



ISSN 2078-7138 (Print)
ISSN 2078-7146 (Online)
DOI: 10.56619/2078-7138-2023-156-2

АГРОПАНОРАМА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ДЛЯ РАБОТНИКОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

№ 2
апрель
2023

В номере:

Совершенствование доильного аппарата изменением вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана

Расчет конструктивных параметров проточных электродных электронагревателей с секционированными и зонированными электродными системами

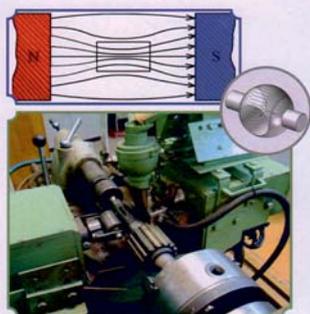
Универсальный электротигель для проведения экспресс-контроля показателей качества моторных масел в условиях предприятий АПК

Система доступа сельскохозяйственных товаров на рынки государств – членов Евразийского экономического союза



НАШИ ИЗДАНИЯ

УПРОЧНЯЮЩАЯ И ФИНИШНАЯ АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА В МАГНИТНОМ ПОЛЕ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН



Упрочняющая и финишная абразивная обработка в магнитном поле деталей сельскохозяйственных машин / Л.М. Акулович [и др.]; под редакцией Л.М. Акуловича. – Минск: БГАТУ, 2022. – 360 с.

В монографии приведены результаты научных исследований процессов восстановления изношенных поверхностей деталей магнитно-электрическим упрочнением и повышения их физико-механических свойств при упрочняющей магнитно-абразивной обработке. Описан механизм формирования износостойких покрытий из ферромагнитных порошков под действием электрических разрядов в магнитном поле.

Адресуется научным и инженерно-техническим работникам научно-исследовательских институтов, машиностроительных и ремонтных предприятий, а также аспирантам, магистрантам и студентам технических специальностей учреждений высшего образования.

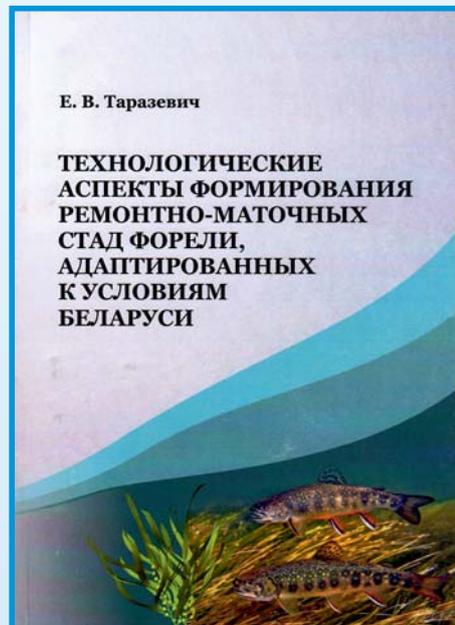
Таразевич, Е.В. Технологические аспекты формирования ремонтно-маточных стад форели, адаптированных к условиям Беларуси / Е.В. Таразевич. – Минск: БГАТУ, 2022. – 192 с.

В монографии обобщены данные научной литературы по направлениям и рыбоводным методам, используемым при выведении новых пород форели. Представлены результаты многолетних исследований автора по рыбоводственным, биохимико-генетическим, физиолого-биохимическим показателям групп форели, разводимых в Беларуси, а также схема ведения селекционно-племенной работы по созданию многолинейных маточных стад форели с использованием высокопродуктивных пород форели зарубежной селекции.

Будет полезна научным работникам, специалистам рыбного хозяйства, преподавателям, аспирантам, студентам высших учебных заведений биологического и аграрного профиля.

Е. В. Таразевич

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ
РЕМОНТНО-МАТОЧНЫХ
СТАД ФОРЕЛИ,
АДАПТИРОВАННЫХ
К УСЛОВИЯМ
БЕЛАРУСИ**



А. В. Китун, А. А. Романович

**ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПОЛНОРАЦИОННЫХ
КОРМОСЕСЕЙ ЖИВОТНЫМ
МОБИЛЬНЫМИ РАЗДАТЧИКАМИ**



Китун, А.В. Энергосберегающие технологии приготовления полнорационных кормосмесей животным мобильными раздатчиками / А.В. Китун, А.А. Романович. – Минск: БГАТУ, 2022. – 164 с.

В монографии рассмотрена энергосберегающая технология приготовления кормовой смеси из стебельчатых кормов и высокоэнергетической добавки из сыпучих или пастообразных кормов мобильным кормораздатчиком, приведено обоснование параметров модуля для сыпучих высокоэнергетических кормов и модуля для пастообразных кормов, изложена методика экспериментальных исследований по определению их оптимальных параметров.

Издание предназначено для научных работников, конструкторов, магистрантов и аспирантов.

АГРОПАНОРАМА 2 (156) апрель 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. Каргашевич	Н.К. Толочко
Н.В. Киреенко	В.П. Чеботарёв
И.П. Козловская	Н.С. Яковчик

Е.В. Сенчуров – ответственный секретарь
Н.И. Цындриня – 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, 2023.

Формат издания 60 x 84 1/8.

Подписано в печать с готового оригинала-макета 27.04.2023 г. Зак. № 225 от 21.04.2023 г.

Дата выхода в свет 28.04.2023 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 - 34,92 руб.;

ведомственная - 36,72 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

**Г.Н. Портянко, Н.П. Гурнович, Г.А. Радишевский,
Е.Г. Гронская, М.Н. Гурнович**

К вопросу повышения сепарирующей способности
картофелеуборочных машин.....2

С.Н. Бондарев

Совершенствование доильного аппарата изменением
вакуумметрического давления в подсосковой камере
доильного стакана.....7

А.Н. Смирнов, П.В. Авраменко, К.А. Омеляшик

О влиянии характера давления на ресурс
гидрооборудования фронтального погрузчика.....13

Энергетика. Транспорт

М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский

Расчет конструктивных параметров проточных электродных
электронагревателей с секционированными и зонированными
электродными системами.....16

Технический сервис в АПК. Экономика

О.О. Мухля, Д.А. Жданко, С.А. Шецко

Оценка зависимости пульсаций давления топлива от частоты
вращения привода диагностического стенда и собственной
частоты впрысков тестируемого инжектора.....23

**В.К. Корнеева, В.М. Капцевич, И.В. Закревский,
В.В. Остриков, Е.В. Ковалевич**

Универсальный электротигель для проведения
экспресс-контроля показателей качества моторных
масел в условиях предприятий АПК.....31

К.В. Борель

Методика комплексной оценки эффективности
производственно-сбытовой системы организации
АПК в условиях цифровой трансформации.....38

Н.В. Киреенко

Система доступа сельскохозяйственных товаров на рынки
государств – членов Евразийского экономического союза.....43

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ СЕПАРИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

Г.Н. Портянко,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Н.П. Гурнович,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Г.А. Радишевский,

доцент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

Е.Г. Гронская,

ассистент каф. сельскохозяйственных машин БГАТУ

М.Н. Гурнович,

начальник отдела международных связей БГАТУ

В статье представлены результаты теоретических и лабораторных исследований выбора параметров пруткового интенсификатора сепарации почвы, работающего в сочетании с активным трехгранным битером.

Ключевые слова: картофелеуборочная машина, ботва, интенсификатор, трехгранный битер, сепарация почвы.

The paper presents the results of theoretical and structural analysis of selecting the parameters of a rod-type soil separation intensifier that operates in combination with an active triangular beater.

Key words: potato harvester, haulm, intensifier, triangular beater, soil separation.

Введение

Картофель является одной из основных возделываемых культур в Республике Беларусь и занимает в структуре посевных площадей около 4 %. [1]. Однако, несмотря на принимаемые меры по совершенствованию технологий возделывания картофеля, техническое обеспечение его производства отстает от уровня механизации возделывания других сельскохозяйственных культур.

Наиболее сложным технологическим процессом при производстве картофеля является уборка, которая связана с высокой повреждаемостью и потерями клубней, а также отделением значительной массы почвы (около 1000 тонн с одного гектара), поступающей с клубнями в картофелеуборочную машину [2].

В подкопанном пласте содержится 1,5-2,0 % клубней, а также растительные примеси, корневища и камни. Процесс сепарации осложняется тем, что свойства подкопанного пласта почвы непостоянны, а клубни восприимчивы к механическим повреждениям.

В технологическом процессе работы картофелеуборочной машины одним из узких мест является процесс сепарации почвы на элеваторе или выделение клубней из подкопанного пласта, который зависит от параметров сепарирующих органов, обусловленных спецификой возделывания картофеля. Поэто-

му основным вопросом для машинной уборки картофеля является эффективная сепарация почвы при минимальных повреждениях клубней.

Согласно агротехническим требованиям, используемые в настоящее время сепарирующие органы должны обеспечить выделение клубней из почвы не менее 97 % [3]. Однако не все применяемые в картофелеуборочных машинах сепарирующие органы обеспечивают соблюдение данного параметра.

В результате анализа исследований установлено, что параметры сепарирующих органов зависят от физико-механических свойств подкопываемого пласта, как среды, определяющей работоспособность уборочной техники, а также распределения плотности почвы по поперечному сечению подкопываемого пласта и формы клубней [4].

С целью нарушения внутренних связей в подкопываемом пласте целесообразно внести в конструкцию сепарирующих органов изменения, позволяющие повысить эффективность выделения клубней за счет интенсивности разрушения почвенного пласта в начале технологического процесса.

Целью работы является разработка устройства, обеспечивающего дополнительное воздействие на подкопанный пласт в начале выполнения технологического процесса с одновременным выделением растительных остатков, что обеспечит увеличение про-

ходного сечения между прутками элеватора картофельлеуборочной машины.

Основная часть

Исследованиями по разрушению подкопанного пласта картофельной грядки на сепарирующих органах занимались ученые: Г.Д. Петров, Н.В. Бышов, С.Н. Борычов и А.В. Канатъева [4-7].

В картофелеуборочных машинах для выделения клубней из почвы применяются различные по конструктивному исполнению сепарирующие органы, в том числе пневматического, гидравлического и механического принципа действия.

Несмотря на простоту конструкции, пневматические и пневмомеханические отделители не нашли применения из-за высоких затрат энергии, шума, антисанитарии рабочих мест и низкой технологической способности при работе с ворохом повышенной влажности [4].

Наиболее широкое распространение получили интенсификаторы сепарации механического принципа действия, которые в зависимости от места расположения подразделяются на установленные над элеватором, под ним и между лемехом и элеватором [8].

Наибольшее распространение среди интенсификаторов сепарации, воздействующих на элеватор картофелеуборочных машин, получили роликовые и эллиптические встряхиватели (рис. 1) [9]. Их преимущество состоит в простоте конструкции и невысокой стоимости. Недостаток заключается в том, что они не способны воздействовать на растительные остатки и ботву, находящуюся в нижнем слое подкапываемого вороха, которые уменьшают живое сечение элеватора и снижают его сепарирующую способность.

Интенсификаторы, установленные над прутковым элеватором, по воздействию на пласт подразделяются на вращающиеся (рис. 2а) и колеблющиеся в направлении перемещения вороха и перпендикулярно ему (рис. 2б) [9].

Интенсификаторы с вращательным движением пальцев (рис. 2а) обладают интенсивным воздействием на ворох и широким диапазоном регулирования режимов работы. Однако они требуют плавающей установки относительно элеватора и подвержены наматыванию ботвы.

Колеблющиеся пальчатые интенсификаторы (рис. 2б) равномерно распределяют по ширине элеватора подкопанный ворох, однако снижение эффективности воздействия его на почву связано с тем, что пальцы не поднимают ботву и растительные остатки в верхние слои вороха, что способствует перекрытию живого сечения сепарирующего элеватора [10].

Интенсификаторы сепарации, установленные между лемехом и элеватором, выполняются в виде лопастных и пальцевых барабанов, штифтовых или прутковых битеров (рис. 3) и обеспечивают высокую степень крошения подкапываемого пласта и эффективное расслоение вороха на составляющие, а также подъем ботвы в верхние слои, что увеличивает сепарирующую способность элеваторов. Недостатком этих интенсификаторов является наматывание ботвы.

Данная конструкция интенсификатора используется в копателе КТН-2ВМ, в котором для разрушения подкопанного пласта, между лемехом и основным элеватором установлен активный трехгранный битер, сечение которого имеет вид правильного выпуклого треугольника. Кроме того, битер выполняет функцию защиты элеватора от лобового воздействия подкапываемого пласта и тем самым продлевает срок его

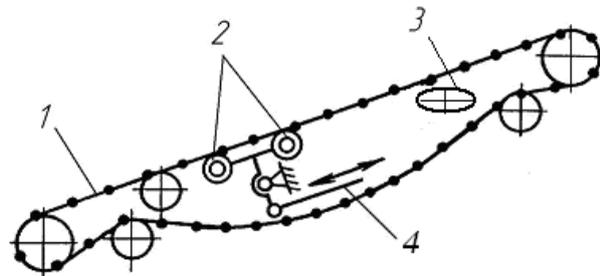
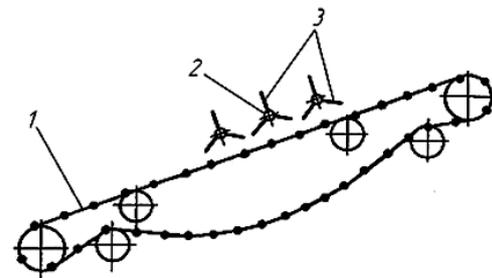
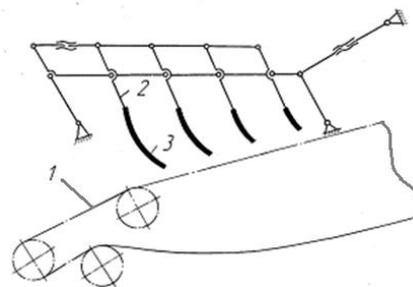


Рисунок 1. Интенсификатор сепарации, установленный под поверхность пруткового элеватора: 1 – элеватор; 2 – ролики (кулачки); 3 – встряхиватель эллиптический; 4 – шатун



а



б

Рисунок 2. Пальчатые интенсификаторы: а – с вращательным движением; б – с колеблющимся; 1 – элеватор; 2 – палец; 3 – наконечник

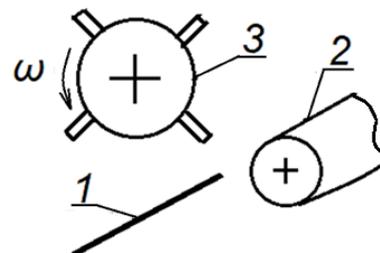


Рисунок 3. Интенсификатор барабанный: 1 – лемех; 2 – элеватор основной; 3 – барабан лопастной

службы. Недостатком данной конструкции является то, что применение сплошного битера не обеспечивает сепарацию почвы, а разрушенный им пласт ботвой и растительными остатками перекрывает просветы между прутками элеватора, что снижает его сепарирующую способность.

Для повышения эффективности процесса сепарации, в Белорусском государственном аграрном техническом университете разработано сепарирующее устройство к картофелекопатель КСТ-1,4М (рис. 4), содержащее подкапывающий лемех 2, активный трехгранный битер 3, сепарирующий элеватор 5, с установленным над ним в направлении движения вороха прутковым интенсификатором 4.

Интенсификатор (рис. 5) выполнен в виде шести независимых прутков 4, шарнирно установленных на подушках лемехов с помощью пальцев 2. Прутки в горизонтальной плоскости расположены относительно друг от друга на расстоянии $b = 180$ мм [4]. Рабочая длина прутков ($l_{пр} = 740$ мм) принята с учетом вписываемости в конструкцию копателя КСТ-1,4М. В нижней передней части каждого прутка установлен винт 1, обеспечивающий изменение амплитуды его колебаний.

Технологический процесс выполняется в следующей последовательности. Лемеха 2, подкапывая картофельный пласт, подают его на прутки интенсификатора 4, которые колеблются за счет взаимодействия с гранями битера 3, а также под действием почвы, поступающей на прутки. При этом мелкая фракция вороха с лемехов проходит сквозь прутки на основной элеватор 5. Длинная ботва и другие растительные остатки выводятся прутками из нижних слоев вороха в верхние, не уменьшая при этом просветы между прутками элеватора, что повышает его сепарирующую способность.

Угол установки (β) прутка интенсификатора (рис. 6) выбран из условия обеспечения транспортирования подкопанного пласта без сгуживания:

$$\beta < \pi / 2 - \varphi,$$

где φ – угол трения вороха по стали ($\varphi = 26^\circ 30'$) [3].

Максимальный угол установки прутка может составлять $\beta < 63^\circ 30'$. Из условия обеспечения транспортирования подкопанного пласта и вписываемости интенсификатора в конструкцию копателя КСТ-1,4М принято максимальное значение угла установки прутка $\beta_2 = 32^\circ$, а минимальное $\beta_1 = 22^\circ$ (рис. 6). При этом ам-

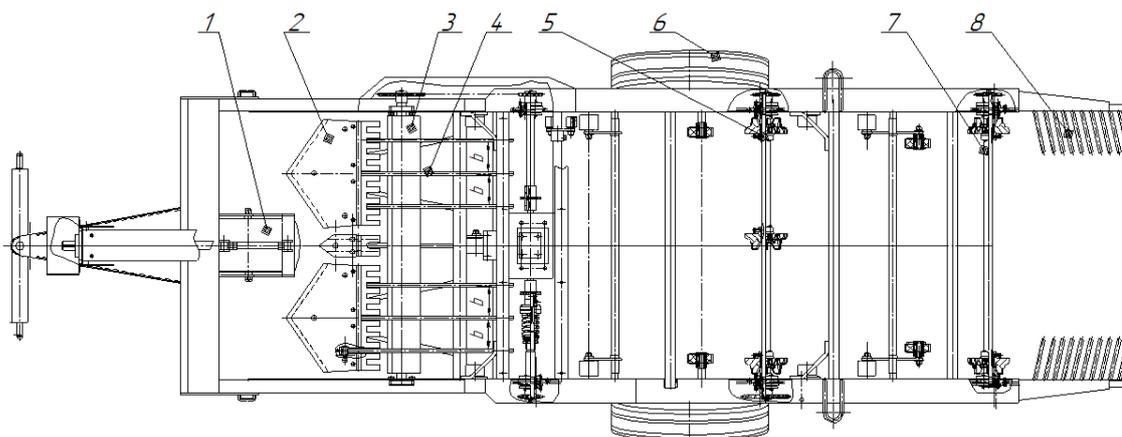


Рисунок 4. Картофелекопатель КСТ-1,4М с интенсификатором: 1 – колесо копирующее; 2 – лемех; 3 – битер трехгранный; 4 – прутки интенсификатора; 5 – элеватор основной; 6 – колесо ходовое; 7 – элеватор каскадный; 8 – решетка сужающая; b – расстояние между прутками

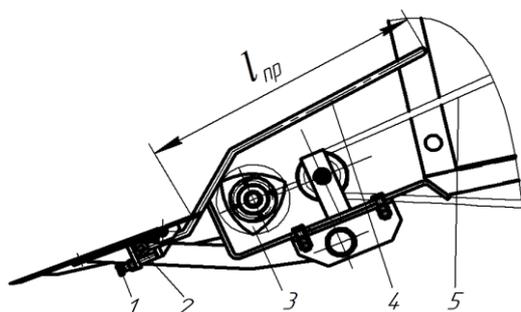


Рисунок 5. Интенсификатор: 1 – винт регулировочный; 2 – палец; 3 – битер; 4 – пруток интенсификатора; 5 – элеватор основной; $l_{пр}$ – длина прутка

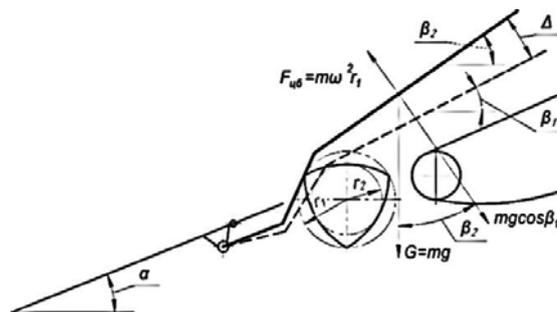


Рисунок 6. Схема к определению кинематических параметров работы интенсификатора: α – угол установки лемеха, град; β_1 – переменный угол установки прутка в зависимости от положения грани битера, град.; r_1 – радиус описанной окружности в битер; r_2 – радиус вписанной окружности битера,

плитуда колебаний прутков составляет $\Delta = 58$ мм.

Для нарушения внутренних связей подкопанного пласта почвы необходимо, чтобы центробежная сила, действующая на подкопанный пласт со стороны прутков, была больше силы тяжести пласта, что обеспечит отрыв от него почвы (режим подбрасывания).

Запишем неравенство:

$$m\omega^2 r_i > mg \cos \beta_i, \quad (1)$$

где m – масса подкопанного пласта, кг;

ω – частота колебания прутка, с^{-1} ;

r_i – радиус описанной окружности бitera, $r_i = 0,080$ м;

g – ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

β_i – переменный угол установки прутка в зависимости от положения грани бitera, град.

Из выражения 1 следует, что частота колебаний решетки составляет: при $r_2 = 0,060$ м $\omega_1 = 97,45 \text{ с}^{-1}$ и соответственно при $r_1 = 0,080$ м $\omega_2 = 117,61 \text{ с}^{-1}$. С учетом того, что бiter имеет три грани, частота колебаний составит: $\omega_1 = 32,48 \text{ с}^{-1}$ ($n_1 = 310,31 \text{ мин}^{-1}$) и $\omega_2 = 39,20 \text{ с}^{-1}$ ($n_2 = 374,52 \text{ мин}^{-1}$).

Для обеспечения транспортирования подкопанного пласта с лемеха на элеватор необходимо, чтобы окружная скорость бitera (V_6) была больше поступательной скорости агрегата [11]:

$$1,2 \cdot V_6 \geq V_M.$$

Окружная скорость грани бitera будет равна $V_6 = 1,2 \cdot \omega_2 \cdot r_2 = 1,2 \cdot 39,20 \cdot 0,080 = 3,76 \text{ м}/\text{с}$;

V_M – поступательная скорость агрегата, $\text{м}/\text{с}$.

Максимальная скорость движения копателя должна быть не более $V_M = 1,30 \text{ м}/\text{с}$ ($4,68 \text{ км}/\text{ч}$) [12]. Условие перемещения пласта под воздействием бitera по пруткам интенсификатора выполняется.

Для оценки эффективности предлагаемой конструкции интенсификатора проводились лабораторные исследования в почвенном канале БГАТУ. Изучалось влияние амплитуды и частоты колебаний прутков на сепарацию почвы (%). Анализ полученных графических зависимостей, приведенных на рис. 7а, показывает, что сепарация почвы с увели-

чением амплитуды более $\Delta_i = 40$ мм возрастает незначительно. Кроме того, с увеличением амплитуды колебаний интенсификатора возникает вероятность сгуживания почвы.

Зависимость сепарации почвы от частоты колебаний прутков (n) при амплитуде $\Delta_i = 40$ мм приведена на графике (рис. 7б), из которого следует, что с увеличением частоты колебаний прутков интенсификатора количество просеянной почвы возрастает.

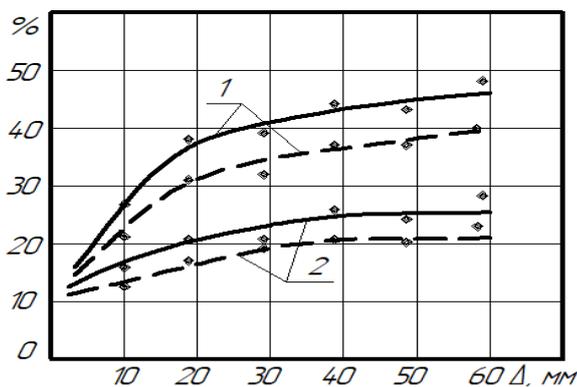
Заключение

Для повышения сепарирующей способности картофелеуборочных машин используются различные конструкции интенсификаторов. Они позволяют на начальной стадии выполнения технологического процесса воздействовать на подкопанный лемехами пласт, нарушая его внутренние связи и целостность. Одним из таких элементов является разработанный интенсификатор, содержащий шесть независимых прутков, шарнирно установленных на подушках лемехов и осуществляющих колебательное движение при помощи трехгранного бitera.

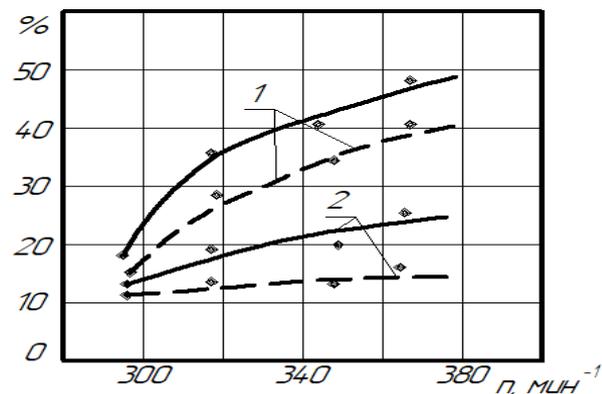
В результате проведенных исследований определены технологические параметры предложенного интенсификатора, установленного на картофелекопатель КСТ-1,4 М: при длине прутков $l_{пр} = 740$ мм, расстоянии между ними $b = 180$ мм частота их колебаний должна быть $n = 374,52 \text{ мин}^{-1}$, амплитуда – $\Delta_i = 40$ мм.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сборник / И.В. Медведева [и др.]. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2021. – 179 с.
2. Бышов, Н.В. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных комбайнов: монография / Н.В. Бышов, А.А. Сорокин. – Рязань: Скопинская типография, 1999. – 128 с.
3. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины /



а



б

Рисунок 7. Зависимость сепарации почвы на элеваторе: а – от амплитуды колебаний прутка (Δ); б – от частоты вращения бitera (n): 1 – $V_M = 1,3 \text{ м}/\text{с}$; 2 – $V_M = 1,1 \text{ м}/\text{с}$
— песчано-суглинистая почва; - - - средний суглинок

Г.Д. Петров. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1984. – 320 с.

4. Петров, Г.Д. Тенденции развития и конструкции машин для возделывания и уборки картофеля / Г.Д. Петров, Е.А. Матвеева. – М.: Машиностроение, 1969. – 54 с.

5. Технология уборки картофеля в сложных условиях с применением перспективных решений в конструкции и обслуживании комбайнов: монография / Н.В. Бышов [и др.] // . – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2015. – 304 с.

6. Борычев, С.Н. Технология и машины для механизированной уборки картофеля (лбзор, теория, расчет): монография/ С.Н. Борычев. – Рязань: РГСХА, 2006. – 201 с.

7. Перспективные направления интенсификации подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин/ А.В. Канатьева [и др.] // Молодой ученый – 2017. – № 11.3 (145.3). – С. 7-10.

8. Сероватов, В.А. Эффективность пневмомеханического отделения клубней в картофелеуборочном комбайне / В.А. Сероватов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1987. – № 10. – С. 35-37.

9. Якутин, Н.Н. Совершенствование технологического процесса и средства интенсификации сепарации картофелеуборочных машин: дис. ...канд. техн. наук: 05.20.01 / Н.Н. Якутин. – Рязань, 2014. – 122 с.

10. Рогов, С.С. Совершенствование технологического процесса и органа первичной сепарации почвы в картофелеуборочных машинах: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С.С. Рогов. – Рязань, 2009. – 185 с.

11. Сорокин, А.А. К расчету параметров колеблющегося (вибрационного) лемеха картофелеуборочной машины / А.А. Сорокин // Тр. ВИСХОМа, 1960. – Вып. 30. – 165 с.

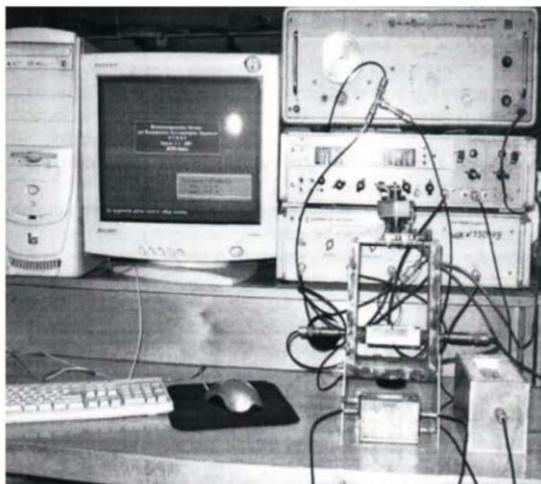
12. Инструкция по эксплуатации копателя КСТ-1,4А. – Лида: Лидагромаш, 2008. – 23 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 25.01.2023

Информационная измерительная система для измерений физических, геометрических, структурных характеристик материалов

Предназначена для исследования и тестирования состояния материалов и сред на основе анализа закономерностей параметрического воздействия изменяющихся во времени характеристик на частотно-фазовые соотношения зондирующих акустических и электрических колебаний.

Измерительная система успешно применена для изучения свойств и состояния магнитных и немагнитных металлов, полимерных композитов, включая кинетику их перехода к твердому состоянию.



Основные технические данные

Измеряемая величина	Диапазон измерения	Погрешность
Электрическая емкость	20... 1000 пФ	$3 \cdot 10^{-2}$ пФ
Индуктивность	10...1000 мкГн	$3 \cdot 10^{-2}$ мкГн
Удельная электрическая проводимость	$10^3 \dots 5 \cdot 10^7$ См/м	10^{-3} См/м
Диэлектрическая проницаемость	1...20	10^{-3}
Избыточная температура	100... 500 К	10^{-3} К
Относительные изменения скорости ультразвука	300...6000 м/с	10^{-5}
Малые перемещения	0... 1 мм	1 мкм

УДК 637.116.2

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2023-156-2-7-12>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА ИЗМЕНЕНИЕМ ВАКУУММЕТРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В ПОДСОСКОВОЙ КАМЕРЕ ДОИЛЬНОГО СТАКАНА

С.Н. Бондарев,

ассистент каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

В статье представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению конструктивных параметров доильного аппарата с изменяемым вакуумметрическим давлением в подсосковой камере доильного стакана во время такта «сжатие» и его проверки в производственных условиях.

Ключевые слова: животноводство, молоко, машинное доение, энергоёмкость, вакуум, реверсивное движение молока, шлюзовые каналы, уравнение регрессии.

The article presents the results of theoretical and experimental studies conducted to determine the design parameters of a milking machine with variable vacuum pressure in the suction chamber of a milking cup during the "compression" stroke and its verification in production conditions.

Key words: animal husbandry, milk, machine milking, energy intensity, vacuum, reverse movement of milk, sluice channels, regression equation.

Введение

Результаты исследований Н.П. Мишурова показывают, что на фермы для содержания крупного рогатого скота приходится более 50 % энергозатрат отрасли животноводства, где одним из основных производственных процессов является машинное доение [1].

Одной из причин высоких удельных затрат на процесс машинного доения является обратный отток молоковоздушной смеси из молокосборной камеры коллектора в подсосковые камеры доильных стаканов, возникающий при переходе к такту «сосание» (разжатие стенок сосковой резины). В результате этого на повторную транспортировку молоковоздушной смеси дополнительно затрачивается энергия, что приводит к увеличению удельной энергоёмкости процесса машинного доения коров [2, 3].

Кроме того, при возврате молоковоздушной смеси из молокосборной камеры коллектора в подсосковые камеры доильных стаканов происходит перенос бактерий на сосок вымени коровы, приводящий к повышению риска ее заболеваемости маститом [4, 5].

Исключить обратный отток молоковоздушной смеси из молокосборной камеры коллектора в подсосковые камеры доильных стаканов возможно изменением величины вакуумметрического давления в доильном аппарате во время такта «сжатие», что и является целью данной работы.

Основная часть

Изменить величину вакуумметрического давления в доильном аппарате (рис. 1) во время такта «сжатие» можно поступлением порции воздуха через

шлюзовые каналы 3, выполненные в виде щели, путем рассечения насквозь стенки сосковой резины. Во

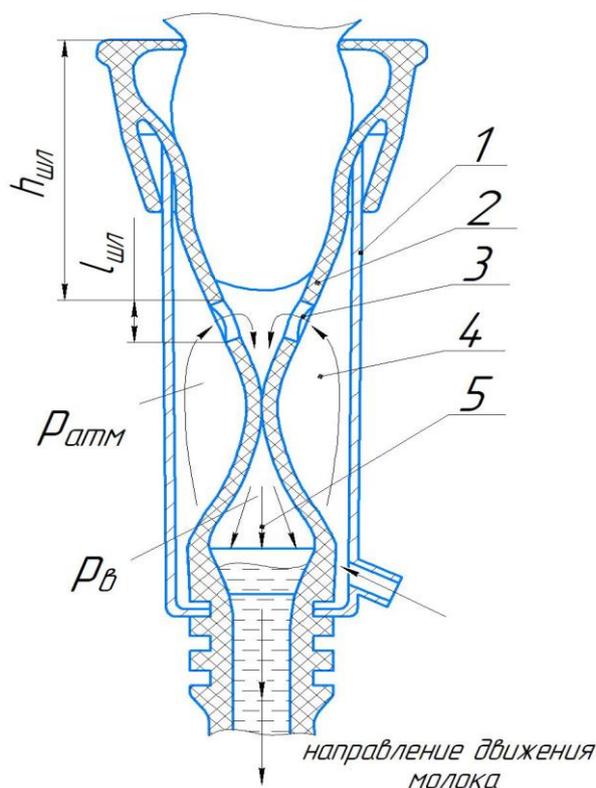


Рисунок 1. Схема доильного стакана со шлюзовыми каналами: 1 – гильза доильного стакана; 2 – сосковая резина; 3 – шлюзовый канал; 4 – межстенная камера; 5 – подсосковая камера

время такта «сжатие» за счет атмосферного давления в межстенной камере 4 ($p_{атм.}$) и вакуумметрического в подсосковой камере 5 ($p_в$) стенки сосковой резины 2 сжимаются и сомкнутые смежные створки шлюзового канала 3 открываются. В этот момент воздух из межстенной камеры 4 перетекает в подсосковую камеру 5, тем самым снижая величину вакуума во время такта «сжатие» в подсосковой камере доильного стакана на величину $p_{шл.}$, равную величине повышения вакуума при переходе к такту «сосание».

Новизна предложенного технического решения подтверждена патентами на изобретение (№ 22689 ВУ; № 22713 ВУ) [5, 6].

Для исключения повышения вакуума при разжатии стенок сосковой резины, приводящего к обратно-

му оттоку молоковоздушной смеси из молокоборной камеры коллектора в подсосковые камеры доильных стаканов, необходимо определить конструктивные параметры шлюзовых каналов.

Для выполнения поставленной задачи были определены факторы, оказывающие наибольшее влияние на процесс работы доильного аппарата, среди которых выделили факторы с наибольшим влиянием на поступление воздуха через шлюзовые каналы (табл. 1).

Экспериментальные исследования по определению влияния изменения вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана на энергоемкость процесса машинного доения проводились на доильной установке «Westfalia» (рис. 2) с использованием доильного аппарата со шлюзовыми канала-

Таблица 1. Уровни и интервалы варьирования факторов при проведении экспериментальных исследований по определению влияния изменения вакуумметрического давления в подсосковой камере доильного стакана на энергоемкость процесса машинного доения

Наименование фактора	Кодированное обозначение	Натуральное обозначение	Интервалы варьирования	Уровни варьирования		
				-1	0	+1
Высота расположения шлюзовых каналов относительно присоска сосковой резины, мм	X_1	$h_{шл}$	25	40	65	90
Длина шлюзовых каналов, мм	X_2	$l_{шл}$	5	8	13	18
Количество шлюзовых каналов, шт.	X_3	$n_{шл}$	1	1	2	3



Рисунок 2. Общий вид экспериментальной установки Westfalia:
1 – доильная установка «Westfalia»; 2 – тестер VPR-100 Delaval; 3 – газовый счетчик РБГ У G2,5А; 4 – доильный аппарат с изменяемым вакуумметрическим давлением; 5 – искусственное вымя

ми, расположенными в доильных стаканах, искусственного вымени, счетчика газа РБГ У G2,5А и тестера VPR – 100 Delaval.

Для проведения экспериментальных исследований использовался доильный аппарат (рис. 3), состоящий из доильных стаканов 1, коллектора 2 и шлюзовых каналов 3, выполненных в стенке сосковой резины доильного стакана 1. Шлюзовые каналы при этом были со значениями параметров, указанными в таблице 1.



Рисунок 3. Доильный аппарат с изменяемым вакуумметрическим давлением во время такта «сжатие»: 1 – доильный стакан с изменяемым вакуумметрическим давлением; 2 – коллектор; 3 – шлюзовый канал, выполненный в стенке сосковой резины

После обработки полученных результатов экспериментальных исследований было получено трехфакторное ортогонализированное уравнение регрессии второго порядка в закодированном и раскодированном виде:

$$Y = 2,883 - 0,0979X_1 - 0,0911X_2 + 0,1782X_1^2 + 0,1489X_2^2 + 0,1410X_3^2 \quad (1)$$

$$\Xi = 6,150 - 0,0409h_{\text{шл}} - 0,173l_{\text{шл}} - 0,564n_{\text{шл}} + 0,000285h_{\text{шл}}^2 + 0,00595l_{\text{шл}}^2 + 0,141n_{\text{шл}}^2 \quad (2)$$

По результатам полученных уравнений регрессии построены графические зависимости, представленные на рисунке 4.

Анализ графических зависимостей на рисунке 4 показал, что при параметрах доильной установки: $p_b = 40$ кПа, $\gamma_n = 62$ мин⁻¹ и соотношении тактов «сосание» и «сжатие» 60/40, значениях конструктивных параметров шлюзовых каналов: $h_{\text{шл}} = 72$ мм, $l_{\text{шл}} = 15$ мм, $n_{\text{шл}} = 2$ шт., энергоёмкость процесса машинного доения снижается с 3,35 кВт·ч/т до 3,036 кВт·ч/т.

Практическое внедрение полученных результатов исследований осуществлялось на молочно-товарной ферме «Веселое» в СХФ ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный завод» «Светлая Нива»

на доильной установке «Westfalia». Для оценки экономической эффективности внедрения разработанного доильного аппарата по сравнению с серийным были отобраны две группы животных с одинаковым средним удоём. Первая группа доилась серийным доильным аппаратом, а вторая – доильным аппаратом с изменяемым вакуумметрическим давлением.

Кроме того, в процессе производственного внедрения доильного аппарата с изменяемым вакуумметрическим давлением тестером VPR–100 Delaval контролировалось вакуумметрическое давление, расход воздуха в доильном аппарате, частота пульсаций и время доения животных (рис. 5) [7-10].

Результаты производственного внедрения модернизированного доильного аппарата представлены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 свидетельствует о том, что расход воздуха в доильном аппарате с изменяемым вакуумметрическим давлением по сравнению с серийным увеличился с 2,61 м³/ч до 2,95 м³/ч (13 %), годовой расход электроэнергии привода вакуумного насоса доильной установки снизился с 196,3 кВт·ч до 179,2 кВт·ч (9,5 %), число часов работы доильного аппарата в год снизилось с 939,8 ч до 887,5 ч (3,6 %).

Расчет экономической эффективности использования доильных аппаратов на МТФ «Веселое» СХФ ОАО «УКХ ММЗ» «Светлая Нива» проводился согласно ТКП 151-2008 «Методы экономической оценки. Порядок определения показателей» [11]. Основные результаты расчета представлены в таблице 3.

На основании данных таблицы 3 установлено, что производительность доильного аппарата с изменяемым вакуумметрическим давлением по сравнению с серийным увеличилась с 6,49 коров/ч до 6,87 коров/ч (5,9 %), энергоёмкость процесса машинного доения снизилась с 3,69 кВт·ч/т до 3,37 кВт·ч/т (9,5 %), удельные эксплуатационные издержки снизились с 131,51 руб./т до 124,67 руб./т (5,5 %), срок возврата капитала составит 0,48 года.

Коэффициент снижения энергоёмкости процесса машинного доения животных определим по формуле [12, с. 29]:

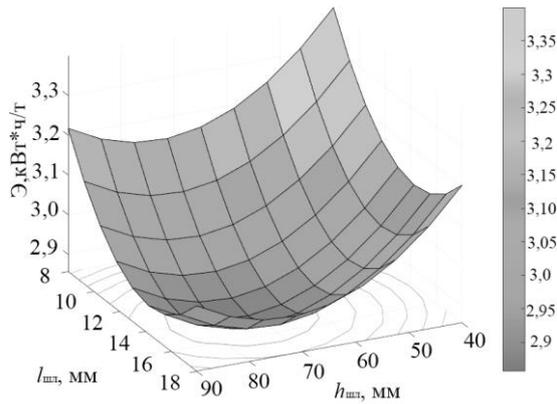
$$K_e = \frac{E_{п2}}{E_{п1}} = \frac{3,37}{3,69} = 0,913, \quad (3)$$

где $E_{п1}$ – удельная энергоёмкость работы доильного аппарата Westfalia, кВт·ч/т;

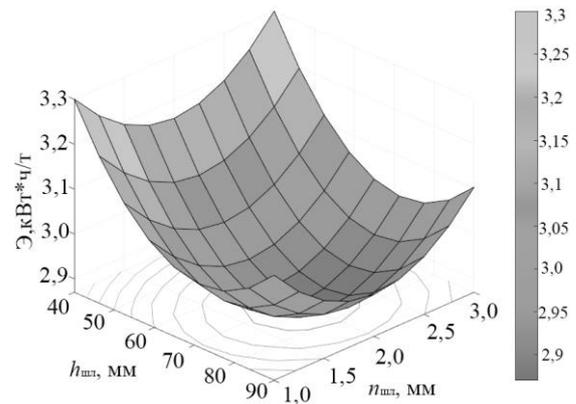
$E_{п2}$ – удельная энергоёмкость работы доильного аппарата с изменяемым вакуумметрическим давлением, кВт·ч/т.

Уровень интенсификации процесса машинного доения определим по формуле [12, с. 30]:

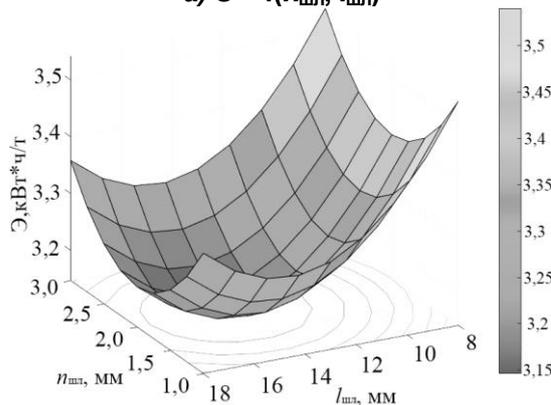
$$I_e = (1 - K_e)100 = (1 - 0,913)100 = 8,7 \%. \quad (4)$$



а) $\Xi = f(h_{шл}, l_{шл})$



б) $\Xi = f(h_{шл}, n_{шл})$



в) $\Xi = f(n_{шл}, l_{шл})$

Рисунок 4. Зависимость энергоемкости процесса машинного доения (Ξ) от конструктивных параметров шлюзовых каналов ($h_{шл}, l_{шл}, n_{шл}$):

- а) зависимость энергоемкости процесса машинного доения от высоты расположения шлюзовых каналов относительно присоска сосковой резины и длины шлюзовых каналов;**
- б) зависимость энергоемкости процесса машинного доения от высоты расположения шлюзовых каналов относительно присоска сосковой резины и количества шлюзовых каналов;**
- в) зависимость энергоемкости процесса машинного доения от количества и длины шлюзовых каналов**



Рисунок 5. Регистрация параметров доильного аппарата с изменяемым вакуумметрическим давлением в условиях животноводческой фермы СХФ ОАО «УКХ ММЗ» «Светлая Нива»: 1 – доильный стакан с изменяемым вакуумметрическим давлением; 2 – шланг для измерений пульсационных характеристик доильного аппарата в процессе машинного доения животного; 3 – шланг для измерений величины вакуумметрического давления в подсосковой камере; 4 – коллектор доильного аппарата; 5 – пульсометр VPR-100 Delaval

Таблица 2. Результаты производственного внедрения модернизированного доильного аппарата со шлюзовыми каналами, выполненными в стенках сосковых резин доильных стаканов

Показатели	Значения		Отклонения +/-
	Доильный аппарат Westfalia	Модернизированный доильный аппарат (со шлюзовыми каналами)	
Вакуумметрическое давление, кПа	40	40	-
Частота пульсаций, мин ⁻¹	60	62	+2
Расход воздуха в доильном аппарате, м ³ /ч	2,61	2,95	+0,34
Годовой расход электроэнергии на привод вакуумного насоса доильной установки, кВт·ч	196,3	179,2	-17,1
Годовой удой молока на ферме контрольной группы коров, т	53,25	53,25	-
Число часов работы доильного аппарата в год, ч	939,8	887,5	-52,3

Таблица 3. Основные показатели определения экономической эффективности использования сравниваемых доильных аппаратов

Показатели	Доильный аппарат Westfalia	Модернизированный доильный аппарат (со шлюзовыми каналами)	Откл. +/-
Балансовая стоимость доильного аппарата, руб.	338,00	511,67	+173,67
Производительность доильного аппарата, коров / ч	6,49	6,87	+0,38
Энергоемкость процесса работы доильного аппарата, кВт·ч/т	3,69	3,37	-0,32
Средние годовые надои контрольной группы коров, т	53,25	53,25	-
Годовые эксплуатационные затраты, руб.	7002,92	6638,55	-461,83
Удельные эксплуатационные издержки, руб./т	131,51	124,67	-8,67
Чистый дисконтированный доход, руб.	1523,72		
Срок возврата капитала, лет	0,48		

Экономическая эффективность использования доильного аппарата со шлюзовыми каналами достигается за счет исключения повышения вакуума при разжатии сосковой резины, приводящего к исключению затрат энергии на повторную транспортировку молока и увеличению производительности доильного аппарата. В результате этого снижаются удельные эксплуатационные издержки на тонну надоенного молока.

Тогда, годовой экономический эффект использования доильной установки с изменяемым вакуумметрическим давлением на МТФ «Веселое» определим по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{МТФ}} = n_{\text{ст}} Q_{\text{ж}} I_{\text{экс.}} = 260 \cdot 5,03 \times 8,67 = 11\,338,6 \text{ руб.}, \quad (5)$$

где $n_{\text{ст}}$ – количество дойных коров на МТФ «Веселое», шт.;

$Q_{\text{ж}}$ – средняя годовая продуктивность коров на МТФ «Веселое», т/год;

$I_{\text{экс.}}$ – экономия эксплуатационных издержек, руб./т, $I_{\text{экс.}} = 8,67$ руб./т (табл. 3).

Прогнозируемый совокупный народнохозяйственный экономический эффект от использования процесса машинного доения с изменяемым вакуумметрическим давлением во время такта «сжатие» определим по формуле

$$\mathcal{E}_{\text{н}} = Q_{\text{стр}} I_{\text{экс.}} = 7871000 \cdot 8,67 = 68\,241\,570 \text{ руб.}, \quad (6)$$

где $Q_{\text{стр}}$ – производство молока в Республике Беларусь в 2022 году, тыс. т, $Q_{\text{стр}} = 7871$ тыс. т [13].

Заключение

1. Исключить реверсивное движение молока из молокосорной камеры коллектора в подсосковые камеры доильных стаканов можно поступлением воздуха в подсосковую камеру доильного стакана из межстенной через шлюзовые каналы во время такта «сжатие».

2. По результатам лабораторных исследований установлено, что при параметрах доильной установки: $p_{\text{в}} = 40$ кПа, $\chi_{\text{д}} = 62$ мин⁻¹, соотношении тактов «сосание» и «сжатие» 60/40 и параметрах шлюзовых каналов, выполненных в стенке сосковой резины доильного стакана, $h_{\text{шл}} = 72$ мм, $l_{\text{шл}} = 15$ мм, $n_{\text{шл}} = 2$ шт., энергоемкость процесса работы доильного аппарата снизится с 3,35 кВт·ч/т до 3,036 кВт·ч/т.

3. Результаты производственной проверки доильного аппарата с предлагаемым доильным стаканом в условиях СХФ ОАО «Управляющая компания холдинга «Минский моторный завод»» «Светлая Нива» показали, что энергоемкость процесса машинного доения снизи-

лась с 3,69 кВт·ч/т до 3,37 кВт·ч/т или на 9,5 %, потребляемая мощность на привод вакуумного насоса уменьшилась с 0,209 кВт до 0,202 кВт или на 4 %, а производительность доильного аппарата в сравнении с серийным увеличилась с 6,49 коров/ч до 6,87 коров/ч или на 5,9 %.

4. Экономическая эффективность использования доильного аппарата со шлюзовыми каналами на МТФ «Веселое» СХФ ОАО «УКХ ММЗ» «Светлая Нива» составит 8,67 рубля на тонну надоенного молока, уровень интенсификации равен 8,7 %, срок окупаемости – 0,48 года.

Годовой народнохозяйственный экономический эффект составит 68 241, 57 тыс. рублей (в ценах 2022 года).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мишуров, Н.П. Биоэнергетическая оценка и основные направления снижения энергоёмкости производства молока: науч. издание / Н.П. Мишуров. – Москва: Росинформагротех, 2010. – С. 4-5.

2. Бондарев, С.Н. Влияние изменения вакуумметрического давления в доильном стакане на энергоёмкость процесса машинного доения коров / С.Н. Бондарев, А.В. Китун // Агропанорама. – 2022. – № 4. – С. 7-13.

3. Бондарев, С.Н. Разработка и производственная апробация доильного аппарата с изменяемым вакуумметрическим давлением / С.Н. Бондарев, А.В. Китун // Агропанорама. – 2022. – № 5. – С. 14-18.

4. Григорьев, Д.А. Технология машинного доения коров на основе конвергентных принципов управления автоматизированными процессами: монография / Д.А. Григорьев, К.В. Король. – Гродно: ГГАУ, 2017. – 216 с.

5. Доильный стакан: пат. 22689 Респ. Беларусь, МПК А 01J5/08 / С.Н. Бондарев, В.И. Передня, А.В. Китун, Н.Н. Романюк; заявитель Белорусский гос. аграрн. техн. ун-т. – № 20180057, заявл. 14.02.2018;

опубл. 02.07.2019 // Офиц. бюл. / Нац. Центр интел. собственности. – 2019. – № 4. – С. 50.

6. Доильный стакан: пат. 23390 Респ. Беларусь, МПК А 01J5/08 / С.Н. Бондарев, В.И. Передня, А.В. Китун, Н.Н. Романюк; заявитель Белорусский гос. аграрн. техн. ун-т. – № 20190267, заявл. 17.09.2018; опубл. 25.02.2021 // Офиц. бюл. / Нац. Центр интел. собственности. – 2019. – № 4. – С. 50.

7. Milking machine installations – Construction and performance: ISO 5707:2007. – Введ. 15.02.2007. – Geneva: International Organization for Standardization, 2007. – 58 с.

8. Установки и аппараты доильные для коров. Методы испытаний: ГОСТ 34496-2018. – Введ. 01.07.2020. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 49 с.

9. Установки доильные. Конструкции и техническая характеристика: ГОСТ 28545 – 90. – Введ. 01.07.91. – Москва: Гос. комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1991. – 30 с.

10. Milking machine installations – Mechanical tests: ISO 6690:2007. – Введ. 15.02.2007. – Geneva: International Organization for Standardization, 2007. – 46 с.

11. Сельскохозяйственная техника. Методы экономической оценки. Порядок определения показателей = Выпрабаванне сельскагаспадарчай тэхнікі. Методы эканамічнай ацэнкі. Парадак вызначэння паказчыкаў: ТКП 151–2008 (02150). – Введ. 01.02.2009. – Минск: Минсельхозпрод, 2009. – 20 с.

12. Энергоресурсосбережение в животноводстве / Н.С. Яковчик [и др.]. – Минск: Дэбор, 1998. – 292 с.

13. Основные показатели производства отдельных видов продукции животноводства в Республике Беларусь за 2022 год [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/realny-sector-ekonomiki/selskoe-hozyaystvo/selskoe-hozyaystvo/godovye-dannye/>. – Дата доступа: 13.03.2023 г.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 21.03.2023

“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.

О ВЛИЯНИИ ХАРАКТЕРА ДАВЛЕНИЯ НА РЕСУРС ГИДРООБОРУДОВАНИЯ ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА

А.Н. Смирнов,

*доцент каф. стандартизации, метрологии и инженерной графики БГАТУ,
кандидат технических наук, доцент*

П.В. Авраменко,

зав. каф. стандартизации, метрологии и инженерной графики БГАТУ, кандидат технических наук, доцент

К.А. Омелящик,

студент агроэнергетического факультета БГАТУ

В статье рассмотрено влияние характера давления в стреловых гидроцилиндрах фронтального погрузчика на ресурс гидрооборудования. Установлено, что постоянное давление в стреловых гидроцилиндрах обеспечивает больший ресурс гидрооборудования в сравнении с переменным.

Ключевые слова: погрузчик, гидроцилиндры, давление, ресурс.

The article considers the influence of the pressure character in the boom hydraulic cylinders of the front loader on the service life of the hydraulic equipment. It is established, that constant pressure in boom hydraulic cylinders provides longer service life of hydraulic equipment in comparison with variable pressure.

Key words: loader, hydraulic cylinder, pressure, resource.

Введение

Фронтальные погрузчики находят широкое применение во многих отраслях народного хозяйства, в том числе и в агропромышленном комплексе.

В комплекте со сменными рабочими органами они могут выполнять строительные, дорожные, монтажные, погрузочные и другие работы [1, 2]. Для повышения конкурентоспособности погрузчиков перед разработчиками стоит задача увеличения производительности и долговечности, снижения потребления топлива вновь создаваемых машин по сравнению с существующими образцами.

Таким направлением является создание и применение на фронтальных погрузчиках энергосберегающих гидроприводов (ЭСГП), обеспечивающих снижение энергозатрат при работе, повышение производительности, экономию топлива, снижение нагруженности гидрооборудования и увеличение его ресурса.

Теоретическим и экспериментальным исследованиям гидроприводов одноковшовых фронтальных погрузчиков, вопросам их динамики, совершенствованию кинематики погрузочного оборудования, разработке ЭСГП посвящены работы С.В. Абрамова, П.С. Акользиной, Т.В. Алексеевой, И.П. Бородачева, А.В. Вавилова, Л.А. Гобермана, Г.В. Забегалова, И.В. Лесковца, А.М. Лукина, А.Н. Подсвинова, Г.И. Поникарова, А.Н.Смирнова, В.Н. Тарасова, Г.И. Теремязева, А.М. Щемелева и др.

Фронтальные погрузчики являются гидрофицированными. В качестве гибких трубопроводов для подачи рабочих жидкостей в гидросистемах этих машин используются рукава высокого давления (РВД).

В настоящее время существует тенденция к повышению энергоемкости, увеличению давления в гидросистеме, уменьшению расхода рабочей жидкости [3].

С другой стороны, это повышает нагруженность гидрооборудования и снижает его ресурс, который зависит не только от величины давления, но и характера его распределения. Влияние постоянного давления на срок службы РВД представлено в работе [4].

При подъеме стрелы давление в гидросистеме переменное, носит приблизительно линейный характер и в некоторых погрузчиках в верхнем положении стрелы по сравнению с нижним положением отличается в два раза в сторону увеличения вследствие изменения силовых плеч стреловых гидроцилиндров [5]. При этом влияние давления на ресурс РВД не исследовалось.

Выбору рациональных координат установки стреловых и ковшовых гидроцилиндров, совершенствованию кинематики погрузочного оборудования посвящены работы [6, 7].

Целью настоящей работы является рассмотрение влияния переменного давления на долговечность РВД, как компонента гидрооборудования фронтального погрузчика.

Основная часть

Влияние давления на долговечность РВД можно представить следующей формулой [4]:

$$T_p = \frac{p_{\text{но}}^3 T_0}{p_{\text{п}}^3}, \text{ ч,}$$

где $p_{\text{но}}$ – постоянное номинальное давление в РВД, МПа;

p_n – постоянное рабочее давление в РВД, МПа;
 T_p – долговечность РВД при постоянном рабочем давлении, ч;

T_o – номинальная долговечность РВД при постоянном номинальном давлении, ч.

На этом основании можно установить, что для одного и того же типа РВД

$$p_{no}^3 T_o = p_n^3 T_p = const.$$

Назовем произведение $p_{no}^3 T_o$ предельной работоспособностью (рабочим ресурсом) РВД.

Определим коэффициент использования рабочего ресурса δ РВД при постоянном рабочем давлении p_n (МПа) по истечении времени t (с):

$$\delta = \frac{t}{T_p} = \frac{p_n^3 t}{k p_{no}^3 T_o}, \quad (1)$$

где $k = 3600$ с / ч.

Тогда $p_n^3 t \leq \kappa p_{no}^3 T_o$.

Время работы РВД при постоянном давлении p_n :

$$t \leq \frac{k p_{no}^3 T_o}{p_n^3}, \text{ с.} \quad (2)$$

Выражение (2) справедливо, если постоянное рабочее давление

$$p_n < p_{кр},$$

где $p_{кр}$ – критическое давление, при котором РВД аварийно выходят из строя, МПа.

Переменное давление p в стреловых гидроцилиндрах погрузчика при подъеме стрелы и линейном характере его распределения равно

$$p = p_{nn} + \Delta p t, \quad (3)$$

где p_{nn} – давление в стреловых гидроцилиндрах в нижнем положении стрелы, МПа;

Δp – приращение давления в единицу времени, МПа / с.

t – текущее время, с.

Подставляя выражение (3) в формулу (1) и вводя определенный интеграл, получим коэффициент использования рабочего ресурса

$$\delta = \frac{1}{k p_{no}^3 T_o} \int_{t_0}^{t_1} (p_{nn} + \Delta p t)^3 dt, \quad (4)$$

где t_0 – время начала процесса, с; $t_0 = 0$;

t_1 – время подъема стрелы, с.

Проинтегрировав выражения (4), получим

$$\delta = \frac{(p_{nn} + \Delta p t_1)^4 - p_{nn}^4}{4k p_{no}^3 T_o \Delta p}. \quad (5)$$

Так как $p_{пв} = p_{nn} + \Delta p t$,

$$\text{то } \delta = \frac{p_{пв}^4 - p_{nn}^4}{4k p_{no}^3 T_o \Delta p}, \quad (6)$$

где $p_{пв}$ – давление в стреловых гидроцилиндрах в верхнем положении стрелы, МПа.

В формуле (5) функция $\delta = f(\Delta p)$ является монотонно возрастающей, имеет минимум при $\Delta p = 0$ (Δp – величина положительная).

Выражение (5) является общим случаем при линейном характере распределения давления, поэтому при $\Delta p = 0$ для раскрытия неопределенности вида 0/0 необходимо воспользоваться правилом Лопиталья-Бернулли, в результате чего получим исходное выражение (1) для случая $p_n = const$.

Введем обозначения:

$$(p_{nn} + \Delta p t_1)^4 - p_{nn}^4 = K_1;$$

$$4k p_{no}^3 T_o \Delta p = K_2.$$

По правилу Лопиталья-Бернулли имеем:

$$\delta = \delta_{min} = \lim_{\Delta p \rightarrow 0} \frac{\frac{d K_1}{d \Delta p}}{\frac{d K_2}{d \Delta p}} = \frac{(p_{nn} + \Delta p t_1)^3 t_1}{k p_{no}^3 T_o} = \frac{p_{nn}^3 t_1}{k p_{no}^3 T_o}. \quad (7)$$

Итак, выражение (7) аналогично формуле (1).

Следовательно, $\delta = \delta_{min}$ при $\Delta p = 0$.

Скорость изменения давления Δp можно определить по следующей формуле, если известны p_{nn} , $p_{пв}$, t_1 и давление в гидроцилиндрах изменяется по линейному закону:

$$\Delta p = \frac{p_{пв} - p_{nn}}{t_1}.$$

Тогда выражение (6) можно записать в виде

$$\delta = \frac{(p_{пв}^4 - p_{nn}^4) t_1}{(4k (p_{пв} - p_{nn}) p_{no}^3 T_o)}. \quad (8)$$

Таким образом, наименьший коэффициент использования рабочего ресурса δ РВД при условии совершения стреловыми гидроцилиндрами одинаковой работы, что соответствует определенной высоте подъема груза, и при одинаковом времени подъема будет при постоянном давлении в стреловых гидроцилиндрах. Это следует учитывать при проектировании гидромеханизма подъема стрелы погрузчика.

Найдем коэффициент использования рабочего ресурса РВД при подъеме стрелы для погрузчика Амкордор 333В грузоподъемностью 3,4 т, для которого $p_{nn} = 9,6$ МПа, $p_{пв} = 19$ МПа.

Подставляя в выражение (8) численные значения, получим

$$\delta = \frac{(19^4 - 9,6^4) t_1}{4k (19 - 9,6) p_{no}^3 T_o} = \frac{3240 t_1}{k p_{no}^3 T_o}.$$

В случае рациональной установки стреловых гидроцилиндров давление можно принять стабилизированным и примерно равным среднему давлению $p_{ср}$

$$p_{пер} = \frac{19 + 9,6}{2} = 14,3 \text{ МПа.}$$

Коэффициент использования рабочего ресурса δ_1 РВД в этом случае равен

$$\delta_1 = \delta_{\min} = \frac{p_{пер}^3 t_1}{k p_{по}^3 T_o} = \frac{14,3^3 t_1}{k p_{по}^3 T_o} =$$
$$= \frac{2924 t_1}{k p_{по}^3 T_o}.$$

Увеличение коэффициента использования рабочего ресурса РВД при переменном давлении в гидроцилиндрах по сравнению с постоянным

$$\frac{\delta}{\delta_1} = \frac{k p_{по}^3 T_o}{2924 t_1} = 1,11 \text{ раза}$$

или на 11 %, что снижает ресурс (работоспособность) РВД.

Заключение

Предложена методика определения коэффициента использования рабочего ресурса гидрооборудования на примере РВД при переменном давлении в стреловых гидроцилиндрах фронтальных погрузчиков в сравнении с постоянным. Расчеты показывают, что постоянное давление в гидроцилиндрах при подъеме стрелы для погрузчика Амкодор 333В грузоподъемностью 3,4 т обеспечит максимальную работоспособность РВД и позволит увеличить их ресурс на 11%.

Стабилизировать давление в гидроцилиндрах фронтального погрузчика рекомендуется путем совершенствования кинематики погрузочного оборудования [8, 9].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник конструктора дорожных машин / И.П. Бородачев [и др.]; под ред. И.П. Бородачева. –

Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973. – 503 с.

2. Базанов, А.Ф. Самоходные погрузчики. / А.Ф. Базанов, Г.В. Забегалов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 408 с.

3. Улучшение кинематических параметров гидромеханизма подъема стрелы фронтального погрузчика / А.Н. Смирнов [и др.] // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: матер. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26-27 ноября 2020 г. / Белор. гос. аграрн. технич. ун-т; редкол. Н.Г. Серебрякова [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2020. – С. 207-212.

4. Акользина, П.С. Срок службы РВД для гидроприводов / П.С. Акользина, Ф.Н. Жуков // Строительные и дорожные машины. – 1973. – № 8. – С. 11-12.

5. Определение давления в стреловых гидроцилиндрах погрузчика при подъеме стрелы в динамике / А.Н. Смирнов [и др.] // Техническое и кадровое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: матер. Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24-25 ноября 2019 г.: в 2 ч. / Белор. гос. аграрн. технич. ун-т; редкол.: И.Н. Шило [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2019. – Ч. 1. – С. 272-273.

6. Смирнов, А.Н. Расчет некоторых кинематических и динамических параметров погрузочного оборудования одноковшового фронтального погрузчика / А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – Вып. 46. – С. 64-68.

7. Смирнов, А.Н. Выбор рациональных координат установки гидроцилиндров подъема стрелы погрузчика / А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. – Вып. 46. – С. 68-71.

8. Смирнов, А.Н. Рекомендации по повышению энергоэффективности одноковшовых фронтальных погрузчиков при эксплуатации / А.Н. Смирнов, П.В. Авраменко. – Минск: БГАТУ, 2020. – 76 с.

9. Смирнов, А.Н. Научно-технические основы проектирования фронтальных погрузчиков: монография / А.Н. Смирнов, П.В. Авраменко. – Минск: БГАТУ, 2021. – 172 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 28.02.2023

РАСЧЕТ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЕЙ С СЕКЦИОНИРОВАННЫМИ И ЗОНИРОВАННЫМИ ЭЛЕКТРОДНЫМИ СИСТЕМАМИ

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 приведены разработанные методики расчета конструктивных параметров проточных электродных электронагревателей с секционированными и зонированными электродными системами. Отмечено, что сложность происходящих электротепловых процессов в секционированных и зонированных электродных электронагревателях требует использования численных методов расчета.

Ключевые слова: электродный электронагреватель, секционированные электродные системы, зонированные электродные системы, плотность тока, конструктивные параметры.

The article presents the developed methods for calculating the design parameters of flow-through electrode heaters with sectioned and zoned electrode systems. It is noted that the complexity of the ongoing electrothermal processes in sectioned and zoned electrode electric heaters requires the use of numerical calculation methods.

Key words: electrode electric heater, sectioned electrode systems, zoned electrode systems, current density, design parameters.

Введение

Основным технологическим требованием, предъявляемым к электродным электронагревателям (ЭЭН), является обеспечение равномерного или заданного распределения температуры в межэлектродном пространстве обрабатываемой среды [1-4]. Для выполнения этого условия, обеспечивающего качество электротепловой обработки среды, необходимо соблюдать требование по распределению плотности тока в межэлектродном пространстве обрабатываемой среды [5-9]. Однако в связи с существенным разнообразием возможных вариантов реализации указанных ЭЭН необходима разработка типовых методик расчета основных электротепловых схем секцио-

нированных и зонированных ЭЭН, которые можно адаптировать к конкретным электротепловым схемам ЭЭН текучих токопроводящих сред.

Цель данной статьи – разработать типовые методики расчета конструктивных параметров основных электротепловых схем проточных ЭЭН текучих токопроводящих сред с секционированными и зонированными электродными системами.

Основная часть

Электротепловая схема проточного ЭЭН с секционированной системой электродов, имеющей два электрода [3; 5, 6] с переменным сечением межэлектродного пространства, изображена на рисунке 1.

Электротепловые процессы, происходящие в ЭЭН

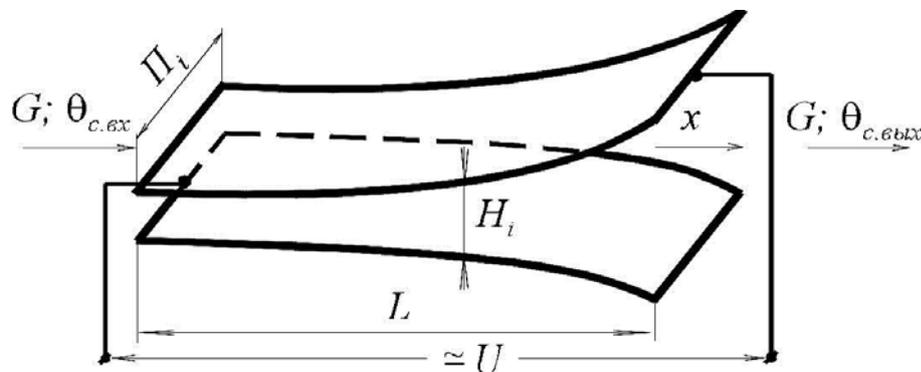


Рисунок 1. Проточный ЭЭН с секционированной системой электродов

вдоль канала протекания среды во времени, описываются следующим дифференциальным уравнением:

$$C_p \cdot \rho_c \cdot H_i \cdot \Pi_i \cdot \frac{\partial \theta_c}{\partial \tau} + C_p \cdot G \cdot \frac{\partial \theta_c}{\partial x} = \frac{U^2 \cdot \Pi_i \cdot \eta}{\rho_i(\theta_c) \cdot H_i}, \quad (1)$$

где C_p – удельная теплоемкость обрабатываемой среды, Дж/(кг·°C);

ρ_c – плотность обрабатываемой среды, кг/м³;

H_i – межэлектродное расстояние на i -й секции ЭЭН, м;

Π_i – ширина электродов на i -й секции ЭЭН, м;

θ_c – температура обрабатываемой среды, °C;

G – массовый расход обрабатываемой среды, кг/с;

U – напряжение питания, В;

x – текущая координата длины ЭЭН, м;

η – коэффициент полезного действия, о.е.

ρ_i – удельное сопротивление обрабатываемой среды, Ом·м.

Электротепловая схема многозонного (зонируемого) проточного ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой, образованная тремя (двухзонный ЭЭН) и более электродами [3; 5; 7-9], изображена на рисунке 2.

Электротепловые процессы, происходящие в таких ЭЭН, вдоль канала протекания среды во времени, описываются следующей системой уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} & C_p \cdot \rho_c \cdot H_k \cdot \Pi_k \cdot \frac{\partial \theta_c}{\partial \tau} + C_p \cdot G \cdot \frac{\partial \theta_c}{\partial x} = \frac{U_k^2 \cdot \Pi_k \cdot \eta}{\rho_i(\theta_c) \cdot H_k}; \\ & U_k = \sum_{k=1}^N I \cdot R_k; \\ & I = U / R; \\ & R = \sum_{k=1}^N R_k; \\ & R_k = \int_0^{L_k} \rho_i(\theta_c) dx \cdot \int_0^{L_k} H_k dx / \left(\int_0^{L_k} \Pi_k dx \cdot L_k^2 \right), \end{aligned} \right. \quad (2)$$

где I – мгновенное значение полного тока ЭЭН, А;

R_k – мгновенное значение сопротивления k -й зоны ЭЭН, Ом;

R – мгновенное значение полного сопротивления ЭЭН, Ом;

U_k – мгновенное значение напряжения на k -й последовательно соединенной зоне ЭЭН, В;

H_k – межэлектродное расстояние на k -й зоне ЭЭН, м;

Π_k – ширина электродов на k -й зоне ЭЭН, м;

L_k – длина электродов k -й зоны ЭЭН, м;

N – количество последовательно соединенных зон на единицу меньше количества электродов электродной системы ЭЭН.

При расчете конструктивных параметров ЭЭН с секционированной системой электродов [3; 5, 6] (рис. 1) и для многозонного ЭЭН [3; 5; 7-9] (рис. 2) электротепловые процессы, происходящие на i -м элементарном

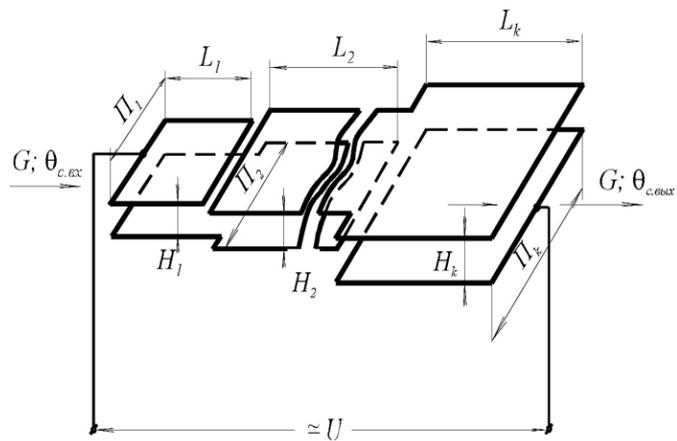


Рисунок 2. Проточный многозонный ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой

участке любой k -й зоны в статике, при $\partial \theta_c / \partial \tau = 0$, описываются дифференциальным уравнением

$$C_p \cdot G \cdot \frac{d \theta_c}{dx} = U_i^2 \cdot \Pi_i \cdot \eta / (\rho_i(\theta_c) \cdot H_i), \quad (3)$$

где U_i – напряжение питания на i -й секции электронагревателя ($U_i = U$ – при расчете секционированного ЭЭН, $U_i = U_k$ – при расчете многозонного ЭЭН), В;

$\Pi_i = \Pi_k$ – при расчете многозонного ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой;

$H_i = H_k$ – при расчете многозонного ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой.

При расчете многозонного ЭЭН с переменным сечением межэлектродного пространства k -й зоны ЭЭН необходимо использовать двумерные массивы Π_{ik} и H_{ik} , где индекс i означает i -ую секцию k -й зоны.

При расчете конструктивных параметров электродной схемы, приведенной на рисунке 1, по температуре обрабатываемой среды на входе электронагревателя $\theta_{c,ex}$ определяют удельное сопротивление $\rho_i(\theta_c)$, затем по зависимости допустимых значений плотности тока в межэлектродном пространстве от

удельного сопротивления обрабатываемой среды $J_{дон} = f(\rho_t(\theta_c))$ рассчитывают допустимую плотность тока $J_{дон}$. После этого определяют расстояние H_i между электродами для первой секции нагревателя:

$$H_i = \frac{K_3 \cdot U}{J_{дон} \cdot \rho_t(\theta_c)}, \quad (4)$$

где K_3 – коэффициент запаса по допустимой плотности тока.

Далее межэлектродное расстояние H_i для последующих секций длиной h рассчитывают аналогично, однако при этом температуру обрабатываемой среды на входе для последующей секции определяют исходя из уравнения (3). Так как подобный расчет требует большого количества вычислений, то наиболее целесообразно проводить его на компьютерной технике, а, соответственно, дифференциальное уравнение (3) решать численно, например, методом Рунге – Кутты четвертого порядка. Для этого дифференциальное уравнение (3) необходимо привести к виду

$$\frac{d\theta_c}{dx} = \frac{U_i^2 \cdot \Pi_i \cdot \eta}{\rho_t(\theta_c) \cdot H_i \cdot C_p \cdot G}. \quad (5)$$

Тогда температуру обрабатываемой среды для последующих секций $\theta_{c\ i+1}$ рассчитывают по следующей рекуррентной формуле:

$$\theta_{c\ i+1} = \theta_{c\ i} + \Delta\theta_{c\ i}. \quad (6)$$

Приращение температуры обрабатываемой среды $\Delta\theta_{c\ i}$ в свою очередь будет определяться по формуле

$$\Delta\theta_{c\ i} = \frac{1}{6} \cdot (k_{1i} + 2k_{2i} + 2k_{3i} + k_{4i}). \quad (7)$$

При этом коэффициенты k_{1i} , k_{2i} , k_{3i} и k_{4i} на каждом шаге вычислений необходимо определять, соответственно, по формулам

$$k_{1i} = h \cdot \left(\frac{U_i^2 \cdot \Pi_i \cdot \eta}{\rho_t(\theta_c) \cdot H_i \cdot C_p \cdot G} \right); \quad (8)$$

$$k_{2i} = h \cdot \left(\frac{U_i^2 \cdot \Pi_i \cdot \eta}{\rho_t(\theta_c + k_{1i}/2) \cdot H_i \cdot C_p \cdot G} \right); \quad (9)$$

$$k_{3i} = h \cdot \left(\frac{U_i^2 \cdot \Pi_i \cdot \eta}{\rho_t(\theta_c + k_{2i}/2) \cdot H_i \cdot C_p \cdot G} \right); \quad (10)$$

$$k_{4i} = h \cdot \left(\frac{U_i^2 \cdot \Pi_i \cdot \eta}{\rho_t(\theta_c + k_{3i}) \cdot H_i \cdot C_p \cdot G} \right), \quad (11)$$

где h – шаг расчета по длине ЭЭН, м.

Расчет проводится до тех пор, пока очередное расчетное значение $\theta_{c\ i+1}$ не превысит заданной тем-

пературы обрабатываемой среды на выходе из нагревателя $\theta_{c\ вых}$. При этом длина ЭЭН с секционированной электродной системой L (рис. 1) будет равна расчетной длине X (рис. 3). Алгоритм приведенного расчета конструктивных параметров проточного ЭЭН с секционированной электродной системой представлен на рисунке 3.

При описании электротепловых процессов, происходящих в статике, в проточном ЭЭН с зонированной электродной системой (рис. 2) к системе уравнений (2), записанных для i -го участка (секции) любой k -й зоны, необходимо добавить еще одно уравнение для вычисления тока электронагревателя из мощности, полученной теплотехническим расчетом

$$I = C_p \cdot G \cdot (\theta_{c\ вых} - \theta_{c\ вх}) / (\eta \cdot U), \quad (12)$$

где $\theta_{c\ вх}$ – температура на входе в ЭЭН, °С;

$\theta_{c\ вых}$ – температура на выходе из ЭЭН, °С.

В процессе решения полученной системы уравнений необходимо следить за тем, чтобы ток во всех последовательно соединенных зонах обрабатываемой среды оставался постоянным и равнялся полученному из уравнения (12). Кроме того, при расчете параметров таких электродных электронагревателей следует анализировать изменения произведения $J_{дон} \cdot \rho_t(\theta_c)$ в интервале от $\theta_{c\ вх}$ до $\theta_{c\ вых}$. Этот анализ необходим для уточнения направления расчета его параметров, с начала или с конца нагревателя, поскольку напряжение U_k на каждой зоне будет определяться по значению межэлектродного расстояния k -й зоны H_k и произведению $J_{дон} \cdot \rho_t(\theta_c)$ либо в начале зоны, либо в ее конце по формуле

$$U_k = H_k \cdot J_{дон} \cdot \rho_t(\theta_c) / K_3. \quad (13)$$

Если анализ произведения $J_{дон} \cdot \rho_t(\theta_c)$ показывает, что она монотонно возрастает при изменении температуры от $\theta_{c\ вх}$ до $\theta_{c\ вых}$, то расчет необходимо проводить начиная с начала нагревателя. В этом случае будет выполняться условие: расчетная плотность тока J на любом элементарном участке нагревателя будет меньше или равна допустимой плотности тока $J_{дон}$, т.е. $J \leq J_{дон}$. Если $J_{дон} \cdot \rho_t(\theta_c)$ монотонно убывает при указанном изменении температуры, то расчет необходимо вести с конца нагревателя.

Когда функция $J_{дон} \cdot \rho_t(\theta_c)$ убывает или возрастает не монотонно и имеет локальные экстремумы, то порядок расчета определяется как для монотонно изменяющейся функции, но при этом необходимо расчетную плотность тока в межэлектродном пространстве сравнивать с допустимой для каждого элементарного участка (секции) всех зон. Когда расчетная плотность тока превышает допустимую, необходимо увеличить коэффициент запаса по допустимой плотности тока K_3 .

При необходимости обеспечения наилучшей равномерности протекания обрабатываемой среды в межэлектродном пространстве ЭЭН, расчет проводят при постоянных и равных, для всех последовательно

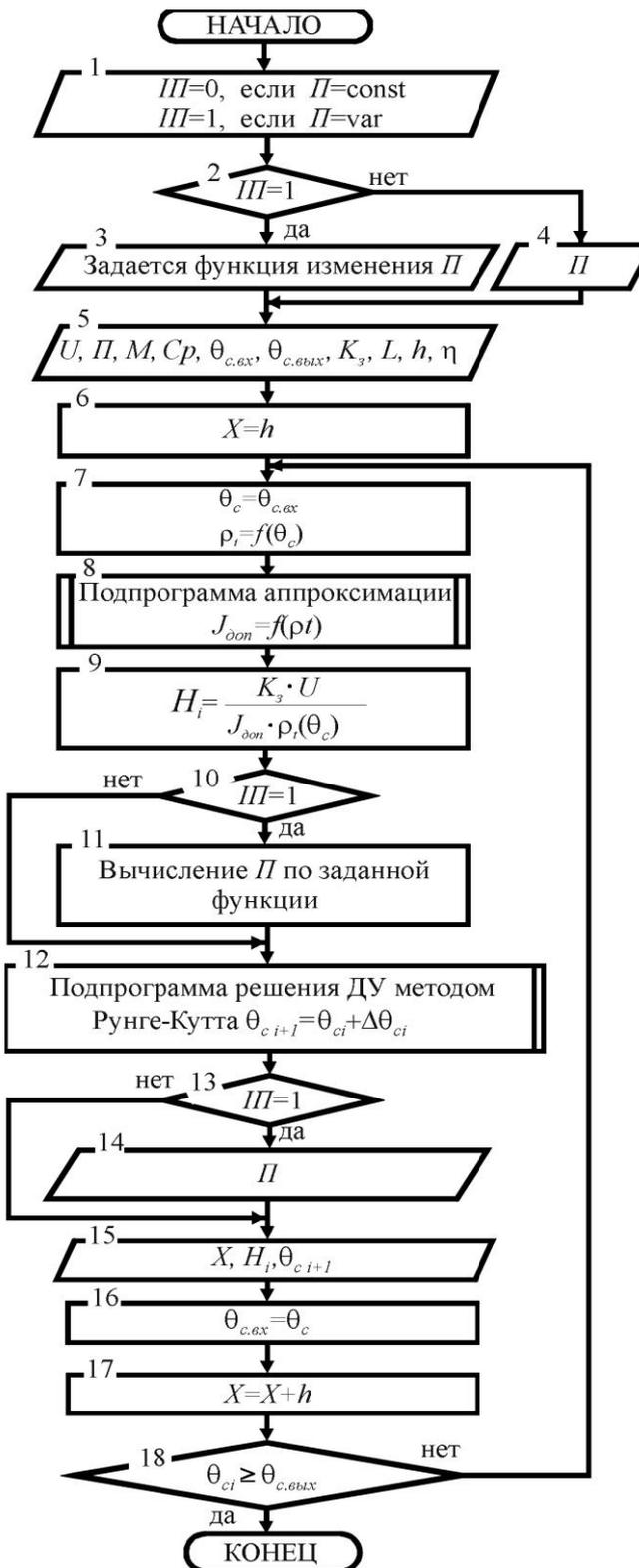


Рисунок 3. Блок-схема алгоритма расчета конструктивных параметров проточного ЭЭН с секционированной электродной системой: $\Pi\Pi$ – параметр, который определяет варианты расчета конструкции ЭЭН: с постоянной шириной электродов ($\Pi\Pi=0$) или с изменяющейся ($\Pi\Pi=1$)

соединенных зон ЭЭН, ширине электродов Π_k и межэлектродном расстоянии H_k . При этом напряжение на последней расчетной зоне ЭЭН U_k , полученное по формуле (13), может превышать разность напряжений $(U - U_s)$, (где U_s – суммарное напряжение на $N-I$ рассчитанных зонах нагрева, В). В этом случае напряжение на последней расчетной зоне ЭЭН U_k принимают равное этой разности ($U_k = U - U_s$), что занижает истинное значение плотности тока на элементарных участках (секциях) расчетной зоны по отношению к допустимому. Это в свою очередь приводит к завышению габаритных размеров последней расчетной зоны ЭЭН. Поэтому в данном случае для уменьшения габаритных размеров целесообразно изменять ширину электродов Π_k и (или) межэлектродное расстояние H_k до тех пор, пока не будет достигнуто совпадение напряжения U_k и $(U - U_s)$. В качестве примера получения равенства указанных напряжений рассмотрим вариант изменения межэлектродного расстояния H_k . Для этого необходимо найти решение нелинейного уравнения, записав его в общем виде следующим образом:

$$(U - U_s) - U_k = F(H_k) = 0. \quad (14)$$

При решении этого уравнения воспользуемся методом Ньютона, рассчитывая при этом $(n+1)$ -е приближение межэлектродного расстояния по формуле

$$H_{k\ n+1} = H_{k\ n} - \frac{F(H_{k\ n})}{F'(H_{k\ n})}, \quad (15)$$

где производную $F'(H_{k\ n})$ можно определить численно, используя достаточно малое приращение межэлектродного расстояния ε , по следующей формуле:

$$F'(H_{k\ n}) = \frac{F(H_{k\ n} + \varepsilon) - F(H_{k\ n})}{\varepsilon}. \quad (16)$$

При вычислении функции $F(H_k)$ в процессе расчета необходимо следить за тем, чтобы плотность тока J по всей длине нагревателя не выходила за пределы допустимой $J_{дон}$, т.е. $J \leq J_{дон}$. Поэтому необходимо контролировать значение плотности тока на каждом элементарном участке (секции) нагревателя.

$$J = \frac{U_k}{H_k \cdot \rho_t(\theta_c)}. \quad (17)$$

В случае, если плотность тока превышает допустимую величину $J \geq J_{дон}$, процесс расчета необходимо останавливать и проводить корректировку исходных данных для продолжения расчета.

На рисунке 4 представлен алгоритм определения межэлектродного расстояния H_k проточного ЭЭН с зонированной электродной системой методом Ньютона. На рисунке 5 представлен алгоритм подпрограммы вычисления функции $F(H_k)$ несовпадения напряжения на последней расчетной зоне, полученного по допустимой плотности тока, и остаточного, равного разности напряжения питания и суммарного напряжения на рассчитанных зонах нагревателя.

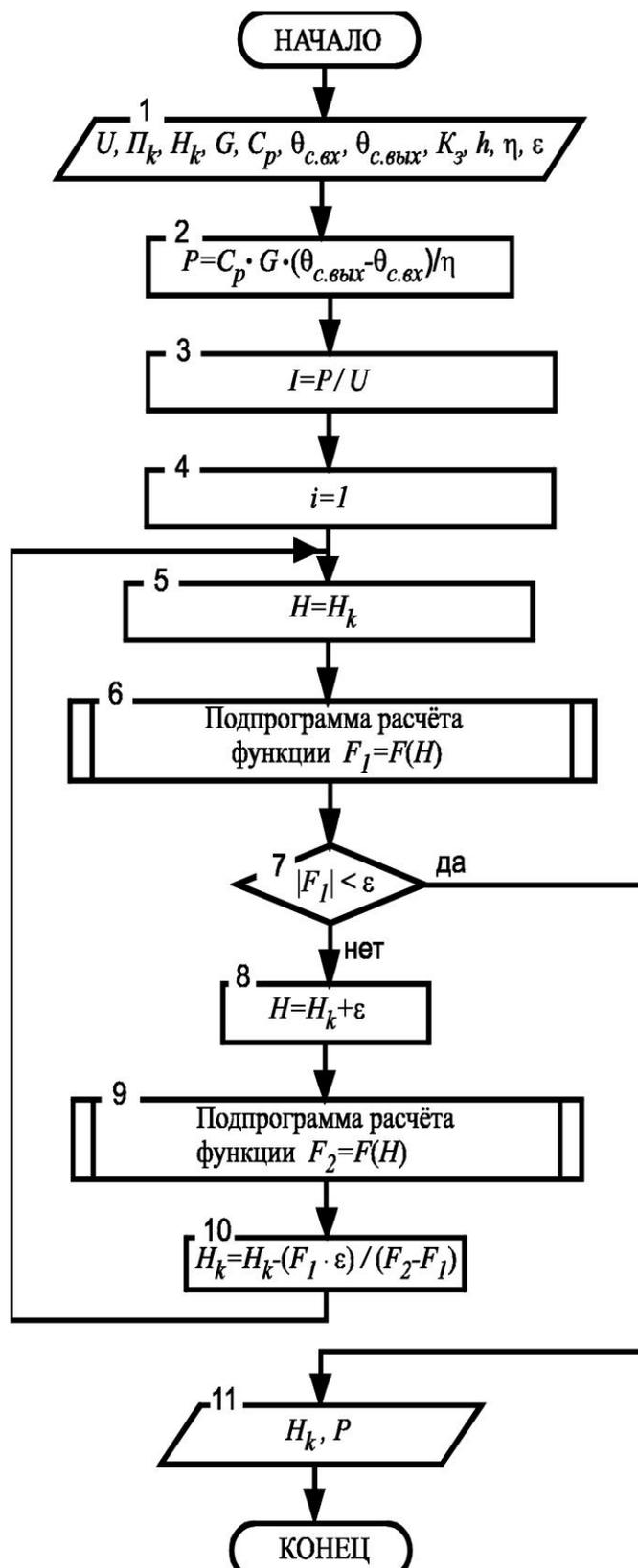


Рисунок 4. Блок-схема алгоритма определения межэлектродного расстояния проточного ЭЭН с зонированной электродной системой методом Ньютона: F_1, F_2 – функции, определяющие разность напряжений U_k и $(U - U_s)$ (14), при межэлектродном расстоянии H_k и $H_k + \varepsilon$; P – мощность ЭЭН, Вт

В приведенном алгоритме (рис. 5) приняты следующие обозначения:

x – текущая длина расчетной k -й зоны ЭЭН, м;
 P_k – мощность k -й последовательно соединенной

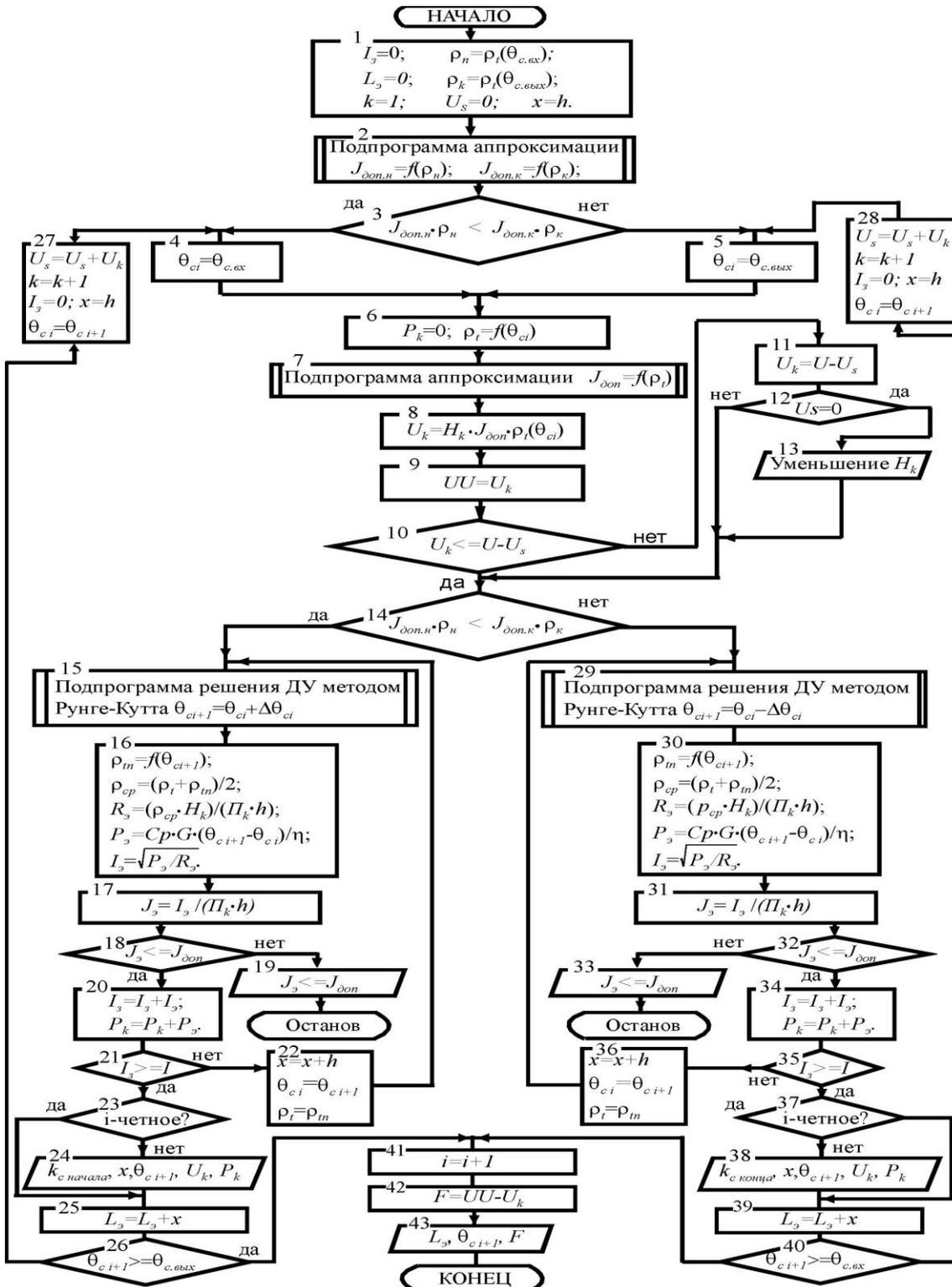


Рисунок 5. Алгоритм подпрограммы вычисления несовпадения напряжения на последней расчетной зоне, полученного по допустимой плотности тока, и остаточного, равного разности напряжения питания и суммарного напряжения на рассчитанных зонах нагревателя

зоны, Вт;

I_3 – ток k -й последовательно соединенной зоны, А;

ρ_{cp} – среднее удельное сопротивление обрабатываемой среды i -го элементарного участка (секции) k -й зоны, Ом·м;

R_3 – сопротивление обрабатываемой среды i -го элементарного участка (секции) k -й зоны, Ом;

P_3 – мощность i -го элементарного участка (секции) k -й зоны, Вт;

I_3 – ток i -го элементарного участка (секции) k -й зоны, А;

J_3 – плотность тока i -го элементарного участка (секции) k -й зоны, А/м²;

L_3 – полная длина электродного электронагревателя, м;

ρ_n – удельное сопротивление при $\theta_{с.вх.}$, Ом·м;

$J_{доп.н}$ – допустимая плотность тока при ρ_n , А/м²;

ρ_k – удельное сопротивление при $\theta_{с.вых.}$, Ом·м;

$J_{доп.к}$ – допустимая плотность тока при ρ_k , А/м²;

$\theta_{с.i}$ – температура i -го элементарного участка (секции) k -й зоны ЭЭН, °С;

$\theta_{с.i+1}$ – температура $i+1$ -го элементарного участка (секции) k -й зоны ЭЭН, °С;

ρ_{in} – удельное сопротивление на секции $i+1$ ЭЭН, Ом·м;

UU – напряжение на последней расчетной зоне, полученное по формуле (13);

F – функция, определяющая разность напряжений U_k и $(U - U_3)$ (14).

Обобщая особенности приведенных методик расчета конструктивных параметров проточных ЭЭН с секционированными или зонированными электродными системами, можно отметить, что они требуют проведения большого количества вычислений, т.е. использования компьютерной техники.

Заключение

1. Несмотря на множество возможных вариантов секционирования и зонирования ЭЭН, разработанные методики расчета можно легко адаптировать для расчета конструктивных параметров и других ЭЭН, так как они разработаны для наиболее типичных вариантов их секционирования или зонирования.

2. Применение предложенных методик расчета конструктивных параметров проточных ЭЭН с секционированными и зонированными электродными системами позволяет уменьшить их материалоемкость минимум на 12...20 %, в сравнении с материала-

емкостью аналогичных ЭЭН с плоскопараллельной электродной системой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кудрявцев, И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – М.: Колос, 1975. – 384 с.
2. Электротехнология / В.А. Карасенко [и др.]. – М.: Колос, 1992. – 304 с.
3. Прищепов, М.А. Основы термозависимого резистивного электронагрева в технологических процессах сельскохозяйственного производства. – Мн.: БАТУ, 1999. – 295 с.
4. Заяц, Е.М. Основы электротехнологических методов обработки влажных кормов / Е.М. Заяц. – Мн.: Ураджай, 1997. – 216 с.
5. Герасимович, Л.С. Расчет конструктивных параметров секционированных проточных электродных электронагревателей / Л.С. Герасимович, М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Проблемы развития энергетики и электрификации АПК: сб. науч. тр. / БелНИИ агроэнерг. – Мн, 1994. – С. 35-46.
6. Прищепов, М.А. К вопросу расчета конструктивных параметров секционированных проточных электродных электронагревателей / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Сб. трудов отчетной науч.-техн. конф. аспирантов и докторантов БАТУ. – Мн.: БАТУ, 1996. – С. 27-31.
7. Прищепов, М.А. Повышение эффективности электротепловой обработки термолабильных сред / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Ресурсосберегающие и экологически чистые технологии: тезисы докладов второй науч.-техн. конф., Гродно, 8–9 октября 1996 г. – Гродно: БИТА, 1996. – С. 189-190.
8. Прищепов, М.А. Повышение эффективности электротепловой обработки термолабильных сред / М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Материалы, технологии, инструменты. – 1997. – № 1. – С. 52-55.
9. Прищепов, М.А. К вопросу разработки проточных электродных электронагревателей / М.А. Прищепов, А.Н. Кубарко, И.Г. Рутковский // Энергетика предприятий АПК и сельских территорий: состояние, проблемы и пути решения: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2009. – С. 83-89.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 19.04.2023

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ ТОПЛИВА ОТ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ПРИВОДА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО СТЕНДА И СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВПРЫСКОВ Тестируемого ИНЖЕКТОРА

О.О. Мухля,

магистрант факультета «Технический сервис в АПК» БГАТУ

Д.А. Жданко,

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

С.А. Шецко,

начальник ремонтной мастерской ООО «ЭКСПРЕССДИЗЕЛЬ», инженер

В работе проанализировано изменение стабильности пульсаций давления в топливном рейле дизельных инжекторов COMMON RAIL в зависимости от изменяемой частоты главного привода диагностического стенда и собственной частоты впрыска тестируемого инжектора. Полученные данные могут быть использованы для качественной оценки работы каждого модернизированного стенда, предназначенного для тестирования дизельных инжекторов COMMON RAIL.

Ключевые слова: диагностика, стенд, топливная система, топливный насос высокого давления, инжектор, электродвигатель, давление, датчик давления, пульсация, модернизация.

The paper analyzes the change in pressure pulsations stability in the fuel COMMON RAIL diesel injectors depending on the test bench variable frequency of the main drive and the natural injection frequency. The data obtained can be used for qualitative evaluation of the performance of each upgraded test bench designed for testing COMMON RAIL diesel injectors.

Key words: diagnostics, test bench, fuel system, high-pressure fuel pump, injector, electric motor, pressure, pressure sensor, pulsation, modernization.

Введение

В настоящее время предъявляются высокие требования к компонентам дизельных топливных систем (ДТС) – инжекторам впрыска, топливным насосам высокого давления (ТНВД) [1]. От их состояния зависит экологичность выхлопа транспортного средства, равномерность работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС), экономический фактор эксплуатации транспортного средства (ТС) или сельскохозяйственной машины. Еще большие требования должны предъявляться к системам (стендам), контролирующим состояние компонентов ДТС.

Существует достаточное количество стендов для тестирования инжекторов и ТНВД COMMON RAIL (CR) [2]. Как правило, их производят компании, которые обеспечивают инжекторами сборочные конвейеры мировых производителей транспортных средств, сельскохозяйственных, строительных и специальных машин. Например, EPS 708 (BOSCH), CRI-PC (HARTRIDGE-DELPHI). Стоимость этого оборудования зачастую составляет ~50-100 тыс. евро и выше.

Имеется много вариантов дооснащения и модернизации уже существующих стендов предыдущих

поколений, которые еще довольно успешно справляются с поставленными задачами: поддерживать заданную температуру тестовой жидкости и заданную частоту вращения главного привода, точно отсчитывать необходимое количество циклов. Используя необходимые блоки управления и блоки измерения, можно достигнуть положительного экономического эффекта без ущерба качеству работ по тестированию компонентов ДТС CR [3-6].

Вопросы проектирования, расчета и методы исследования процессов топливоподачи современных аккумуляторных систем рассматривались в трудах МГТУ им. Баумана, МАДИ, МАМИ, БНТУ, БГАТУ, БашГАУ, Южно-Уральского ГУ, Владимирского ГУ, ХНАДУ, концернами ЯЗДА, АЗПИ, Bosch, Denso, Delphi, Siemens, Caterpillar. Это нашло отражение в работах ученых – Баширова Р.М., Врублевского А.Н., Габитова И.И., Грехова Л.В., Голубкова Л.Н., Душкина П.В., Мазинга М.В., Неговора А.В., Пинского Ф.И., Погуляева Ю.Д., Тер-Мкртчяна Г.Г., Прохоренко А.А., Курманова П.В., Cavina N, Beirer P, Guzzella F, Payri J, Wang A, Takamura S, Yong-Kwam Kim Y, Hayakawa и многих других [7-11].

Цель настоящей работы – анализ изменения стабильности пульсаций давления в топливном рейле CR в зависимости от изменяемой частоты главного привода (чаще всего это асинхронный двигатель, управляемый преобразователем частоты) и собственной частоты впрыска тестируемого инжектора.

Основная часть

Объектом исследования являлась топливная система COMMON RAIL дизельного двигателя.

Испытания проводились на стенде SPP-SPOLNOTA-1 (рис. 1) производства PL, модер-

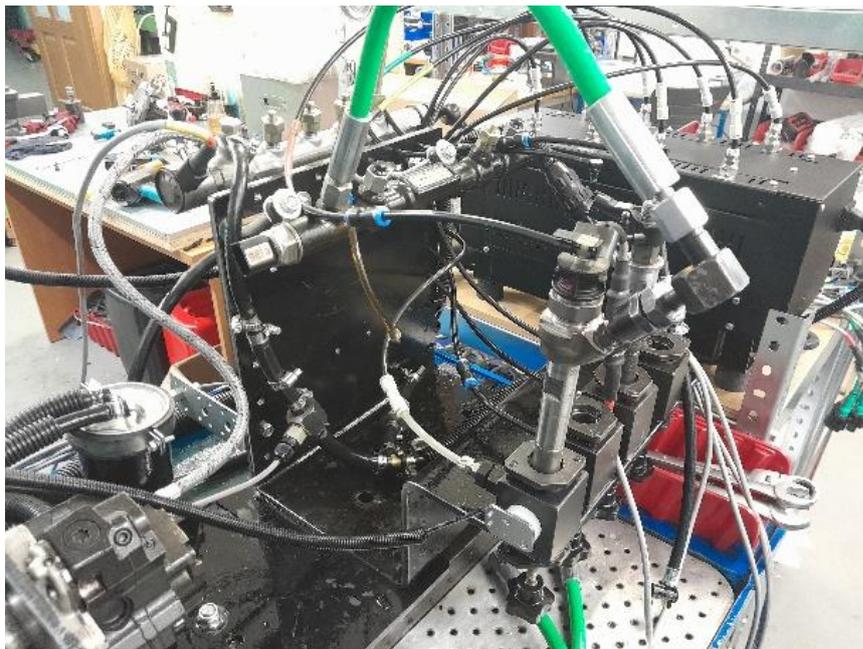


Рисунок 1. Модернизированный стенд SPP-SPOLNOTA-1

низированном до уровня тестирования системы CR, с использованием блока управления «ПОТОК CR4» (Республика Беларусь), блока измерения «ПОТОК FM8», измененной системы термостабилизации и фильтрации тестовой жидкости. Установлены топливные фильтры высокой степени очистки, дополнительные радиаторы с управляемыми вентиляторами и топливный насос для создания специального прокачиваемого дополнительного контура охлаждения, асинхронный двигатель (11кВт) и управляющий им

частотный преобразователь (11кВт). Также произведены работы по электромагнитной совместимости системы электрообеспечения стенда путем установки сетевого дросселя 11 кВт.

В качестве тестового инжектора использовался грузовой инжектор №0445124015 (BOSCH).

В качестве изменяемых факторов эксперимента приняты: частота впрысков и обороты привода. Их регулировка осуществлялась путем изменения настроек блока управления, также производилась запись осциллограмм пульсаций давления. Данные принимаемых режимов испытаний приведены в таблице 1.

Постоянное значение давления для всех тестов – 100 МПа и постоянное значение длительности управляющего импульса – 1000 мкс.

После проведения испытаний построены графики в программе Microsoft Excel (рис. 2-10).

Для определения параметра наименьшего разброса по значениям пульсаций осциллограмм, в рамках одной выборки определяли среднее значение дисперсий всех выборок [11].

$$s^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - x_{cp})^2}{n - 1},$$

где s^2 – дисперсия выборки;
 x_{cp} – среднее значение выборки;

n – размер выборки (количество значений данных);

$(x_i - x_{cp})$ – отклонение от средней величины для каждого значения набора данных.

$$s_{cp}^2 = \frac{s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_i^2}{n},$$

где s_{cp}^2 – среднее значение дисперсий всех выборок. Полученные данные приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 можно видеть, что оптимальное сочетание параметров частоты вращения привода и

Таблица 1. Параметры проводимых испытаний

Частота вращения привода, мин ⁻¹	Частота впрысков в минуту	Давление в рейле, МПа	Длительность импульса, мкс	Количество повторений (выборок)
500	400	100	1000	10
1000	400	100	1000	10
1500	400	100	1000	10
500	500	100	1000	10
1000	500	100	1000	10
1500	500	100	1000	10
500	1000	100	1000	10
1000	1000	100	1000	10
1500	1000	100	1000	10

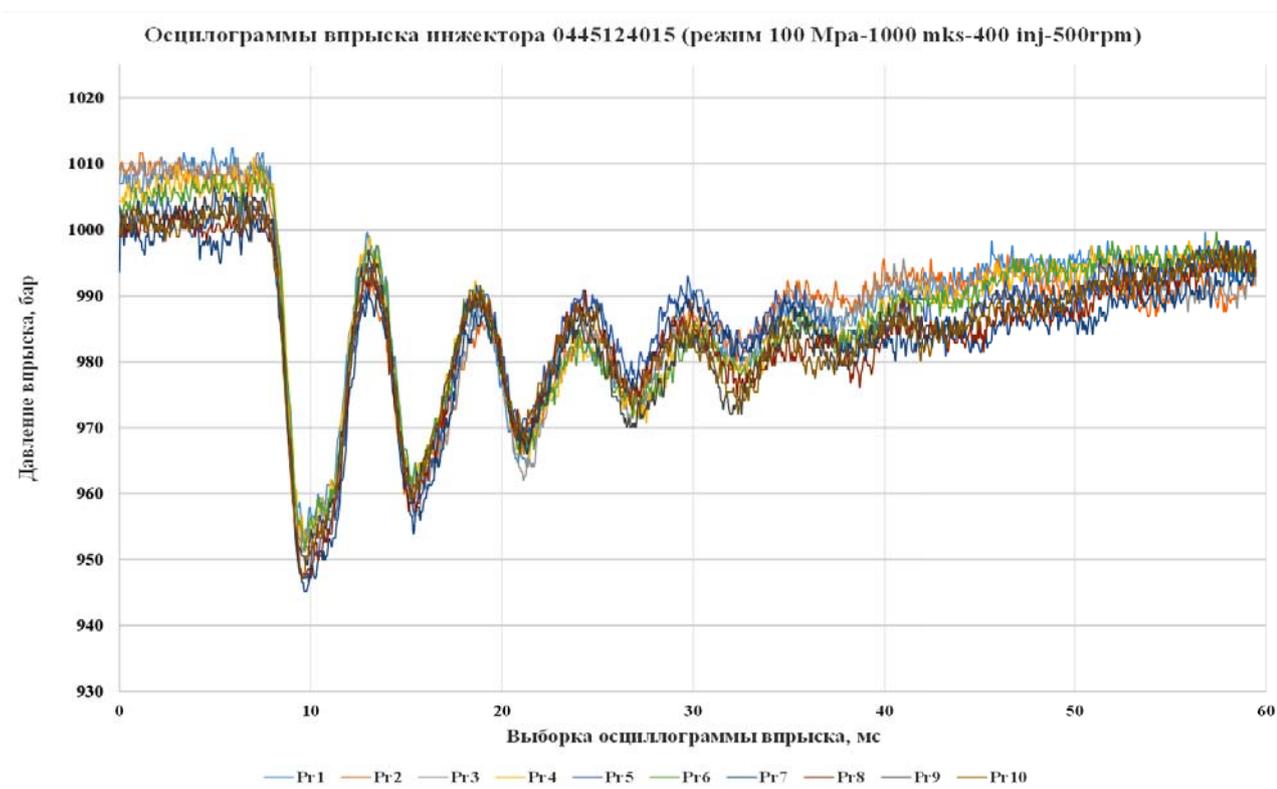


Рисунок 2. Частота вращения привода – 500 мин^{-1} ; частота впрысков – 400

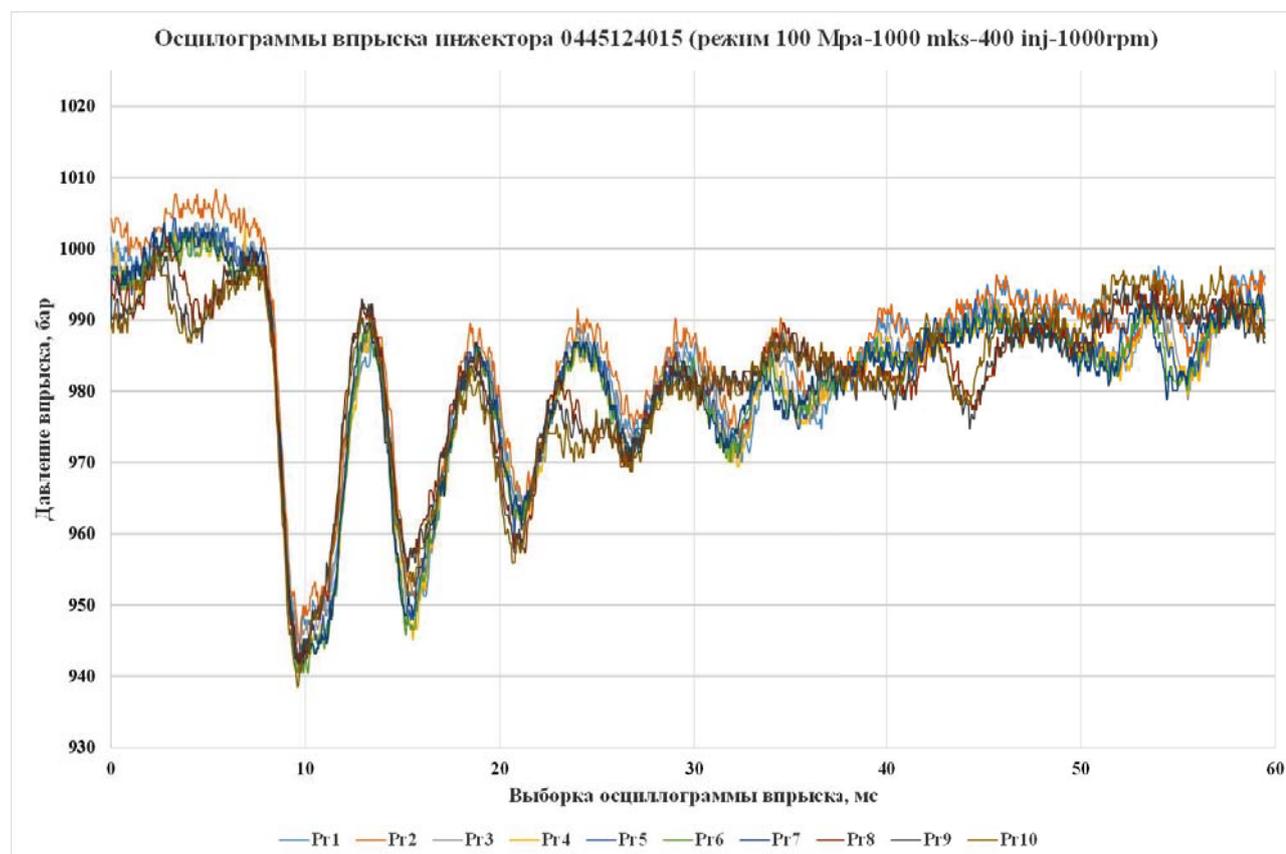


Рисунок 3. Частота вращения привода – 1000 мин^{-1} ; частота впрысков – 400

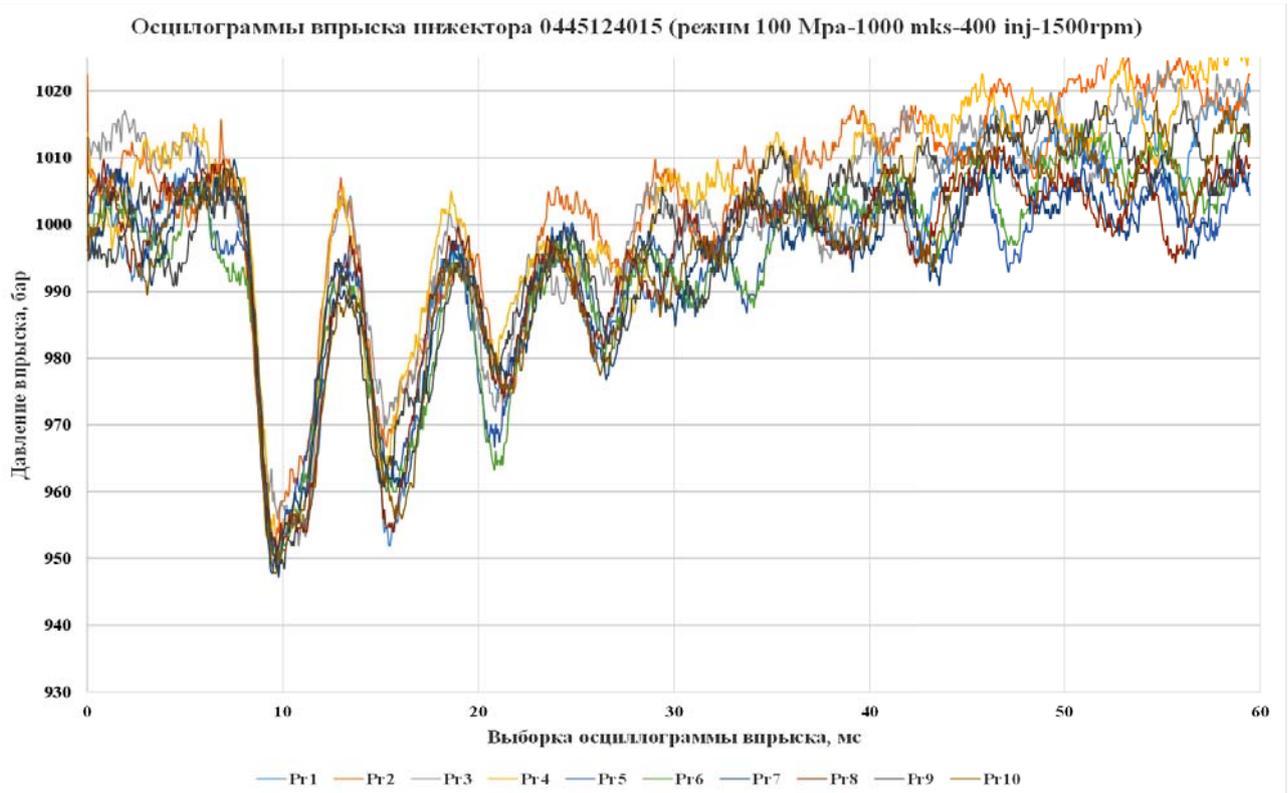


Рисунок 4. Частота вращения привода – 1500 мин⁻¹; частота впрысков – 400

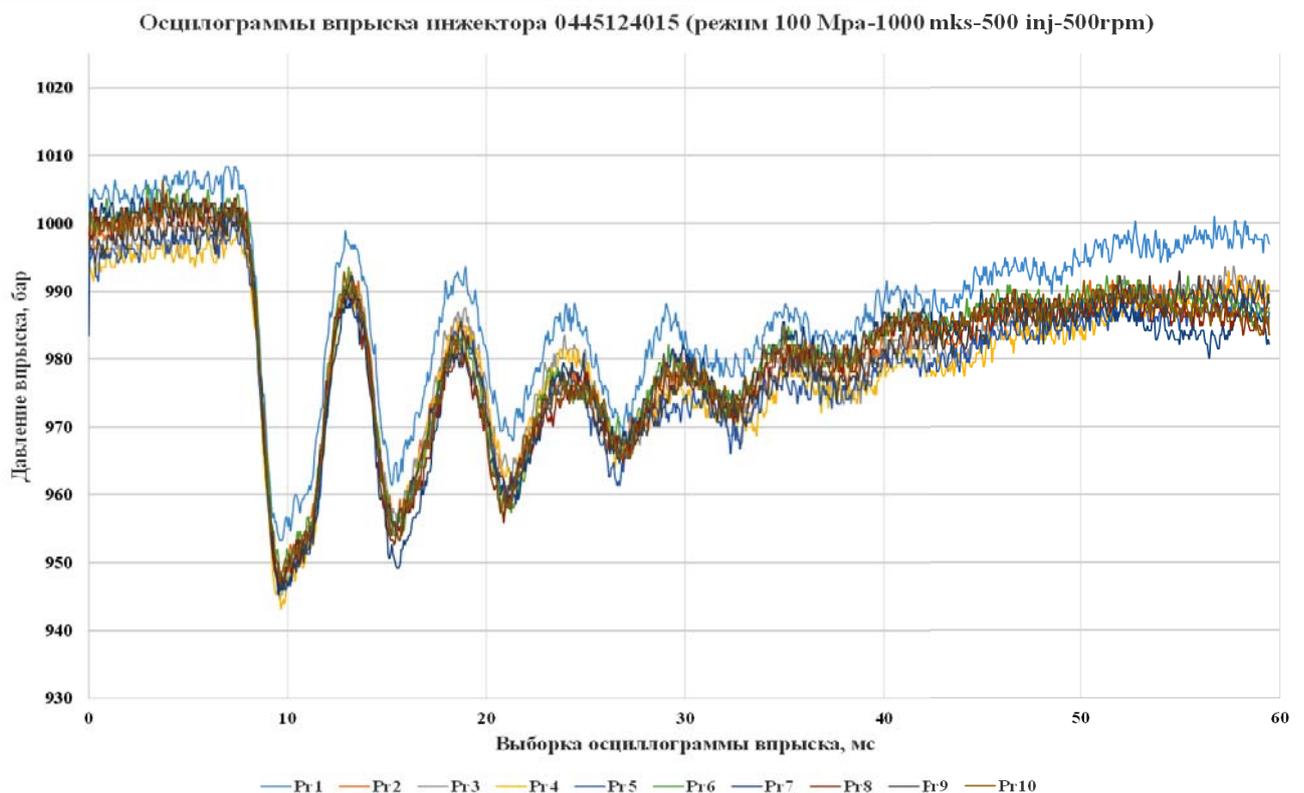


Рисунок 5. Частота вращения привода – 500 мин⁻¹; частота впрысков – 500

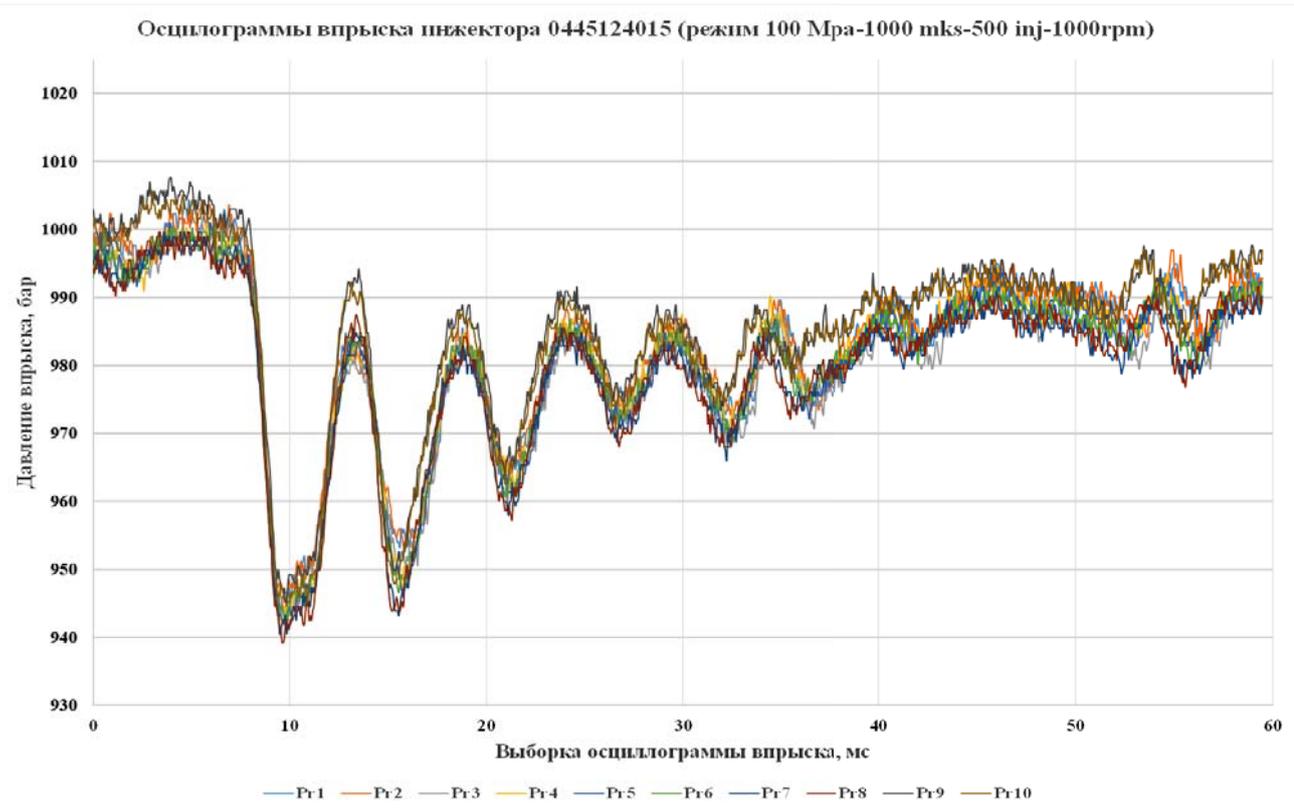


Рисунок 6. Частота вращения привода – 1000 мин^{-1} ; частота впрысков – 500

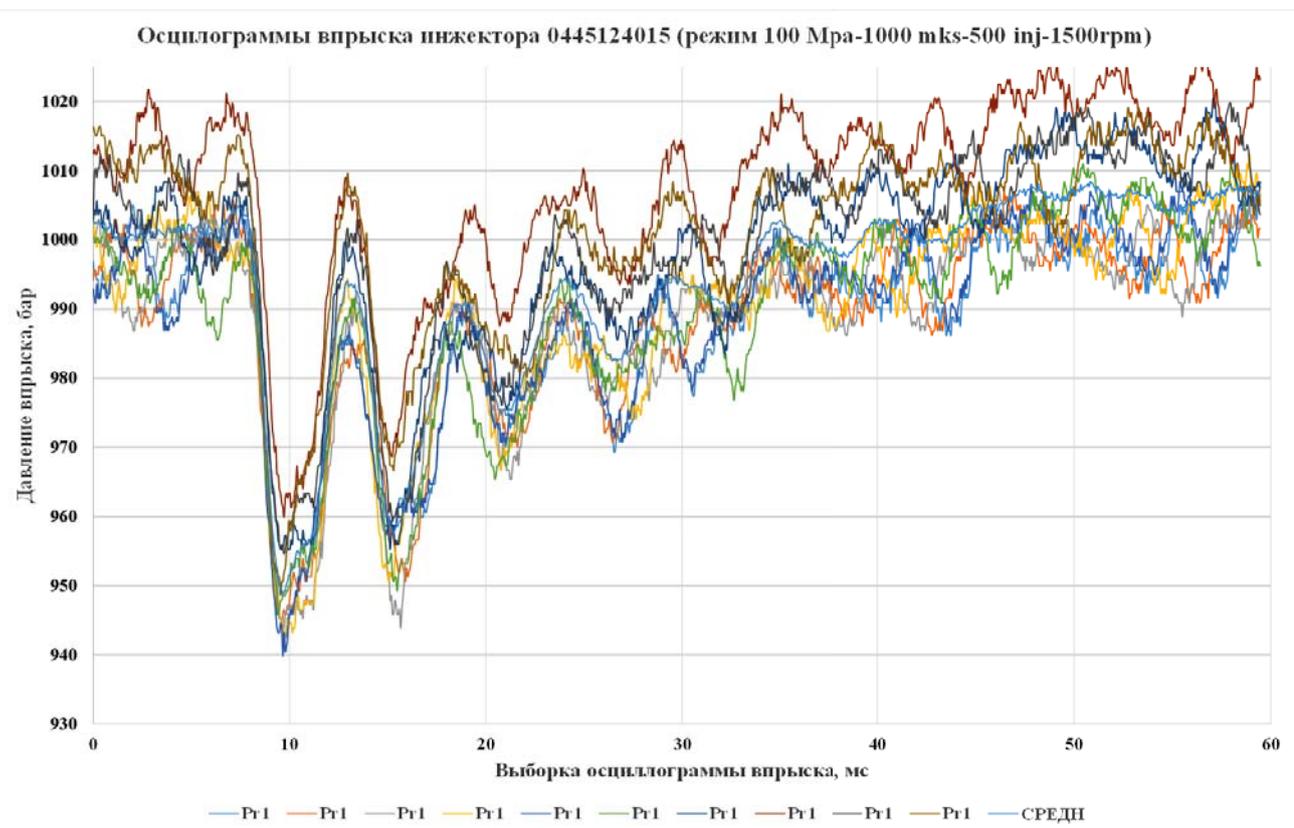


Рисунок 7. Частота вращения привода – 1500 мин^{-1} ; частота впрысков – 500

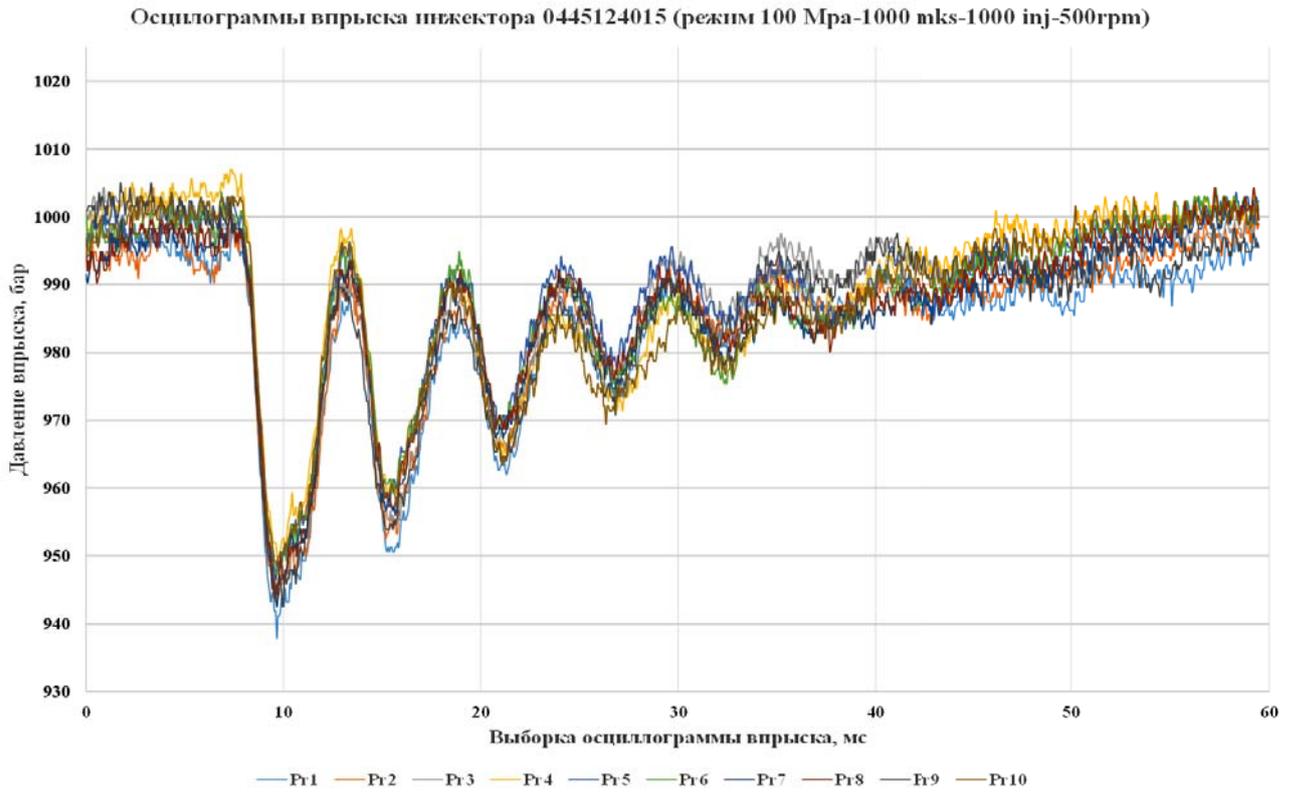


Рисунок 8. Частота вращения привода – 500 мин⁻¹; частота впрысков – 1000

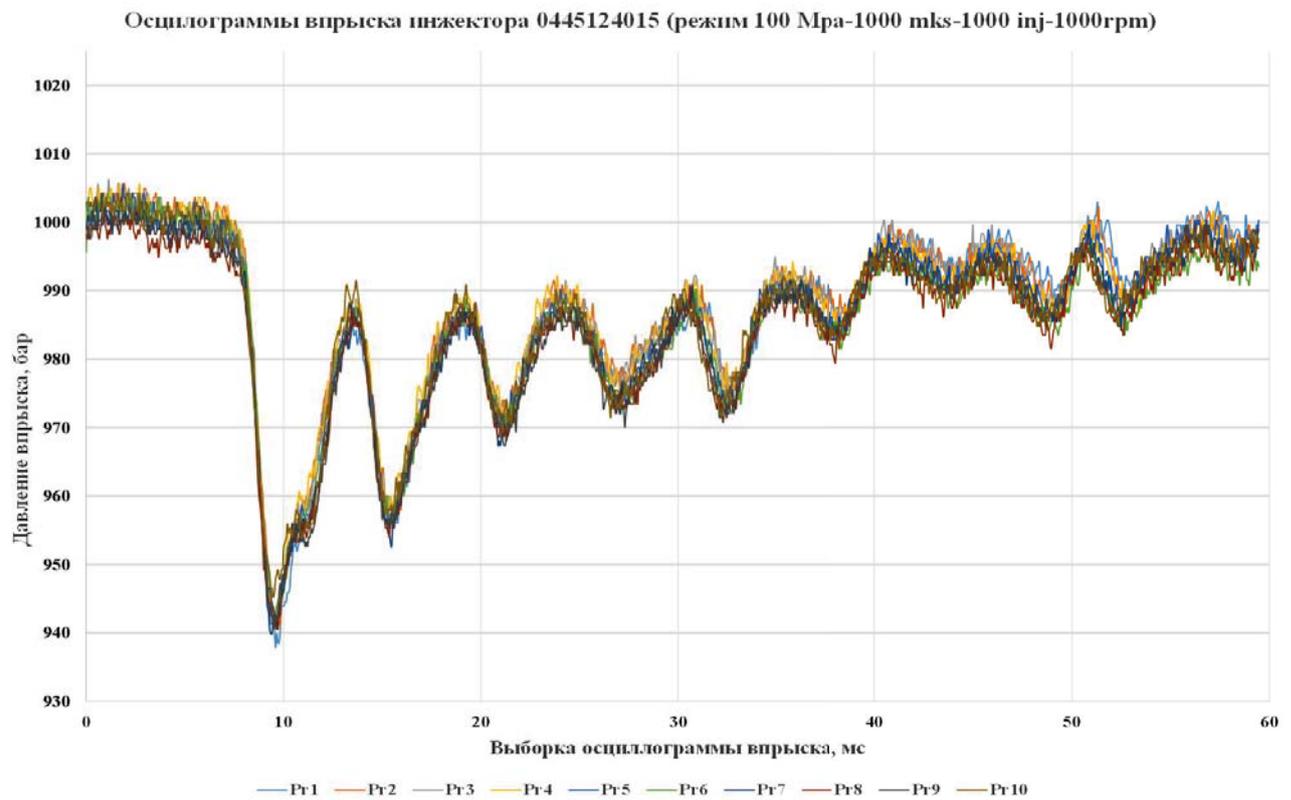


Рисунок 9. Частота вращения привода – 1000 мин⁻¹; частота впрысков – 1000

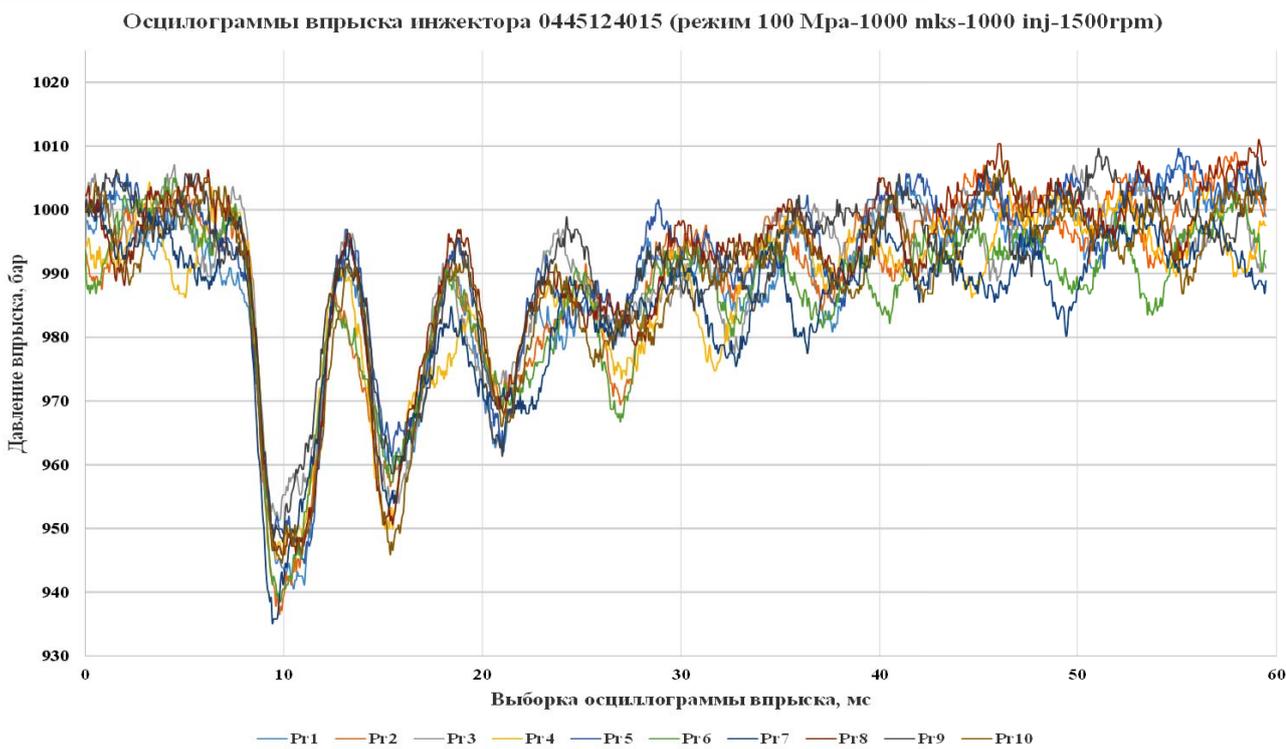


Рисунок 10. Частота вращения привода – 1500 мин^{-1} ; частота впрысков – 1000

частоты впрысков достигается в режиме 1000 мин^{-1} и 1000 впрысков, где средняя дисперсия всех выборок минимальная и составляет 4,05368 МПа, а наихудшее сочетание параметров – 1500 мин^{-1} и 500 впрысков, где средняя дисперсия всех выборок максимальная и составляет 63,85611 МПа.

Таблица 2. Результаты расчетов

Частота вращения привода, мин^{-1}	Частота впрысков в минуту	Среднее значение всех дисперсий и всех выборок для каждого опыта $s_{\text{ср}}^2$, МПа
500	400	9,553797
1000	400	10,47108
1500	400	32,86749
500	500	10,17334
1000	500	8,192794
1500	500	63,85611
500	1000	9,181798
1000	1000	4,053468
1500	1000	23,97162

Заключение

Полученные результаты могут быть использованы для более качественной оценки работы модернизированных стендов, предназначенных для тестирования дизельных инжекторов CR.

Необходимо учитывать влияние таких факторов, как термостабилизация, стабильность частоты вращения, объем используемого на стенде рейла, геометрические параметры трубопроводов высокого

давления и других, которые могут влиять на стабильность показаний испытуемого инжектора CR.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жданко, Д.А. Оценка технического состояния форсунок топливной системы COMMON RAIL на примере трактора «БЕЛАРУС» с двигателем Д-243.5S3B / Д.А. Жданко, О.О. Мухля // Агропанорама. – 2021. – № 5 (147). – С. 34-39.
2. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники: монография / В.П. Миклуш [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2019. – 392 с.
3. Повышение надежности и расширение функциональных возможностей диагностического стенда для работы с ТНВД систем Common Rail / В.Е. Тарасенко [и др.] // Изобретатель. – Минск. – 2019. – № 7 (235). – С. 44-47.
4. Оценка технического состояния топливных насосов высокого давления Common Rail (ТНВД CR) автотракторных дизельных двигателей: учеб.-методич. пособие / В.Е. Тарасенко [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2019. – 37 с.
5. Корнеев, В.М. Обоснование целесообразности модернизации стендов для испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры / В.М. Корнеев, М.Ю. Устинов // Международный научный журнал. – 2009. – № 1. – С. 54-57.
6. Корнеев, В.М. Модернизация средств технологического оснащения для испытания дизельной топ-

ливной аппаратуры: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / В.М. Корнеев. – Москва, 2004. – 214 с.

7. Тышкевич, Л.Н. Анализ методов и средств для диагностирования форсунок системы питания «COMMON RAIL» / Л.Н. Тышкевич, Б.В. Журавский // NovaInfo.Ru. – 2017. – № 65. – С. 22-26.

8. Электронное управление дизельными двигателями: учеб. пособие; перевод с англ. / ЗАО «Легион-Автодата». – Москва, 2010. – 96 с.

9. Хаширов, Ю.М. Улучшение показателей работы дизелей сельскохозяйственного назначения путем создания и внедрения системы эталонирования дизельной топливной аппаратуры в ремонтно-

обслуживающем производстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / Ю.М. Хаширов. – Санкт-Петербург, 1998. – 280 с.

10. Сенин, П.В. Методы диагностики дизельной топливной аппаратуры / П.В. Сенин, П.А. Ионов, Е.А. Нуязин, Д.А. Галин // Сельский механизатор. – 2015. – № 10. – С. 32-36.

11. Курицкий, Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0 / Б.Я. Курицкий. – СПб.: ВHV – Санкт-Петербург, 1997. – 384 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.02.2023

Система микропроцессорного автоматизированного регулирования положения распределительной штанги относительно обрабатываемой поверхности

Предназначена для повышения равномерности внесения рабочего раствора пестицидов штанговыми опрыскивателями, снижения времени на подготовку агрегата к работе и его регулировки в процессе работы.

Система обеспечивает соблюдение постоянства расстояния между распылителями и обрабатываемой поверхностью в процессе работы опрыскивателя, как на склонах, так и на равнинной местности.



Основные технические данные

Тип механизма изменения угла наклона штанги	Гидравлический
Тип системы	Микропроцессорная
Тип датчиков	Ультразвуковые
Диапазон измерения, м	0,4 – 2,0
Погрешность измерения расстояния между штангой и обрабатываемым объектом, м	0,040
Время готовности системы к работе, мин.	до 1
Напряжение питающей сети, В	=12 ± 2,5
Продолжительность постоянного измерительного сигнала, после которого вырабатывается управляющее воздействие на исполнительный привод, с	2
Масса, кг, не более	40

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОТИГЕЛЬ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА МОТОРНЫХ МАСЕЛ В УСЛОВИЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

В.К. Корнеева,

доцент каф. технологии металлов БГАТУ, канд. техн. наук, доцент

В.М. Капцевич,

зав. каф. технологии металлов БГАТУ, докт. техн. наук, профессор

И.В. Закревский,

ст. преподаватель каф. технологии металлов БГАТУ

В.В. Остриков,

студент агромеханического факультета БГАТУ

Е.В. Ковалевич,

студент факультета «Технический сервис в АПК» БГАТУ

В статье описан универсальный электротигель, способный работать в условиях предприятий АПК без необходимости подключения в сеть напряжением 230 В, поддерживать и контролировать постоянную требуемую температуру нагрева. Показана возможность использования электротигля для контроля содержания топлива, воды, оценки моюще-диспергирующих свойств и наличия частиц загрязнений в моторном масле в условиях предприятий АПК.

Ключевые слова: электротигель, моторное масло, экспресс-методы, вода, топливо, «капельная проба».

A universal electric crucible that can be used at agro-industrial enterprises without the need to connect to a 230 V network, maintain and control constant required heating temperature has been developed and described in the article. The possibility of using an electric crucible for monitoring the content of fuel, water, assessing detergent-dispersant properties and the presence of contaminants particles in engine oil when used at agro-industrial enterprises is shown.

Key words: electric crucible, engine oil, express methods, water, fuel, «blotter spot».

Введение

Моторное масло (ММ) двигателя внутреннего сгорания (ДВС) автотракторной техники является одной из важнейших его конструктивных составляющих [1]. В процессе эксплуатации ДВС ММ снижает потери на трение за счет создания на поверхностях трущихся пар прочной масляной пленки, обеспечивая в сопряжениях жидкостное трение, что уменьшает износ деталей. Кроме того, ММ постоянно и эффективно отводит тепло из зоны трущихся сопряжений и нагреваемых деталей, защищает их от коррозии, удаляет с трущихся поверхностей деталей продукты износа и другие загрязнения, препятствует прорыву рабочей смеси и продуктов сгорания в картеры двигателей [2, 3].

В процессе эксплуатации ММ в различных условиях работы сельскохозяйственной техники в АПК при высоких температурах и давлениях, а также при контакте с трибосопряжениями различных систем кривошипно-шатунного механизма (КШМ), цилиндропоршневой группы (ЦПГ), газораспределительно-

го механизма (ГРМ), системы воздухоочистки, топливоподдачи и охлаждения в нем непрерывно происходят количественные и качественные изменения – масло подвергается процессу старения. Этот процесс происходит в результате термического разложения самого масла, срабатывания присадок, загрязнения его продуктами износа, пылью, топливом и водой [4]. Поэтому изучение процесса старения ММ (изменения показателей его качества) позволяет, во-первых, оценивать работоспособность самого масла и возможность его дальнейшего использования и, во-вторых, получать информацию о состоянии механизмов, узлов и систем автотракторной техники.

Контроль показателей качества ММ проводится как в лабораторных условиях, так и с использованием экспресс-методов. Данные методы позволяют дать оценку качественных и количественных свойств ММ и состояния систем ДВС, и при этом не требуют использования дорогостоящего оборудования и осуществляются за короткий промежуток времени с применением простых приспособлений и устройств.

В мировой практике известны специализированные мини-лаборатории и портативные средства, позволяющие проводить анализ ММ на рабочем месте:

– лаборатория анализа масел и топлив «ПЛАН» (Россия) [5];

– судовая экспресс-лаборатория топлива и масла СЛТМ (Россия) [6];

– переносная лаборатория «Экспресс-ВНИИТиН» Всероссийского научно-исследовательского института использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве (Россия, г. Тамбов) [7];

– портативная лаборатория компании *Kittiwake* (Великобритания) [8];

– комплект для тестирования *Mobil Serv Field Analysis* (США) [9];

– комплект для анализа промышленных масел *Mobil Serv Field* (США) [10].

Однако все перечисленные мини-лаборатории и портативные средства, за исключением «Экспресс-ВНИИТиН», предназначены для контроля ММ ДВС крупных промышленных предприятий и на морском транспорте. Эти лаборатории находятся в руках фирм-монополистов, которые узко специализируются на анализе конкретных марок ММ.

Следует отдать предпочтение экспресс-методам, которые можно реализовать в АПК, в том числе непосредственно в полевых условиях. Фирмы, специализирующиеся на контроле ММ в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники, отсутствуют в Республике Беларусь. Поэтому работа в данном направлении является своевременной и актуальной.

Одним из экспресс-методов определения качества ММ в полевых условиях является метод с использованием электротигля, разработанного А.Г. Гурьяновым [11, 12]. Применение такого устройства

позволяет определять наличие топлива и воды, а также оценивать моюще-диспергирующие свойства ММ.

С нашей точки зрения данный электротигель обладает рядом недостатков. Размещение нагревателя отдельно от тигля приводит к высокой тепловой инерции устройства. При определении воды в ММ затруднено наблюдение со дна тигля за поведением пузырьков водяного пара и восприятием звуковых сигналов при их схлопывании, а при проведении экспресс-теста «капельной пробы» невозможно получать одновременно несколько хроматограмм ММ, что повышает длительность проведения экспресс-теста.

Целью работы является совершенствование конструкции электротигля для проведения экспресс-контроля содержания топлива и воды в моторном масле, а также оценки его моюще-диспергирующих свойств в условиях предприятий АПК.

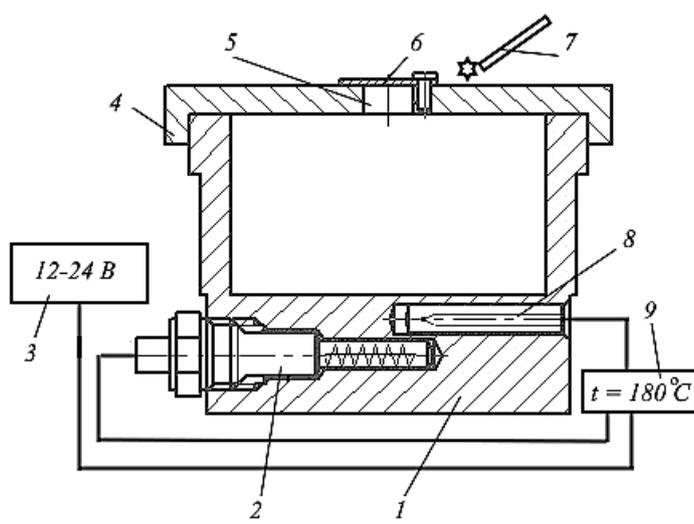
Основная часть

Для достижения поставленной цели авторами разработан универсальный закрытый электротигель малого размера (рис. 1). Его апробация проводилась на примере масла Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 0,30 часов (показания счетчика – 1780 ч), 100 часов (показания счетчика – 1880 ч), 150 часов (показания счетчика – 1930 ч), взятого из ДВС Д-260 трактора БЕЛАРУС – 2022.3.

В донной части электротигля выполнены отверстия, в которых установлены термопреобразователь сопротивления и нагревательный элемент в виде свечей зажигания, соединенные с системой контроля и регулирования температуры, подключенной непосредственно к аккумулятору напряжением 12-24 В. Использование в качестве системы контроля и регулирования температуры реле-регулятора, объединенного



а



б

Рисунок 1. Закрытый электротигель: а – внешний вид; б – схема; 1 – корпус; 2 – нагревательный элемент; 3 – аккумулятор; 4 – крышка; 5 – отверстие; 6 – заглушка; 7 – запальник; 8 – термопара; 9 – система контроля и регулирования температуры

в единый блок совместно с аккумулятором, электронагревателем и термопарой, позволяет осуществить не только быстрый нагрев электротигля и поддержание требуемой температуры. При правильном выборе последовательности проведения экспресс-тестов, направленном на снижение температуры, позволяет осуществить контроль наличия топлива (180 ± 5 °С) [13] и воды (160 ± 5 °С) [14], моюще-диспергирующих свойств (80 ± 5 °С) [15], а также снизить расход электроэнергии и времени осуществления оценки работоспособности моторного масла.

Электротигель с внесенными конструктивными изменениями (рис. 1) был использован для определения наличия топлива в моторном масле. Использование закрытого электротигля малого размера с отверстием в крышке позволяет интенсифицировать процессы теплообмена, приводящие к быстрому, равномерному кондуктивному нагреву всего масляного слоя. Испаряющиеся пары топлива, поднимаясь вверх, вытесняют через отверстие в тигле присутствующий в нем воздух, в результате чего свободное пространство электротигля заполняется испарившимся из масла топливом.

Для качественного контроля наличия топлива в ММ, электротигель с закрытой крышкой нагревали до температуры 180 ± 5 °С. Открывали крышку электротигля и заливали в него мерной ложкой 5 мл ММ и закрывали крышкой. Далее выдерживали одну минуту для прогрева масла до температуры электротигля. Приоткрывали крышку и подносили пламя запальника (горящая спичка). Наблюдение за отсутствием или наличием воспламенения проводили с фиксацией видеозаписи процесса. Суммарное время на проведение теста на наличие топлива в ММ составило 8 минут.

Результат отсутствия и наличия воспламенения представлен на рисунке 2.

Анализ полученных результатов (рис. 2) показывает, что в масле с наработкой 100 часов воспламенение отсутствует (рис. 2а), а также в маслах с наработкой 0 и 30 часов. В масле с наработкой 150 часов при нанесении запальника был зафиксирован звуковой хлопок и замечено кратковременное воспламенение паров топлива, зафиксировать которое на фотокадре за короткий промежуток времени не удалось. Доказательством этого воспламенения, сопровождающегося звуковым хлопком, может служить зафиксированный на фотокадре (рис. 2б) островьянутый факел пламени запальника, что свидетельствует о наличии топлива в данном ММ.

Для контроля наличия воды в ММ в электротигель дополнительно устанавливались специальные приспособления (рис. 3): цилиндрическая вставка (рис. 3а) с внутренней полостью в виде усеченного конуса и визуализирующее стекло в виде диска (рис. 3б), устанавливаемое на дно полости цилиндрической вставки.

Вставка с внутренней полостью в виде усеченного конуса работает как рупор. Звуковые волны не рассеиваются во все стороны, а образуют узконаправленный пучок, за счет чего мощность звука схлопывания пузырьков водяного пара в ММ увеличивается, и он распространяется на большее расстояние, что может быть зафиксировано с помощью звукозаписывающих устройств (например, мобильного телефона). Дополнительная установка визуализирующего стекла на дно вставки позволяет получить информацию за счет интерференции светового потока об отсутствии пузырьков, а при их наличии наблюдать за зарождением, ростом, слиянием и схлопыванием в виде, удобном для зрительного наблюдения, с одновременной фиксацией



а

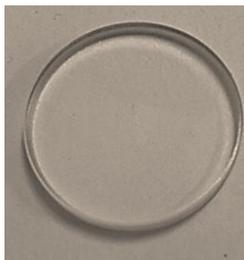


б

Рисунок 2. Результаты апробации определения наличия топлива в ММ марки Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой: а – 100 ч; б – 150 ч



а



б



в

*Рисунок 3. Электротигель со специальными приспособлениями для определения наличия и количества воды в ММ:
а – внешний вид цилиндрической вставки; б – внешний вид визуализирующего стекла;
в – электротигель в сборе*

фото- и видеоизображения с помощью видеокамеры.

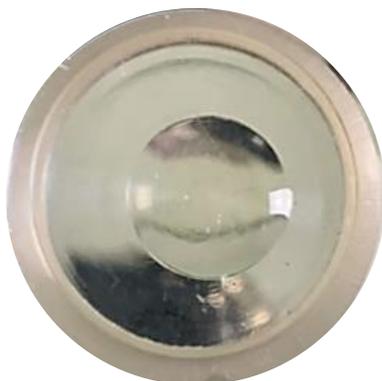
Для контроля наличия воды в ММ с электротигля снимали крышку, удаляли остатки масла при помощи шприца и протирали дно салфеткой. В электротигле располагали вставку с визуализирующим стеклом и устанавливали систему контроля и регулирования температуры на 160 ± 5 °С. Время установления температуры электротигля до заданной температуры составляло 3 минуты.

Тщательно перемешанную пробу исследуемого ММ наносили в количестве одной-двух капель на визу-

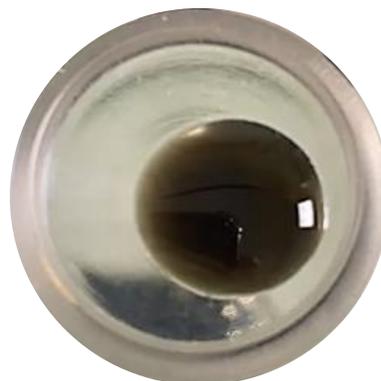
ализирующее стекло и проводили наблюдение за их поведением на нагретой поверхности. Фиксацию процесса осуществляли при помощи видеокамеры (рис. 4).

Анализ видеонаблюдения эксперимента показал отсутствие зарождения и роста паровых пузырьков в ММ, что свидетельствует об отсутствии в нем воды и охлаждающей жидкости.

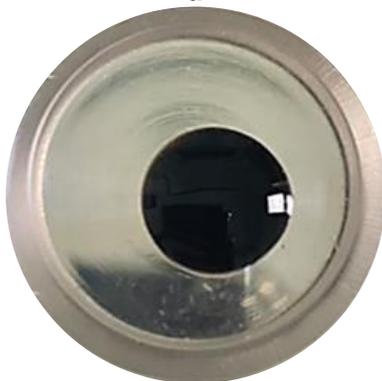
Для подтверждения работоспособности экспресс-теста определения наличия воды авторами было проведено дополнительное исследование, заключающееся в искусственном введении воды в свежее



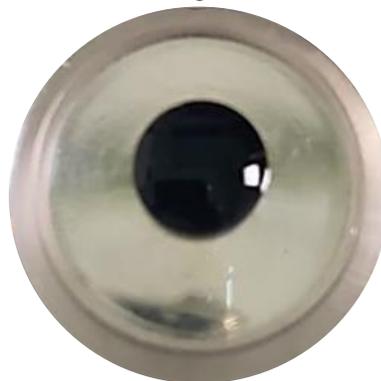
а



б



в



г

Рисунок 4. Результаты апробации определения наличия воды в ММ марки Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой: а – 0 ч; б – 30 ч; в – 100 ч; г – 150 ч

ММ марки Лукойл Авангард 10W40 в количествах 0,1, 0,2 и 0,4 %. Результаты эксперимента представлены на рисунке 5.

Анализ видеонаблюдения процесса показал, что при введении в масло воды в количестве 0,1 % происходит образование мелких пузырей размерами порядка 0,5 мм (рис. 5а). На видеозаписи видно, что эти пузыри быстро исчезают. При введении воды в количестве 0,2 % происходит образование более крупных пузырей размерами порядка 2 мм (рис. 5б), они перемещаются к центру капли и увеличиваются в размере. При введении воды в количестве 0,4 % происходит образование пузырей размером до 3 мм (рис. 5в), они увеличиваются в размере, процесс образования пузырей повторяется и происходит выплеск масла на стенки конической вставки, а аудиозапись фиксирует треск.

Для оценки моюще-диспергирующих свойств ММ методом «капельной пробы», электротигель до-

полнительно укомплектовывался специальными приспособлениями (рис. 6): набором держателей бумаги в виде колец (рис. 6а), фиксатором капельницы (рис. 6б) с отверстием для жесткого ее крепления по центру электротигля на фиксированном расстоянии от фильтровальной бумаги, капельницей (одноканальная микропипетка JOANLAB с регулируемым объемом 10-50 мкл) (рис. 6в).

Для реализации метода «капельной пробы» при определении моюще-диспергирующих свойств ММ, из электротигля извлекали цилиндрическую вставку с визуализирующим стеклом, устанавливали на дно два кольца держателей, между которыми располагали фильтровальную бумагу. На верхнее кольцо держателей фильтровальной бумаги устанавливали фиксатор капельницы с капельницей на фиксированном расстоянии от фильтровальной бумаги, равном 12,5 мм, и наносили первую каплю ММ (наработка 30 ч) объемом 15 мкл. Затем удаляли фиксатор



Рисунок 5. Результаты апробации свежего ММ марки Лукойл Авангард 10W40 с различным количеством искусственно введенной воды: а – 0,1 %; б – 0,2 %; в – 0,4 %

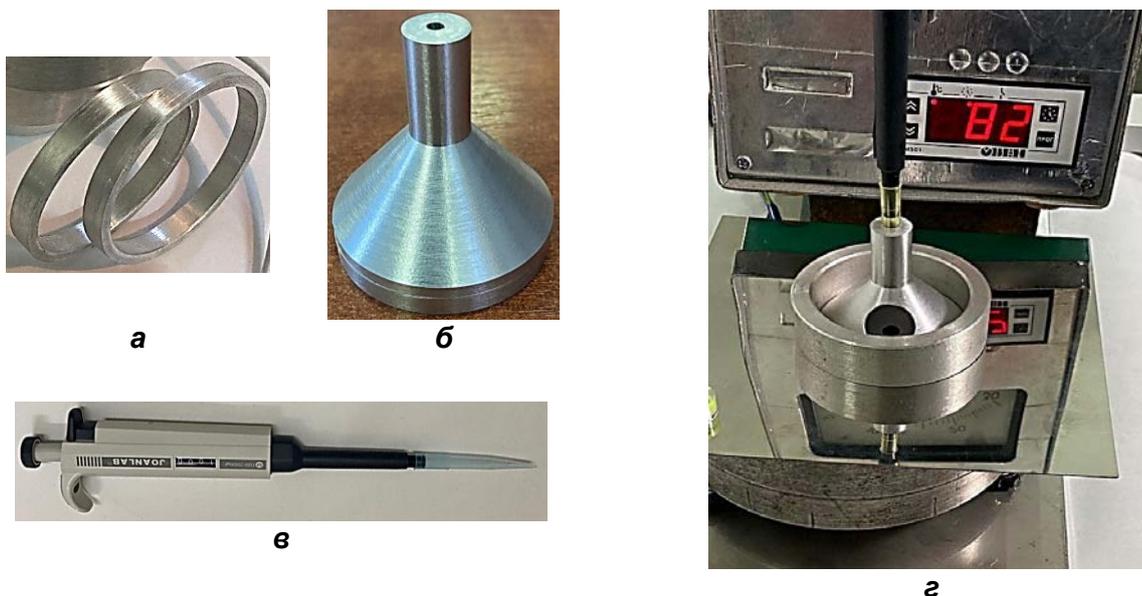


Рисунок 6. Электротигель со специальными приспособлениями для реализации экспресс-теста определения моюще-диспергирующих свойств ММ: а – держатели бумаги; б – фиксатор капельницы; в – капельница; г – электротигель в сборе

капельницы с капельницей из электротигля. На верхнем кольце держателей располагали фильтровальную бумагу и третье кольцо держателей. На третье кольцо держателей устанавливали фиксатор капельницы с капельницей и наносили вторую каплю ММ (наработка 100 ч). Аналогичным образом наносилась третья капля ММ (наработка 150 ч). Электротигель закрывали крышкой и устанавливали систему контроля и регулирования температуры на 80 ± 5 °С. Время установления до заданной температуры составляло 4 минуты. Процесс формирования хроматограмм на фильтровальной бумаге осуществлялся в течение 30 минут.

Полученные хроматограммы с четко выраженными границами ядра и диффузионной зоны представлены на рисунке 7.

На полученных хроматограммах измеряли диаметры ядра и диффузионной зоны и проводили оценку моюще-диспергирующих свойств по показателю диспергирующей способности (ДС) ММ по формуле:

$$ДС = 1 - \frac{d^2}{D^2},$$

где d – диаметр ядра, мм;

D – диаметр диффузионной зоны, мм.

Результаты расчета диспергирующей способно-

сти марки Лукойл Авангард 10W40 представлены в таблице.

Таблица. Диспергирующая способность ММ марки Лукойл Авангард 10W40

Наработка, ч	30	100	150
ДС	0,77	0,65	0,62

Анализ полученных результатов показывает, что исследуемые масла являются работоспособными по показателю ДС. Изменения интенсивности цвета ядра и зоны диффузии с увеличением наработки ММ (рис. 7) свидетельствуют о повышении количества сажи, продуктов срабатывания присадок, нерастворимых продуктов окисления и механических частиц различного происхождения.

На рисунке 8 представлены хроматограммы ММ при рассмотрении «на просвет».

Отсутствие светлого ореола (рис. 8а), окружающего зону диффузии, свидетельствует об отсутствии топлива в ММ с наработкой 30 ч, а его присутствие (рис. 8б, в) – о наличии топлива. Чем больше толщина ореола, тем больше топлива в ММ.

Наличие топлива в ММ с наработкой 100 и 150 ч, установленное методом «капельной пробы», также подтверждается ранее полученными результатами о

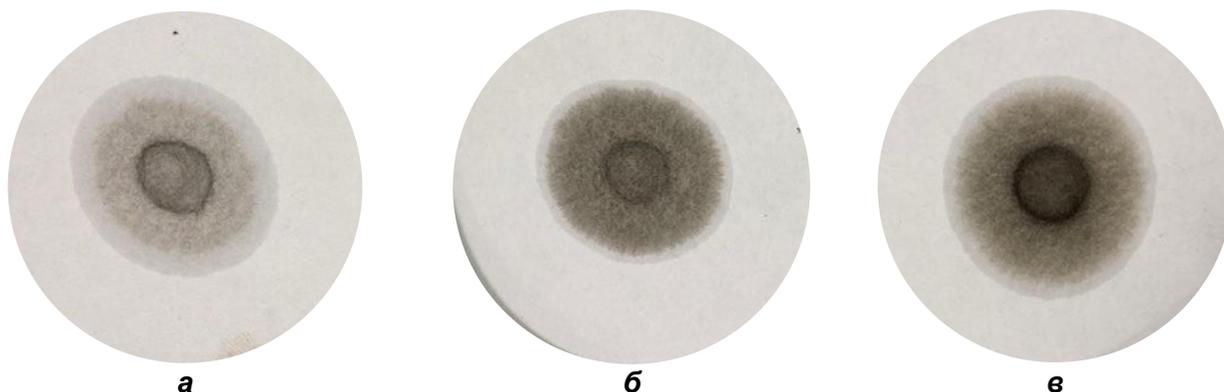


Рисунок 7. Хроматограммы ММ марки Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой:
а – 30 ч; б – 100 ч; в – 150 ч

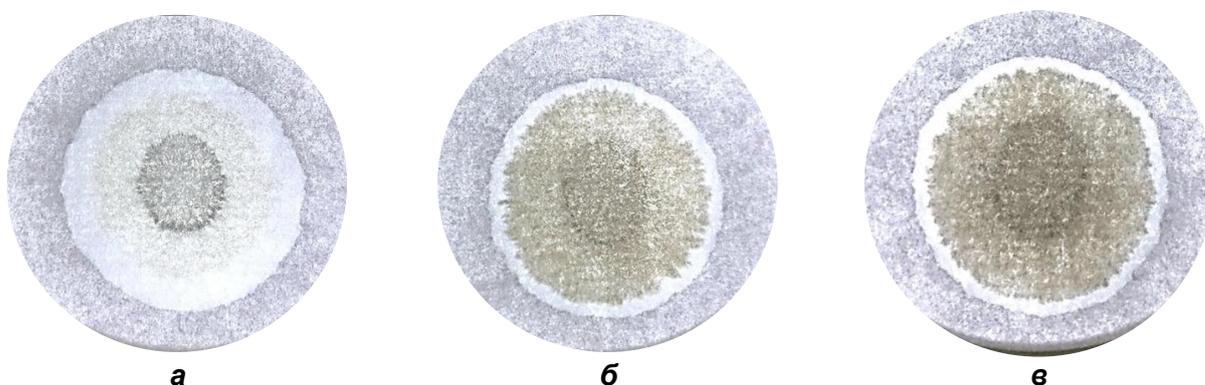


Рисунок 8. Хроматограммы «на просвет» ММ марки Лукойл Авангард 10W40 с различной наработкой:
а – 30 ч; б – 100 ч; в – 150 ч

снижении вязкости этих ММ и зафиксированным воспламенением ММ с наработкой 150 ч.

Полученные и подтвержденные результаты по наличию топлива в ММ позволяют сделать заключение о нарушении работы топливной системы ДВС.

Заключение

Изготовлен универсальный электротигель, в конструкцию которого внесены следующие изменения. Электронагреватель в виде свечей накаливания и термопара размещены непосредственно в донной части тигля и связаны с системой контроля и регулирования температуры. При определении наличия и количества воды электротигель дополнительно оснащен вставкой с внутренней конической поверхностью и визуализирующим стеклом, что позволяет увеличить мощность звука схлопывания пузырьков водяного пара и получить более четкую визуальную информацию о поведении пузырьков. При определении моюще-диспергирующих свойств ММ методом «капельной пробы» в электротигель дополнительно устанавливаются: набор держателей бумаги, капельница и фиксатор капельницы. Это позволяет повысить производительность проведения экспресс-теста за счет одновременного получения нескольких хроматограмм за короткий промежуток времени.

Проведенная апробация усовершенствованного электротигля при определении наличия топлива, воды и оценке моюще-диспергирующих свойств ММ доказала его работоспособность при осуществлении экспресс-методов в полевых условиях АПК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Резников, В.Д. Надежность моторного масла как элемента конструкции двигателя / В.Д. Резников // Химия и технология топлив и масел. – 1981. – №8. – С. 24-27.

2. Григорьев, М.А. Качество моторного масла и надежность двигателей / М.А. Григорьев, Б.М. Бунаков, В.А. Долецкий – М.: Издательство стандартов, 1981. – 232 с.

3. Fitch, J. Oil analysis basics / J. Fitch, D. Troyer. 2 Ed. – Tulsa: Noria Corporation, 2010. – 198 p.

4. Капцевич, В.М. Очистка и регенерация смазочных материалов в условиях сельскохозяйственного производства: монография / В.М. Капцевич [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2007. – 232 с.

5. Портативная лаборатория анализа масел и топлив / Лабораторное оборудование ПЛАМ-3 [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: <http://proflab.com.ua/produkt/product-details/2785-plam-3-portativnaya-laboratoriya-analiza-masel-i-topliv.html>. – Дата доступа: 05.07.2021.

6. Судовая экспресс-лаборатория контроля топлив и масел СЛТМ-2 / Крисмас [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: https://shop.christmas-plus.ru/catalog/sudovye_laboratorii/sltm_2_sudovaya_ekspress_laboratoriya_kontrolya_topliv_i_masel/. – Дата доступа: 05.07.2021.

7. Экспресс-лаборатория для оценки качества масел / ФГБНУ «ВНИИТиН» [Электронный ресурс]. – 2021. – Режим доступа: http://vniitin.ru/services/service_7/service_7_1. – Дата доступа: 06.07.2021.

8. Kittiwake Oil Test Centre / Your Global Distribution Specialists [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access : <http://dsi-ltd.com/Product-Oil-Test-Centre.asp>. – Date of access: 07.07.2021.

9. Mobil Serv Field Analysis Test Kit / Your Global Distribution Specialists [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <http://dsi-ltd.com/Product-Field-Analysis-Test-Kit.asp>. – Date of access: 10.07.2021.

10. Mobil Serv Field Industrial Oil Analysis Kit / Your Global Distribution Specialists [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <http://dsi-ltd.com/Product-Field-Industrial-Oil-Analysis-Kit.asp>. – Date of access: 10.07.2021.

11. Гурьянов, Ю.А. Экспресс-методы и средства диагностирования агрегатов машин по параметрам масла: дисс. ... докт. техн. наук: 05.20.03 / Ю.А. Гурьянов. – Челябинск, 2007. – 371 л.

12. Гурьянов, Ю.А. Устройство для определения качества моторного масла: а.с. SU 1763976 / Ю.А. Гурьянов. – Оpubл. 23.09.1992.

13. Способ определения концентрации топлива в маслах: пат. RU 2 324 167 / Ю.А. Гурьянов. – Оpubл. 10.05.2008.

14. Fitch, J.C. The Lubrication Field Test and Inspection Guide / J.C. Fitch // Noria Corporation. – 2000. – 36 p.

15. Standard Test Method for Measuring the Merit of Dispersancy of In-Service Engine Oils with Blotter Spot Method: ASTM D7899-19. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019. – 7 p.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 17.04.2023

УДК 339.187:63-021.66

<https://doi.org/10.56619/2078-7138-2023-156-2-38-42>

МЕТОДИКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННО-СБЫТОВОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ АПК В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

К.В. Борель,*ассистент БГСХА, магистр экон. наук*

В статье представлена авторская методика комплексной оценки эффективности производственно-сбытовой системы организаций АПК в условиях цифровой трансформации. На основе полученных результатов обоснована необходимость создания современных оптово-распределительных центров. Разработана организационно-экономическая схема производственно-сбытового процесса с учетом новых структур, включающая пошаговый алгоритм формирования для них устойчивых сырьевых зон и систему обеспечения сельскохозяйственным сырьем обрабатывающих (пищевых) организаций Республики Беларусь.

Ключевые слова: методика, производственно-сбытовая система, цифровая трансформация, оптово-распределительный центр, сельскохозяйственная продукция, эффективность.

The article presents the proprietary methods of integrated assessment of the supply chains effectiveness of agribusiness enterprises in the context of digital transformation. Based on the results, the need for modern wholesale and distribution centers is justified. The organizational and economic scheme of the value-chain process, based on the new structures, including a step-by-step algorithm of forming sustainable raw material zones and the system of providing food processing organizations with agricultural raw materials in the Republic of Belarus, has been developed.

Key words: methods, supply chains, digital transformation, wholesale and distribution center, agricultural products, effectiveness.

Введение

Развитие национальной экономики Республики Беларусь в условиях цифровой трансформации расширяет возможности субъектов хозяйствования в сфере производства и реализации продукции. В то же время важным является определение целесообразности цифровизации с учетом внутренних ресурсов и наличием рыночных преимуществ для организаций. Для АПК решение данной задачи требует разработки новых научно обоснованных подходов, позволяющих проводить комплексную оценку эффективности производственно-сбытовой системы (ПСС) на микроуровне и выявлять резервы ее совершенствования [4-12].

В развитие данного направления цель статьи состоит в разработке методики комплексной оценки эффективности производственно-сбытовой системы организаций АПК в условиях цифровой трансформации и на ее основе экономическом обосновании создания оптово-распределительных центров (ОРЦ) как направления дальнейшего развития деятельности субъектов на кратко-, средне- и долгосрочный периоды.

Материалы и методы

Теоретической и методической основой исследования являются научные разработки отечественных и

зарубежных ученых по повышению эффективности и совершенствованию ПСС АПК с учетом трансформации условий хозяйствования. Использовались различные методы – монографический, абстрактно-логический, обобщения и аналогий, экономико-математический, экспертных оценок.

Основная часть

Разработанная автором методика комплексной оценки эффективности ПСС организаций АПК в условиях цифровой трансформации базируется на процессном подходе и представляет собой поэтапный алгоритм. Ее отличие от существующих заключается в практической направленности, позволяющей организациям комплексно изучить основные составляющие ППС (производство – снабжение – сбыт – цифровизация) и выявить резервы цифрового развития субъекта. Полученный результат является основой для принятия рациональных управленческих решений по изменению производственно-сбытовой цепочки (ПСЦ) и выбора дальнейшей стратегии развития отрасли, организации (рис. 1).

Апробация методики позволила установить, что национальная система сбыта аграрной продукции отличается многоканальным характером и имеет продуктивную направленность. В то же время для конкурентного функционирования на внутреннем и внеш-



Рисунок 1. Методика комплексной оценки эффективности ПСС организации АПК в условиях цифровой трансформации

Примечание. Выполнен автором на основании собственных исследований

нем рынке отмечается недостаток собственных финансовых средств организаций сельского хозяйства, нестабильность загрузки производственных мощностей в сфере переработки, невысокая эффективность маркетингового и логистического обеспечения каналов товародвижения, низкий уровень внедрения цифровых инструментов продвижения продукции по всем этапам ПСЦ [1, 2].

Автором предлагается создание ОРЦ как производственно-сбытового объекта с инновационной системой приемки, первичной переработки и хранения, который, с одной стороны, приобретает у сельскохозяйственных производителей сельскохозяйственное сырье и продукцию, обеспечивая им реализацию, а, с другой стороны, выступает гарантированной базой сырьевых запасов для обрабатывающих (пищевых)

производств и рынка, осуществляя оптовую торговлю, в том числе через электронные торговые площадки.

Научная новизна заключается в совершенствовании организационно-экономических отношений на основе цифровой трансформации взаимодействия всех участников ПСЦ с ОРЦ. При этом особую роль играет формирование действенного механизма ценообразования, позволяющего субъектам реализовывать продукцию в оптимальные сроки и по приемлемым ценам.

Для обеспечения результативности ОРЦ разработан пошаговый алгоритм формирования для них устойчивых сырьевых зон, предусматривающий:

1) выделение перечня сельскохозяйственных организаций, имеющих высокий производственный потенциал (в разрезе видов продукции на основе оценки

уровня урожайности/продуктивности и прибыльности производства);

2) корректировку данного перечня по истечении трех лет с учетом реализации мероприятий по повышению эффективности производства продукции.

Практическая значимость разработки состоит в проведении постоянного мониторинга работы субъектов, формирующих сырьевую зону ОРЦ, на основании которого из перечня производителей могут быть исключены и/или включены новые организации. По нашей оценке, трехлетний период времени является минимальным для проведения оценки и формирования объективных выводов об эффективности де-

ятельности субъектов.

В дополнение предложена двухуровневая система обеспечения загрузки производственных мощностей, предусматривающая оценку отдельных показателей на мезо- (отраслевом уровне) и микроуровнях с последующей реализацией комплекса мероприятий, позволяющих обеспечить полное удовлетворение внутреннего спроса на продукты питания и развитие экспорта (рис. 2).

Для подтверждения необходимости создания ОРЦ в АПК автором использован метод целевого линейного программирования. Задачей линейного программирования называется задача, математическая модель кото-

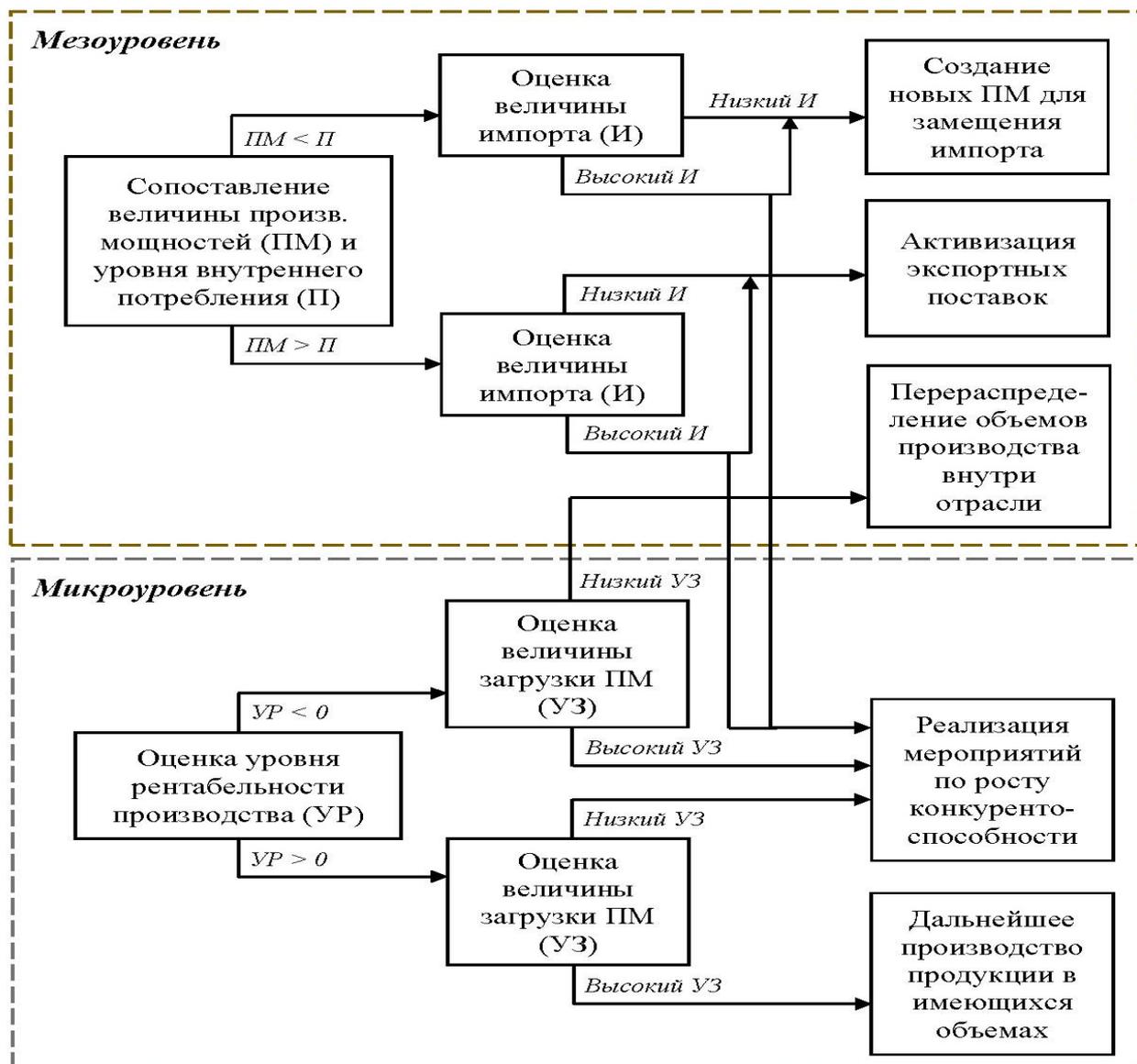


Рисунок 2. Двухуровневая система обеспечения загрузки производственных мощностей обрабатывающих (пищевых) организаций Республики Беларусь

Примечание. Выполнен автором на основании собственных исследований.

Условные обозначения: ПМ – производственные мощности; И – импорт; П – уровень потребления; УР – уровень рентабельности производства; УЗ – уровень загрузки производственных мощностей

рой имеет вид (формулы (1)-(3) [3, с. 189]:

$$f(X) = \sum c_j x_j \rightarrow \max(\min); \quad (1)$$

$$\sum a_{ij} x_j = b_i, i \in I, I \subseteq M = \{1, 2, \dots, m\}; \quad (2)$$

$$\sum a_{ij} x_j \leq b_i, i \in M;$$

$$x_j \geq 0, j \in J, J \subseteq N = \{1, 2, \dots, n\}. \quad (3)$$

При этом система линейных уравнений (2) и неравенств (3), определяющая допустимое множество решений задачи W , называется системой ограничений задачи линейного программирования, а линейная функция $f(X)$ называется целевой функцией, или критерием оптимальности. Таким образом, построение такой модели предполагает определение ее элементов, к которым в обязательном порядке относятся переменные параметры, ограничения задачи и критерий оптимальности (формирует целевую функцию).

В качестве переменных параметров для ОРЦ выступит перечень (количество и состав) входящих в сырьевую зону сельскохозяйственных организаций, а также объем и направления переработки; критерия оптимальности – величина рентабельности продаж по АПК в целом. Задача оптимизации в данном случае примет следующий вид (формула (4)):

$$z = P\kappa_t = \frac{\sum_{i=1}^n Pcx_{it} + \sum_{j=1}^m Poru_{jt} + \sum_{z=1}^l Pnep_{zt}}{\sum_{i=1}^n Bcx_{it} + \sum_{j=1}^m Boru_{jt} + \sum_{z=1}^l Bnep_{zt}} \rightarrow \max, \quad (4)$$

где t – отчетный период (год);

i – порядковый номер сельскохозяйственной организации, входящей в сырьевую зону;

j – порядковый номер ОРЦ;

z – порядковый номер обрабатывающей (пищевой) организации;

Pcx_{it} – величина прибыли (убытка) от реализации продукции, полученной i -той сельскохозяйственной организацией от каждого вида сырья, руб.;

$Poru_{jt}$ – величина прибыли (убытка) от реализации продукции, полученной j -тым ОРЦ, руб.;

$Pnep_{zt}$ – величина прибыли (убытка) от реализации продукции, полученной z -той обрабатывающей (пищевой) организацией, руб.;

Bcx_{it} – объем выручки от реализации продукции, полученной i -той сельскохозяйственной организацией, руб.;

$Boru_{jt}$ – объем выручки от реализации продукции, полученной j -тым ОРЦ, руб.;

$Bnep_{zt}$ – объем выручки от реализации продукции, полученной z -той обрабатывающей (пищевой) организацией, руб.

В результате сельскохозяйственные организации, вошедшие в сырьевую базу ОРЦ, будут разделены на три условные группы:

1) эффективно функционирующие производители, формирующие основу сырьевой зоны;

2) потенциально эффективные субъекты, в отношении которых требуется реализация мероприятий по улучшению организации производства;

3) потенциально эффективные производители, в отношении которых требуется реализация мероприятий по повышению качественных характеристик.

Дальнейшее движение сельскохозяйственного сырья будет производиться его аккумулярованием на складах ОРЦ. На данном этапе обеспечение эффективности сводится:

– к рациональному распределению получаемой готовой продукции между ОРЦ (в том числе в границах формирования стратегического запаса);

– обеспечению достаточности производственных запасов на уровне, превышающем внутреннюю потребность страны.

Для экономического обоснования системы обеспечения загрузки производственных мощностей обрабатывающих (пищевых) организаций Республики Беларусь автором выделено 4 варианта развития в зависимости от уровня хозяйствования (таблица).

Реализация сценариев предполагает первоначальную оценку уровня рентабельности производства в разрезе видов продукции для каждой организации-производителя с последующим приведением уровня использования мощностей к наиболее высокому значению. Одновременно возможно наступление варианта, при котором в результате перераспределения объемов производства между субъектами будет наблюдаться закрытие производственной линии на наименее эффективно работающей обрабатывающей (пищевой) организации (исключительно при достижении уровня самообеспечения страны).

Заключение

Выполненная апробация предложенного подхода на примере производства картофеля и картофелепродуктов Республики Беларусь показала, что в стране может быть создано 3 межрегиональных ОРЦ, имеющих зону обслуживания в размере 200-300 км и аккумулирующих продукцию сельскохозяйственных организаций Брестской и Гродненской областей, а также южной части Минской, Витебской и северной части Минской, Гомельской и Могилевской областей. В сырьевую зону включены 195 субъектов, совокупность которых разделена на эффективно функционирующих и потенциально эффективных производителей.

Таким образом, разработанная методика комплексной оценки эффективности ПСС организаций АПК в условиях цифровой трансформации позволяет комплексно изучить основные ее составляющие и выявить резервы цифрового развития субъекта. В качестве последнего предложено создание ОРЦ с использованием пошагового алгоритма формирования устойчивых сырьевых зон и двухуровневой системы

Таблица. Сценарии развития системы обеспечения загрузки производственных мощностей обрабатывающих (пищевых) организаций Республики Беларусь по уровням хозяйствования

Уровень хозяйствования	Сценарии развития системы обеспечения загрузки производственных мощностей обрабатывающих (пищевых) организаций Республики Беларусь			
	1	2	3	4
Мезоуровень	активизация экспортных поставок	активизация экспортных поставок и проведение мероприятий по обеспечению конкурентоспособности (реализуемые одновременно)	создание в рамках страны новых производственных мощностей по замещению импортных поставок (при наличии спроса)	создание новых производственных мощностей по замещению импортных поставок и проведение мероприятий по обеспечению конкурентоспособности (реализуемые одновременно)
Микроуровень	дальнейшее производство рассматриваемой продукции в имеющихся объемах	реализация мероприятий по обеспечению конкурентоспособности для дозагрузки производственных мощностей	реализация мероприятий по обеспечению конкурентоспособности для обеспечения рентабельного производства	перераспределение объемов производства продовольствия между организациями отрасли

обеспечения загрузки обрабатывающих (пищевых) организаций, что обеспечивает эффективное функционирование всех субъектов ПСЦ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Борель, К.В. Закономерности и принципы формирования современной производственно-сбытовой системы АПК / К.В. Борель // Агропанорама. – 2022. – № 6 (154). – С. 40-45.
2. Борель, К.В. Тенденции развития производства и реализации картофеля в Республике Беларусь / К.В. Борель // Агропанорама. – 2021. – № 5 (147). – С. 43-48.
3. Бережная, Е.В. Математические методы моделирования экономических систем: учеб. пособие / Е.В. Бережная, В.И. Бережной. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 432 с.
4. Буць, В.И. Логистическое обоснование параметров производственно-сбытовой системы сельскохозяйственной организации: рекомендации / В.И. Буць, Л.А. Таптунов. – Горки: БГСХА, 2021. – 36 с.
5. Гусаков, В.Г. Факторы и методы эффективного хозяйствования / В.Г. Гусаков. – Минск: Беларуская навука, 2020. – 54 с.
6. Киреенко, Н.В. Новая конфигурация глобальных производственно-сбытовых цепочек на агропро-

довольственном рынке / Н.В. Киреенко // Белорусский экономический журнал. – 2022. – № 1. – С. 62-78.

7. Косова, А.Л. Механизм совершенствования логистической системы в АПК Беларуси в условиях региональной торгово-экономической интеграции / А.Л. Косова; под науч. ред. Н.В. Киреенко. – Минск: Ин-т систем. исслед. в АПК НАН Беларуси, 2022. – 179 с.

8. Назаренко, В.И. Рынок продовольствия на Западе / В.И. Назарова. – М.: Ин-т Европы РАН: Русский сувенир, 2008. – 296 с.

9. Таптунов, Л.А. Обоснование организационно-экономической сущности производственно-сбытовой системы сельскохозяйственной организации как объекта логистического исследования / Л.А. Таптунов // Проблемы экономики. – 2019. – № 1 (28). – С. 239-251.

10. Фетюхина, О.Н. Концепция и маркетинг глобальной цепи поставок продукции / О.Н. Фетюхина // Экономический вестник Ростовского университета. – 2007. – Том 5. – № 3. – Часть 3. – С. 306-312.

11. Larson, P. Supply chain management: definition growth and approaches / P. Larson, D. Rogers // Journal of Marketing Theory and Practice. – 1998. – Vol. 6. – № 3. – PP. 1-5.

12. Liu, F. Building supply chain resilience through virtual stockpile pooling / F. Liu, F.S. Song, F.D. Tong // Production and Operations Management. – 2016. – № 25. – PP. 1745-1762.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 10.04.2023

СИСТЕМА ДОСТУПА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОВ НА РЫНКИ ГОСУДАРСТВ – ЧЛЕНОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА

Н.В. Киреенко,

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

В статье изучены нормативные и правовые основы формирования системы условий доступа на рынки государств – членов Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Определены особенности таможенно-тарифного и нетарифного регулирования, применяемого на наднациональном и национальном уровнях. Обоснованы санитарные, ветеринарно-санитарные и карантинные фитосанитарные меры, а также меры технического регулирования как ключевые условия доступа сельскохозяйственных товаров на рынок ЕАЭС.

Ключевые слова: система доступа, таможенно-тарифное регулирование, нетарифное регулирование, сельскохозяйственные товары, рынок Евразийского экономического союза, рынок третьих стран.

The article studies the regulatory and legal foundations for the formation of the markets access system conditions of the member states of the Eurasian Economic Union (EAEU). The features of customs-tariff and non-tariff regulation applied at the supranational and national levels are determined. Sanitary, veterinary-sanitary and quarantine phytosanitary measures, as well as technical regulation measures as key conditions for access of agricultural products to the EAEU market are substantiated.

Key words: access system, customs-tariff regulation, non-tariff regulation, agricultural products, market of the Eurasian Economic Union, market of third countries.

Введение

Доступ на рынок рассматривается как объект международного права ЕАЭС и означает условия, таможенно-тарифные и нетарифные меры, согласованные государствами – членами для ввоза определенных товаров на их рынки. При этом Союз обеспечивает для своих участников свободу движения товаров, услуг, капитала и рабочей силы, проведение скоординированной, согласованной или единой политики в отраслях экономики, в том числе и в отношении третьих стран.

Как показывает практика, рынки государств – членов ЕАЭС являются основными внешними рынками сбыта сельскохозяйственных товаров Беларуси, на долю которых приходится более 80,0 % экспортных поставок. При этом современная экономическая ситуация, связанная с расширением торгово-экономических барьеров и мер санкционной политики в отношении нашей республики, усиливает практическую значимость по разработке эффективных направлений продвижения сельскохозяйственной продукции и продуктов питания на рынки государств – членов ЕАЭС как основных торговых партнеров на основе преференциальных условий доступа на рынок [1; 4, 5].

В развитие этого цель статьи состоит в проведении комплексного анализа условий доступа сельскохозяйственных товаров Республики Беларусь на рынок ЕАЭС, а также обосновании особенностей применения неурегулированных таможенных правоот-

ношений на основе национального законодательства государств – членов Союза.

Научное исследование базировалось на изучении законодательства по вопросам таможенно-тарифного и нетарифного регулирования на национальном и наднациональном уровнях. Использованы методы системного и сравнительного анализа.

Основная часть

В соответствии с Договором о ЕАЭС условия доступа на рынки государств – членов Союза, предусматривающие таможенно-тарифное и нетарифное регулирование, являются едиными для всех участников интеграционного объединения [2]. Ниже представлена действующая система условий доступа на данный рынок (рисунок).

Элементами таможенно-тарифного регулирования являются: Единая товарная номенклатура внешнеэкономической деятельности ЕАЭС; Единый таможенный тариф ЕАЭС; Единые правила определения страны происхождения. При этом на единой таможенной территории государств – членов Союза применяются единые меры таможенно-тарифного регулирования. Полномочия по принятию решений в сфере таможенно-тарифного регулирования переданы наднациональному органу (институциональное обеспечение) – Евразийской экономической комиссии (ЕЭК), решения которой подлежат непосредственно применению на территориях государств – членов.

Основными нормативно-правовыми документами,

регулирующими вопросы таможенно-тарифного регулирования на наднациональном уровне, являются: Договор о ЕАЭС (Приложение № 6 «Протокол о едином таможенно-тарифном регулировании»), а также Договор о Таможенном кодексе ЕАЭС [3]. Таможенное регулирование основывается на специфических принципах равноправия лиц при перемещении товаров через таможенную границу Союза, четкости, ясности и последовательности совершения таможенных операций, гласности в разработке и применении международных договоров и актов в сфере таможенного регулирования и их гармонизации с нормами между-

народного права, а также на применении современных методов таможенного контроля и максимальном использовании информационных технологий в деятельности таможенных органов.

В то же время таможенные правоотношения, не урегулированные международными договорами и актами в сфере таможенного регулирования, базируются на законодательстве государств – членов ЕАЭС, в качестве которого автором выделено следующее (таблица).

Нетарифное регулирование базируется на основных положениях Договора о ЕАЭС (Приложение № 7

Таблица. Перечень основных нормативно-правовых актов, регулирующих внешнеторговую деятельность в государствах – членах ЕАЭС [6-15]

Название документа	Дата принятия	Основные положения документа
Республика Армения		
Указ Президента Республики Армения «О внешнеторговой деятельности Республики Армения»	01 апреля 1992 г.	Определяет правовые основы внешнеторговой деятельности, права и обязанности государственных органов страны в области внешнеторговой деятельности в целях обеспечения национальной безопасности
Закон Республики Армения «О таможенном регулировании»	07 октября 2022 г. № 3Р-353	Включает порядок и условия перемещения товаров и транспортных средств через таможенную границу ЕАЭС, границу Республики Армения, взимание таможенных платежей, таможенное оформление, таможенный контроль и другие меры реализации таможенной политики
Республика Беларусь		
Закон Республики Беларусь «О государственном регулировании внешнеторговой деятельности»	25 ноября 2004 г. № 347-3	Определяет правовые основы государственного регулирования внешнеторговой деятельности, права и обязанности государственных органов страны в области внешнеторговой деятельности в целях обеспечения национальной безопасности, в том числе в экономической сфере, стимулирования развития национальной экономики, обеспечения благоприятных условий для внешнеторговой деятельности
Закон Республики Беларусь «О таможенном регулировании в Республике Беларусь»	10 января 2014 г. № 129-3 (в ред. от 19 июля 2021 г. № 121-3)	Регулирует отношения, связанные с перемещением товаров через таможенную границу ЕАЭС в Республике Беларусь, их нахождением и использованием на таможенной территории или за ее пределами, совершением таможенных операций, связанных с прибытием товаров на таможенную территорию и их убытием с таможенной территории, временным хранением товаров, их таможенным декларированием и выпуском, иных таможенных операций, уплатой таможенных платежей, специальных, антидемпинговых, компенсационных пошлин и проведением таможенного контроля
Республика Казахстан		
Кодекс Республики Казахстан «О таможенном регулировании в Республике Казахстан»	26 декабря 2017 г. № 123-VI ЗРК (в ред. от 28 декабря 2022 г. № 173-VII, введены в действие с 28 февраля 2023 г.)	Определяет правовые, экономические и организационные основы таможенного регулирования в стране и направлен на защиту суверенитета и экономической безопасности, активизацию связей казахстанской экономики в системе мировых экономических отношений и либерализацию внешнеэкономической деятельности
Закон Республики Казахстан «О регулировании торговой деятельности»	12 апреля 2004 г. № 544-II (в ред. от 30.12.2022 г. № 177-VII (вводятся в действие с 3 июля 2023 г.)	Регулирует общественные отношения в сфере торговой деятельности, устанавливает принципы и организационные основы ее государственного регулирования, в том числе и на внешнем рынке (Глава 4. Внешнеторговая деятельность)

Продолжение таблицы

Название документа	Дата принятия	Основные положения документа
Кыргызская Республика		
Закон Кыргызской Республики «О государственном регулировании внешнеторговой деятельности в Кыргызской Республике»	02 июля 1997 г. № 41 (в ред. от 23 марта 2021 г. № 39)	Определяет основы государственного регулирования внешнеторговой деятельности, порядок ее осуществления лицами страны и иностранными лицами, права, обязанности и ответственность органов государственной власти в области внешнеторговой деятельности
Закон Кыргызской Республики «О таможенном регулировании»	24 апреля 2019 г. № 52	Устанавливает порядок и условия перемещения товаров через таможенную границу ЕАЭС в Кыргызской Республике
Российская Федерация		
Федеральный закон «Об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности»	08 декабря 2003 г. № 164-ФЗ (в ред. от 29 декабря 2022 г.)	Определяет основы государственного регулирования внешнеторговой деятельности, полномочия Российской Федерации и ее субъектов в области внешнеторговой деятельности в целях обеспечения благоприятных условий для внешнеторговой деятельности, а также защиты экономических и политических интересов государства
Федеральный закон «О таможенном регулировании в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»	03 августа 2018 г. № 289-ФЗ	Устанавливает порядок и правила регулирования таможенного дела в Российской Федерации

«Протокол о мерах нетарифного регулирования в отношении третьих стран»; Приложение к Протоколу о мерах нетарифного регулирования в отношении третьих стран «Правила выдачи лицензий и разрешений на экспорт и (или) импорт товаров»; Приложение № 8 «Протокол о применении специальных защитных, антидемпинговых и компенсационных мер по отношению к третьим странам»; Приложение к Протоколу о применении специальных защитных, антидемпинговых и компенсационных мер по отношению к третьим странам; «Положение о зачислении и распределении специальных, антидемпинговых, компенсационных пошлин»; Приложение № 9 «Протокол о техническом регулировании в рамках Евразийского экономического союза»; Приложение № 12 «Протокол о применении санитарных, ветеринарно-санитарных и карантинных фитосанитарных мер»). При этом статьей 46 Договора о ЕАЭС определены единые меры нетарифного регулирования, применяемые ЕАЭС в торговле с третьими странами, включая: запрет ввоза и (или) вывоза товаров; количественные ограничения ввоза и (или) вывоза товаров; исключительное право на экспорт и (или) импорт товаров; автоматическое лицензирование (наблюдение) экспорта и (или) импорта товаров; разрешительный порядок ввоза и (или) вывоза товаров.

В мировой торговле санитарные, ветеринарно-санитарные и фитосанитарные меры, а также меры технического регулирования являются ключевыми условиями доступа сельскохозяйственных товаров на внешний рынок. В рамках ЕАЭС первая группа мер регулируется приложением № 12 «Протокол о применении санитарных, ветеринарно-санитарных и карантинных фитосанитарных мер». При этом в целях обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения, а также ветеринарно-санитарной, карантинной фитосанитарной безопасности в рамках

Союза проводится согласованная политика. В настоящее время последняя реализуется путем совместной разработки, принятия и реализации государствами – членами международных договоров и актов ЕЭК в области применения рассматриваемой группы мер.

В ходе исследования установлено, что каждое из государств – членов имеет право разрабатывать и вводит временные санитарные, ветеринарно-санитарные и карантинные фитосанитарные меры. Порядок взаимодействия уполномоченных органов участников Союза при введении таких временных мер утверждается ЕЭК. В то же время согласованные подходы при проведении идентификации, регистрации и прослеживаемости животных и продукции животного происхождения применяются в соответствии с актами ЕЭК.

В соответствии с Договором о ЕАЭС и приложением № 9 («Протокол о техническом регулировании в рамках Евразийского экономического союза») техническое регулирование (вторая группа мер) предусматривает установление, применение и исполнение обязательных требований к продукции, порядку и правилам ее перевозки, хранения, в том числе при ввозе на таможенную территорию Союза, реализации и утилизации продукции, а также правовое регулирование отношений в области оценки соответствия. Основными принципами данного вида регулирования являются:

- установление единых обязательных требований к продукции в технических регламентах;
- применение и исполнение требований технических регламентов в государствах – членах ЕАЭС без каких-либо изъятий и независимо от видов и (или) особенностей сделок.

Также в рамках ЕАЭС утверждены технические регламенты, единый перечень продукции, в отношении которой устанавливаются обязательные требования, порядок ее ввоза на таможенную территорию Со-

юза, единые формы разрешительных документов, а также порядок применения единого знака обращения продукции на рынке. Государственный контроль соблюдения требований технических регламентов Союза и обеспечение их соблюдения осуществляются путем:

1) предупреждения, выявления и пресечения нарушений лицами посредством проведения проверок их деятельности, а также документов и сведений, подтверждающих соответствие товаров обязательным требованиям;

2) принятия предусмотренных законодательством государств – членов ЕАЭС мер по устранению последствий выявленных нарушений и надзора за исполнением указанных требований;

3) анализа и прогнозирования исполнения требований технических регламентов Союза.

Заключение

Обоснование условий доступа Республики Беларусь на рынки государств – членов ЕАЭС позволило выполнить комплексный анализ и выявить следующие особенности:

1. Учитывая, что государства – члены ЕАЭС работают в рамках Договора о ЕАЭС, Таможенного кодекса ЕАЭС и других единых документов, то условия доступа на агропродовольственный рынок по таможенно-тарифным и нетарифным мерам являются едиными. При этом отсутствует уплата таможенных пошлин для всех субъектов Союза на территории объединения, что обеспечивает преференциальные преимущества.

К единым мерам нетарифного регулирования, применяемым ЕАЭС в торговле с третьими странами, относятся: запрет ввоза и (или) вывоза товаров; количественные ограничения ввоза и (или) вывоза товаров; исключительное право на экспорт и (или) импорт товаров; автоматическое лицензирование (наблюдение) экспорта и (или) импорта товаров; разрешительный порядок ввоза и (или) вывоза товаров.

2. Установлено, что в случае возникновения таможенных правоотношений, не урегулированных международными договорами и актами в сфере таможенного регулирования, до их урегулирования применяется законодательство государств – членов ЕАЭС. При этом применяемое национальное законодательство стран по данному направлению не имеет существенных отличий, а определяется основными документами в области внешнеторговой деятельности и таможенного регулирования.

3. Важное место в системе доступа на рынок в отношении сельскохозяйственной продукции и продовольствия занимают санитарные, ветеринарно-санитарные и карантинные фитосанитарные меры, а также меры технического регулирования. Первая группа – применяется на основе принципов, имеющих научное обоснование, и только в той степени, в которой это необходимо для защиты жизни и здоровья человека, животных и растений. Вторая группа – это технические регламенты, единый перечень продукции, в отношении которой устанавливаются обя-

зательные требования, порядок ее ввоза на таможенную территорию Союза, единые формы разрешительных документов, а также порядок применения единого знака обращения продукции на рынке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Войтко, И.А. Роль государственных программ развития аграрного бизнеса в обеспечении бюджетной поддержки сельского хозяйства Республики Беларусь / И.А. Войтко // Агропанорама. – 2021. – № 4. – С. 38-44.

2. Договор о Евразийском экономическом союзе (Подписан в г. Астане 29.05.2014): в ред. от 24.03.2022 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163855/. – Дата доступа: 12.03.2023.

3. Договор о Таможенном кодексе Евразийского экономического союза (Ратифицирован Законом Республики Беларусь от 10.11.2017 г. «О ратификации Договора о Таможенном кодексе Евразийского экономического союза») [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=F01700314&p1=1>. – Дата доступа: 12.03.2023.

4. Киреенко, Н.В. Устойчивые продовольственные системы: мировая практика и опыт государств – членов Евразийского экономического союза / Н.В. Киреенко // Белорусский экономический журнал. – 2021. – № 1. – С. 70-86.

5. Киреенко, Н.В. Обзор агропродовольственной торговой политики в постсоветских странах 2019-2020: Беларусь / Н.В. Киреенко // Обзор агропродовольственной торговой политики в странах Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии: 2019-2020. – Рим: Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций, 2022. – С. 50-57.

6. О внешнеторговой деятельности Республики Армения: Указ Президента Республики Армения, 1 апреля 1992 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cis.minsk.by/page/12646>. – Дата доступа: 10.03.2023.

7. О государственном регулировании внешнеторговой деятельности: Закон Республики Беларусь, 25 ноября 2004 г., № 347-З [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=h10400347>. – Дата доступа: 10.03.2023.

8. О государственном регулировании внешнеторговой деятельности в Кыргызской Республике: Закон Кыргызской Республики, 2 июля 1997 г., № 41: в ред. от 23 марта 2021 г. № 39 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/541>. – Дата доступа: 10.03.2023.

9. Об основах государственного регулирования внешнеторговой деятельности: Федеральный закон, 08 декабря 2003 г., № 164-ФЗ: в ред. от 29 декабря 2022 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45397/. – Дата доступа: 11.03.2023.

10. О регулировании торговой деятельности: За-

кон Республики Казахстан, 12 апреля 2004 г., № 544-ІІ: в ред. от 30.12.22 г. № 177-VІІ (вводится в действие с 3 июля 2023 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1047488. – Дата доступа: 10.03.2023.

11. О таможенном регулировании: Закон Республики Армения, 7 октября 2022 г., № ЗР-353 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://base.spinform.ru/show_doc.fwx?rgn=145709#A00000407. – Дата доступа: 10.03.2023.

12. О таможенном регулировании в Республике Беларусь: Закон Республики Беларусь, 10 января 2014 г., № 129-З: в ред. от 19 июля 2021 г. № 121-З [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=H11400129>. – Дата доступа: 10.03.2023.

13. О таможенном регулировании в Республике Казахстан: Кодекс Республики Казахстан, 26 декабря 2017 г., № 123-VІ ЗРК: в ред. от 28 декабря 2022 г. №

173-VІІ (введен в действие с 28 февраля 2023 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=39082703. – Дата доступа: 11.03.2023.

14. О таможенном регулировании: Закон Кыргызской Республики, 24 апреля 2019 г., № 52 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/111908>. – Дата доступа: 11.03.2023.

15. О таможенном регулировании в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон, 03 августа 2018 г., № 289-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304093/. – Дата доступа: 11.03.2023.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 14.03.2023.

Опрыскиватели штанговые полевые «ОШ-2300-18» и «ОШ-2500-24» с независимой навеской и системой стабилизации штанги

Предназначены для внесения рабочих растворов пестицидов и жидких удобрений, снижения амплитуды колебаний штанги и повышения надежности ее несущей конструкции.

Штанга установлена на подвижной рамке, закрепленной на штоке гидроцилиндра, нижний конец которого крепится на пластине, соединенной с остовом опрыскивателя при помощи двух пружин. Рамка может свободно перемещаться в направляющих остова опрыскивателя. Гашение колебаний штанги в вертикальной плоскости обеспечивается пружинами и амортизаторами.



Основные технические данные

Марка машины	ОШ-2300-18, ОШ-2500-24
Рабочая ширина захвата, м	18, 24
Система навески штанги на остов опрыскивателя	Независимая
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
Дорожный просвет, мм	350

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, использованные при наборе формул, вставляются в текст только в редакторе формул Microsoft Equation.

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

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

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

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

графиков не следует применять выделение цветом, заливку фона.

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

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

индекс УДК;

название статьи;

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

аннотацию на русском и английском языках;

ключевые слова на русском и английском языках;

введение;

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

заключение, завершаемое четко сформулированными выводами;

список цитированных источников;

дату поступления статьи в редакцию.

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

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

В разделе «Заклучение» должны быть в сжатом виде сформулированы основные полученные результаты с указанием их новизны, преимуществ и возможностей применения.

Дополнительно в структуру статьи может быть включен перечень принятых обозначений и сокращений.

5. Литература должна быть представлена общим списком в конце статьи. Библиографические записи располагаются в алфавитном порядке на языке оригинала или в порядке цитирования. Ссылки в тексте обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

6. Статьи из научно-исследовательских или высших учебных заведений направляются вместе с сопроводительным письмом, подписанным директором и приложенной экспертной справкой по установленной форме.

7. Статьи принимаются в электронном виде с распечаткой в одном экземпляре. Распечатанный текст статьи должен быть подписан всеми авторами. В конце статьи необходимо указать полное название учреждения образования, организации, предприятия, ученую степень и ученое звание (если есть), а также полный почтовый адрес и номер телефона (служебный или домашний) каждого автора.

8. Авторы несут ответственность за направление в редакцию статей, опубликованных ранее или принятых к печати другими изданиями.

9. Плата за опубликование научных статей не взимается.

10. Право первоочередного опубликования статей предоставляется лицам, осуществляющим послевузовское обучение (аспирантура, докторантура, соискательство), в год завершения обучения.

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

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

Программный комплекс автоматизированного рабочего места (АРМ) специалиста сельского хозяйства

Предназначен для поддержки принятия решения по планированию производства и эффективному использованию кормовых ресурсов для молочно-товарных комплексов и включает в себя следующие программные приложения:

по балансированию суточного рациона кормления молодняка КРС;

по расчету рецепта комбикормов;

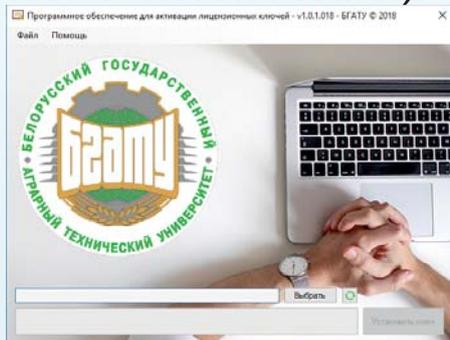
по расчету рецепта премиксов;

по контролю зоотехнического и ветеринарного учета молочных коров;

по планированию и мониторингу работы техники (ПО разработано с элементами искусственного интеллекта);

по мониторингу работ по уборке сельскохозяйственной продукции, выполнения плана государственных поставок, учета и хранения кормов и т.д.;

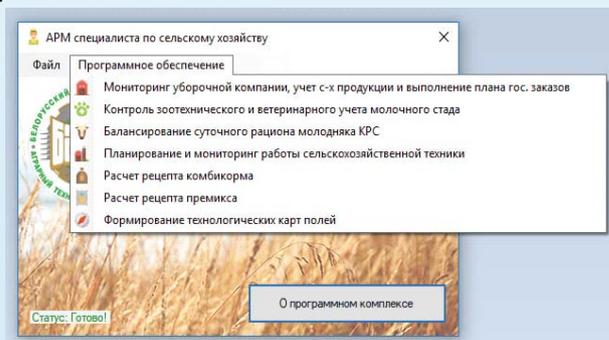
по созданию технологических карт полей на основе данных агрохимического состава почвы, истории урожайности и истории полей хозяйства (для технологии точного земледелия).



Окно запуска программы активации лицензионных ключей АРМа



Окно запуска программы АРМа



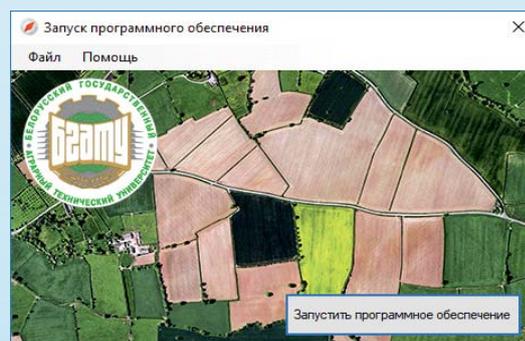
Окно главного меню АРМа



Окно запуска программы адресного расчета рецепта премиксов



Окно запуска программы планирования и мониторинга работы сельскохозяйственной техники



Окно запуска программы формирования технологических карт полей

