кана-

лам *Wi-Fi*, *4G* и др. Осуществляется самодиагностика в системе перед запуском и при настройке. Как правило, интеллектуальные датчики питаются от встроенной литиевой батареи при сроке ее службы не менее года.

3.3. Энкодеры

В различных приводных системах возникают задачи позиционирования вала при регулировании частоты его вращения. Для прецизионного регулирования скорости и позиционирования вала двигателя в состав ЭП включаются *энкодеры* – устройства для преобразования угла поворота или скорости вращения в электрический сигнал или код. По принципу действия различают оптические и магнитные энкодеры (с датчиками Холла). Энкодер выбирают исходя из требований к системе и параметров контроллера и частотного преобразователя. Условия выбора энкодера при его использовании в составе частотно-регулируемого привода рассмотрены в источнике [7]. Энкодер крепится к валу двигателя, редуктора или другого передаточного устройства. Частотно-регулируемый привод с энкодером способен выполнять следующие базовые функции: определения абсолютной координаты; настройки передаточных отношений в режиме *On-line*; синхронизации скорости, положения по метке ведущего и ведомого привода в следящей системе регулирования; приема и передачи данных по поддерживаемым протоколам связи; абсолютного и относительного позиционирования; автоматического вычисления, сравнения данных от датчиков; отладки встроенных программ. Программирование преобразователей частоты и контроллеров движения осуществляется при помощи ПО, разработанного производителем [2].

4. Облачные технологии в электроприводе

В различных технологических процессах часто возникают задачи, требующие обмена информацией отдельных объектов между собой и с внешней средой посредством того или иного устройства. С этой целью интеллектуальные устройства подключаются к

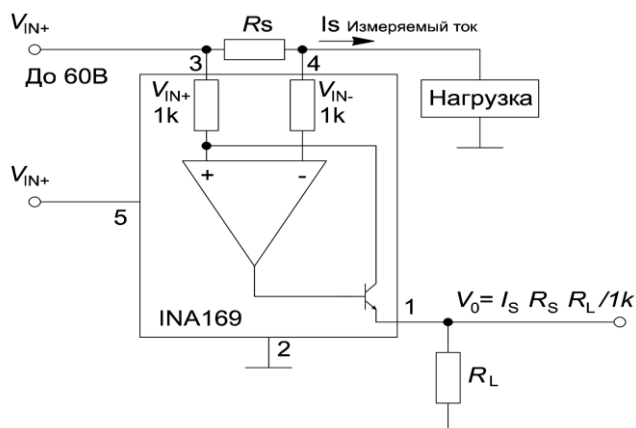


Рисунок 4. Измерение тока при помощи специализированного усилителя INA169

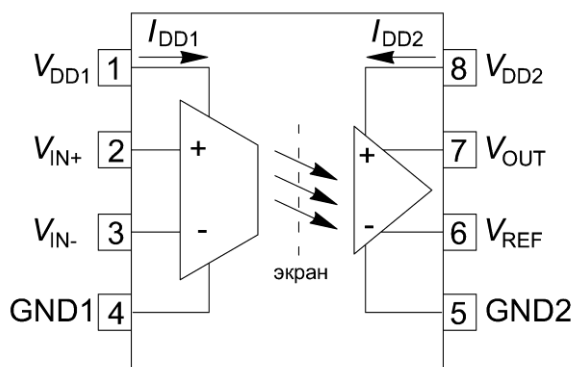


Рисунок 5. Структура ИС типа HCPL-7510/7520

Интернету, что позволяет удаленно собирать и передавать данные [5]. В зависимости от особенностей информационного пространства используются термины: «связь машины с машиной» (*Machine to Machine — M2M*) и «Интернет вещей» (*IoT*). *IoT* относится к потребительскому пространству, а *M2M* к промышленному.

Один из наиболее важных аспектов *IoT* – эффективное взаимодействие «умных» устройств между собой и с облачными приложениями: техническое решение в этом случае представляет собой *M2M/IoT*-шлюз с установленным на него программным обеспечением, которое дает возможность подключаться к облачному сервису для обмена с ним данными.

Возможности развития автоматизации и информатизации ЭП значительно расширились с появлением «облачных технологий» [5], обеспечивших удаленное хранение и обработку информации и управление удаленными объектами. Например, облачная архитектура системы *Cloud-Control* (рис. 6) для диспет-

ний, измерений, вычислений доступны в форме графиков, мнемосхем и таблиц и сохраняются на сервере заданное время.

По одному или нескольким параметрам облачный сервис диагностирует нештатную ситуацию или аварию на объекте и может послать уведомление на электронную почту, короткое сообщение на мобильное устройство или отобразить данные на *WEB*-странице сервиса. Запустить процесс или изменить уставку или конфигурацию можно из любой точки мира через *WEB*-интерфейс облачного сервиса. К сервису *OwenCloud* могут подключаться приборы с интерфейсами *Ethernet* и *RS-485*. Специальные шлюзы со встроенными GSM-модулями позволяют соединять с *OwenCloud* приборы, установленные на удаленных объектах, на которых отсутствует проводной Интернет. В шлюз устанавливается *SIM*-карта оператора сотовой связи. Передача данных происходит по *GPRS* и не требует значительных расходов на оплату услуг.

Заключение

1. Развитие автоматизированного электропривода требует решения проблем обеспечения оперативного контроля и своевременного предупреждения аварий и отказов в сложных системах.

2. Сложные алгоритмы управления и функционирования современных систем ЭП нуждаются в новых подходах к проблеме мониторинга и удаленного управления приводными объектами. Один из путей решения проблемы – цифровизация, как всей системы ЭП, так и его отдельных элементов.

3. Повышение надежности электродвигателей, шкафов управления, силовых цепей и цепей управления достигается применением новых технологий в виде «*SmartWire* (разумного соединения)» на основе цифровых интеллектуальных модулей, устанавливаемых на все элементы электропривода.

4. Перспективные направления в области мониторинга и удаленного контроля ЭП – применение цифровых датчиков, преобразователей, а также беспроводных каналов связи и «облачных» технологий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Панкратов, В.В. Тенденции развития общепромышленных электроприводов переменного тока на основе современных устройств силовой электроники / В.В. Панкратов // Силовая интеллектуальная электроника. – 2005. – № 2 – С. 7-11.



Рисунок 6. Структура системы *Cloud-Control*

черизации преобразователей частоты, созданная компанией «Danfoss» (одним из ведущих мировых производителей частотно-регулируемых приводов), позволяет управлять приводами и осуществлять их мониторинг без присутствия квалифицированного персонала непосредственно на объекте [11]. Новая технология позволяет подключить к одному *GPRS* модему несколько приводов и управлять ими в режиме реального времени при высокой скорости соединения. Копирование настроек параметров удобно при вводе в эксплуатацию однотипных устройств. Для отображения информации можно использовать ПК, планшет, переносную сенсорную панель, а также любое устройство с установленным браузером. С помощью *Cloud-Control* можно управлять лифтами, насосными станциями, системами вентиляции и кондиционирования, холодильными и воздушными компрессорами, кранами и грузоподъемными механизмами, разнообразным конвейерным оборудованием в промышленности и сельском хозяйстве. Результаты наблюде-

2. Преобразователь частоты в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://chastotnik.pro/upload/iblock/d0/058514a2efabe76c64acd1cf45a7c9.pdf>. – Дата доступа: 23.11.2022.

3. Дайнеко, В.А. Методы диагностики асинхронных электродвигателей в рабочих режимах и перспективы их применения / В.А. Дайнеко, Ж.Г. Юрковец // Агропанорама. – 2021. – №4 – С. 22-25.

4. Сименс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://Siemens.com/digital-drives.html>. – Дата доступа: 22.11.2022.

5. Автоматизация и производство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aip.com.ru/article/Oblachnie_tehnologii. – Дата доступа: 22.11.2022.

6. Кашканов, А. Датчики и микроконтроллеры. Часть 3. Измеряем ток и напряжение / А. Кашканов // Habr [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://habr.com/ru/post/260639/>. – Дата доступа: 20.11.2022.

7. EATON [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eaton.ru>. – Дата доступа: 22.11.2022.

8. Колпаков, А. Измерение тока в мощных импульсных преобразователях частоты / А. Колпаков // Электронные компоненты. – 2004. – № 2 – С. 77-83.

9. Летерье, Д. Новая серия датчиков напряжения / Д. Летерье // Силовая электроника. – 2020. – № 5. – С. 60-65.

10. Данилов, А. Современные промышленные датчики тока / А. Данилов // Современная электроника. – 2004. – № 10. – С. 26-35.

11. Eaton [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://downloadcenter.moeller.net/en/software.html>. – Дата доступа: 23.11.2022.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 03.01.2023

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 620.1:630.4

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2023-155-1-30-34>

ПОВЫШЕНИЕ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ СЕМЕННОГО ВОРОХА ПРИ ЭЛЕКТРОСЕПАРАЦИИ МЕЛКОСЕМЯННЫХ КУЛЬТУР

В.С. Корко,*доцент каф. энергетики БГАТУ, канд. техн. наук, доцент*

В статье рассмотрены теоретические аспекты особенностей работы диэлектрического сепаратора. Обоснована необходимость изменения конструкции барабана при очистке семенного вороха мелко-семянных культур. Приведены результаты экспериментальных исследований процессов разделения семян при нанесении пленочного покрытия на рабочую обмотку диэлектрического сепаратора.

Ключевые слова: семена, электрическое поле, диэлектрический сепаратор, бифилярная обмотка, пленочное покрытие, поляризация, электрические силы, степень разделения, всхожесть.

The theoretical aspects of dielectric separator operation features are considered in the article. The necessity of modifying the drum design in the cleaning of fine seeded crops has been substantiated. The results of experimental research of seed separation processes when applying a film coating to the working winding of a dielectric separator are presented.

Key words: seeds, electric field, dielectric separator, bifilar winding, film coating, polarization, electric forces, separation degree, germination.

Введение

Семена зеленных и пряно-ароматических культур, как и получаемые в процессе выращивания растения, относятся к пищевым продуктам и потому требуют более тщательного подхода к технологиям очистки от посторонних примесей, стимуляции всхожести и процессов выращивания [1-3]. Поскольку по физическим и морфологическим признакам эти семена можно отнести к мелким и легким, то существующие семяочистительные и сортировальные машины, очищающие полученный при уборке ворох и разделяющие семена по механическим свойствам и признакам (форме, размерам, плотности, парусности и т.п.), не всегда обеспечивают необходимые качественные показатели.

К тому же семена, имеющие одинаковые или близкие физико-механические свойства, могут отличаться по биохимическому состоянию (степени зрелости, химическому составу, влажности и др.), а также по электрическим характеристикам (электрической проводимости, диэлектрической проницаемости, способности воспринимать в электрическом поле и удерживать электрический заряд и т.п.) [3-6]. Поэтому электрические сепараторы, в большей степени учитывающие все разнообразие вышеуказанных свойств и признаков делимости семян, во многих случаях оказываются более эффективными или даже незаменимыми по качеству очистки, особенно в лабораторных условиях селекционных центров и для биологически ценных культур [7, 8].

При электросепарации за время нахождения в электрическом поле семена получают определенную дозу энергетического воздействия, что положительно сказывается на степени возбуждения и активизации

зародышевых структур. Экспериментально подтверждено, что семена, которые находились в глубоком покое и не прорастали в обычных условиях, в результате воздействия энергией электрического поля дают всходы, а значит, электрофизические факторы активируют жизненные силы и повышают показатели всхожести и кондиционности семян, что является дополнительным технологическим эффектом электрической сепарации [4; 9, 10].

Сепаратор диэлектрический СДЛ-1 по своим техническим характеристикам предназначен для работы с разными семенами: мелкими (салата, сельдерея, укропа, моркови и др.) при рекомендованных изготовителем напряжениях на бифилярной обмотке 200 – 600 В и более крупными (зерновых культур, свеклы, огурцов и др.) при напряжениях 600 – 2500 В. Также от размеров и массы семян зависит производительность сепаратора и составляет от 5 до 10 кг/ч [5-7].

В процессе производственной эксплуатации сепаратора при работе с мелкими и легкими семенами обнаруживаются некоторые недостатки: застревание или задержка частиц в пазах между проводами обмотки, снижение полноты и качества разделения, взаимное засорение соседних секций классификатора.

Как известно, в электрическом поле может происходить зарядка, ориентирование частиц, их упорядочивание, регулирование движения, разделение и осаждение в соответствии с приобретенным зарядом. В свою очередь, величина этого заряда зависит от параметров поля, способов зарядки, структурно-механических и электрофизических свойств семян и др. В диэлектрическом сепараторе частицу удерживают на барабане с бифилярной обмоткой проявления электрических сил вследствие поляризации частиц в электрическом поле. Поэтому рассмотрение природы

их возникновения, их связи с конструктивными особенностями барабана и технологическими параметрами установки позволит наметить основные пути совершенствования процесса разделения вороха [8-10].

Целью работы является повышение степени очистки вороха мелкозернистых культур путем совершенствования конструктивных и технологических параметров диэлектрического сепаратора.

Основная часть

Основным рабочим органом диэлектрического сепаратора является вращающийся барабан из диэлектрического материала с бифилярной однослойной обмоткой, на которую подается напряжение 0,5 – 5 кВ промышленной частоты [5].

Для моделирования и анализа переменного электрического поля, создаваемого бифилярной обмоткой, рассмотрим картину поля двухпроводной линии (рис. 1). При переменном напряжении в каждый полупериод времени направление тока в каждом из двух проводов будет противоположным. В пространстве между проводами возникает неоднородное электрическое поле в силу того, что заряды проводов распределяются по поверхности с неодинаковой плотностью.

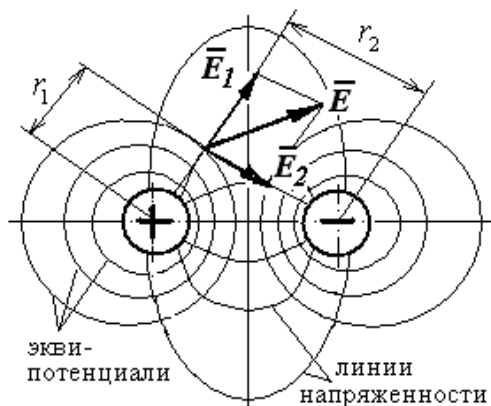


Рисунок 1. Конфигурация линий и векторная диаграмма напряженностей электрического поля бифилярной обмотки

Напряженность в поле одного провода изменяется обратно пропорционально расстоянию r от точки до оси [11]

$$E = \frac{q_l}{2\pi\epsilon_a r}, \quad (1)$$

где q_l – заряд на единицу длины провода, Кл/м;
 ϵ_a – абсолютная диэлектрическая проницаемость среды, Ф/м;
 r – расстояние между точкой и осью, м.

Как следует из анализа векторной диаграммы (рис. 1), в определенный момент времени вектор напряженности поля в зоне нахождения семени имеет значение и направление, зависящее от места его расположения на обмотке (симметрично между проводами или ближе к одному из проводов). В любой точке поля результирующая напряженность равна геометрической сумме напряженностей поля от обоих проводов

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2. \quad (2)$$

Потенциал в данной точке поля равен сумме потенциалов от каждого провода

$$\varphi = \frac{q_l}{2\pi\epsilon_a} \left(\ln \frac{1}{r_1} - \ln \frac{1}{r_2} \right) = \frac{q_l}{2\pi\epsilon_a} \ln \frac{r_2}{r_1}, \quad (3)$$

где r_1, r_2 – соответственно, расстояние от данной точки до каждого из проводов, м.

Выразим напряжение между проводами

$$U = \frac{q_l}{2\pi\epsilon_a} 2 \cdot \ln \frac{d}{r_n} = \frac{q_l}{\pi\epsilon_a} \ln \frac{d}{r_n}, \quad (4)$$

где d – расстояние между осями проводов, м;
 r_n – радиус провода, м.

Уравнение (4) позволяет определить заряд на единицу длины провода

$$q_l = \pi\epsilon_a U / \ln \frac{d}{r_n}. \quad (5)$$

Каждый провод бифилярной обмотки будет иметь знакопеременный заряд, изменяющийся с частотой напряжения питающей сети. Поскольку величина заряда пропорциональна питающему напряжению и зависит от конструктивных параметров обмотки, то напряженность поля и потенциал в зоне нахождения семени в соответствии с уравнениями (1-3) также будут определяться этими параметрами.

В созданном электрическом поле происходит поляризация частиц. В поляризованном веществе (семенах) молекулы представляют собой диполи, которые под действием поля стремятся ориентироваться таким образом, чтобы их электрический момент был направлен параллельно вектору напряженности электрического поля.

Электрический момент суммы диполей, находящихся в единице объема семени, определяет вектор поляризации $\vec{p}$, который пропорционален напряженности электрического поля [11]

$$\vec{p} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{\sum q\vec{l}}{V} = \epsilon_0 \chi \vec{E}, \quad (6)$$

где $q\vec{l}$ – электрический момент двух равных по величине и противоположных по знаку зарядов диполя, находящихся друг от друга на расстоянии l , Кл·м;

V – объем семени, м³;

χ – электрическая восприимчивость;

$\vec{E}$ – вектор напряженности электрического поля, В/м.

В результате взаимодействия электрического поля, созданного каждым проводом бифилярной обмотки, с собственным полем поляризованной частицы образуются поляризационные силы (рис. 2).

В общем виде поляризационная сила определяется выражением [5, 6]

$$F = \frac{1}{2} \int_v E^2 (\text{grad } \epsilon_a) dv = \int_v n\vec{p} (\text{grad } E) dv, \quad (7)$$

где dv – элементарный объем частицы, м³;

диционирования семян, что необходимо подтвердить экспериментальным путем.

В опытах по изучению поведения частиц на барабане сепаратора использовали семена укропа и кориандра, так как они имеют разные размеры, форму и массу и больше соответствуют приведенным выше теоретическим обоснованиям. Семена укропа имеют удлиненную форму (длина – 1,5-2 мм; толщина – 0,8-1,0 мм; масса 1000 семян – 4,5-5 г), а кориандра – сферическую (диаметр – 2-3 мм; масса 1000 семян – 13-15 г). Подготавливали навески исходного вороха, массой 100 г каждая. Для покрытия обмотки на барабане использовали полиэтиленовую пленку толщиной $\delta_{\text{п}} = 50$ мкм.

На семя, находящееся на барабане, в процессе электросепарации действует система сил: механических (тяжести, трения, центробежная) и электрических. При определенном их соотношении семена или отрываются от поверхности в некоторой точке, или удерживаются на барабане. Для определения угла скатывания задавали напряжение на обмотке, помещали семя в верхней части барабана и засекали место отрыва семени. Графически находили угол между горизонталью и касательной к точке отрыва частицы на барабане.

Экспериментально установлено (рис. 4), что угол скатывания семян β с поверхности барабана определяется размерами, формой и массой семян, а также величиной напряжения на обмотке.

В диапазоне рассматриваемого при сепарации рабочего интервала напряжений 400-2000 В углы скатывания семян с поверхности барабана находятся в следующих пределах: для укропа $\beta = 73^\circ - 85^\circ$; для кориандра $\beta = 38^\circ - 43^\circ$. С учетом угла β моменты и места отрыва семян укропа и кориандра будут разными.

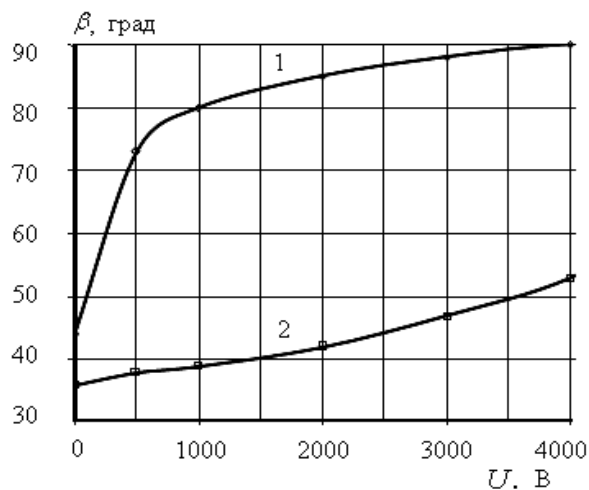


Рисунок 4. Зависимость угла скатывания семян укропа (1) и кориандра (2) при сепарировании от напряжения на бифилярной обмотке

Значит, для более мелких и легких семян потребуются устанавливать меньшее рабочее напряжение, чтобы электрическая сила в нужном месте не препятствовала отрыву кондиционной частицы и попаданию в первую секцию классификатора.

Результаты опытов очистки семенного вороха укропа и кориандра с использованием пленочного покрытия барабана сепаратора (и для сравнения без покрытия, в зависимости от напряжения питания)

Таблица. Массовое распределение частиц семенного вороха (г) по секциям классификатора при различных напряжениях на бифилярной обмотке сепаратора

Напряжение, В	Укроп			Кориандр		
	I секция	II секция	III секция	I секция	II секция	III секция
Барабан заводского изготовления						
200	90	4	6	88	5	7
400	92	3	5	90	4	6
600	88	5	7	86	6	8
800	75	10	15	78	8	14
1000	68	14	18	72	12	16
Барабан с пленочным покрытием						
200	91	3	6	92	3	5
400	94	2	4	94	2	4
600	92	3	5	96	1	3
800	80	7	13	84	6	10
1000	72	12	16	76	10	14

приведены в таблице.

В процессе электросепарации основная часть более крупных кондиционных семян попадает в первую секцию классификатора. В среднюю секцию попадают мелкие семена и части вороха, а в третью с помощью щетки сметаются мелкие остатки и пылеобразные частицы. При шаговом изменении питающего напряжения состав разделяемых продуктов в секциях классификатора несколько изменяется. При малом значении, а также с ростом напряжения выше оптимального вследствие возрастания электрической силы определенные части кондиционных семян обнаруживаются в других секциях.

Как следует из анализа полученных результатов (табл.), в некоторых диапазонах питающего напряжения диэлектрический сепаратор обеспечивает достаточно высокую степень очистки семян: до 90...92 % в исходной установке и до 94...96% в модифицированной. Наличие пленочного покрытия на барабане устраняет застревание семян, и в первой секции классификатора получают кондиционные семена без посторонних примесей.

Заключение

Полученные результаты экспериментальных исследований подтверждают теоретические обоснования возможности повышения степени очистки семенного вороха мелкосемянных культур путем применения пленочного покрытия рабочего барабана диэлектрического сепаратора и увеличения питающего

напряжения на 200-400 В в сравнении с базовым вариантом.

После такой модернизации изменяются основные определяющие факторы, влияющие на условия поляризации связанных зарядов частиц семенного вороха и величину электрической силы, прижимающей их к поверхности барабана. Наличие пленочного покрытия на барабане при оптимальном значении питающего напряжения для каждой культуры обеспечивает более высокую степень разделения семян (до 92-94 % укропа и до 94-96 % кориандра).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы растениеводства: учеб. пособие / И.П. Козловская [и др.]; под ред. И.П. Козловской. – Минск: Беларусь, 2010. – 328 с.
2. Алексейчук, Г.Н. Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки / Г.Н. Алексейчук, Н.А. Ламан. – Минск: Право и экономика, 2005. – 48 с.
3. Решетников, В.Н. Электросепарация и плазменно-микроволновое воздействие на семена и растительные объекты / В.Н. Решетников, Е.А. Городецкая, В.В. Ажаронек // Inzenieria i aparatura chemiczna. – 2006. – № 1-2. – Str. 66-67.

4. Ламан, Н.А. Физиологические основы и технологии предпосевной обработки семян: ретроспективный анализ, достижения и перспективы / Н.А. Ламан // Матер. 5-й Междунар. научн. конф. «Теоретические и прикладные аспекты биохимии и биотехнологии растений». – Минск. – 2007. – С. 3.

5. Тарушкин, В.И. Основные параметры цилиндрического рабочего органа диэлектрического сепарирующего устройства / В.И. Тарушкин // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 3. – С. 18-19.

6. Шмигель, В.В. Сепарация и стимуляция семян в электрическом поле: дисс... докт. с.-х. наук: 05.20.02 РФ / В.В. Шмигель. – Кострома, 2004. – 405 с.

7. Электротехнологии: пособие / И.Б. Дубодел [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2014. – 252 с.

8. Заяц, Е.М. Электротехнология: учеб. пособие. / Е.М. Заяц. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 400 с.

9. Корко, В.С. Электрофизические методы стимуляции растительных объектов / В.С. Корко, Е.А. Городецкая. – Минск: БГАТУ, 2013. – 232 с.

10. Городецкая, Е.А. Исследование электрофизиохимической стимуляции семян зеленных культур / Е.А. Городецкая, В.С. Корко // Агропанорама. – 2012. – № 5. – С. 18-21.

11. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле / Л.А. Бессонов. – Москва: Гардарики, 2003. – 320 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 09.01.2023

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОБРАТА МОЛОКА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЕГО КИСЛОТНОСТИ И СОДЕРЖАНИЯ В НЕМ ХЛОРИДА НАТРИЯ

М.А. Прищепов,

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

И.Г. Рутковский,

ст. преподаватель каф. моделирования и проектирования БГАТУ

В статье проведено исследование электрофизических характеристик обрат молока с использованием методики планирования эксперимента. Получена эмпирическая зависимость удельного сопротивления обрат молока от температуры, кислотности и количества добавленной соли NaCl. Эмпирическая зависимость позволяет определить количество дополнительно введенной соли в обрат для корректировки его удельного сопротивления.

Ключевые слова: электродный нагрев, термолабильная среда, электронагрев, обрат молока, многофакторный эксперимент.

In the article, a study was made of the electrophysical characteristics of skimmed milk using the methodology of experiment planning. An empirical dependence of the electrical resistance of skimmed milk on temperature, acidity and the amount of added salt NaCl was obtained. The empirical dependence makes it possible to determine the amount of additionally introduced NaCl salt into skimmed milk in order to correct its electrical resistance.

Key words: electrode, temperature-dependent, electric heating, skimmed milk, multifactorial.

Введение

Анализ тепловых процессов сельскохозяйственных предприятий показывает, что большинство из них являются низкотемпературными. Использование электродного электронагрева возможно во многих процессах [1- 5]. Однако при использовании электродных электронагревателей (ЭЭН) возникает ряд технических сложностей, связанных со значительной неравномерностью нагрева, изменяющейся по длине (высоте) ЭЭН и зависящей от температуры обрабатываемой среды. Эти технические сложности преодолеваются применением секционированных и многозонных ЭЭН [1].

При разработке электронагревательной установки (ЭНУ) с ЭЭН необходимо обеспечить режим нагрева обрабатываемой термолабильной среды без превышения допустимых значений плотности тока в обрабатываемой среде, находящейся в межэлектродном пространстве. Поскольку плотность тока зависит от удельного сопротивления обрабатываемой среды, необходимо получить температурную зависимость удельного сопротивления от факторов, которые оказывают наибольшее влияние на нее и, соответственно, на термообработку.

Цель работы – получить температурную зависимость удельного сопротивления обрат молока при изменении его кислотности и содержания в нем соли (NaCl).

Основная часть

Одним из наиболее востребованных молочных продуктов, в том числе и при выращивании телят, является обрат молока [6-7]. На электротепловую обработку обрат наибольшее влияние оказывает его кислотность и концентрация хлоридов. Кислотность изменяется при скисании обрат во время хранения, а концентрация хлоридов зависит от рациона кормления. В проведенном эксперименте концентрацию хлоридов изменяли путем добавления в обрат соли (NaCl).

Исследования электрофизических характеристик обрат проводились с использованием методики планирования эксперимента. При нормальном законе распределения полученных данных, для обработки результатов эксперимента использовалась методика, изложенная в работах [8-12]. При проведении многофакторного эксперимента, для каждой комбинации факторов (табл. 1) проводились расчеты зависимости удельного сопротивления от количества добавленной соли NaCl, кислотности обрат и его температуры. Расчеты проводились по

полученным значениям тока и напряжения в установке, схема которой приведена на рисунке 1.

Поскольку предварительные исследования показали, что температурная зависимость удельного сопротивления имеет нелинейный вид, соответственно для исследования влияния солесодержания, кислотности и температуры на удельное сопротивление обрата, необходимо использовать планы второго порядка, а моделируемый процесс описывать уравнением регрессии второго порядка. При проведении эксперимента с k факторами (в нашем случае $k=3$) был использован полный центрально-композиционный ротатабельный план типа 2^k [8].

Количество повторностей опытов в i -й строке плана, при доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ и ошибке $\varepsilon = \pm 3 \cdot \sigma_u$, где σ_u – среднеквадратичное отклонение результатов опытов, принимаем равное трем [8].

Среднеквадратическое отклонение рассчитывается по формуле

$$\sigma_u = \sqrt{\frac{\sum_{L=1}^m (\rho_{\varepsilon L} - \rho_{\varepsilon \text{cp}})^2}{m-1}}, \quad (1)$$

где $\rho_{\varepsilon L}$ – фактическое значение удельного сопро-

тивления обрата, Ом. м;

$\rho_{\varepsilon \text{cp}}$ – среднее значение удельного сопротивления обрата в i -й строке плана, Ом. м;

m – количество повторностей опытов в i -й строке плана;

При проведении анализа экспериментальных данных проводилась проверка однородности дисперсий с помощью критерия Кохрена:

$$G_{\text{оп}} = \frac{\sigma_{\text{max}}^2}{\sum_{L=1}^m \sigma_L^2}, \quad (2)$$

где σ_{max}^2 – наибольшая дисперсия в строках матрицы планирования эксперимента;

$\sum_{L=1}^m \sigma_L^2$ – сумма дисперсий в строках матрицы планирования эксперимента.

Расчетное значение критерия Кохрена составило $G_{\text{оп}} = 0,2077$, при $f_{G1} = m$ и $f_{G2} = N$ ($m = 3$, $N = 20$), табличное значение $G_{\text{оп таб}} = 0,2205$, что подтверждает гипотезу об однородности дисперсий.

Таблица 1. Значения факторов в условном и натуральном виде

Факторы	Кодовое обозначение	Средний уровень	Шаг варьирования	Значение уровней факторов соответственно условным ед.				
				-1,68	-1,0	0	+1,0	+1,68
Количество добавленной соли NaCl на литр обрата, г/л	X1	1,68	1	0	0,68	1,68	2,68	3,36
Кислотность, °Т	X2	40	15	14,8	25	40	55	65,2
Температура Θ , °С	X3	47	22	10	25	47	69	84

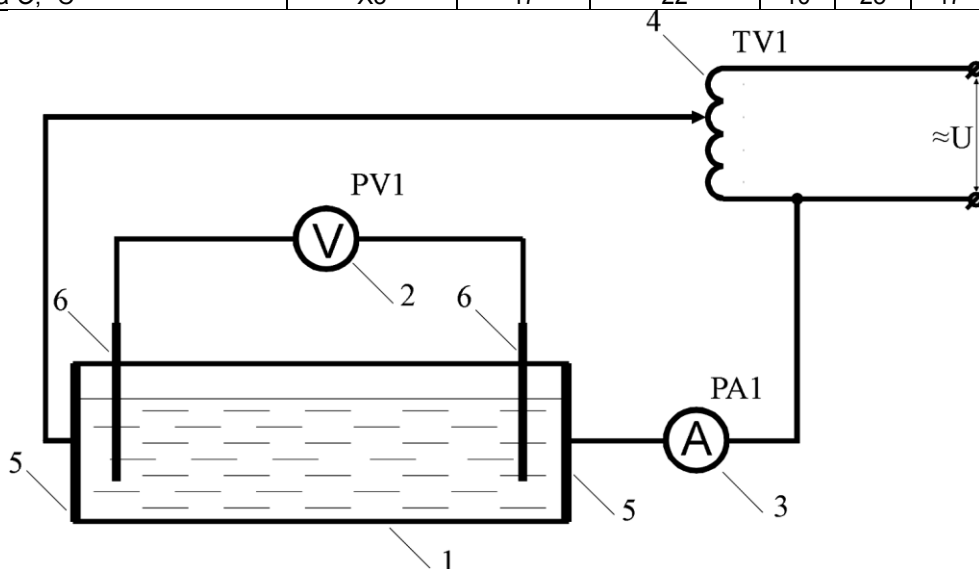


Рисунок 1. Схема установки для исследования электрофизических характеристик обрата молока:

1 – ванночка из пластика с анализируемой средой;
2 – вольтметр; 3 – миллиамперметр; 4 – лабораторный автотрансформатор;
5 – электроды из титана; 6 – проволоочные зонды

Перед началом эксперимента исследуемые факторы кодировались. При кодировании факторов осуществлялось линейное преобразование факторного пространства с переносом начала координат в центр эксперимента и введением новых единиц измерения по осям. Кодирование факторов проводится по формуле:

$$x_u = \frac{x_u' - x_{ou}}{\varepsilon}, \quad (3)$$

где $u = 1 \dots N$;

N – число строк плана;

x_u – кодированное значение фактора;

x_u' – натуральное значение фактора;

x_{ou} – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

ε – натуральное значение интервала варьирования фактора.

В задачу построения многофакторной модели входило построение такого уравнения регрессии в p -мерном пространстве ($p = k+1$), при котором отклонение результатов наблюдения i -го фактора для j -го опыта было бы минимальным. При математической обработке экспериментальных данных строилось уравнение регрессии (4). Вычисление коэффициентов уравнения (4) при варьировании исследуемых факторов проводится в соответствии с методикой, изложенной в работе [8]

$$\rho_{pu} = b_{p0} + \sum_{i=1}^k b_{pi} x_{iu} + \sum_{\substack{i=1; \\ i < j}}^k b_{pij} x_{iu} x_{ju} + \sum_{i=1}^k b_{pii} x_{iu}^2, \quad (4)$$

где ρ_p – расчетное значение удельного сопротивления (отклика);

$b_{p0}, b_{pi}, b_{pij}, b_{pii}$ – коэффициенты уравнения регрессии;

k – количество факторов;

x_{iu}, x_{ju} – независимые переменные факторы.

Уравнение второго порядка (4) для трехфакторного эксперимента примет вид

$$\begin{aligned} \rho_{pu} = & b_{p0} + b_{p1} x_{1u} + b_{p2} x_{2u} + b_{p3} x_{3u} + \\ & + b_{p11} x_{1u}^2 + b_{p22} x_{2u}^2 + b_{p33} x_{3u}^2 + \\ & + b_{p12} x_{1u} x_{2u} + b_{p13} x_{1u} x_{3u} + b_{p23} x_{2u} x_{3u}. \end{aligned} \quad (5)$$

Расчет коэффициентов регрессии проводится по формулам [8]

$$b_{p0} = a_1 \cdot \sum_{u=1}^N \rho_{эcpu} - a_2 \cdot \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \cdot \rho_{эcpu}; \quad (6)$$

$$b_{pi} = a_3 \cdot \sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot \rho_{эcpu}; \quad (7)$$

$$b_{pij} = a_4 \cdot \sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot \rho_{эcpu}, \quad (8)$$

при $i \neq j$;

$i, j = 1, 2, \dots, k$;

$$\begin{aligned} b_{pii} = & a_5 \cdot \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \cdot \rho_{эcpu} + \\ & + a_6 \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \cdot \rho_{эcpu} - a_7 \cdot \sum_{u=1}^N \bar{y}_u \cdot \rho_{эcpu}, \end{aligned} \quad (9)$$

где $\rho_{эcpu}$ – среднее значение удельного сопротивления (отклика) в u -й строке плана;

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ – коэффициенты определены по источнику [8].

В нашем случае, когда количество экспериментальных данных и объем выборки (повторностей опытов в u -й строке плана) относительно небольшие, распределение экспериментальных данных подчиняется t -распределению Стьюдента. Оно схоже с нормальным законом распределения и зависит только от числа степеней свободы f и при $f \rightarrow \infty$ приближается к нему. Проверка гипотезы о равенстве двух генеральных дисперсий $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$, что в статистике называется нулевой гипотезой, по известным выборочным дисперсиям S_{LF}^2 и S_y^2 проводилась с помощью F -критерия Фишера [8]. Эта проверка показывает адекватность математического описания или качества предсказания при расчете удельного сопротивления по полученному уравнению регрессии. F -критерий Фишера представляет отношение дисперсии адекватности математической модели к дисперсии ошибки опытов и вычисляется по формуле

$$F = S_{LF}^2 / S_y^2, \quad (10)$$

где S_{LF}^2 – дисперсия адекватности математической модели;

S_y^2 – дисперсия воспроизводимости опытов.

Для того чтобы принять гипотезу об адекватности разработанной модели, вычисленное значение F -критерия Фишера должно быть меньше табличного. Табличное значение F -критерия Фишера выбирается из таблицы источника [8] с учетом числа степеней свободы числителя и знаменателя выражения (10).

Число степеней свободы определяется разностью между количеством опытов и количеством коэффициентов регрессии, которые вычислены по результатам этих опытов независимо друг от друга.

$$f_1 = \sum_{u=1}^N m_u - k - 1 - (m_{15} - 1), \quad (11)$$

где m_u – число повторностей опытов в u -й строке плана;

m_{15} – число повторностей опытов при дублировании экспериментов одной точки плана ($u=15..20$).

$$f_2 = m_{15} - 1. \quad (12)$$

Сумма квадратов разброса результатов численного эксперимента и сумма квадратов ошибки опытов, деленная на соответствующее число степеней свободы, дает дисперсию адекватности математической модели и дисперсию воспроизводимости опытов. Дисперсия адекватности математической модели определяется из выражения

$$S_{LF}^2 = \frac{\sum_{u=1}^N m_u \cdot (\rho_{э\text{cp}u} - \rho_{pu})^2}{\sum_{u=1}^N m_u - k - 1 - (m_{15} - 1)}, \quad (13)$$

где ρ_{pu} – расчетное значение удельного сопротивления (отклика) в u -й строке плана, Ом·м.

Дисперсия, характеризующая воспроизводимость опытов, определяется из выражения

$$S_y^2 = \frac{\sum_{u=15}^N (\rho_{э15u} - \rho_{э\text{cp}15})^2}{m_{15} - 1}, \quad (14)$$

где $\rho_{э15u}$ – значение удельного сопротивления (отклика) в u -й строке плана при дублировании экспериментов одной точки плана ($u=15..20$), Ом·м;

$\rho_{э\text{cp}15}$ – среднее значение удельного сопротивления (отклика) в u -ых строках плана при дублировании экспериментов одной точки плана ($u=15..20$), Ом·м.

В результате расчета дисперсии адекватности математической модели $S_{LF}^2 = 0,00032383518176$, дисперсия, характеризующая воспроизводимость опытов $S_y^2 = 0,00025602737000$, соответственно, значение критерия Фишера $F=1,26$. Табличное значение критерия Фишера для уровня значимости 0,005 равно 1,80. Поскольку табличное значение критерия Фишера больше расчетного, то это подтверждает гипотезу об адекватности разработанной модели.

После проверок значимости коэффициентов, статистически незначимые коэффициенты (при их наличии) целесообразно исключить. Значимость коэффициентов оценивается на основании вычисления доверительных интервалов, в пределах которых должна находиться их истинная величина. Доверительный

интервал Δb_{pi} в пределах которого должно находиться истинное значение коэффициента, вычисляется на основании коэффициента Стьюдента t , выбранного с учетом принятого числа степеней свободы, уровня значимости, а также дисперсии коэффициента:

$$\pm \Delta b_{pi} = \pm t \cdot S_{bi}, \quad (15)$$

$$\text{где } S_{bi}^2 = \sqrt{S_y^2 / N}.$$

Уравнение второго порядка для трехфакторного эксперимента (5) с учетом рассчитанных коэффициентов примет вид

$$\begin{aligned} \rho_{pu} = & 0,847 - 0,1479 \cdot x_{1u} - 0,0771 \cdot x_{2u} - \\ & - 0,2951 \cdot x_{3u} + 0,0246 \cdot x_{1u}^2 - 0,0054 \cdot x_{2u}^2 + \\ & + 0,0609 \cdot x_{3u}^2 + 0,0238 \cdot x_{1u} \cdot x_{2u} + \\ & + 0,0545 \cdot x_{1u} \cdot x_{3u} + 0,0265 \cdot x_{2u} \cdot x_{3u}. \end{aligned} \quad (16)$$

Для интерпретации установленной закономерности коэффициенты уравнения (16) преобразуются к именованным величинам [8]:

– при преобразовании линейных членов уравнения

$$b_{pi} x_{iu} = \frac{b_{pi}}{\varepsilon_i} x'_{iu} - \frac{b_{pi}}{\varepsilon_i} x_{0iu}; \quad (17)$$

– при преобразовании членов уравнения, содержащих взаимодействующие факторы

$$b_{p\ ij} x_{iu} x_{ju} = \frac{b_{p\ ij}}{\varepsilon_i \varepsilon_j} \cdot$$

$$\cdot (x'_{iu} x'_{ju} - x'_{iu} x_{0ju} - x'_{ju} x_{0iu} + x_{0iu} x_{0ju}); \quad (18)$$

– при преобразовании квадратичных членов уравнения

$$b_{p\ ii} x_{iu}^2 = \frac{b_{p\ ii}}{\varepsilon_i^2} (x_{iu}^2 - x'_{iu} x_{0iu} + x_{0iu}^2); \quad (19)$$

где x_{iu}, x_{ju} – кодированное значение фактора;

x'_{iu}, x'_{ju} – натуральное значение фактора;

x_{0iu}, x_{0ju} – натуральное значение фактора на нулевом уровне;

$\varepsilon_i, \varepsilon_j$ – натуральное значение интервала варьирования фактора.

В результате преобразования коэффициентов уравнения (16) к именованным величинам, эмпирическая зависимость влияния соли, добавленной к обрату, его кислотности и температуры на удельное сопротивление обрата ρ_{pu} примет следующий вид:

$$\begin{aligned} \rho_{pu} = & 2,693483738 - 0,410462852 \cdot x'_{1u} - \\ & - 0,009641356 \cdot x'_{2u} - 0,032606998 \cdot x'_{3u} + \\ & + 0,024624079 \cdot x'^2_{1u} - 0,00002417 \cdot x'^2_{2u} + \\ & + 0,000125831 \cdot x'^2_{3u} + 0,001586354 \cdot x'_{1u} x'_{2u} + \\ & + 0,002475782 \cdot x'_{1u} x'_{3u} + 0,000080188 \cdot x'_{2u} x'_{3u}. \quad (20) \end{aligned}$$

где x'_1 – количество добавленной соли NaCl, г/л;

x'_2 – кислотность, °Т;

x'_3 – температура обраты, °С.

Математическая обработка и анализ результатов

многофакторного эксперимента позволили выявить влияние исследуемых факторов (солесодержания, кислотности и температуры) на величину удельного сопротивления обраты молока, получить их математические выражения в зависимости от значения факторов и установить зависимость изменения удельного сопротивления обраты от температуры, концентрации хлоридов и кислотности. Исследованные зависимости удельного сопротивления от различной концентрации NaCl, кислотности и температуры обраты, а также при различных концентрациях NaCl и различных кислотностях обраты молока представлены на рисунках 2, 3.

При проведении многофакторного эксперимента

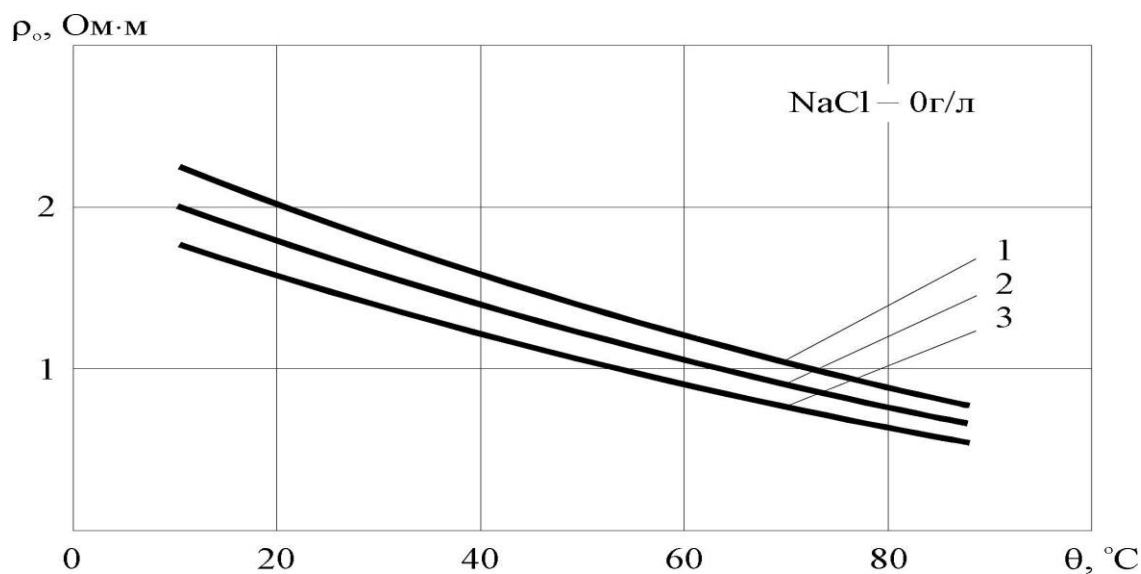


Рисунок 2. Зависимость удельного сопротивления обраты от температуры при различной кислотности без добавления соли NaCl: 1 – 14,8 °Т; 2 – 40 °Т; 3 – 65,2 °Т

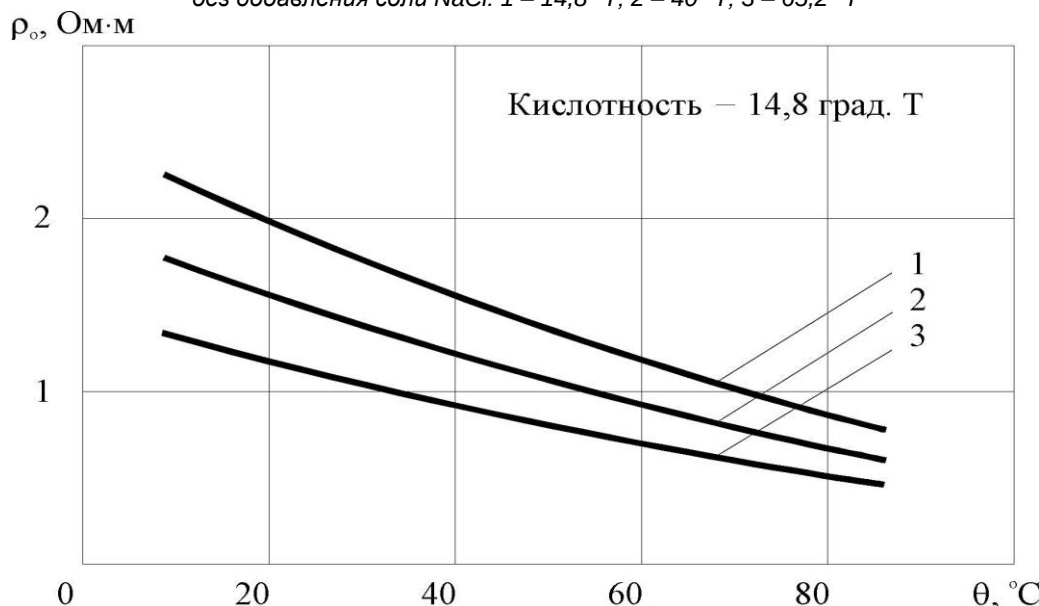


Рисунок 3. Зависимость удельного сопротивления обраты от температуры при изменении концентрации NaCl при кислотности 14,8 °Т: 1 – 0 г/л NaCl; 2 – 1,68 г/л NaCl; 3 – 3,36 г/л NaCl

исследовалось изменение кислотности обраты, при его скисании в диапазоне от 14,8 °Т до 65,2 °Т. Увеличение кислотности обраты в этом диапазоне приводит к изменению как удельного сопротивления, так и наклона кривой $\rho_t = f(\theta)$. Наклон кривой $\rho_t = f(\theta)$ характеризует температурный коэффициент сопротивления (ТКС) обраты молока. Форма кривых $\rho_t = f(\theta)$ показывает, что удельное сопротивление и ТКС имеют нелинейную температурную зависимость (рис. 2, 3). Так, для свежего обраты, при минимальной кислотности 14,8 °Т удельное сопротивление и ТКС обраты имеет наибольшую величину. При скисании обраты уменьшается его удельное сопротивление и ТКС. Повышение концентрации хлоридов в обрате также приводит к снижению его удельное сопротивление и ТКС.

Поскольку при практической эксплуатации электронагревательной установки (ЭНУ) значение температурной зависимости удельного сопротивления обрабатываемой среды, проходящей тепловую обработку, может отличаться от значения температурной зависимости удельного сопротивления, на которую рассчитан ЭНУ, то мощность ЭНУ с ЭЭН может отличаться от расчетной. Соответственно существует необходимость корректировки удельного сопротивления обрабатываемой среды. Перед термообработкой, используя полученную зависимость (16), имеется возможность снизить значение удельного сопротивления обраты на требуемую величину путем добавления в него соли *NaCl*. Добавленное количество *NaCl* в дальнейшем можно учитывать при формировании рациона кормления животных. В рационе теленка до шестимесячного возраста в сутки должно быть 10 – 16 л жидкой кормосмеси [6-7], при приготовлении которой необходимо 4 – 6,4 л обраты молока и 30 – 48 г соли *NaCl*. Дополнительное введение соли *NaCl* в обрат позволяет корректировать его удельное сопротивление в достаточно широких пределах. Так, добавление 3,36 г/л соли *NaCl* в обрат кислотностью 14,8 °Т и температурой 10 °С позволяет повысить мощность ЭНУ с ЭЭН на 42%. Это позволяет корректировать мощность ЭЭН при изменении удельного сопротивления обраты и вести термообработку при оптимальных параметрах. Полученные зависимости позволяют разрабатывать ЭНУ с ЭЭН с учетом изменения электрофизических характеристик обрабатываемой среды.

Заключение

1. В результате проведенных исследований электрофизических характеристик обраты молока установлено, что температурная зависимость удельного сопротивления обраты имеет нелинейный характер изменения. При этом на полученную зависимость

оказывает влияние кислотность обраты и содержание в нем соли *NaCl*.

2. Полученную эмпирическую зависимость удельного сопротивления обраты молока можно использовать при проектировании электродных систем ЭЭН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прищепов, М.А. Основы термозависимого резистивного электронагрева в технологических процессах сельскохозяйственного производства / М.А. Прищепов. – Минск: БАТУ, 1999. – 295 с.
2. Карасенко, В.А. Электронагревательные установки в сельском хозяйстве / В.А. Карасенко. – Минск: Уражай, 1971. – 192 с.
3. Кудрявцев, И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – М.: Колос, 1975. – 384 с.
4. Заяц, Е.М. Основы электротехнологических методов обработки влажных кормов / Е.М. Заяц. – Минск.: Уражай, 1997. – 216 с.
5. Наний, Е.П. Исследование и разработка электродных нагревателей для животноводческих ферм колхозов и совхозов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 / Е.П. Наний. – Харьков, 1961. – 325 с.
6. Ульянов, И.П. Откорм молодняка крупного рогатого скота / И.П. Ульянов, А.П. Терехов, Г.П. Доброхотов. – М.: Колос, 1972. – 127 с.
7. Технологические требования по выращиванию телят: рекомендации // Белорусское сельское хозяйство, 2014. – 32 с.
8. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рощин. – Л.: Колос, 1980. – 168 с.
9. Спиридонов, А.А. Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технологических процессов / А.А. Спиридонов, Н.Г. Васильев. – Свердловск: УПИ, 1975. – 140 с.
10. Львовский, Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул / Е.Н. Львовский. – М.: Высш. шк., 1988. – 138 с.
11. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер. – М.: Вильямс И.Д., 2019. – 912 с.
12. Соколов, Г.А. Введение в регрессионный анализ и планирование регрессионных экспериментов в экономике: учеб. пособие / Г.А. Соколов, Р.В. Сагигов. – М.: Инфра-М, 2016. – 352 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 22.02.2023

КОНКУРЕНТНАЯ ПОЗИЦИЯ ТЕПЛИЧНЫХ ХОЗЯЙСТВ СТОЛИЧНОГО РЕГИОНА

Л.А. Казакевич,

доцент каф. информационного менеджмента, маркетинга и учета БГАТУ, канд. физ.-мат. наук, доцент

В работе проведен анализ и выявлены особенности конкуренции на рынке овощной продукции защищенного грунта. Показана роль ассортимента продукции, производственных затрат, маркетинговой стратегии и диверсификации производства в обеспечении конкурентной позиции тепличных хозяйств столичного региона.

Ключевые слова: конкурентоспособность, овощная продукция, ассортимент, тепличные хозяйства, столичный регион.

The article analyses and identifies the features of competition in the market of protected ground vegetable products. The role of commodity assortment, production costs, marketing strategy and production diversification in ensuring the competitive position of greenhouse facilities in the capital region is shown.

Key words: competitiveness, vegetable products, assortment, greenhouse facilities, capital region.

Введение

В условиях рыночных отношений конкурентная позиция предприятий на рынке является одной из ключевых проблем, от решения которой зависит успех и выживание субъектов предпринимательской деятельности. При этом решающее значение имеет установление, поддержание на необходимом уровне и повышение конкурентных преимуществ. Вопросы управления конкурентоспособностью предприятий имеют важное практическое значение и находят свое отражение в различных исследованиях [1-2].

На современном этапе экономического развития для успешной конкурентной борьбы предприятиям необходимо не только обновлять технологии и оборудование, изучать внутренний и внешний рынок и вести маркетинговые исследования, выявлять свои возможности, слабые стороны и уязвимые места конкурентов, но и оказывать управляющее воздействие на собственную конкурентоспособность и определять основные направления ее повышения.

Целью данных исследований является анализ конкурентной позиции производителей овощной продукции и ее улучшение на примере тепличных хозяйств столичного региона.

Основная часть

Овощеводство входит в число наиболее социально значимых отраслей агропромышленного комплекса. Овощи содержат большое количество витаминов и микроэлементов и необходимы людям в любом возрасте. Именно поэтому основным критерием продовольственной безопасности страны является стабильное обеспечение населения овощной продукцией [3].

В Республике Беларусь производством овощей занимается около 700 сельскохозяйственных органи-

заций. Овощные культуры возделываются на площади 85,7 тыс. га, в том числе в общественном секторе – 15,3 тыс. га, в хозяйствах населения – 64,7 тыс. га, в фермерских хозяйствах – 5,7 тыс. га. Сельскохозяйственными организациями в открытом грунте произведено 237,2 тыс. тонн овощей при средней урожайности 250,5 ц/га [4]. Особое внимание в республике уделяется производству овощей защищенного грунта. В 21 крупном тепличном хозяйстве выращивают всю линейку овощей и зелени. В таблице 1 приведены данные о валовом сборе овощей защищенного грунта [5].

Таблица 1. Производство овощной продукции в защищенном грунте,

тыс. т

Продукция	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Всего, в том числе:	123,6	121,3	113,7
огурцы	46,9	47,7	43,0
помидоры	75,4	71,8	68,5
перец, баклажаны и др.	1,3	1,8	2,2

Практически все выращенные в теплицах овощи реализуются внутри республики. На экспорт, в основном в Российскую Федерацию, идет не более 3 %. Кроме овощной продукции собственного производства, в межсезонный период в торговую сеть Беларуси поступают импортные огурцы и помидоры (33 тыс. т и 9 тыс. т, соответственно, в 2021 г.) из Испании, Нидерландов, Бельгии, России.

Основными поставщиками овощей и зелени, выращенных в защищенном грунте для столичного региона, являются крупные организации: КУП «Минская овощная фабрика»; УП «Минский парниково-тепличный комбинат»; УП «Агрокомбинат «Ждановичи»; ОСП «Тепличное хозяйство» ОАО «ДОРОРС».

Производимая ими продукция представлена в таблице 2 [6-9].

Столичный регион представляет собой достаточно большой рынок сбыта овощной продукции. Тепличные хозяйства, имея собственные фирменные магазины, поставляют также свою продукцию в крупные торговые сети (ООО «Табак-Инвест» ТЦ «Корона», ООО «Евроторг», ООО «ГРИНРозница», ЗАО «Доброном») и гипермаркеты («Простор», «ГИППО», «Алми», «БелМаркетКомпани»), предприятия общественного питания. Расположение предприятий в непосредственной близости к городу дает возможность минимизировать транспортные расходы. Наличие специального транспорта с изотермическими кузовами для доставки овощей позволяет сохранить высокое качество продукции, что является одним из факторов, обеспечивающих конкурентную позицию тепличных хозяйств.

Ассортимент производимой продукции тепличных хозяйств столичного региона, на первый взгляд, представляется практически одинаковым, а колебания цен являются незначительными. Обозначить свою конкурентную позицию предприятия пытаются за счет разнообразия сортов выращиваемых овощей, а также различной зелени (табл. 2). Хорошие перспективы имеет также использование новых сортов и гибридов огурцов, томатов, перцев отечественной селекции, созданных РУП «Институт овощеводства».

Особенностью производственно-хозяйственной деятельности рассматриваемых предприятий является ее сезонный характер и значительная дифференциация

затрат на производство в течение года. Основной объем овощей производится в весенне-летний период, а затраты возрастают в осенне-зимний период в связи с необходимостью обогрева и подсветки теплиц. Овощеводство является достаточно трудоемкой отраслью. В таблице 3 в качестве примера представлены данные о составе и структуре затрат на производство овощной продукции КУП «Минская овощная фабрика».

Как видно, при производстве овощей открытого грунта и картофеля наибольший удельный вес в общей сумме затрат приходится на семена, удобрения и средства защиты растений, стоимость ГСМ, работы и услуги. При выращивании овощей в защищенном грунте в силу специфики технологии производства основная доля затрат приходится на энергоресурсы и оплату труда. Поэтому в качестве важных факторов, влияющих на себестоимость продукции и определяющих конкурентную позицию тепличных хозяйств, можно рассматривать сокращение ручного труда и использование более дешевых энергетических ресурсов.

Следует отметить, что достаточно большие объемы овощной продукции защищенного грунта дают тепличным хозяйствам основную прибыль, но рентабельность держится на уровне 1 % из-за высоких затрат на содержание и обогрев теплиц. В летний период значительную конкуренцию для тепличных хозяйств столичного региона составляет продукция фермерских и личных подсобных хозяйств. Они выращивают овощи в открытом грунте и имеют более низкие затраты.

Важную роль для обеспечения конкурентной по-

Таблица 2. Продукция тепличных хозяйств

Предприятие	Производимая продукция	Площадь теплиц, га
КУП «Минская овощная фабрика»	Огурцы короткоплодные и среднеплодные, томаты, в том числе и сливовидные, баклажаны, перец сладкий, лук зеленый, укроп, петрушка, руккола, базилик	18,5
УП «Минский парниково-тепличный комбинат»	Томаты стандарт и черри, огурцы средне- и длинноплодные, салат, лук зеленый, петрушка, сельдерей, базилик, меллисса, кинза, щавель	11,07
УП «Агрокомбинат «Ждановичи»	Огурцы среднеплодные, томаты, перец сладкий, баклажаны, зелень	31,4 га
ОСП «Тепличное хозяйство» ОАО «ДОРОРС»	Томаты, огурцы, перец, баклажаны, салат	46,3

**Таблица 3. Состав и структура затрат на производство овощной продукции
КУП «Минская овощная фабрика»**

Статьи затрат	Овощи открытого грунта		Овощи защищенного грунта		Картофель	
	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%	тыс. руб.	%
Затраты, всего:	415	100	13626	100	201	100
в том числе: оплата труда с начислениями	53	12,8	2974	21,8	20	9,9
семена	84	20,2	479	3,5	37	18,4
удобрения и средства защиты	48	11,5	1244	9,1	59	29,4
работы и услуги	138	33,3	251	1,9	50	24,9
стоимость ГСМ	82	19,8	42	0,3	29	14,4
стоимость энергоресурсов	-	-	6319	46,4	-	-
прочие прямые затраты	4	1,0	692	5,1	-	-
затраты по организации производства	6	1,4	1625	11,9	6	3

зиции тепличных хозяйств играет их маркетинговая стратегия. Влияние на нее оказывают предпочтения и вкусы потребителей, реклама, имидж организации, ситуация на рынке и ряд других факторов. В современных условиях эффективным является использование различных маркетинговых инструментов:

- стимулирование потребителей и деловых партнеров (подарки, сувенирная продукция, бесплатные пробы во время проведения акций-дегустиаций);
- публикации в средствах массовой информации и в Интернете;

- участие в выставочно-ярмарочных мероприятиях, проводимых в Беларуси и России (Белорусская агропромышленная неделя «Белагро», международная выставка «Продэкспо», специализированная выставка «Защищенный грунт России», сельскохозяйственный форум «Тепличная отрасль»).

Еще одним аспектом, позволяющим тепличным хозяйствам усилить свою конкурентную позицию в столичном регионе, является использование защищенного грунта для производства не только овощей и зелени, но и диверсификации производства. Так, в ОСП «Тепличное хозяйство» ОАО «ДОРОРС» выращиваются ягоды (клубника) и цветы (розы – 21 сорт, тюльпаны – 10 сортов) [6]. В УП «Агрокомбинат «Ждановичи» занимаются выращиванием роз (22 сорта), а также разведением шмелей для опыления растений в закрытом грунте [7]. УП «Минский парниково-тепличный комбинат» предлагает тюльпаны широкой цветовой гаммы (15 сортов), розы (12 сортов) и рассаду однолетних, двулетних, многолетних цветов (32 сорта) [8]. КУП «Минская овощная фабрика» дополняет ассортимент овощей общеукрепляющими, успокаивающими, тонизирующими чайными напитками и фиточаями (36 видов), лекарственными травами (11 наименований) [9]. Такая диверсифицированная продукция, по сути, является конкурентоспособной для ее экспорта и импортозамещения.

Заключение

Конкуренция возникает в том случае, когда на одном и том же рынке продается много близких по своим потребительским свойствам товаров. Суть конкурентной борьбы состоит в улучшении или сохранении конкурентной позиции предприятия на рынке, что достигается за счет эффективного использования всех имеющихся ресурсов. Для тепличных хозяйств актуальным является отличие поставляемой продукции от продукции конкурентов, как по степени соответствия ее конкретным потребностям покупателей, так и по затратам на их удовлетворение. Важно сохранять долгосрочные партнерские отношения с потребителями, расширять рынки сбыта на территории Республики Беларусь и за ее пределами. Здесь может быть полезен опыт Российской Федерации, где создана ассоциация «Теплицы России», в которую входит более 100 тепличных хозяйств [10]. Ассоциация призвана защищать интересы тепличных пред-

приятий, изучать и внедрять достижения научно-технического прогресса на предприятиях защищенного грунта, а также заниматься международным сотрудничеством и продвижением продукции на рынки дальнего и ближнего зарубежья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Философова, Т.Г. Конкуренция. Инновации. Конкурентоспособность / Т.Г. Философова, В.А. Быков. – Москва: Юнити-Дана, 2017. – 296 с.
2. Зборина, И.М. Конкурентоспособность организации: учебно-методич. пособие для студентов экономических специальностей / И.М. Зборина. – Пинск: ПолесГУ, 2017. – 124 с.
3. О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021-2025 гг. [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 1 февр. 2021 г., № 59 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/C22100059_161290. – Дата доступа: 26.12.2022.
4. Статистический сборник Национального статистического комитета Республики Беларусь, 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika>. – Дата доступа: 26.12.2022.
5. Могут ли наши тепличные комбинаты полностью обеспечить импортозамещение тепличных томатов и огурцов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/otkrytoe-okno-vozmozhnostey-zakrytogo-grunta.html>. – Дата доступа: 26.12.2022.
6. Официальный сайт ОСП «Тепличное хозяйство» ОАО «ДОРОРС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dorors.by>. – Дата доступа: 26.12.2022.
7. Официальный сайт УП «Агрокомбинат «Ждановичи» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.akz.by>. – Дата доступа: 26.12.2022.
8. Официальный сайт УП «Минский парниково-тепличный комбинат» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.greenstolitsa.by>. – Дата доступа: 26.12.2022.
9. Официальный сайт КУП «Минская овощная фабрика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mof.by>. – Дата доступа: 26.12.2022.
10. Ассоциация «Теплицы России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rusteplika.ru>. – Дата доступа: 26.12.2022.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 23.01.2023

УСЛОВИЯ И ФАКТОРЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РОСТА ЕМКОСТИ ВНУТРЕННЕГО РЫНКА ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

А.А. Бурачевский,

доцент каф. экономической теории и права БГАТУ, канд. экон. наук

В статье изложен комплекс мероприятий по повышению уровня внутреннего потребления плодово-овощной продукции как важнейшего фактора роста уровня эффективности функционирования субъектов плодово-ягодного и овощепродуктового подкомплексов АПК Беларуси, а также сбалансированности рациона питания населения.

Ключевые слова: плодородство, овощеводство, потребление, внутренний рынок, рацион питания.

The article outlines the directions for increasing the level of domestic consumption of fruit and vegetable products as a factor and a prerequisite for ensuring the growth of the efficiency level of the functioning of the subjects of fruit and berry and vegetable subcomplexes of Belarusian agro-industrial complex and the source of achieving a balance and diet diversity of the population.

Key words: horticulture, vegetable production, consumption, domestic market, diet.

Введение

Важность увеличения потребления плодовоовощной продукции в Республике Беларусь, а также выработки направлений его обеспечения обусловлена двумя аспектами. Во-первых, растущий внутренний спрос – надежный фундамент устойчивого функционирования и последовательного повышения эффективности отечественных организаций-производителей и переработчиков. Во-вторых, в условиях неблагоприятных внешних обстоятельств (эпидемиологических, экологических, связанных с увеличением количества стрессовых ситуаций и т.д.) усиливается значимость достижения сбалансированности в соответствии с физиологическими потребностями и разнообразия рационов питания населения страны для поддержания его здоровья и долголетия путем увеличения использования незаменимых, во многом, овощей, плодов и ягод.

Данные аспекты обуславливают необходимость определения условий и выявления факторов роста уровня потребления плодов, ягод и овощей населением Беларуси, что и явилось целью настоящей работы.

Проведенные исследования, теоретико-методологической основой которых явились результаты работ Г.И. Гануша, Н.В. Киреенко, С.А. Кондратенко, З.М. Ильиной, показывают, что для обеспечения роста объемов реализации и потребления плодовоовощной продукции необходимо параллельное решение трех взаимодополняющих задач:

- наращивание физического потребления (в натуральном выражении);

- повышение величины «стоимости покупки», т.е. создание условий для приоритетного расходования потребительского продовольственного бюджета населения на товары плодово-ягодного и овощепро-

дуктового подкомплексов и, соответственно, ускоренного роста расходов домашних хозяйств на них;

- изменение соотношения видов продукции в структуре плодовоовощной корзины потребителей.

Основная часть

Практикой успешного хозяйствования, в первую очередь зарубежной, выработано несколько групп методов решения первой выделенной задачи.

1. *Информационно-коммуникационные кампании* – основной подход стимулирования сознательного изменения рациона питания путем увеличения в нем доли плодовоовощной компоненты в долгосрочной перспективе. К данной группе мер традиционно относят:

- рекомендации медицинских специалистов по рациональному питанию на национальном уровне;
- агитация посредством использования различных каналов средств массовой информации (печать, радио, Интернет), направленная на увеличение или ограничение потребления определенных продуктов;
- рекламные кампании в магазинах для стимулирования приобретения продуктов питания.

Примерами успешного стимулирования населения к увеличению потребления плодовоовощной продукции могут служить информационные акции, реализуемые на макроуровне. Многолетняя кампания США «5 в день»¹, приведшая к росту доли взрослого населения, потребляющего по меньшей мере 5 порций фруктов и овощей в день и повышению средних показателей потребления с 3,75 до 3,98 порции в день [1]. Австралийская акция «2 фрукта и 5 овощей каждый день», позволившая увеличить

¹ Суть акции состояла в периодически повторяющейся относительно краткосрочной (не более четырех недель) интенсивной агитации необходимости увеличения потребления овощей и фруктов в различных каналах СМИ одновременно.

использование фруктов с 1,5 до 1,7 порций в день и овощей с 2,6 до 3,1 порции в день среди взрослого населения [2]. Экспертами-медиками отмечается, что достигнутый эффект от реализации данных мер сохраняется до сих пор [3].

Для Беларуси в данном контексте, кроме использования традиционных каналов СМИ, полезным было бы применение для информирования населения и стимулирования большего употребления плодоовощной продукции современных и относительно недорогих технологий:

- мобильных приложений. Исследования, проводившиеся в течении 11 недель в США, в рамках которых осуществлялась оценка эффективности использования профильного приложения Txt4HappyKids, показали, что 92 % участников стали давать больше фруктов и овощей своим детям, 86 % пытались придерживаться более здорового рациона, 85 % пробовали разные способы приготовления фруктов и овощей, 81 % были лучше осведомлены о продуктах, которые потребляет их ребенок [4];

- социальных сетей, эффективность применения которых как канала коммуникации с различными группами населения, в т.ч. и теми, которые являются потенциально основными потребителями, также подтверждена результатами экспериментов и их анализом. Так, например, в исследовании Carfoa приняли участие 1065 человек в возрасте 14-19 лет, которым в течение двух недель отправляли сообщения о пользе и необходимости потребления овощей и фруктов. В результате, 59,5 % испытуемых значительно увеличили потребление плодоовощных продуктов [5].

2. *Изменение среды и инфраструктуры.* Мероприятия по обеспечению роста уровня потребления домашними хозяйствами овощей, плодов и ягод включают и повышение степени доступности магазинов, супермаркетов, фермерских рынков и других точек продаж данных продуктов путем изменения принципов планирования размещения и системы застройки и освоения территории. Исследования, ставившие целью обнаружение взаимосвязи между объемами потребления плодоовощной продукции и плотностью расположения магазинов по ее продаже в конкретной территории (города/района/квартала/улицы), а также количеством специализированных торговых точек, показали наличие прямой тесной корреляции между результатом и факторами.

Актуальность интенсификации использования методов данной группы в Беларуси обусловлена:

- устоявшейся ориентацией при проектировании возведения новых жилых микрорайонов на строительство крупных торговых объектов, что обуславливает слабое присутствие магазинов категории «шаговой доступности» в районах новостроек;

- относительно низким уровнем распространения в городах, кроме г. Минска, особенно с численностью населения более 40 тыс. человек, передвижных нестационарных торговых точек реализации плодоовощной продукции;

- отсутствием специализированной ритейлерской сети по реализации плодоовощной продукции и

консервов, аналогичной американской WholeFoods – торговой компании, специализирующейся на продаже органических продуктов питания без искусственных консервантов, красителей, усилителей вкуса, подсластителей и трансжиров [6]. Реализовать проект создания такой сети магазинов в Беларуси можно было бы на основе части торговых объектов, например, Белкоопсоюза, расположенных в крупных городах (80+, областных центрах), путем их выделения из общей совокупности торговых точек и последующей организационной/дивизионной консолидации.

Выбор Белкоопсоюза в качестве головной организации новой сети обусловлен рядом обстоятельств:

- широким повсеместным распространением торговых объектов на территории страны;
- социальной направленностью деятельности;
- многоотраслевым характером организации функционирования.

В основу предлагаемой к созданию сети магазинов могут быть положены следующие базовые принципы:

- позиционирование на рынке как субъекта хозяйствования, сфокусированного на повышении уровня жизни и благополучия людей посредством поставки качественных продуктов питания;

- ориентация на выстраивание взаимовыгодного сотрудничества с местными производителями органической плодоовощной продукции и консервов, расположенными вблизи от мест локализации торговых точек;

- установление и непереносимое соблюдение высоких неизменных жестких стандартов качества продукции и взаимоотношений с ее поставщиками;

- целевой аудиторией потребителей следует считать жителей городов локализации торговых мест сети, среднего/выше среднего уровня достатка, в возрастных категориях от 25 до 35 лет и от 45 до 60 лет;

В итоге, реализация предложения по организации в Беларуси специализированной на торговле плодоовощной продукцией ритейлерской сети, по примеру WholeFoods, будет способствовать устранению одного из наиболее существенных барьеров наращивания производства, реализации и, соответственно, использования органических продуктов – пространственной отдаленности и рассредоточенности мест их выработки и употребления.

3. *Целенаправленные административные процедуры* в рамках тех возможностей, которые имеются у органов государственного управления. Разработанные конкретные практические меры, отнесенные к данной группе методов, представлены на рисунке 1.

4. *Изменение системы школьного питания.* Анализ показал, что программы школьного питания в различных странах направлены на улучшение здоровья школьников путем включения в рацион дополнительного количества плодов и овощей.

Особенно показателен в этом отношении опыт Финляндии, положенный в основу действующей с 2009 г. долгосрочной общеевропейской схемы предоставления фруктов и овощей школьникам, целью которой является поощрение детей сделать потребление данных продуктов частью своего образа жизни.

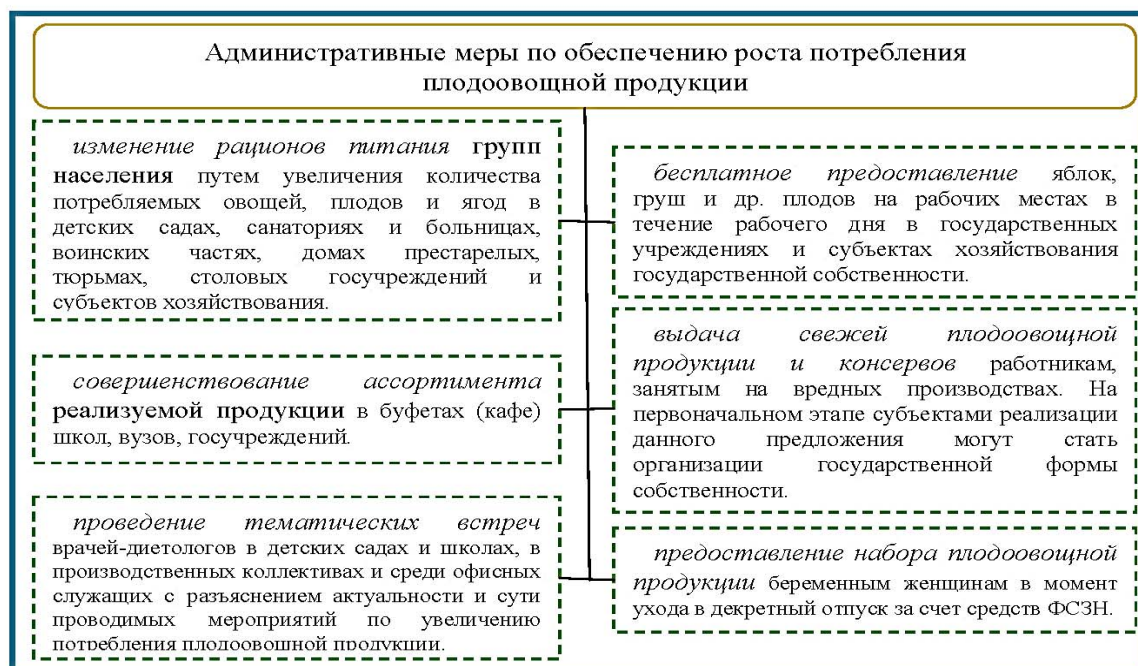


Рисунок 1. Целенаправленные административные процедуры по обеспечению роста емкости внутреннего рынка плодовоовощной продукции

Школьный обед в Финляндии, как основное питание, предоставляется в виде одновариантного набора блюд, за исключением возможности выбора вегетарианской еды, которую рекомендуется включать ежедневно. Модель сбалансированного школьного обеда включает следующие компоненты [7]:

- свежие и вареные овощи – занимают половину условной тарелки;
- картофель, рис или макароны – четверть условной тарелки;
- хлеб с растительным маргарином;
- рыба – по крайней мере один раз (предпочтительнее два) или мясо (или бобы и ростки как часть вегетарианской диеты) – оставшаяся четверть условной тарелки;
- обезжиренное или полужирное молоко, ферментированное молоко;
- ягоды или фрукты на десерт;
- вода для утоления жажды должна быть доступна всегда.

Для повышения спроса десертные фрукты располагают в ассортименте в начале линии самообслуживания [8]. Разные их цвета, специальная подсветка повышают привлекательность. Востребованы у детей организованные в обеденном зале салат-бары, где можно самостоятельно выбрать компоненты для салата.

Отметим, что данный подход полностью соответствует основным положениям постановления Совета Министров Республики Беларусь от 14 октября 2019 г. № 694 «Об организации питания обучающихся» [9].

Расчеты, выполненные Н.В. Киреенко и М.А. Арнатович, показали, что ежегодно для увеличения количества овощей в школьных рационах на 79864,6 т по-

требуется 85443,5 тыс. руб. из республиканского и местных бюджетов (при соотношении 50:50) [10]. Таким образом, будут решены проблемы долгосрочного увеличения потребления детьми плодовоовощной продукции и обеспечения устойчивого естественного спроса на нее.

Важным условием формирования потребительской среды, в которой закупкам плодов, овощей и ягод населением Беларуси отдается сознательный рациональный приоритет относительно других видов продукции, является необходимость целенаправленного изменения механизма ценообразования на часть продовольственных товаров, потребляемых в меньшей, чем в соответствии с рациональным уровнем, степени.

Целевой ориентир изменений – достижение ситуации, при которой стоимость единицы потребительской ценности (белков, жиров, углеводов) плодовоовощной продукции будет не выше стоимости питательности др. компонентов рациона (картофеля, мяса, молока, яиц и т.д.) населения, т.е. плоды, ягоды и овощи должны стать более конкурентоспособными. Необходимо, таким образом, чтобы по аналогии с правилом максимизации полезности домашних хозяйств, соблюдалось следующее условие:

$$\frac{СП_{\kappa}}{ПЦ_{B_{\kappa}}} = \frac{СП_{\sigma}}{ПЦ_{B_{\sigma}}} = \dots = \frac{СП_j}{ПЦ_{B_j}} \quad (1)$$

или

$$СЦ_{B_{\kappa}}^{K_2} = СЦ_{B_{\sigma}}^{K_2} = \dots = СЦ_{B_j}^{K_2}, j \in J, \quad (2)$$

где $СП_{\kappa}$, $СП_{\sigma}$, $СП_j$ – соответственно, стоимость потребления картофеля, овощей и др. j -го вида продукции;

j – вид потребляемой домашними хозяйствами продукции;

$ПЦ_{Bj}, ПЦ_{Bo}, ПЦ_{Bj}$ – питательная ценность потребленного количества картофеля, овощей, др. продукции j -го вида, например, по белкам;

$СЦ^{K2}_{Bj}, СЦ^{K2}_{Bo}, СЦ^{K2}_{Bj}$ – средняя цена 1 кг потребленных с картофелем овощами, др. j -м продуктом белков;

J – множество видов продукции, в т.ч. альтернативных в потреблении и питательной ценности плодов, ягодам и овощам. Вектор J включает следующие компоненты: картофель, молоко, яйца, мясо и, собственно, овощи, плоды и ягоды.

Данные соотношения следует применять к оценке потребления и по другим аспектам питательной ценности продуктов, т.е. по жирам и углеводам.

Достижение данного равенства должно способствовать заданию вектора динамики потребительского поведения на продовольственном рынке в направлении увеличения закупки и использования продуктов с большей удельной, т.е. в расчете на 1 затраченный руб., предоставляемой ценностью (полезностью).

К экономическим мерам, которые могут привести к увеличению потребления овощей, плодов и ягод, традиционно относятся: субсидии, направленные на снижение цены для потребителя, изменение порядка дотирования сельского хозяйства для стимулирования выращивания овощей/фруктов, краткосрочные доплаты на рабочем месте для поощрения рационального питания, прямые однократные выплаты для снижения массы тела и улучшения питания, налоговые льготы для работодателей, реализующих программы укрепления здоровья на рабочем месте с элементами физической активности и др. [11, 12].

Однако данные, зарекомендовавшие себя в зарубежной практике с разной степенью эффективности меры фискального характера объективно не могут быть широко и комплексно применимы в настоящее время в Беларуси ввиду ограниченности и неопределенности динамики доходной части консолидированного бюджета страны. В этой связи, наиболее действенным решением в рамках предложенного варианта обеспечения равенства средней стоимости питательной ценности, получаемой при потреблении различных видов продукции, является снижение размеров НДС на плоды, ягоды и овощи на каждом этапе цепочки формирования конечной розничной цены.

Эффект данной меры, особенно при ее активном информационном сопровождении, наступит достаточно быстро, а действие будет долгосрочным, что подтверждают опубликованные результаты проведенных исследований. Так, например, в рамках программы SNAP (программа дополнительной финансовой поддержки на приобретение продуктов питания для семей с низким доходом) анализируемой группе предоставлялась скидка на покупку овощей и фруктов. По истечению среднесрочного периода было установлено, что потребление свежей/замороженной/переработанной плодоовощной продукции увеличилось в среднем на 0,24 порции в день.

Данный подход к обеспечению ценовой конкурентоспособности продуктов, потребляемых населением

меньше рациональной нормы, можно сделать системным и динамичным, т.е. применять вне зависимости от временного периода и вида продукции с целью выработки механизма достижения сбалансированности состава и структуры рациона питания населения Беларуси.

Актуальность изменения соотношения видов продукции в структуре плодоовощной корзины потребителей обусловлена следующими аспектами:

– важностью для домашних хозяйств экономии и денежных средств, затраченных на приобретение плодов, ягод и овощей в рамках возможностей, предоставляемых бюджетными ограничениями в условиях неопределенности динамики реальных доходов населения, и времени приготовления и потребления. Как следствие, возрастают требования к функциональности плодоовощной продукции, т.е. она должна обладать свойством нивелирования проблем потребителей. Решением в данном случае является увеличение использования консервированных продуктов, которые можно потреблять сами по себе в качестве дополнительного блюда или в различных вариантах;

– необходимостью стимулирования конкурентного разнообразия и на этой основе роста потребления путем поиска новых вкусов, выработки новых видов продукции (например, цукатов из тыквы, морковных палочек и др.). Это усиливает необходимость и для производителей быть максимально осмотрительными с точки зрения потребностей приоритетного рынка, и для страны, которая, импортируя агропродовольственную продукцию, позволяет завозить к себе не только вкусы/рецепты, но и приобретает социально-эколого-экономические проблемы экспортера, связанные с соблюдением производственных стандартов, уровнем воздействия на окружающую среду и расходом ресурсов и др. и подвергает себя, таким образом, рискам ухудшения взаимоотношений с непосредственным окружением внешней среды. Да и «чужие» вкусы и рецепты, воплощенные в продуктах, далеко не всегда могут быть приемлемы для потребителей;

– необходимостью сбалансирования ежедневного/еженедельного рациона населения Беларуси по основным питательным элементам и витаминам. В этой связи, усиливается значимость потребления, во-первых, «забытых» овощей² [13] (например, репы, брюквы), во-вторых, тех видов плодоовощной продукции, которые потребляются в неоправданно малом количестве: тыквы, фасоли по видам, спаржи, редьки, алычи, слив, смородины. Решение заключено, с одной стороны, в использовании возможностей, предоставляемых целенаправленным изменением структуры рецептов в столовых бюджетных учреждений и организаций, с другой – в активном использовании опыта иностранных конкурентов – составлении на основе принципа рационального сочетания и представление на рынок набора (смесей) продуктов, в т.ч. в виде консервов (например, одновре-

² Среди специализированных рекомендаций по совершенствованию системы питания, представленных в СМИ, имеется и предложение потреблять, в основном, те продукты, которые были известны старшим поколениям, не злоупотреблять «новинками».

менно морковь, стручковую фасоль, душистый горошек, кукурузу и лимскую фасоль);

– важность формирования устойчивого потребительского поведения, т. е. с учетом экономических, социальных, культурных факторов, а также необходимости защиты окружающей среды. В данном контексте определяющими являются сохранение и распространение национальной кухни и поддержка местных, являющихся частью конкретной территории, производителей путем формирования долгосрочного спроса на вырабатываемые ими продукты и их ингредиенты. Это, в свою очередь, может стать основой и поспособствует:

- снижению уровня импортности пищевых производств;
- росту ответственности за качество выращиваемой продукции;
- поддержанию занятости местного населения, увеличению налоговых поступлений и содействию развитию региона;
- снижению углеродного и азотного следа производства;
- формированию культуры отношения к продуктам питания и труду других людей;
- сокращению пищевых отходов [14].

Заключение

Предложенные условия (наращивание физического потребления, повышение величины «стоимости покупки» и изменение соотношения видов продукции в структуре корзины использования) и отмеченные факторы обеспечения роста уровня потребления плодово-овощной продукции соответствуют национальным целям устойчивого развития и согласуются с руководящими принципами здорового питания, сформулированными Всемирной организацией здравоохранения.

Наибольший эффект предложенные группы мероприятий будут иметь при комплексном и последовательном их использовании. Это позволит также добиться повышения степени насыщенности рынка отечественными товарами и обеспечить формирование среды устойчивого функционирования субъектов плодово-ягодного и овощепродуктового подкомплексов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Stables, G.J. Changes in vegetable and fruit consumption and awareness among US adults: results of the 1991 and 1997 5 A Day for Better Health Program surveys / G.J. Stables, A.F. Subar, B.H. Patterson, K. Dodd, J. Heimendinger, L. Nebeling // *J Am Diet Assoc.* – 2002. – P. 809-817.
2. Nishtar, S. Newspaper articles as a tool for cardiovascular prevention programs in a developing country / S. Nishtar, Y.A. Mirza, S. Jehan, Y. Hadi, A. Badar, S. Yusuif, S. Shahab // *J Health Commun.* – 2004. – P. 355-369.
3. Dixon, H. Public reaction to Victoria's <<2 Fruit 'n' 5 Veg Every Day>>campaign and reported consumption of fruit and vegetables / H. Dixon, R. Borland, C. Segan, H. Stafford, C. Sindall // *Prev Med.* – 1998. – P. 572-582.

tion of fruit and vegetables / H. Dixon, R. Borland, C. Segan, H. Stafford, C. Sindall // *Prev Med.* – 1998. – P. 572-582.

4. Power, J.M. Intervention (Txt4HappyKids) to Promote Fruit and Vegetable Intake Among Families With Young Children: Pilot Study / J.M. Power, A.A. Bersamin // *JMIR Form Res.* – 2018. – P. 355-369.

5. Gustafson, A. Mentor-Led Text-Messaging Intervention Increases Intake of Fruits and Vegetables and Goal Setting for Healthier Dietary Consumption among Rural Adolescents in Kentucky and North Carolina / A. Gustafson, S.B. Jilcott Pitts, K. McQuerry, O. Babtunde, J.A. Mullins // *Nutrients.* – 2017; 2019 P. 161-163.

6. Wholefoods [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wholefoodsmarket.co.uk/>. – Дата доступа: 22.09.2022.

7. Janhonen, K. Perusopetuksenruoka-kasvatusravintotiedostaruokatajuun. Luovajavastuulinenkotitalousopetus / K. Janhonen, J. Mäkelä, P. Palo-joki // *Creative and responsible home economics education.* – 2015. – Vol. 38. – P. 107-120.

8. Масанский, С. Л. Программы школьного питания как конвергентный опыт: опыт Финляндии (обзор) / С.Л. Масанский // *Вестник Белорусского государственного университета пищевых и химических технологий.* – 2021. – № 2 (31). – С. 3-31.

9. Об организации питания обучающихся [Электронный ресурс]: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 14 окт. 2019 г., № 694 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C21900694&p1=1>. – Дата доступа: 11.11.2022.

10. Киреенко, Н.В. Организационно-экономический механизм сбалансированного развития рынка овощей Республики Беларусь / Н.В. Киреенко, М.А. Арналович // *Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. аграр. наук.* – 2022. – Т. 60, № 1. – С. 7-22.

11. The role of fiscal policies in health promotion (OECD Health Working Papers). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.oecd-ilibrary.org/social-issues-migration-health/the-role-offiscal-policiesin-health-promotion_5k3twr94kvzx-en?crawler=true. – Дата доступа: 13.10.2022.

12. Thow, A.M. A systematic review of the effectiveness of food taxes and subsidies to improve diets: understanding the recent evidence / A.M. Thow, S. Downs, S. Jan // *NutrRev.* – 2014. – P. 551-565.

13. 7 целебных продуктов питания наших предков [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://econet.by/articles/65710-7-tselebnyh-produktov-pitaniya-nashih-predkov>. – Дата доступа: 25.09.2022.

14. Fritts, J. Herbs and spices increase liking and preference for vegetables among rural high school students / J. Fritts, C. Fort, A. Corr, Q. Liang, L. Alla, T. Cravener, J. Hayes, B. Rolls, C. D'Adamo, K. Keller // *Food Quality and Preference.* – 2018.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.01.2023

Правила для авторов

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

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

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

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

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

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

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

4) при наборе формул необходимо следовать общепринятым правилам:

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

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

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

г) цифры набираются шрифтом прямого начертания;

д) аббревиатуры функций набираются прямо;

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

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

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

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

4. Цифровой материал должен оформляться в виде таблиц. Каждая таблица должна иметь заголовок и номер (если таблиц несколько). Рекомендуется установить толщину линии не менее 1 пт. В оформлении таблиц и

графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

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

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

индекс УДК;

название статьи;

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

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

основную часть, включающую графики и другой иллюстративный материал (при их наличии);

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

В разделе «Введение» должен быть дан краткий обзор литературы по данной проблеме, указаны не решенные ранее вопросы, сформулирована и обоснована цель работы.

Основная часть статьи должна содержать описание методики, аппаратуры, объектов исследования и подробно освещать содержание исследований, проведенных авторами.

В разделе «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*

Мобильная установка для очистки отработанных гидравлических и моторных масел



Предназначена для очистки, как свежих товарных смазочных материалов, так и ранее использованных масел в ДВС и гидравлических системах, удовлетворяющих техническим требованиям для дальнейшего повторного использования.

Применение установки позволит повысить качество и продлить срок службы моторных и гидравлических масел. Она может использоваться на предприятиях по ремонту и техническому сервису машинно-тракторного парка, а также непосредственно в хозяйствах. Данную установку можно

использовать также для профилактической очистки свежих масел, в которых количество загрязнений выше допустимых пределов.

Основные технические данные

Производительность установки, л/мин.....	20
Рабочий объем бака, л.....	45
Рабочая температура масла, °С.....	60–90
Мощность маслонагревателя, кВт.....	6
Время нагрева масла от 10 до 60°С, мин.....	12
Потребляемая мощность, кВт.....	1,5
Тонкость очистки, мкм.....	5–15
Габаритные размеры установки, мм.....	1250x650x1000
Масса, кг.....	110

