«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»** **12+**

Научно-производственный периодический журнал **The research-production periodic magazine**

Включен в международную базу данных Agris

№ 6 (36), 2018 г.

Основанв 2012 г. **It is based in 2012.**

Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА
«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ»

ЗАЗУЛЯ Александр Николаевич — главный редактор, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник, ФГБНУ ВНИИТиН

НАГОРНОВ Станислав Александрович — зам. главного редактора, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ ВНИИТиН

ГОЛУБЕВ Иван Григорьевич — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Московской области, заведующий отделом научно-информационного обеспечения инновационного развития АПК ФГБНУ «Росинформагротех»

ЕРОХИН Михаил Никитьевич — академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ, профессор кафедры сопротивление материалов и детали машин РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

ЖАЛНИН Эдуард Викторович — доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, заведующий отделом механизации уборки зерновых и послеуборочной обработки зерна и семян ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович — академик РАН, доктор технических наук, профессор, главный научный консультант ФГБОУ ВО МичГАУ

КНЯЗЕВА Лариса Геннадьевна— доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник с возложением обязанностей Ученого секретаря ФГБНУ ВНИИТиН

КОВАЛЕВ Михаил Михайлович — доктор технических наук, заслуженный изобретатель РСФСР, академик РАЕН, лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, научный руководитель ФГБНУ ВНИИМЛ

ЛАРЮШИН Николай Петрович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства, профессор кафедры «Механизация технологических процессов в АПК» ФГБОУ ВПО «Пензенский ГАУ»

ЛЯЛЯКИН Валентин Павлович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ведущий научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

МИЩЕНКО Сергей Владимирович — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ, член Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, член Международной академии информатизации и Международной инженерной академии, профессор кафедры "Управление качеством и сертификация" ФГБОУ ВО ТГТУ

ПОПОВ Владимир Дмитриевич — академик РАН, доктор технических наук, профессор, президент Региональной областной организации «Санкт-Петербургская ассоциация инженеров сельского хозяйства – СПА-ИСХ», научный руководительФГБНУ «Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства»

СТРЕБКОВ Дмитрий Семенович — академик РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заместитель председателя Российского комитета по использованию возобновляемых источников энергии, председатель рабочей группы Европейского бюро ЮНЕСКО по образованию в области солнечной энергии, главный научный сотрудник ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

ФЕДОРЕНКО Вячеслав Филиппович — академик РАН**,** доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор ФГБНУ «Росинформагротех»

КАЗАКЕВИЧ Петр Петрович —член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, иностранный член РАН, заместитель Председателя Президиума, Национальная академия наук Беларуси, Республика Беларусь

BIANCO Vincenzo — Ph.D., Associate Professor, Department of mechanical, energy, management and transportation engineering. Associate Professor, University of Genoa, Italy.

Редакция

Журнал «Наука в Центральной России Science in the central Russia»

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Главный редактор: Зазуля А.Н.

№ 6 (36). Дата выхода в свет 28.12.2018, Тираж - 100 экз. Свободная цена. Подписной индекс 25196.

Адрес редакции и издателя: **392022, Тамбовская область, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д. 28,** тел. 8(4752)440-241; e-mail: naukacr@yandex.ru

Отпечатано в типографии ИП Москалева Ирина Юрьевна. Адрес типографии: 398036, Липецкая область, г. Липецк, проспект Победы, д. 116.

Печатное издание журнал «Наука в Центральной России» зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор). Свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС 77 - 66036 от 10.06.2016 г.

Технический редактор: Левина Эмма Владимировна**, тел. +7 (920) 246-20-64**

Зав. отделом по развитию: Левин Максим Юрьевич**, тел. +7 (920) 240-71-96**

© «Наука в центральной России», 2018

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал **The research and production periodic magazine**
№ 6 (36), 2018 г.
Основан в 2012 г. **It is based in 2012.**
Выходит 6 раз в год **There are 6 times a year**

Учредитель и издатель журнала:
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве
(ФГБНУ ВНИИТИН)

ЭКСПЕРТНЫЙ СОВЕТ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЖУРНАЛА
«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ»

Агропромышленные инновационные технологии в растениеводстве

ТИШАНИНОВ Николай Петрович — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве, ФГБНУ ВНИИТиН
КАПУСТИН Василий Петрович — доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», профессор кафедры Агроинженерия.
БАЛАШОВ Александр Владимирович — кандидат технических наук, зав. лабораторией использования машинно-тракторных агрегатов, ФГБНУ ВНИИТиН
ЕРОХИН Геннадий Николаевич — кандидат технических наук, зав. лабораторией эксплуатационных требований к сельскохозяйственной технике, ФГБНУ ВНИИТиН

Агропромышленные инновационные технологии в животноводстве

ЦОЙ Юрий Алексеевич — член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, генеральный директор научно-производственного предприятия «Фемакс» (Москва).
ЭНГОВАТОВ Вячеслав Федорович — доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории технологии производства свинины, ФГБНУ ВНИИТиН
ДОРОВСКИХ Владимир Иванович — кандидат технических наук, зав. лабораторией управления качеством технологических процессов в животноводстве, ФГБНУ ВНИИТиН
ШУЛАЕВ Геннадий Михайлович — кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией технологии производства свинины, ФГБНУ ВНИИТиН
ФИЛИППОВА Ольга Борисовна — кандидат биологических наук, зав. лабораторией технологии производства молока и говядины, ФГБНУ ВНИИТиН

Эффективное использование нефтепродуктов, альтернативных энергоносителей

ОСТРИКОВ Валерий Васильевич — доктор технических наук, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов, ФГБНУ ВНИИТиН
ШУВАЛОВ Анатолий Михайлович — доктор технических наук, профессор, зав. лабораторией использования альтернативных источников энергии взамен жидкого топлива, ФГБНУ ВНИИТиН
ПЕТРАШЕВ Александр Иванович — доктор технических наук, зав. лабораторией организации хранения и защиты техники от коррозии, ФГБНУ ВНИИТиН
САЗОНОВ Сергей Николаевич — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории эксплуатационных требований к сельскохозяйственной технике, ФГБНУ ВНИИТиН

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

© «Наука в центральной России», 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ 5

Гайбарян Михаил Арутюнович, Новиков Николай Николаевич, Сидоркин Владимир Иванович, Сорокин Николай Тимофеевич, Гапеева Наталья Николаевна

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ГРУЗОВЫХ ПАКЕТОВ, СФОРМИРОВАННЫХ ИЗ МЕШКОВ С ТОРФОМ НА ПЛОСКИХ ПОДДОНАХ 5

Gaybaryan Mikhail, Novikov Nikolay, Sidorkin Vladimir, Sorokin Nikolai, Gapeeva Natalia

TEST METHOD OF CARGO PACKAGES FORMED FROM PEAT BAGS ON FLAT PALLETS 5

Лебедев Анатолий Тимофеевич, Искендеров Рамиль Рашидович, Шумский Александр Сергеевич

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ РОТОРНОЙ ДРОБИЛКИ 14

Lebedev Anatoly T., Iskenderov Ramil R., ShumskyAlexandr

TO A QUESTION FOR INCREASING THE DURABILITY OF WORKING BODIES OF ROTARY CRUSHERS 15

Тетерин Владимир Сергеевич, Мельничук Дмитрий Сергеевич, Новиков Николай Николаевич

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДОЖДЕВАНИИ 20

Teterin Vladimir, Melnichuk Dmitry, Novikov Nikolay

PROSPECTS FOR USING DIGITAL TECHNOLOGIES IN SPRINKLING 20

Шишин Дмитрий Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В КАМЕРЕ ОЧЕСА ЛЬНОКОМБАЙНА 29

Shishin Dmitry A

STUDY OF THE AIR FLOW IN FLAX CARDING CHAMBER 0F HARVESTER 29

АГРОПРОМЫШЛЕННЫЕ ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ 35

Ведищев Сергей Михайлович, Завражнов Анатолий Иванович, Капустин Василий Петрович, Прохоров Алексей Владимирович

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМОВ 35

Vedishchev Sergei M., Zavrazhnov Anatoly I., Kapustin Vasily P., Prokhorov Alexey V.

THE TECHNIQUE OF AN ESTIMATION OF EFFICIENCYOF TECHNOLOGICAL LINES OF THE PREPARATION AND DISTRIBUTION OF FEED 36

Филиппова Ольга Борисовна

ЗНАЧЕНИЕ ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КОРОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА 43

Filippova Olga

THE IMPORTANCE OF VITAMIN-MINERAL FOOD OF COWS IN THE TECHNOLOGY OF MILK PRODUCTION 43

Филиппова Ольга Борисовна, Саранчина Екатерина Фёдоровна

ФИТОДОБАВКИ КАК ЧАСТЬ РЕПРОДУКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ 51

Filippova Olga B, Saranchina Ekaterina F.,

PHYTO-ADDITIVES AS A PART OF REPRODUCTIVE TECHNOLOGY IN DAIRY FISHING 51

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ 58

Доровских Дмитрий Владимирович, Глазков Юрий Евгеньевич

ОПЫТНЫЙ ДЫМОМЕТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОПЛИВОПОДАЧИ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ 58

Dorovskikh Dmitriy, Glazkov Yurij

EXPERIMENTAL DIMOMETRIC SENSOR OF SYSTEM OF AUTOMATIC REGULATION OF FUEL-SUPPLY OF AUTOTRACTOR DIESEL 58

Вигдорович Владимир Ильич, Князева Лариса Геннадьевна, Дорохов Андрей Валерьевич

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ В АТМОСФЕРЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ 67

Vigdorovich Vladimir I., Knyazeva Larisa G., Dorokhov Andrey V.

PROTECTION AGAINST CORROSION IN THE ATMOSPHERE OF ANIMAL BREEDING PREMISES 67

Левин Максим Юрьевич, Нагорнов Станислав Александрович

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИСПАРЕНИЯ БЕНЗИНА ПРИ ХРАНЕНИИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К ВИРТУАЛЬНО-ОБЛАЧНОЙ СХЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ 78

Levin Maxim, Nagornov Stanislav

FORECASTING PETROL EVAPORATION WHILE STORING DURING TRANSITION TO A VIRTUAL CLOUD AUTOMATION SCHEME 78

УДК 631.173

МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ ГРУЗОВЫХ ПАКЕТОВ, СФОРМИРОВАННЫХ ИЗ МЕШКОВ С ТОРФОМ НА ПЛОСКИХ ПОДДОНАХ

Гайбарян Михаил Арутюнович,
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru
Новиков Николай Николаевич,
кандидат сельскохозяйственных наук, врио директора ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: Novikov-NN.vnims@yandex.ru
Сидоркин Владимир Иванович,
старший научный сотрудник, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru
Сорокин Николай Тимофеевич,
доктор экономических наук, заместитель директора ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: n.Sorokin.vnims13@yandex.ru
Гапеева Наталья Николаевна,
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
E-mail: gapeevann@mail.ru
Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Реферат. *Необходимый для производства гуминовых удобрений торф транспортируют в мешках по 20-25 кг, из которых формируют грузовые пакеты на плоских поддонах весом до одной тонны, упакованные в полиэтиленовую пленку, либо увязанные стальной или полимерной лентой. Грузовые пакеты испытывали на прочность, оценивая величину взаимного смещения изделий в пакете относительно друг друга, а также относительно поддона и укрывного щитка. Использовали специальные ударные, вибрационные и универсальные стенды. На ударном стенде и вибрационном стендах определяли величину усилия натяжения увязочной ленты, обеспечивающей целостность пакета при различных значениях внешних нагрузок, действующих на пакет. В универсальном стенде вибрационный стенд целиком устанавливается и крепится на ударном стенде. По результатам экспериментов составляли графики зависимости прочностных показателей пакетов от ударных и вибрационных нагрузок. Номограммы, построенные по графикам. позволяют установить изменение прочностных показателей пакетов в зависимости от параметров самого пакета и приложенной к нему нагрузки. Разработанная методика исследования прочностных показателей грузовых пакетов в лабораторных условиях с применением специальных ударного, вибрационного и универсального стендов позволяет определить показатели прочности пакетов без проведения многократных дорогостоящих опытных перевозок. Методику можно применять для испытания любых пакетов из тарно-штучных грузов на плоских поддонах.*

Ключевые слова: *прочность грузовых пакетов, испытательные стенды, методика.*

TEST METHOD OF CARGO PACKAGES FORMED FROM PEAT BAGS ON FLAT PALLETS

Gaybaryan Mikhail,
Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru

Novikov Nikolay,
Candidate of Agricultural Sciences, a.i. director of ITSA – affiliated branch of FSAC VIM,
e-mail: Novikov-NN.vnims@yandex.ru
Sidorkin Vladimir,
senior researcher, e-mail: gnu@vnims.rzn.ru
Sorokin Nikolai,
Doctor of Economic Sciences, deputy director of ITSA – affiliated branch of FSAC VIM,
e-mail: n.Sorokin.vnims13@yandex.ru
Gapeeva Natalia,
Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, e-mail: gapeevann@mail.ru

Institute of Technical Support of Agriculture – affiliated branch of FSAC VIM

Abstract. *Peat, necessary for the production of humic fertilizers, is transported in bags of 20-25 kg, of which cargo packages are formed on flat pallets weighing up to one ton, packed in plastic wrap, or tied with steel or polymer tape. Cargo packages were tested for strength, assessing the magnitude of the relative displacement of products in the package relative to each other, as well as relative to the pallet and the cover plate. Special shock, vibration and universal benches were used. The magnitude of the tensioning force of the binding tape, ensuring the integrity of the package at various values of external loads acting on the package, was determined on the impact stand and the vibration stand. In the universal stand, the vibration stand is completely installed and mounted on a shock stand. According to the results of the experiments, the graphs of the strength parameters of the packages from shock and vibration loads were compiled. Nomograms built on charts. allow you to set the change in the strength indicators of the packages depending on the parameters of the package itself and the load applied to it. The developed method for studying the strength characteristics of cargo packages in the laboratory with the use of special shock, vibration and universal stands allows us to determine the strength indicators of the packages without carrying out multiple expensive experimental traffic. The technique can be used to test any packages of packaged goods on flat pallets.*

Keywords: *strength characteristics of unitized loads, test facilities, methods.*

Введение. При производстве гуминовых удобрений в качестве одного из основных видов сырья применяется торф. В зависимости от требований заказчиков упаковка и транспортировка торфа к месту его переработки осуществляется тремя способами: навалом, в мягких контейнерах и в мешках по 20-25 кг.

В последнем случае для доставки больших объемов торфа к месту назначения возникает необходимость из мешков по 20-25 кг сформировать грузовые пакеты на плоских поддонах весом, обычно, до одной тонны, с упаковкой их в полиэтиленовую пленку или увязкой стальной или полипропиленовой лентой. Это позволяет механизировать погрузочно-разгрузочные и транспортно-складские (ПРТС) операции.

Для обеспечения необходимых прочностных показателей этих пакетов, гарантирующих сохранность изделий на всем протяжении пути следования, необходимо, чтобы эти пакеты прошли испытания на прочность.

Материалы и методы исследований. Испытания грузовых пакетов на прочность проводятся в две стадии: лабораторные испытания на специальных стендах и опытные перевозки железнодорожным, автомобильным и водным транспортом. В данной статье

приводится один из возможных вариантов методики испытания грузовых пакетов на прочность в лабораторных условиях.

Под прочностью грузового пакета понимается его способность выдерживать полный цикл нагрузок, возникающих при доставке груза от поставщика до потребителя.

Прочность грузового пакета оценивается величиной его деформации, то есть взаимного смещения изделий в пакете относительно друг друга, а также относительно поддона и укрывного щитка.

Результаты исследований и обсуждение. В процессе выполнения ПРТС операций на изделия в пакете (в данном случае мешки с торфом) действуют следующие силы [1,2]:

- $F_{пр}$ – продольные горизонтальные инерционные силы;
- $F_в$ – вертикальные инерционные силы;
- $F_п$ – поперечные горизонтальные инерционные силы;
- $F'_{тр}$ - продольные силы трения между изделиями, между поддоном и изделиями, между укрывным щитком и изделиями;
- $F''_{тр}$ - поперечные силы трения (аналогичные);
- $F_л$ – усилие натяжения увязочной ленты;
- $G_и$ – вес изделия в пакете.

Рассмотрим наиболее распространенную схему формирования грузового пакета на плоском поддоне (рисунок 1).

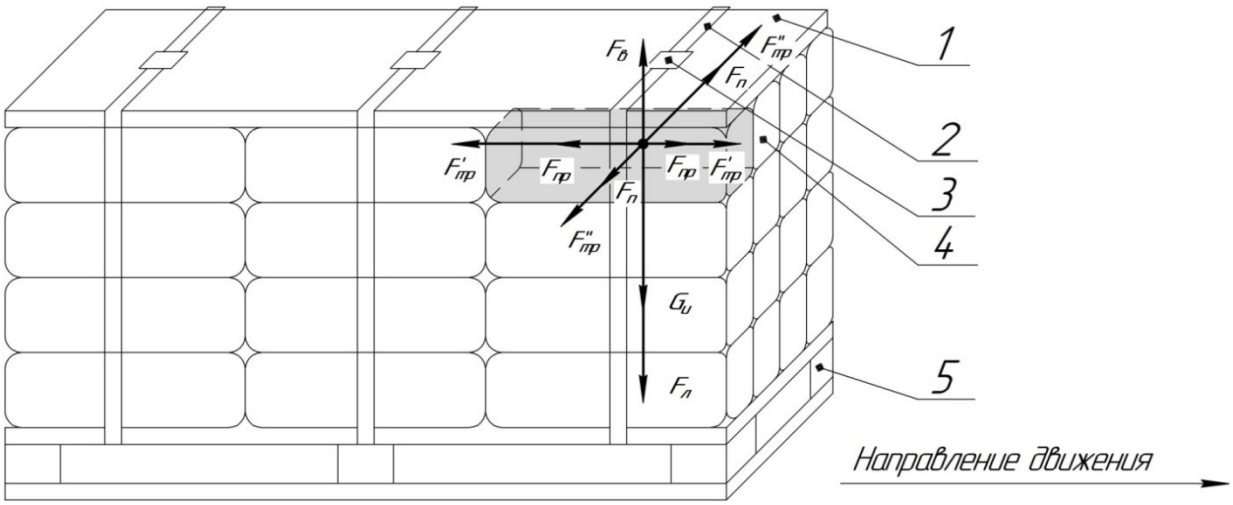


Рисунок 1- Грузовой пакет из мешков с торфом на плоском поддоне:
1-укрывной щиток; 2-увязочная лента; 3-замок крепления;4- мешки с торфом; 5-поддон

Продольные горизонтальные ($F_{пр}$), поперечные горизонтальные ($F_п$) и вертикальные инерционные силы ($F_в$) являются силами, разрушающими пакет при его транспортировке и ПРТС работах.

Силами, удерживающими пакет от деформации и разрушения, являются: продольные ($F'_{тр}$), поперечные ($F''_{тр}$) силы трения, вес изделия ($G_и$) в пакете и усилие натяжения ($F_л$) увязочной ленты.

Следовательно, для сохранения целостности пакета, то есть для исключения его деформации и разрушения, необходимо, чтобы соблюдалось следующее условие:

$$\sum F'_{тр}, F''_{тр}, G_и, F_л \geq F_{пр}, F_п, F_в;$$

В левой части данного уравнения переменной величиной является только усилие натяжения увязочной ленты $F_л$, а вес изделия в пакете $G_и$и производные от него $F'_{тр}$ и $F''_{тр}$ являются постоянно заданными величинами. Поэтому выполнение приведенного выше условия можно обеспечить изменением усилия натяжения увязочной ленты.

Расчетная величина этого усилия определяется следующим образом:

$F_л \geq \sum F_{пр}, F_п, F_в - \sum F'_{тр}, F''_{тр}, G_и$, (1)

Однако аналитическое определение влияния внешних вибрационных и ударных сил на изделия в пакете и в целом на грузовой пакет связано с большими трудностями[3].

Исследование этих вопросов целесообразно проводить экспериментальным путем на специальных ударном и вибрационном стендах.

На рисунке 2 приведена схема ударного стенда.

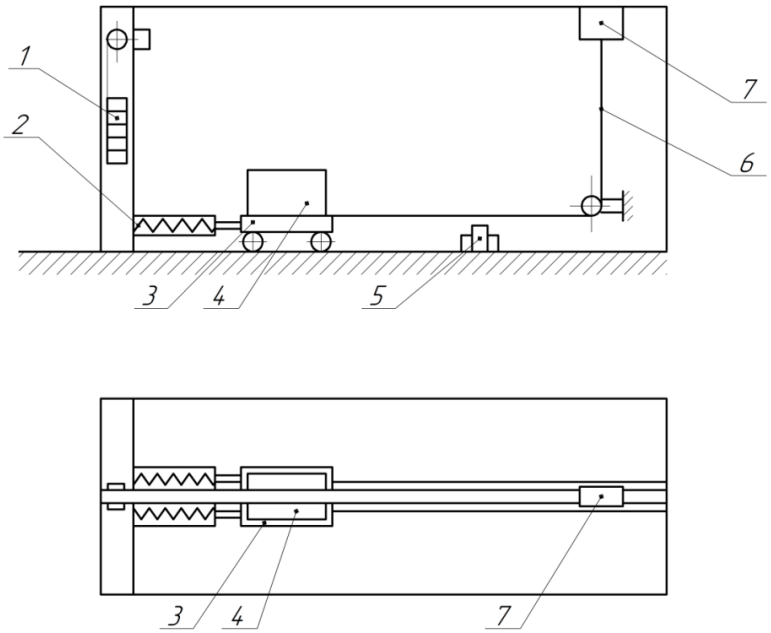


Рисунок 2 - Схема ударного стенда:

1-противовес; 2 - демпфер; 3- тележка; 4-испытываемый грузовой пакет; 5 -фиксатор; 6 - трос натяжения; 7–электроталь

Он состоит из тележки 3, перемещающейся по направляющим, противовеса 1, демпфера 2, фиксатора 5, натяжного троса 6 и электротали 7. Фиксатор 5 имеет возможность перемещаться и фиксировать тележку с пакетом на любом расстоянии от демпфера.

Целью проведения испытаний грузовых пакетов на ударном стенде является определение необходимой величины усилия натяжения увязочной ленты, обеспечивающей целостность пакета при различных значениях внешних нагрузок, действующих на пакет, то есть экспериментальная проверка результатов расчета по уравнению (1).

Опыты проводятся следующим образом.

Каждый пакет перед испытанием проверяется на соответствие технической документации и требованиям ГОСТов, измеряется по наружным размерам и взвешивается. Каждому пакету присваивается порядковый номер, а на стенки наносится цифровая маркировка, как показано на рисунке 3.

Ребра и углы обозначаются двумя и тремя цифрами, составляющими номера прилежащих граней, например, «Ребро 1-4», «Угол 1-2-4». Порядковый номер испытываемого пакета ставится на передней стороне.

Испытываемый пакет устанавливается и закрепляется на тележке 3, которая имеет поворотное устройство, что дает возможность испытывать пакет с разных сторон. После чего электроталью 7 груз противовеса 1 поднимается на максимальную высоту, а тележка с пакетом перемещается в исходное положение и фиксируется на необходимом расстоянии от демпфера, предусмотренном условием эксперимента.

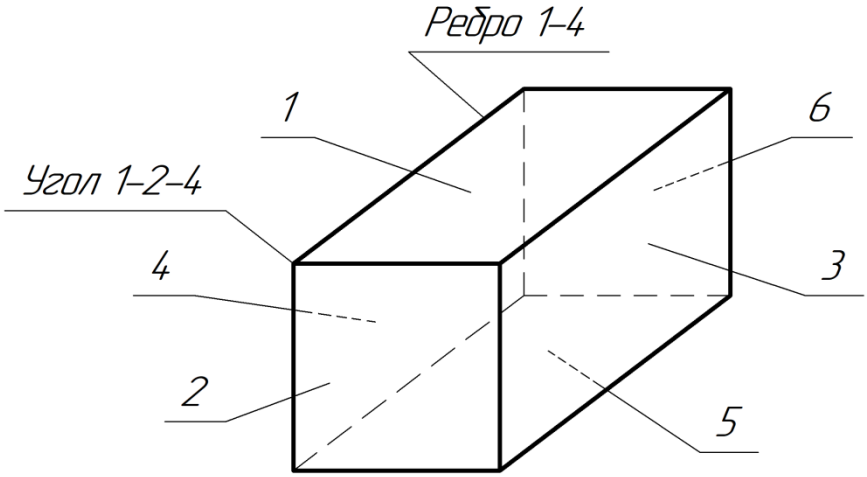


Рисунок 3 - Цифровая маркировка пакета:
1 – верхняя сторона; 2 – передняя сторона; 3 – правая сторона; 4 – левая сторона;
5 – нижняя сторона; 6 – задняя сторона

Демпфер состоит из 9 пружин, собранных в три блока по 3 пружины в каждом, и измерителя деформации. В зависимости от массы испытываемого пакета и скорости соударения демпфер может собираться из одного, двух или трех блоков пружин.

Противовес состоит из перемещающейся по направляющим емкости, в которую помещается набор груза по 50 кг каждый. В зависимости от условий испытания противовес может иметь различную массу – от 200 до 1000 кг.Фиксатор служит для установления тележки на различных расстояниях от демпфера – от 200 до 3000 мм с шагом 100 мм в зависимости от того, какое ускорение должно быть в момент соударения тележки с демпфером при испытании данного пакета.

К тележке крепится трос 6, соединенный с электроталью. Включением электротали «вверх» тележка подтягивается к фиксатору, установленному на нужном расстоянии. После срабатывания фиксатора его ставят на предохранитель. После этого трос, соединяющий тележку с электроталью, отсоединяют от тележки, а ручку фиксатора снимают с предохранителя.

Поднятием ручки фиксатора вверх тележка освобождается и под действием падающего груза противовеса разгоняется и ударяется в демпфер. Величина деформации пружины фиксируется измерителем деформации, установленном на демпфере.Различные величины силы удара тележки с демпфером можно получить, изменяя массу противовеса и путь разгона тележки.

Перед началом эксплуатации стенда необходимо экспериментально проверить расчетные данные о величинах конечного ускорения тележки и на основании этих данных протарировать

шкалу измерителя деформации. Тарировка производится следующим образом: меняя массу пакета и груза противовеса на 1000, 800, 600, 400 и 200 кг и длину пути разгона тележки от 200 до 3000 мм с шагом 100 мм, фиксируют величину деформации пружины демпфера. На основании полученных таким путем данных наносят на шкалу измерителя деформации величины силы удара, соответствующие значениям массы груза и длины пути разгона тележки.

Величина силы соударения тележки с демпфером определяется, исходя из технических характеристик пружины демпфера, в частности, из усилия сжатия и размера уменьшения длины пружины демпфера. Следовательно, если на шкале измерителя деформации будут нанесены значения усилия соударения, то можно определить усилие соударения для каждого сочетания массы груза и длины пути разгона. Зная это усилие, можно определить необходимое усилие натяжения увязочной ленты.

Для определения фактического усилия натяжения увязочной ленты и сравнения его с необходимой величиной можно применить тензометрическое устройство, работающее на растяжение, например ТИ-2.

Следующий этап проведения опытов по определению зависимости величины взаимного смещения изделий в пакете от усилия натяжения увязочной ленты при воздействии на пакет вибрационных нагрузок, т.е. различных значениях частоты и амплитуды вибрации производится на специальном вибрационном стенде (рисунок 4).

Он состоит из вибрационного стола (2), редуктора (3), эксцентриков (4), электродвигателя (5), коробки передач (6) и цепной передачи (7).

Вся конструкция размещается на сварной раме. Привод осуществляется от электродвигателя (5) через цепную (или клиноременную) передачу на сменные кулачки (эксцентрики), при вращении которых вибрационный стол получает движение вверх-вниз. Вибрационный стол лежит на четырех пружинах, служащих одновременно как амортизаторы, и как направляющие.

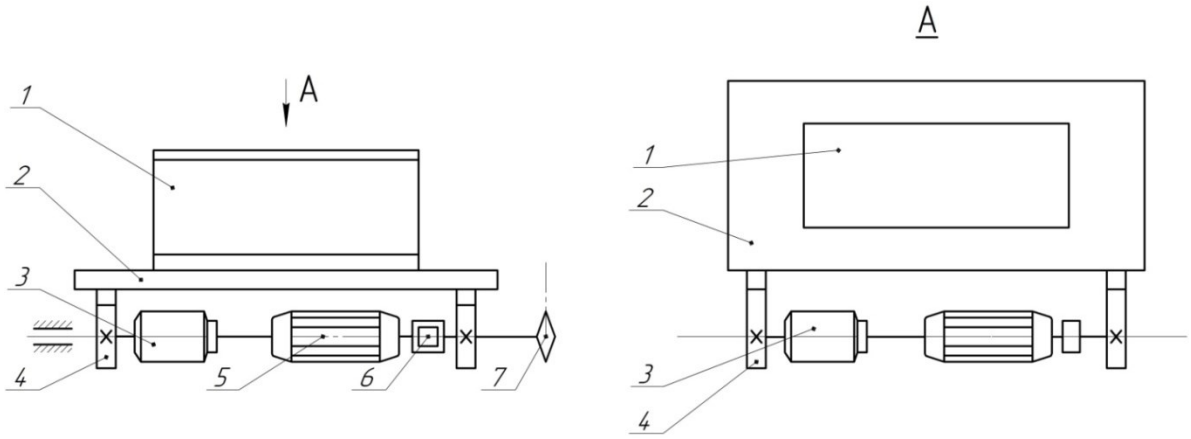


Рисунок 4 -Схема вибрационного стенда:
1 – испытываемый пакет; 2 – вибрационный стол; 3 – редуктор; 4 - эксцентрики;
5 – электродвигатель; 6 – коробка передач; 7 – цепная передача

Испытываемый пакет (1) устанавливается и крепится на вибрационном столе (2), устанавливается режим проведения первого опыта и запускается электродвигатель. Опыты проводятся на различных режимах. Амплитуда колебаний меняется от 0 до 20 мм путем

смещения эксцентриситета, а частота от 2 до 10 колебаний в секунду с помощью коробки передач.

Опыты на вибрационном стенде проводятся аналогично опытам на ударном стенде. Тензометрическая аппаратура и датчики применяются те же.

Необходимо отметить, что при транспортировке грузов на пакет действуют одновременно ударные и вибрационные нагрузки, поэтому наиболее достоверные результаты можно получить при комплексном воздействии комбинированных нагрузок, то есть когда пакет, находящийся под действием вибрационных нагрузок, одновременно получает еще и ударные нагрузки. Такие нагрузки может обеспечить универсальный стенд, схема которого показана на рисунке 5.

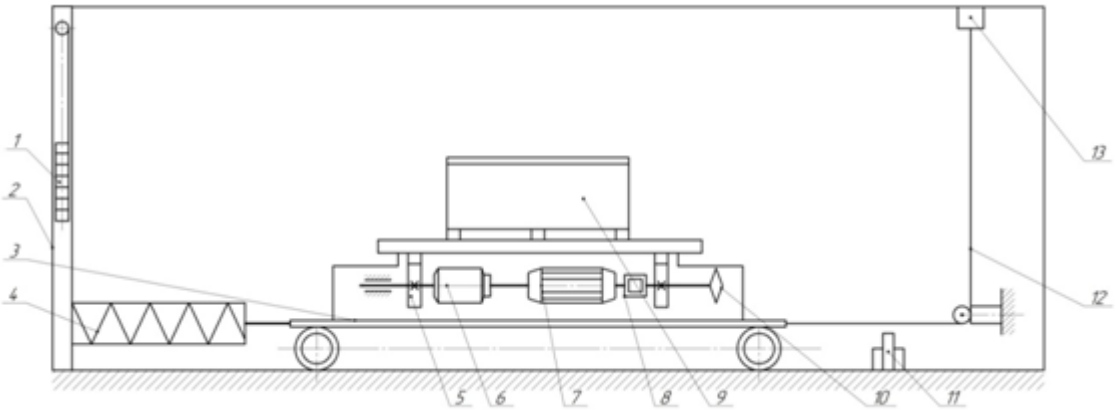


Рисунок 5 - Схема универсального стенда:
1- противовес; 2 – направляющая противовеса; 3 – тележка; 4 - демпфер; 5 – эксцентрик; 6 – редуктор; 7 – электродвигатель; 8 – коробка передач; 9 – испытываемый грузовой пакет; 10 – цепная передача; 11 – фиксатор; 12 – трос натяжной; 13 - электроталь

Суть методики проведения экспериментов на универсальном стенде заключается в следующем: вибрационный стенд целиком устанавливается и крепится на ударном стенде, как показано на рисунке 5. Затем на столе вибрационного стенда устанавливается и крепится испытываемый пакет. После этого включается привод вибрационного стенда и начинается процесс вибрации. Не выключая работу вибрационного стенда, включается ударный стенд и производится соударение испытываемого пакета с демпфером одновременно с работой вибрационного стенда. Таким образом, испытываемый пакет получает одновременно и вибрационные и ударные нагрузки.

Опыты проводятся на тех же режимах и при тех же параметрах, что и при испытаниях отдельно на ударном и вибрационном стендах.

Результаты опытов заносятся в таблицу 1 для ударного стенда, таблицу 2 – для вибрационного стенда, таблицу 3 – для универсального стенда.

Таблица 1. Показатели испытания пакетов на ударном стенде

Характеристика пакета			Характеристика увязочной ленты			Масса тележки с пакетом, кг	Масса груза противовеса, кг	Длина пути разгона тележки, м	Скорость соударения, м/сек.	Ускорение торможения, м/сек^2	Усилие натяжения ленты, кг	Максимальная величина взаим. смещения, мм	Примечания
Габаритные размеры, мм	Схема укладки и увязки	Масса пакета, кг	ГОСТ	Размеры поперечного сечения, мм	Разрывное усилие, кг								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Таблица 2. Показатели испытания пакетов на вибрационном стенде

Характеристика пакета			Характеристика увязочной ленты			Масса тележки с пакетом, кг	Амплитуда колебания, мм	Частота колебания, с$^{-1}$	Усилие натяжения ленты, кг	Максимальная величина взаим. смещения, мм	Примечания
Габаритные размеры,	Схема укладки и	Масса пакета, кг	ГОСТ	Размеры поперечного	Разрывное усилие, кг						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Таблица 3. Показатели испытания пакетов на универсальном стенде

Характеристика пакета			Характеристика увязочной ленты			Масса тележки с пакетом, кг	Амплитуда колебания, мм	Частота колебания, с$^{-1}$	Масса груза противовеса, кг	Длина пути разгона тележки, м	Скорость соударения, м/сек	Ускорение торможения, м/сек^2	Усилие натяжения ленты, кг	Максимальная величина взаим.	Примечания
Габаритные размеры, мм	Схема укладки и	Масса пакета, кг	ГОСТ	Размеры поперечного	Разрывное усилие, кг										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

По результатам экспериментов составляются графики зависимости прочностных показателей пакетов от ударных и вибрационных нагрузок. По полученным графикам строятся номограммы, позволяющие установить изменение прочностных показателей пакетов в зависимости от параметров самого пакета и приложенной к нему нагрузки. По номограмме можно установить необходимые значения прочностных показателей грузовых пакетов при значениях ударных, вибрационных и комбинированных нагрузок, соответствующих нагрузкам, возникающим в процессе транспортировки пакетов и осуществления погрузочно-разгрузочных работ с ними [4].

Выводы. Разработанная методика исследования прочностных показателей грузовых пакетов в лабораторных условиях с применением специальных ударного, вибрационного и универсального стендов позволяет определить показатели прочности пакетов без проведения многократных дорогостоящих опытных перевозок.

Приведенная выше методика может применяться для испытания любых пакетов из тарно-штучных грузов на плоских поддонах.

Список литературы

1. Гайбарян М.А., Белов А.М. Некоторые способы определения прочностных показателей грузовых пакетов // Труды ВНИМС. Вып. X., 1979. С. 143-154.

2. Гайбарян М.А. Методика определения прочностных показателей транспортных пакетов в лабораторных условиях // Сб. науч. тр. ВНИМС, г. Рязань, 1984. С.78-86.

3. Грузоведение: учебник / под ред. С.С. Войтенков, Т.В. Самусова, Е.Е. Витвицкий. Омск: СибАДИ, 2014. 196 с.

4. Григоренко В.М. Номограммы griko - средство для выбора оптимальных размеров упаковок при компоновке грузов // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. 2011. № 2. С. 235-239.

References

1. Gaybaryan M.A., Belov A.M. Nekotorye sposoby opredeleniya prochnostnyh pokazatelej gruzovyh paketov // TrudyVNIMS. Vyp. X., 1979. S. 143-154.

2. Gaybaryan M.A. Metodika opredeleniya prochnostnyh pokazatelej transportnyh paketov v laboratornyh usloviyah // Sb. nauch. tr. VNIMS, g. Ryazan', 1984. S.78-86.

3. Gruzovedenie: uchebnik / podred. S.S. Voytenkov, T.V. Samusova, E.E. Vitvickij. Omsk: SibADI, 2014. 196 s.

4. GrigorenkoV.M. Nomogrammygriko - sredstvodlyavyboraoptimal'nyhrazmerovupakovokprikomponovkegruzov // VestnikINZHEKONa. Seriya: Ekonomika. 2011. № 2. S. 235-239.

УДК 631.361.24

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ РОТОРНОЙ ДРОБИЛКИ

Лебедев Анатолий Тимофеевич,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Технический сервис, стандартизация и метрология»,
Искендеров Рамиль Рашидович,
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры
«Технический сервис, стандартизация и метрология»**,**
E-mail: iskenderov_ramil@inbox.ru
Шумский Александр Сергеевич,
аспирант кафедры «Технический сервис, стандартизация и метрология»,

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»,
Ставрополь,

Реферат. *Эффективность работы измельчителя оценивается по его производительности, качеству измельчения, удельной энергоемкости и материалоемкости. Конструктивные особенности измельчителей и тип исходного сырья оказывают решающее влияние на качество готового продукта. Изучали снижение эффективности процесса измельчения, связанное с износостойкостью рабочих поверхностей и изменением рабочего зазора в горизонтальной роторной дробилке. Установлено, что способ скалывания или среза, который используется в центробежно-роторных измельчителях различных конструкций, позволяет получать частицы материала заданного размера с минимальным количеством некондиционных фракций. Показано, что величина рабочего зазора в горизонтальной роторной дробилке оказывает влияние на энергоемкость и качество измельчения зернофуража. Качественная сторона оценивается совокупностью нескольких показателей: степенью измельчения, модулем помола и фактической результативностью процесса. В данной работе предложено дополнительно использовать показатель износостойкости. Согласно лабораторным испытаниям по определению минеральных примесей, в фуражном зерне зачастую этот показатель может превышать установленную ГОСТ Р 54078-2010 норму до 2 раз. Установлено, что повышению общей эффективности процесса измельчения соответствует разделение на части зерновок при минимальном рабочем зазоре. Выявлено, что при увеличении зазора между рабочими поверхностями, воздействующими на исходный продукт, до 20% возрастает энергоемкость процесса, до 2 раз время разрушения и до 33% количество некондиционных крупных и переизмельченных частиц готового продукта. Установлено, что сохранение исходной геометрии рабочих поверхностей, своевременное диагностирование их износа, проведения технического обслуживания и замены повысят надежность данного процесса на протяжении более длительного времени, и общую эффективность использования измельченного фуражного зерна.*

Ключевые слова: *измельчение зерновых материалов, рабочий зазор, износостойкость, минеральные примеси, роторная дробилка.*

TO A QUESTION FOR INCREASING THE DURABILITY OF WORKING BODIES OF ROTARY CRUSHERS

Lebedev Anatoly T.,
Doctor of Engineering Sciences, Full Professor, Head of the department "Technical service, standardization and metrology"
Iskenderov Ramil R.,
Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer of the department "Technical service, standardization and metrology",-mail: iskenderov_ramil@inbox.ru.
ShumskyAlexandr,
Postgraduate at the Department of "Technical service, standardization and metrology"

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University", Stavropol

Abstract. *The efficiency of the shredder is estimated by its performance, the quality of grinding, specific energy intensity and material consumption. The design features of shredders and the type of feedstock have a decisive influence on the quality of the finished product. The reduction in the efficiency of the grinding process, associated with the wear resistance of the working surfaces and the change in the working gap in the horizontal rotary crusher, was studied. It has been established that the method of splitting or cutting, which is used in centrifugal rotary shredders of various designs, allows to obtain particles of a given size with a minimum number of substandard fractions. It is shown that the size of the working gap in a horizontal rotary crusher affects the energy intensity and the quality of grinding grain. The qualitative side is estimated by a combination of several indicators: the degree of grinding, the grinding module and the actual effectiveness of the process. In this paper, it is proposed to additionally use the wear resistance indicator. According to laboratory tests to determine mineral impurities, in feed grain, this indicator can often exceed the norm set by GOST R 54078-2010 up to 2 times. It was established that the increase in the overall efficiency of the grinding process corresponds to the separation into parts of the grains with a minimum working gap. It was revealed that with an increase in the gap between the working surfaces acting on the initial product, the energy intensity of the process increases to 20%, the time of destruction increases up to two times and the number of substandard large and oversized particles of the finished product increases to 33 times. It has been established that preserving the original geometry of working surfaces, timely diagnosing their wear, carrying out maintenance and replacement will increase the reliability of this process for a longer time, and the overall efficiency of using crushed feed grains.*

Key words: *grinding of grain materials, working air gap, wear resistance, mineral impurities, impact crusher.*

Введение. Эффективность работы измельчителя $Э_И$ оценивается по производительности Q, качеству измельчения K, удельной энергоемкости $N_{уд}$ и материалоемкости $M_{уд}$ [1, 3, 6, 7]:

$$Э_и = f(Q, K, N_{уд}, M_{уд}), \quad (1)$$

Эти показатели в значительной мере обуславливаются конструктивными параметрами измельчителя. Конструктивные особенности измельчителей и тип исходного сырья оказывают решающее влияние на качество готового продукта, и на выравненность его

гранулометрического состава. Несоответствующее качество готовых кормов снижает эффективность применения фуражного зерна.

Менее энергозатратным, позволяющим получать частицы материала выровненного гранулометрического состава заданного размера с минимальным количеством некондиционных фракций, является способ скалывания или среза, который используется в горизонтальной роторной дробилке и других измельчителях [1, 3, 4, 11, 13].

При этом важным условием среза является отсутствие или наличие минимально возможного зазора δ между режущими кромками рифлей статора и ротора, который необходим для надежной работы дробилки [3, 8, 10]. Окончательная геометрия пространства приемной камеры, противорезов и пазов горизонтальной роторной дробилки будет зависеть от физико-механических свойств зернового материала и от требуемого модуля помола.

Экспериментальная часть. Согласно ранее выполненным исследованиям по измельчению зерна пшеницы [5, 8, 9, 10, 12] одним из важнейших факторов, влияющих на эффективность процесса, является рабочий зазор. В ходе этих экспериментов определено, что наилучший рабочий зазор в роторной дробилке должен быть близким к нулевому значению. Так фактическая результативность $Ф_{ри}$ [10, 12] (рисунок 1) в этом случае максимальна и равна 42,7, что соответствует 97% однородности частиц измельченного продукта при степени измельчения 2 и модуле помола 1,9 мм. При увеличении зазора качество готового продукта хуже за счет повышенного количества целых зерновок и пылевидных фракций готового продукта, что находит отражение в снижении показателя фактической результативности до 11,7 при выравненности гранулометрического состава 93%, степени измельчения 1,5 и модуле помола 2,5 мм.

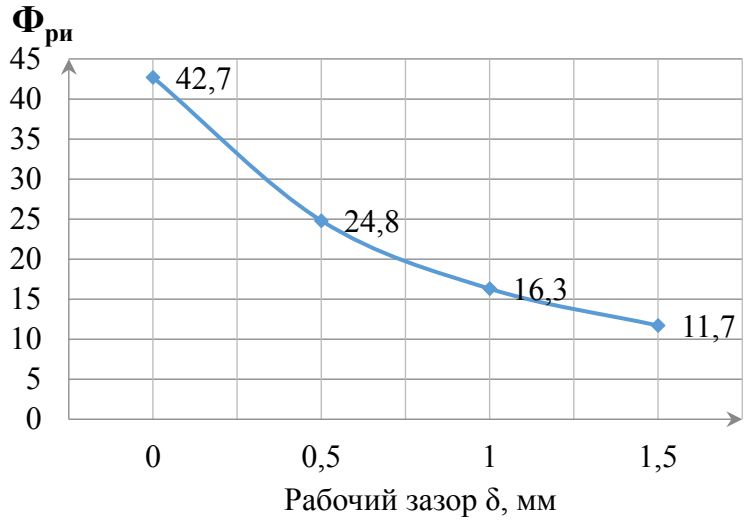


Рисунок 1 - Изменение фактической результативности процесса измельчения $Ф_{ри}$при увеличении рабочего зазора δ.

Однако соблюдение норм повышенной точности при изготовлении деталей дробилки (ротора и противореза) для обеспечения минимального зазора также может быть нивелировано за счет абразивных (минеральных) примесей ведущих к износу этих рабочих поверхностей, непосредственно контактирующих с исходным продуктом. Как и любой другой абразивный материал, минеральные примеси, содержащиеся в зерновой массе, будут создавать дополнительную нагрузку на рабочие поверхности измельчителя,

вызывая нарушения технологических зазоров и их повышенный износ. Минеральные примеси согласно государственному стандарту ГОСТ Р 54078-2010 не должны превышать 1% от общей массы [2, 6]. Составляющие минеральной примеси обладают физико-механическими свойствами, значительно отличающимися от зерновых, что влечет за собой проблемы при транспортировке, хранении и переработке.

Исходя из рассмотренного выше можно представить формулу (1) следующим образом с учетом износостойкости *И* поверхности ротора и противореза горизонтальной роторной дробилки:

$$Э_{и} = f(Q, K, N_{уд}, M_{уд}, И), \quad (2)$$

Теоретическое описание и экспериментальные исследования влияния износостойкости рабочих поверхностей измельчителей на общую эффективность процесса измельчения представляют научный интерес, как со стороны экономии ресурсов, так и на фоне общей тенденции к совершенствованию технологических процессов.

Результаты. Исследования [2], проведенные нами в лаборатории АО Фирмы «Август» по содержанию минеральных примесей в озимых сортах пшеницы Таня и Юка, ячменя Рубеж и отходах озимой пшеницы, показали, что на каждые 0,05 кг образовавшийся осадок составил: для пшеницы Таня 0,00017 кг, для пшеницы Юка 0,00016 кг, для отходов озимой пшеницы 0,00068 кг и для ячменя Рубеж 0,0008 кг. В отличие от стандартной методики, нами использовалась дополнительная промывка зерна для более точного и полного выделения осадка. Такая методика используется при проверке зернового материала в мукомольном производстве (рисунок 2).

а) б)

Рисунок 2 - Выделение минеральной примеси: а) центрифугированиеи б) полученный осадок

В соответствии с методикой, результаты перерасчета содержания минеральных примесей на 1000 кг показаны в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание минеральной примеси в зерне

Образцы	Вес минеральной примеси	
	на 1000 кг	%
№1, сорт Таня	3,4	0,34
№2, сорт Юка	3,2	0,32
№3, отходы	13,6	1,36
№4, сорт Рубеж	16,0	1,6

Образцы пшеницы сортов Юка и Таня содержат не более 1% минеральных примесей и соответствуют ГОСТ. В отходах пшеницы и ячмене сорта Рубеж зафиксировано их превышение на 60% и 36% соответственно. Такая концентрация абразива интенсифицирует износ рабочих поверхностей дробилки и снижает эффективность процесса измельчения за счет накапливающихся в рабочей полости дробилки минеральных примесей[2].

Износ рабочих поверхностей ведет к увеличению зазоров, снижению остроты и геометрической формы режущих поверхностей. Согласно [10], увеличение рабочего зазора в горизонтальной роторной дробилке ведет к снижению производительности до 2 раз, росту количества переизмельченных на 3 и более части зерновок исходного продукта, пролету до 33% целых зерновок, к увеличению на 10 - 20% энергоемкости процесса и снижению выравненности гранулометрического состава готового продукта с 97% до 93%.

Выводы. Конструктивные параметры, износостойкость рабочих органов роторной дробилки, а также рабочие зазоры между ними обуславливают максимальную эффективность при измельчении, и изменяются в зависимости от вида и сорта фуражного зерна. Сохранение исходной геометрии рабочих поверхностей, своевременное диагностирование их износа, проведения технического обслуживания и замены повысят надежность данного процесса на протяжении более длительного времени, и общую эффективность использования измельченного фуражного зерна.

Список литературы

1. Лебедев, А.Т. Анализ способов измельчения материалов. / А.Т. Лебедев, Р.Р. Искендеров. – Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей. – Ставрополь: АГРУС. -2013. – 221-224с.

2. Шумский А.С. Определение минеральной примеси в зерне / В сборнике: Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК Материалы XIV Международной научно-практической конференции. 2018. С. 191-194.

3. Искендеров Р.Р., Очинский В.В., Лебедев А.Т. Измельчение зерновых материалов: проблемы и способы их решения // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: сборник научных статей «Агроуниверсал-2015» / Ставрополь, 2015. С 19-22.

4. Лебедев А.Т., Искендеров Р.Р., Шумский А.С. К вопросу оценки процесса измельчения зерновых материалов // Сборник «Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК». Материалы XIV Международной научно-практической конференции / Ставрополь, 2018. С. 177-181.

5. Методологический подход к обоснованию принципа работы роторной дробилки / Р.Р. Искендеров, В.В. Очинский, А.Т. Лебедев, Р.В. Павлюк // Вестник ФГБОУ ВПО МГАУ им. В.П. Горячкина. 2015. №3(67). С. 24-28.

6. Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. / Л.: Колос, Ленинградское отделение. – 1978. – 560с.

7. Кулаковский И. В., Кирпичников Ф. С., Резник Е. И. Машины и оборудование для приготовления кормов : справочник часть 1. М. : Росссельхозиздат, 1987. С. 285.

8. Сыроватка В.И., Бледных В.В., Сергеев Н.С. Результаты резания фуражного зерна // Доклады РАСХН №3. М.:2008.

9. Совершенствование процесса измельчения зерна / Р.Р. Искендеров, В.В. Очинский, А.Т. Лебедев, Р.А. Магомедов, А.С. Шумский // Сельский механизатор. 2015. №1. С. 22-23.

10. Влияние рабочего зазора на эффективность процесса измельчения зерновых материалов в горизонтальной роторной дробилке / А.Т. Лебедев, Р.Р. Искендеров, А.С. Шумский // Наука в центральной России. 2017. № 5 (29). С. 36-43.

11. Пат. 2552958 Российская Федерация, МПК B 02 C 4/10, B 02 C 4/28. Роторная дробилка / А.Т. Лебедев, В.В. Очинский, Р.Р. Искендеров и др. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Ставропольский ГАУ. № 2014108154/13 ; заявл. 03.03.2014 ; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 16.

12. Лебедев, А.Т. Ресурсосберегающие направления повышения надежности и эффективности технологических процессов в АПК: монография. / Ставрополь. – 2012. – 376с.

13. Искендеров Р.Р., Очинский В.В., Лебедев А.Т. // Измельчитель зерновых материалов с составным ротором / Научное обозрение. 2017. № 19. С. 85-89.

References

1. Lebedev, A.T. Analiz sposobov izmel'cheniya materialov. / A.T. Lebedev, R.R. Iskenderov. – Aktual'nye problemy nauchno-tekhnicheskogo progressa v APK: sbornik nauchnyh statej. – Stavropol': AGRUS. -2013. – 221-224s.

2. SHumskij A.S. Opredelenie mineral'noj primesi v zerne / V sbornike: Aktual'nye problemy nauchno-tekhnicheskogo progressa v APK Materialy XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 2018. S. 191-194.

3. Iskenderov R.R., Ochinskij V.V., Lebedev A.T. Izmel'chenie zernovyh materialov: problemy i sposoby ih resheniya // Aktual'nye problemy nauchno-tekhnicheskogo progressa v APK: sbornik nauchnyh statej «Agrouniversal-2015» / Stavropol', 2015. S 19-22.

4. Lebedev A.T., Iskenderov R.R., SHumskij A.S. K voprosu ocenki processa izmel'cheniya zernovyh materialov // Sbornik «Aktual'nye problemy nauchno-tekhnicheskogo progressa v APK». Materialy XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii / Stavropol', 2018. S. 177-181.

5. Metodologicheskij podhod k obosnovaniyu principa raboty rotornoj drobilki / R.R. Iskenderov, V.V. Ochinskij, A.T. Lebedev, R.V. Pavlyuk // Vestnik FGBOU VPO MGAU im. V.P. Goryachkina. 2015. №3(67). S. 24-28.

6. Mel'nikov, S.V. Mekhanizaciya i avtomatizaciya zhivotnovodcheskih ferm. / L.: Kolos, Leningradskoe otdelenie. – 1978. – 560 s.

7. Kulakovskij I. V., Kirpichnikov F. S., Reznik E. I. Mashiny i oborudovanie dlya prigotovleniya kormov : spravochnik chast' 1. M. : Rosssel'hozizdat, 1987. S. 285.

8. Syrovatka V.I., Blednyh V.V., Sergeev N.S. Rezul'taty rezaniya furazhnogo zerna // Doklady RASKHN № 3. M.:2008.

9. Sovershenstvovanie processa izmel'cheniya zerna / R.R. Iskenderov, V.V. Ochinskij, A.T. Lebedev, R.A. Magomedov, A.S. SHumskij // Sel'skij mekhanizator. 2015. №1. S. 22-23.

10. Vliyanie rabochego zazora na ehffektivnost' processa izmel'cheniya zernovyh materialov v gorizontal'noj rotornoj drobilke / A.T. Lebedev, R.R. Iskenderov, A.S. SHumskij // Nauka v central'noj Rossii. 2017. № 5 (29). S. 36 - 43.

11. Pat. 2552958 Rossijskaya Federaciya, MPK B 02 C 4/10, B 02 C 4/28. Rotornaya drobilka / A.T. Lebedev, V.V. Ochinskij, R.R. Iskenderov i dr. ; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Stavropol'skij GAU. № 2014108154/13 ; zayavl. 03.03.2014 ; opubl. 10.06.2015, Byul. № 16.

12. Lebedev, A.T. Resursosberegayushchie napravleniya povysheniya nadezhnosti i ehffektivnosti tekhnologicheskih processov v APK: monografiya. / Stavropol'. – 2012. – 376s.

13. Iskenderov R.R., Ochinskij V.V., Lebedev A.T. // Izmel'chitel' zernovyh materialov s sostavnym rotorom / Nauchnoe obozrenie. 2017. № 19. S. 85 - 89.

УДК 631.347

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ДОЖДЕВАНИИ

Тетерин Владимир Сергеевич,
кандидат технических наук, старший научный сотрудник, e-mail: Labio-giant@mail.ru
Мельничук Дмитрий Сергеевич,
аспирант, e-mail: melnichuckmitya@yandex.ru
Новиков Николай Николаевич,
кандидат сельскохозяйственных наук, врио директора ИТОСХ – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, e-mail: Novikov-NN.vnims@yandex.ru

Институт технического обеспечения сельского хозяйства – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

Реферат. *Одним из основных агротехнологических приемов, направленных на получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур и снижения рисков от неблагоприятных погодных условий, является орошение. Изучены статистические данные за 2016 год, согласно которым зона мелиорируемых земель в стране составляет около 8% от площади пашни. Проведен анализ существующих способов орошения и перспективы их развития с использованием цифровых технологий. Отмечено, что площади мелиоративных земель в стране, имеющиеся на данный момент, из-за невысокой продуктивности, не могут оказать существенного влияния на риски, связанные со снижением урожайности в связи с неблагоприятными погодными условиями. Показано, что большинство мелиоративных систем в Рязанской области изношены на 60-100% и требуют срочного ремонта. Определено, что причина экологического неблагополучия орошаемых земель связана с недостаточно качественным управлением мелиоративным комплексом из-за недостатка информации о различиях показателей почвенного плодородия отдельных поливных полей, пространственной динамики характеристик полей, организации территории, конструктивных различий ирригационной сети и др. Показано, что внедрение цифровых технологий при создании новых оросительных систем позволит проводить мониторинг состояния почв, составлять карты полива и дифференцированно распределять водные ресурсы, принимать правильные агротехнические решения. Современные технологии цифровизации и автоматизации выводит дождевальную технику на новый уровень, где главными качествами являются автономность, качество и точность полива.*

Ключевые слова: *орошение, цифровые технологии, мелиорация, оросительные системы, дождевание.*

PROSPECTS FOR USING DIGITAL TECHNOLOGIES IN SPRINKLING

Teterin Vladimir,
Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, e-mail: Labio-giant@mail.ru
Melnichuk Dmitry,
graduate student, e-mail: melnichuckmitya@yandex.ru
Novikov Nikolay,
Candidate of Agricultural Sciences, a.i. director of ITSA – affiliated branch of FSAC VIM,

e-mail: Novikov-NN.vnims@yandex.ru
Institute of Technical Support of Agriculture – affiliated branch of FSAC VIM

Abstract. *One of the main agrotechnological methods aimed at obtaining high yields of agricultural crops and reducing the risks from adverse weather conditions is irrigation. Statistical data for 2016, according to which the zone of reclaimed land in the country is about 8% of the arable land area, were studied. An analysis of existing irrigation methods and prospects for their development using digital technologies was carried out. It was noted that the land amelioration areas in the country that are currently available, due to low productivity, cannot have a significant impact on the risks associated with a decrease in yield due to adverse weather conditions. It is shown that most of the reclamation systems in the Ryazan region are worn by 60-100% and require urgent repairs. It is determined that the cause of the ecological distress of irrigated lands is related to the insufficient quality management of the ameliorative complex due to the lack of information about the differences in the soil fertility indicators of individual irrigated fields, the spatial dynamics of field characteristics, the organization of the territory, the constructive differences of the irrigation network, etc. It is shown that the introduction of digital technologies in the creation of new irrigation systems will allow monitoring of soil conditions, making watering maps and differentially distributing water resources, making the right agrotechnical decisions. Modern technologies of digitalization and automation bring irrigation technology to a new level, where the main qualities are autonomy, quality and accuracy of irrigation.*

Keywords: *irrigation, digital technologies, land reclamation, irrigation systems, sprinkling.*

Введение. Орошение – это искусственное снабжение почвы и растений водой для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур. Данный агротехнологический приём способствует улучшенному протеканию в растениях химических процессов, воздушных и температурных режимов, а также микробиологических процессов в почве [1].

Для получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур, с самого начала развития растениеводства, возникла потребность в их поливе. Что послужило импульсом для развития орошения. Изначально для осуществления полива полей использовался ручной труд, который являлся малоэффективным. С ростом посевных угодий и их удалением от естественных водных источников (рек, озер и т.д.) возникла потребность в транспортировке гораздо больших объём водных ресурсов, чем это возможно осуществить при использовании ручного труда. В результате чего начали появляться первые оросительные каналы с подводом воды непосредственно к полю.

Несмотря на свою простоту и длительный период использования оросительные каналы имели ряд таких недостатков, как потеря влаги в результате неконтролируемого испарения, переувлажнение почвы, что приводило к её заболачиванию или засолению. Для решения данных проблем было предложено использовать технологии контролируемого орошения, одной из которых явилось дождевание, обеспечивающее орошение близкое по своему действию к натуральному дождю [1,2].

Одним из первых способов механизации искусственного орошения явился принцип, предложенный Г. Аристовым в 1875 году, имея источник воды под напором, он проложил чугунную магистраль с отводами, к которым попеременно присоединялся пеньковый рукав с

разбрызгивателем. Данная разработка дала новый виток в развитии систем орошения, который продолжается и по настоящее время [2].

Цель исследования – проанализировать существующие способы орошения и перспективы их развития, с использованием цифровых технологий

Материалы и методы. При проведении исследований был проведен анализ информационных материалов, российских и зарубежных научных организаций, в которых представлены результаты исследований и сведений по современным системам орошения и технологиям их использования. Проведен их анализ и обобщение.

Результаты и обсуждения. Не смотря на обширную территорию и огромный земельный фонд нашей страны, лишь четверть его благоприятна для сельского хозяйства: в северной и средней лесной зонах не хватает солнечного тепла, в южных континентальных районах - влаги (менее 400 мм в год). Только 13% территории России занято сельскохозяйственными угодьями, а пашней всего 7 %. Большая часть территории России относится к так называемой «зоне рискованного земледелия» и характеризуется сложными природно-климатическими условиями. В связи с этим развитие мелиоративных технологий способствует обеспечению высоких и стабильных урожаев сельскохозяйственной продукции.

Но в настоящее время зона мелиорируемых земель в нашей стране составляет около 8% от площади пашни. Согласно статистическим данным на 2016 год эта площадь составляла 11,3 млн. га, из которых сельскохозяйственные угодья – 9,3 млн. га, при этом 4,6 млн. га составляли орошаемые сельскохозяйственные угодья [3,4].

Имеющиеся на данный момент в России площади мелиоративных земель с учетом невысокой их продуктивности, в связи с высокой изношенностью гидромелиоративных систем, не может оказать существенного влияния на риски связанные со снижением урожайности в связи с неблагоприятными погодными условиями. В результате чего не реализуется потенциал высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур, интенсивных агротехнологий и систем адаптивно-ландшафтного земледелия.

В рамках целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы» государством оказывается финансовая поддержка сельскохозяйственным товаропроизводителям по мелиоративным мероприятиям. В частности, субсидии выделяются на реконструкцию и создание новых оросительных или осушительных систем, а также на мероприятия, направленные на перевооружение мелиоративных систем [4]. Но результаты реализации целевой программы не слишком заметны в отдельных регионах.

В Рязанской области по данным министерства сельского хозяйства мелиоративный фонд земель на 1 января 2017 года составлял 125,02 тыс. га, из них площадь орошаемых земель - 28,429 тыс. га и осушенных – 96,591 тыс. га, сельскохозяйственные угодья занимали площадь 112,444 тыс. га или 89,94%. При этом необходимо отметить, что большинство мелиоративных систем изношены на 60-100% и требуют срочного ремонта [5]. В результате нерационального использования орошаемых земель в последние годы усилилось развитие негативных процессов: дегумификации почв, подъема уровня грунтовых вод за счет инфильтрации оросительной воды и др.

Важнейшей причиной экологического неблагополучия орошаемых земель является недостаточно качественное управление мелиоративным комплексом из-за недостатка информации, отсутствия учета пестроты почвенного плодородия по полям хозяйств, при принятии агротехнологических решений. Необходим комплексный локальный мониторинг

эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель отдельных хозяйств, учитывающий различия показателей почвенного плодородия отдельных поливных полей, пространственной динамики характеристик полей, организации территории, конструктивных различий ирригационной сети и др. Все это невозможно без использования цифровых технологий.

Комплексная мелиорация земель является решающем условием получения высокого и стабильного урожая сельскохозяйственной продукции, так в Китае доля мелиолированных земель составляет около 45 %, в Индии – более 35 %, в США – около 15 % [3, 6, 7, 8].

Одним из основных мелиоративных приёмов является орошение, наиболее распространённым способом, которого является дождевание. Применяемое при этом оборудование можно разделить по следующим основным принципам [2, 9, 10]:

- по способу перемещения: мобильные дождевальные машины; стационарные; агрегатируемые.

- по принципу создания дождя: со свободным разрушением струи, в подобного рода установках распад струи происходит за счёт естественных физических процессов, главным образом за счёт сопротивления воздуха; с принудительным разрушением струи – разрушение струи происходит сразу после выхода из сопла, как правило, за счёт удара о преграду;- с комбинированным разрушением струи, когда преграда разрушает только часть струи или периодически вносится в неё.

- по дисперсности капель: нормально дисперсные – капли диаметром несколько миллиметров, аналогичны естественному дождю при нормальных условиях; мелкодисперсные – капли диаметром 400 – 600 мкм, при данном способе полива увлажняется не почва, а воздушная среда. Применяется для снижения температуры воздуха, растений и повышения относительной влажности.

Использование дождевальных машин значительно снижает долю человеческого труда, но не заменяет его полностью, так как имеются вспомогательные и подготовительные операции, а также меры по регулированию и контролю работы данной техники. Важными являются вопросы защиты дождевальной техники от коррозии. Для защиты электрических коробок управления можно использовать летучие ингибиторы коррозии [11].

По использованию цифровых технологий в сельском хозяйстве Россия занимает 15 место в мире. Экспертами отмечается, что доля рынка цифровых технологий в стране будет расти с каждым годом и к 2026 году объём рынка информационно-компьютерных технологий в сфере сельского хозяйства увеличится в 5 раз [12, 13]. По данным министерства сельского хозяйства Российской Федерации неиспользование новых цифровых технологий приводит к потере до 40% урожая.

Не является исключением и рынок оросительного оборудования. Уже на данный момент внедряются современные технологии цифровизации и автоматизации в данную отрасль, дождевальная техника выходит на новый уровень, где главными качествами являются автономность, качество и точность полива [6,8].

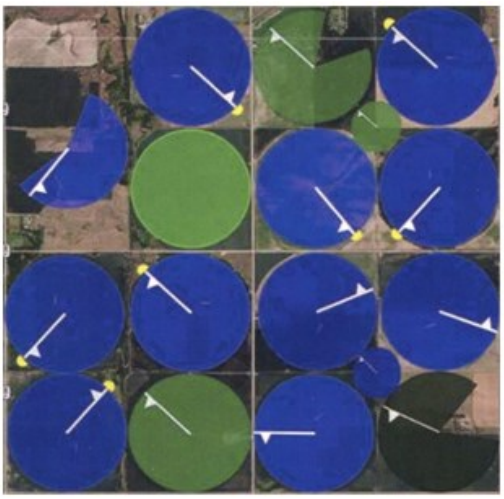


Рисунок 1 – Представление данных о поле и его орошении, с использованием спутниковых данных [15]

С целью повышения эффективности орошения, разрабатываются более совершенные методы сбора и отображения данных о поле. На основе спутниковых снимков и данных, получаемых с беспилотных летательных аппаратов, строятся карты рельефа и водотоков с актуальными границами полей, по которым можно определить места заболачивания и засушливые участки с целью оптимизации планового расхода водных ресурсов [14 -18].

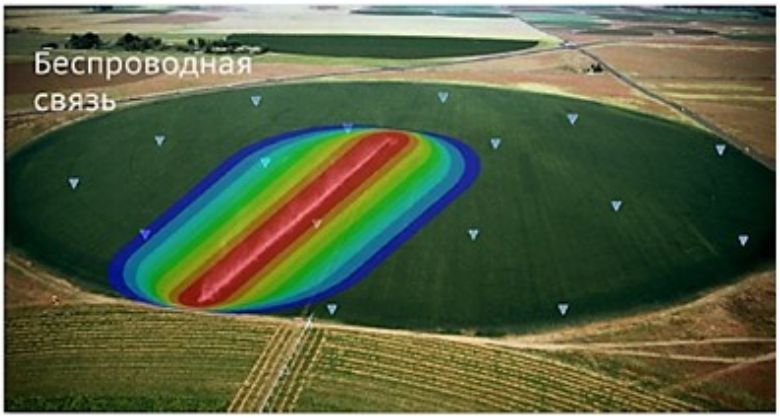
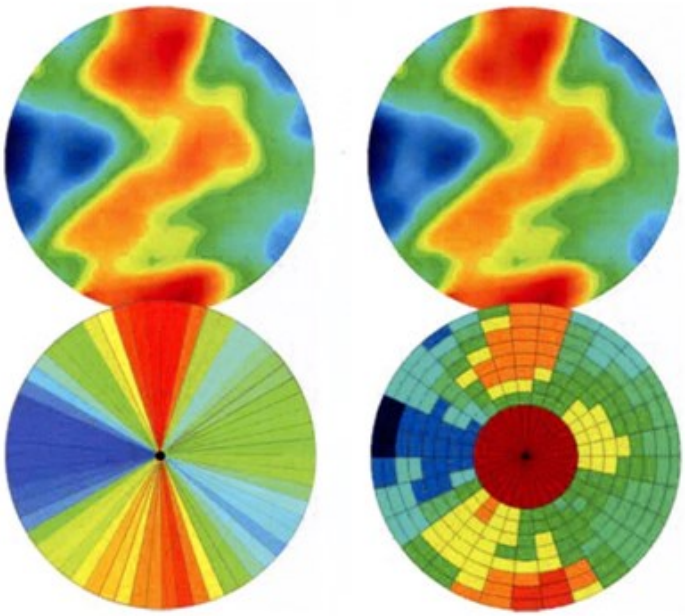


Рисунок 2 – Расположение датчиков контроля состояния почвы [14]

Так же для контроля измерения почвенной влаги и погодных условий разрабатываются полевые датчики, которые устанавливаются непосредственно в поле и собирают данные в режиме реального времени, позволяя повысить производительность оросительной системы на 15-30% [14- 16, 18, 19, 22].

Для определения погодных условий разрабатываются полевые метеостанции, позволяющие определять скорость и направление ветра, температуру окружающей среды, количество выпавших осадков и т.д. [15].



а) б)

а – секторное орошение, б – зональное орошение

Рисунок 3 – Примеры графических схем регулирования нормы орошения [15]

Для оптимизации распределения воды оросительными системами, разрабатываются программные комплексы, регулирующие внесение необходимого объёма воды в соответствии с потребностями конкретного поля [6, 15, 17, 19]. Данные технологии позволяют так же регулировать расход воды в рамках одного поля.

Представленные технологии можно применять как по отдельности, так и совместно друг с другом, объединив в единую систему, позволяющую осуществлять дистанционное и автоматическое управление оросительными комплексами, тем самым позволяя снизить затрату на электроэнергию, добиться экономии водных ресурсов на 30-50% [20-23].

Выводы. В результате проведенного анализа было выявлено, что площадь орошаемых земель в нашей стране недостаточная, в результате чего наблюдается снижение урожайности сельскохозяйственных культур в засушливые периоды. В связи, с чем необходимо более активное развитие и внедрение мелиоративных технологий и техники.

Внедрение цифровых технологий в мелиорации позволит увеличить производительность оросительных систем на 15-30 % при более качественном орошении, избегая возникновения зон избыточного и недостаточного увлажнения, а также снизить расход водных ресурсов на 30 – 50 %.

Список литературы

1. Рязанцев А.И., Травкин В.С., Мальчиков В.Н., Мельничук Д.С. Перспективные методы и эксплуатационные особенности технических систем орошения сельскохозяйственных угодий для условий Рязанской области // в сб. научных трудов «Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве»: Материалы 68-ой Международной научно-практической конференции 26 -27 апреля 2017 года. – Рязань; ФГБОУ ВО РГАТУ, 2017. – Часть 2. – 430 с.

2. Самойлов Н.Е. Дождевальная техника. М.: Высшая школа, 2011. – 96 с.

3. Материалы парламентских слушаний на тему: «Законодательное обеспечение воспроизводства плодородия земель, используемых для ведения сельского хозяйства»

[Электронный ресурс]. URL: http://www.komitet2-20.km.duma.gov.ru/Parlamentskie-slushaniya/item/ 14946188/ (дата обращения: 20.10.2018).

4. О Федеральной целевой программе «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы»: постановление Правительства России от 12 октября 2013 г. №922 [Электронный ресурс]. URL: https://rg.ru/2013/10/21/melioraciya-site-dok.html (дата обращения: 19.10.2018).

5. Мелиорация в Рязанской области: состояние, проблемы, перспективы [Электронный ресурс]. URL: https://www.ryazagro.ru/news/9552/ (дата обращения: 03.12.2018).

6. Yuan S., Peng S., Wang D., Man J. Evaluation of the energy budget and energy use efficiency in wheat production under various crop management practices in China // Energy – 2018. – Vol. 160. – P. 184-191

7. Bautista-Capetillo C., Márquez-Villagrana H., Pacheco-Guerrero A., Júnez-Ferreira H., Zavala-Trejo M. Cropping system diversification: Water consumption against crop production // Sustainability – 2018. – Vol. 10.

8. Issaka Z., Li H., Yue J., Tang P., Darko R.O. Water-smart sprinkler irrigation, prerequisite to climate change adaptation: A review // Journal of Water and Climate Change – 2018. Vol. 9. – P. 383-398.

9. Zhu X., Wan J., Fordjour A., Zhang L., Yuan S. Experiment of Water Distribution and Uniformity of Rotating Plate Sprinkler // Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery – 2018. Vol. 49. – P. 145-152.

10. Kruzhilin I.P., Ovchinnikov A.S., Kuznetsova N.V., Bocharnikov V.S., Vorontsova E.S. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences – 2018. Vol. 13. – P.4181-4184

11. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Зазуля А.Н., Кузнецова Е.Г., Андреев Н.Н., Урядников А.А., Дорохов А.В. Использование летучего ингибитора ИФХАН-118 для защиты сельскохозяйственного оборудования от атмосферной коррозии//Российская сельскохозяйственная наука. 2016. № 1. С. 65-68.

12. Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинько О.В. Состояние и перспективы цифровизации сельского хозяйства // Техника и оборудование для села. 2018. №9. С. 45 – 48.

13. Цифровизация сельского хозяйства [Электронный ресурс]. URL: http://polit.ru/article/2018/02/21/sk_digital_farming/ (дата обращения: 19.10.2018)

14. Bauer – irrigation [Электронный ресурс]. URL: https://www.bauer-at.com/ru/products/irrigation / (дата обращения: 20.10.2018)

15. Дождевальные машины Reinke [Электронный ресурс]. URL: http://sistema-orosheniya.ru / (дата обращения: 21.10.2018)

16. Saini H.S. Gagandeep Arora D. Design and implementation of an automatic irrigation feedback control system based on monitoring of soil moisture // Proceedings of the International Conference on Inventive Computing and Informatics, ICICI 2017. – P. 540-544

17. Nikolidakis S.A., Kandris D., Vergados D.D., Douligeris C. Energy efficient automated control of irrigation in agriculture by using wireless sensor networks // Computers and Electronics in Agriculture. 2015. Vol. 113. – P. 154-163

18. Zhu X., Chikangaise P., Shi W., Chen W.-H., Yuan S. Review of intelligent sprinkler irrigation technologies for remote autonomous system // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2018. Vol. 11. – P.23-30.

19. Casterad M.A., Herrero J., Betrán J.A., Ritchie G. Sensor-based assessment of soil salinity during the first years of transition from flood to sprinkler irrigation // Sensors. 2018. Vol. 18. – P.616.

20. Tech tool retrofit for center pivot systems [Электронный ресурс]. URL: https://www.farmindustrynews.com/node/7489/gallery?slide=2 / (дата обращения: 20.10.2018)

21. Johar R., Bensenouci A., Bensenouci M.-A. IoT based smart sprinkling system // 5th Learning and Technology Conference. 2018. – P.147-152.

22. 5 Israeli precision-ag technologies making farms smarter [Электронный ресурс]. URL: https://www.israel21c.org/5-israeli-precision-ag-technologies-making-farms-smarter/ (дата обращения: 21.10.2018)

23. When every drop counts: Schneider Electric transforms agriculture with the Internet of Things for sustainable farming [Электронный ресурс]. URL: https://news.microsoft.com/transform/schneider-electric-transforms-agriculture-internet-of-things-sustainable-farming/ (дата обращения: 03.12.2018)

References

1. Ryazancev A.I., Travkin V.S., Mal'chikov V.N., Mel'nichuk D.S. Perspektivnye meto-dy i ehkspluatacionnye osobennosti tekhnicheskih sistem orosheniya sel'skohozyajstvennyh ugodij dlya uslovij Ryazanskoj oblasti // v sb. nauchnyh trudov «Principy i tekhnologii ehkologizacii proizvodstva v sel'skom, lesnom i rybnom hozyajstve»: Materialy 68-oj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii 26 -27 aprelya 2017 goda. – Ryazan'; FGBOU VO RGATU, 2017. – CHast' 2. – 430 s.

2. Samojlov N.E. Dozhdeval'naya tekhnika. M.: Vysshaya shkola, 2011. – 96 s.

3. Materialy parlamentskih slushanij na temu: «Zakonodatel'noe obespechenie vos-proizvodstva plodorodiya zemel', ispol'zuemyh dlya vedeniya sel'skogo hozyajstva» [EHlek-tronnyj resurs]. URL: http://www.komitet2-20.km.duma.gov.ru/Parlamentskie-slushaniya/item/14946188/ (data obrashcheniya: 20.10.2018).

4. O Federal'noj celevoj programme «Razvitie melioracii zemel' sel'skohozyaj-stvennogo naznacheniya Rossii na 2014-2020 gody»: postanovlenie Pravitel'stva Rossii ot 12 oktyabrya 2013 g. №922 [EHlektronnyj resurs]. URL: https://rg.ru/2013/10/21/melioraciya-site-dok.html (data obrashcheniya: 19.10.2018).

5. Melioraciya v Ryazanskoj oblasti: sostoyanie, problemy, perspektivy [EHlektronnyj resurs]. URL: https://www.ryazagro.ru/news/9552/ (data obrashcheniya: 03.12.2018).

6. Yuan S., Peng S., Wang D., Man J. Evaluation of the energy budget and energy use effi-ciency in wheat production under various crop management practices in China // Energy – 2018. – Vol. 160. – P. 184-191

7. Bautista-Capetillo C., Márquez-Villagrana H., Pacheco-Guerrero A., Júnez-Ferreira H., Zavala-Trejo M. Cropping system diversification: Water consumption against crop production // Sustainability – 2018. – Vol. 10.

8. Issaka Z., Li H., Yue J., Tang P., Darko R.O. Water-smart sprinkler irrigation, prerequisite to climate change adaptation: A review // Journal of Water and Climate Change – 2018. Vol. 9. ¬– P. 383-398.

9. Zhu X., Wan J., Fordjour A., Zhang L., Yuan S. Experiment of Water Distribution and Uniformity of Rotating Plate Sprinkler // Nongye Jixie Xuebao/Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery – 2018. Vol. 49. – P. 145-152.

10. Kruzhilin I.P., Ovchinnikov A.S., Kuznetsova N.V., Bocharnikov V.S., Vorontsova E.S. Water pressure monitoring in irrigation piping as quality management tools of sprinkler irrigation // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences – 2018. Vol. 13. – P.4181-4184

11. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Zazulya A.N., Kuznecova E.G., Andreev N.N., Uryadnikov A.A., Dorohov A.V. Ispol'zovanie letuchego ingibitora IFHAN-118 dlya zashchi-ty sel'skohozyajstvennogo oborudovaniya ot atmosfernoj korrozii//Rossijskaya sel'skoho-zyajstvennaya nauka. 2016. № 1. S. 65-68.

12. Fedorov A.D., Kondrat'eva O.V., Slin'ko O.V. Sostoyanie i perspektivy cifrovizacii sel'skogo hozyajstva // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2018. №9. S. 45 – 48.

13. Cifrovizaciya sel'skogo hozyajstva [EHlektronnyj resurs]. URL: http://polit.ru/article/2018/02/21/sk_digital_farming/ (data obrashcheniya: 19.10.2018)

14. Bauer – irrigation [EHlektronnyj resurs]. URL: https://www.bauer-at.com/ru/products/irrigation / (data obrashcheniya: 20.10.2018)

15. Dozhdeval'nye mashiny Reinke [EHlektronnyj resurs]. URL: http://sistema-orosheniya.ru / (data obrashcheniya: 21.10.2018)

16. Saini H.S. Gagandeep Arora D. Design and implementation of an automatic irrigation feedback control system based on monitoring of soil moisture // Proceedings of the International Conference on Inventive Computing and Informatics, ICICI 2017. – P. 540-544

17. Nikolidakis S.A., Kandris D., Vergados D.D., Douligeris C. Energy efficient automated control of irrigation in agriculture by using wireless sensor networks // Computers and Electronics in Agriculture. 2015. Vol. 113. – P. 154-163

18. Zhu X., Chikangaise P., Shi W., Chen W.-H., Yuan S. Review of intelligent sprinkler irrigation technologies for remote autonomous system // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2018. Vol. 11. – P.23-30.

19. Casterad M.A., Herrero J., Betrán J.A., Ritchie G. Sensor-based assessment of soil salinity during the first years of transition from flood to sprinkler irrigation // Sensors. 2018. Vol. 18. – P.616.

20. Tech tool retrofit for center pivot systems [EHlektronnyj resurs]. URL: https://www.farmindustrynews.com/node/7489/gallery?slide=2 / (data obrashcheniya: 20.10.2018)

21. Johar R., Bensenouci A., Bensenouci M.-A. IoT based smart sprinkling system // 5th Learning and Technology Conference. 2018. – P.147-152.

22. 5 Israeli precision-ag technologies making farms smarter [EHlektronnyj resurs]. URL: https://www.israel21c.org/5-israeli-precision-ag-technologies-making-farms-smarter/ (data obrashcheniya: 21.10.2018)

23. When every drop counts: Schneider Electric transforms agriculture with the Internet of Things for sustainable farming [EHlektronnyj resurs]. URL: https://news.microsoft.com/transform/schneider-electric-transforms-agriculture-internet-of-things-sustainable-farming/ (data obrashcheniya: 03.12.2018)

УДК 631.358: 633.521

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В КАМЕРЕ ОЧЕСА ЛЬНОКОМБАЙНА

Шишин Дмитрий Александрович,
научный сотрудник e-mail: d.shishin@vniiml.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации льноводства», г. Тверь

Реферат. *Выявлены недостатки очёсывающих барабанов с круговым поступательным движением гребней, используемых на зарубежных и отечественных льнокомбайнах. Предложен очесывающий барабан с измененной формой зубьев, обеспечивающий повышение чистоты очеса и снижение повреждения стеблей льна. Изучали параметры воздушного потока, создаваемого серийным и разработанным очесывающими барабанами. При проведении эксперимента применялась методика выявления средней скорости воздуха путем исследования поля скоростей воздушного потока. Использовали лабораторную установку, позволяющую моделировать процессы очеса стеблей льна и сбора вороха. Частота вращения барабана в ходе эксперимента составила 230 мин$^{-1}$, 255 мин$^{-1}$, 280 мин$^{-1}$, 305 мин$^{-1}$и 330 мин$^{-1}$. Скорость воздуха замеряли в выходном окне камеры очеса, разбитом сеткой на 25 равновеликих площадей чашечным анемометром. Математическая обработка результатов эксперимента проведена в программах Stadia и Excel. Получены графики распределения скоростей воздушного потока в камере очеса льнокомбайна. Установлены уравнения регрессии, характеризующие скорость воздушного потока в зависимости от частоты вращения очесывающего барабана. Показано, что воздушный поток в камере очеса распределяется ассиметрично. Наибольшая скорость потока наблюдается в верхней и в левой частях камеры очеса. Определено, что скорость воздуха возрастает с увеличением частоты вращения очесывающего барабана. Проведенные исследования позволили рекомендовать для нового очесывающего барабана рабочую частоту вращения 283…305 мин$^{-1}$.*

Ключевые слова: *лабораторная установка, очесывающий барабан, воздушный поток, скорость воздуха, камера очеса.*

STUDY OF THE AIR FLOW IN FLAX CARDING CHAMBER 0F HARVESTER

Shishin Dmitry A,
research assistant, All-Russian Research Institute of Flax Farming Mechanization, Tver,
e-mail: d.shishin@vniiml.ru

Abstract. *The disadvantages of rounding drums with circular translational ridges used on foreign and domestic flax combines are revealed. A drum for combing flax with a modified shape of the teeth, ensuring an increase in the purity of combing flax and reducing damage to flax stems, has been proposed. The parameters of the air flow generated by the serial and designed combing drums were studied. The method of identifying the average air velocity by examining the airflow velocity field was used during the experiment. The laboratory setup, which allows to model the processes of combing flax stems and flax heap collection was used. The frequency of rotation of the drum during the experiment was 230 min^{-1}, 255 min^{-1}, 280 min^{-1}, 305 min^{-1} and 330 min^{-1}. The air velocity was measured in the exit window of the flax carding chamber, divided into 25 equal areas by a cup*

anemometer. Mathematical processing of the experimental results was carried out in the programs Stadia and Excel. Graphs of the distribution of speeds of air flow in the combing chamber at the flax harvester are obtained. Regression equations characterizing the speed of the air flow depending on the frequency of rotation of the combing drum are set. It is shown that the air flow in the flax combing chamber is distributed asymmetrically. The highest flow rate is observed in the upper and in the left parts of the flax carding chamber. It has been determined that the air velocity increases with increasing rotation frequency of the combing drum. Studies have allowed us to recommend an operating speed of 283 ... 305 min^{-1} for a new drum for combing flax.

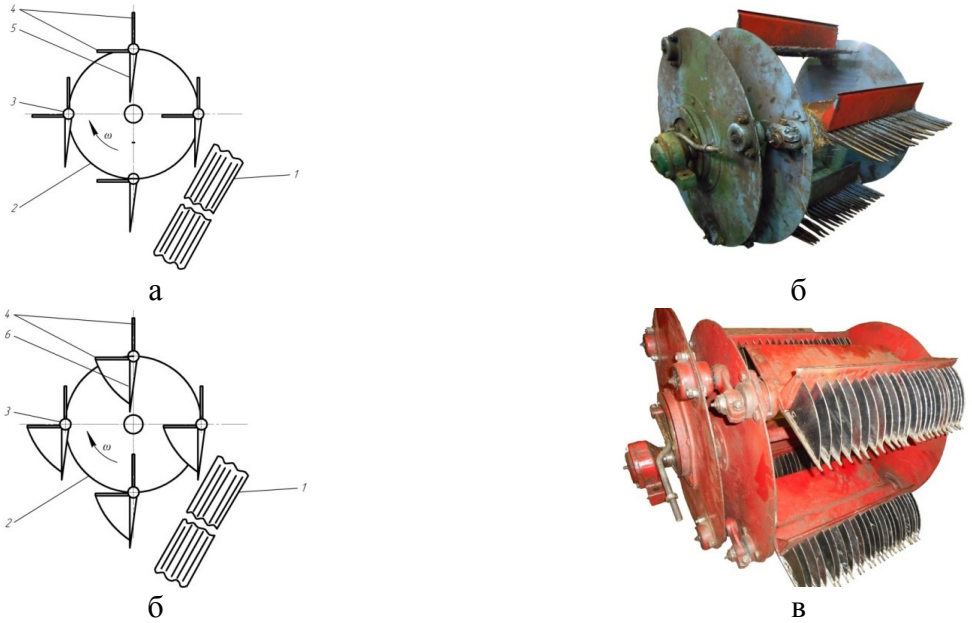
Key words: *laboratory setup, flax scraping drum, air flow, air velocity, flax carding chamber.*

Введение. Лен - одна из важнейших технических культур, возделываемых в хозяйствах Нечерноземья. Технология его получения, одна из самых трудоемких в сельскохозяйственном производстве, требует разработки высокопроизводительных технических средств. Поэтому совершенствование льноуборочных комбайнов актуально и способствует решению проблем в отрасли льноводства.

В настоящее время при уборке льна на зарубежных и отечественных льнокомбайнах применяют устройства, основным рабочим органом, которых является очёсывающий барабан с круговым поступательным движением гребней, состоящих из набора зубьев (рисунок 1 а, б). Главным недостатком данных устройств являются значительные потери семян и повреждения стеблей зубьями при очесе семенных коробочек [1,2, 3].

В ФГБНУ ВНИИМЛ разработан очесывающий барабан с измененной формой зубьев, обеспечивающийповышение чистоты очеса и снижение повреждения стеблей льна (рисунок 1в, г) [4, 5, 6].

Исследования показали, что одним из факторов, влияющих на потери семян льна в виде подсаривания под машиной при уборке, является воздушный поток, создаваемый очесывающим барабаном, в камере очеса льнокомбайна [7].



а – схема серийного барабана; б – общий вид серийного барабана; в) – схема разработанногобарабана; г) – общий вид разработанногобарабана.1 – зажимной транспортёр; 2 – очесывающий барабан; 3 – гребень; 4 – лопасть; 5– зуб; 6 – зуб изменённой формы.

Рисунок 1 - Схемы и общий вид серийного и разработанного очесывающих барабанов

Материалы и методы. На базе ФГБНУ ВНИИМЛ проведены исследования целью, которых стало сравнение воздушного потока, создаваемого серийным и разработанным очесывающими барабанами в камере очеса льнокомбайна.

Эксперимент проводили на лабораторной установке, позволяющей моделировать процессы очеса стеблей льна и сбора вороха [8], в соответствии с методикой выявления средней скорости воздуха путем исследования поля скоростей воздушного потока [9, 10]. Скорость воздуха замеряли в выходном окне камеры очеса, разбитом сеткой на 25 равновеликих площадей (рисунок 2), чашечным анемометром .Математическая обработка результатов эксперимента проведена в программах Stadia и Excel.

Замер скорости проводился при частоте вращения очесывающего барабана 230 мин$^{-1}$, 255 мин$^{-1}$, 280 мин$^{-1}$, 305 мин$^{-1}$, и 330 мин$^{-1}$.

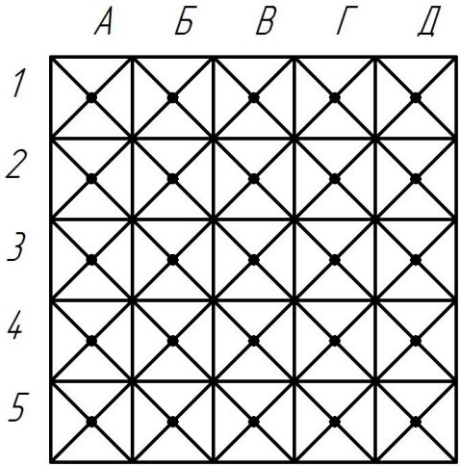
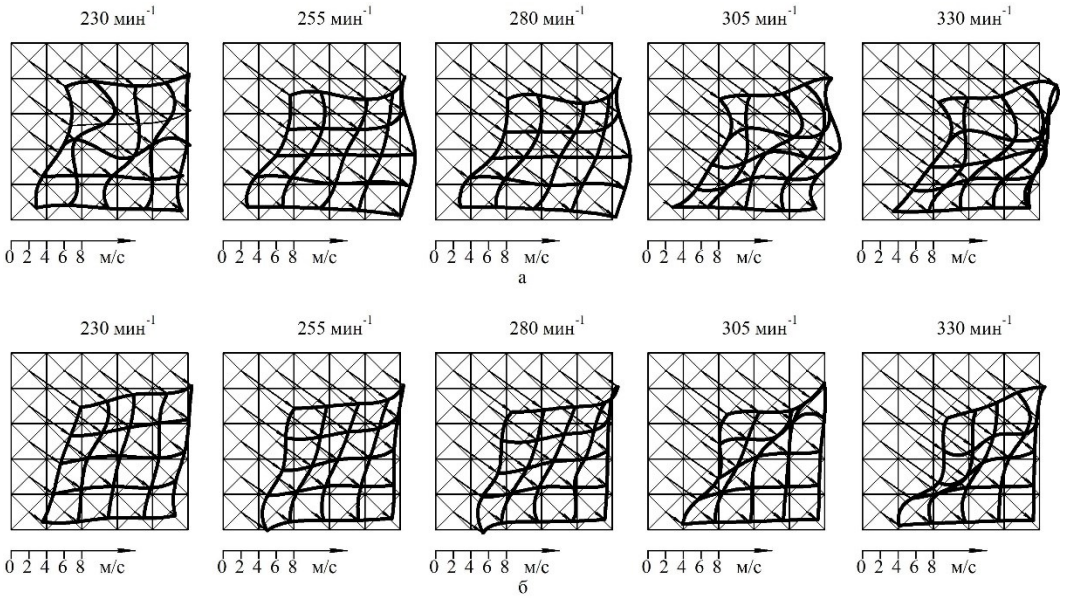


Рисунок 2 - Схема расположения точек замера скорости воздушного потока

Результаты и их обсуждение. Анализ графических зависимостей, полученных в результате эксперимента (рисунок 3),показал, что воздушный поток, создаваемый очесывающими барабанами, в камере очеса распределяется неравномерно.



а – серийный очесывающийбарабан; б – новый очесывающийбарабан

Рисунок 3 - Распределение скоростей воздушного потока в выходном окне камеры очеса

Скорость воздушного потока увеличивается от зоны входа ленты стеблей льна(правая часть) к зоне выхода со стороны выхода стеблей (левая часть окна) из камеры очеса выше. Это обусловлено тем, что расстояние между зубьями на гребнях очесывающего барабана постепенно уменьшается, что приводит к увеличению нагнетания воздушного потока.

Получены уравнения регрессии (1), (2), характеризующие скорость воздушного потока υ в зависимости от частоты вращения очесывающего барабана $n_б$:

для серийного очесывающего барабана:

$$\upsilon_c = -0{,}196 + 0{,}0152 n_б, \quad (1)$$

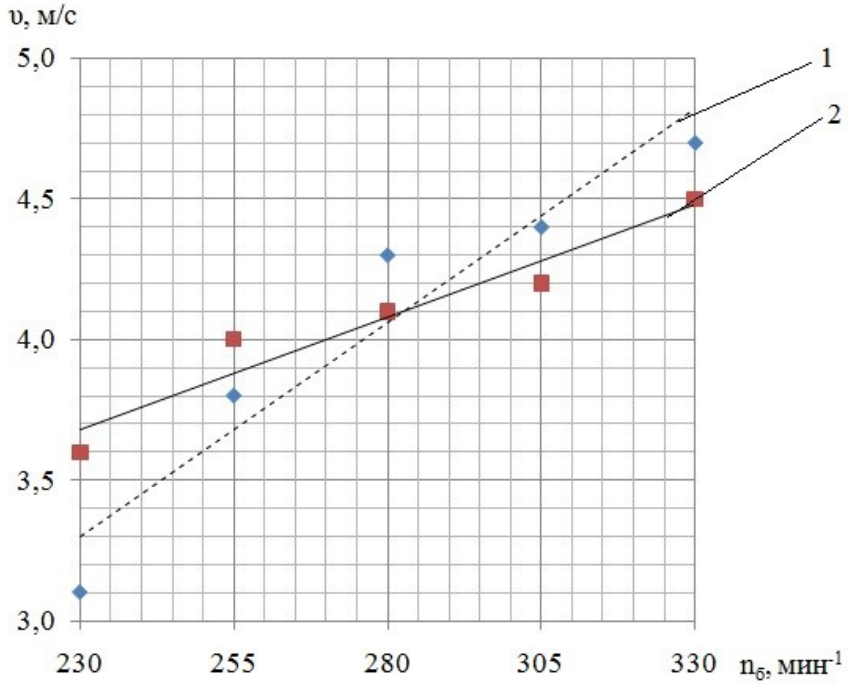
где υ – скорость воздушного потока, м/с;

$n_б$– частота вращения очесывающего барабана, мин$^{-1}$

для разработанного очесывающего барабана:

$$\upsilon_р = 1{,}84 + 0{,}0086 n_б. \quad (2)$$

С увеличением частоты вращения очесывающего барабана возрастает средняя скорость воздушного потока (рисунок 4). У серийного барабана она составила 3,1 м/с; 3,8 м/с; 4,3 м/с; 4,4 м/с; 4,7 м/с при 230 мин$^{-1}$, 255 мин$^{-1}$, 280 мин$^{-1}$ 305 мин$^{-1}$, и 330 мин$^{-1}$ соответственно. У разработанного барабана при этих же оборотах средняя скорость – 3,6 м/с; 4,0 м/с; 4,1 м/с, 4,2 м/с; и 4,5 м/с.



1 – серийный барабан; 2 – новый барабан

Рисунок 4 - Зависимость средней скорости воздушного потокаυ в камере очеса от частоты вращения очесывающего барабана $n_б$

Заключение. Эксперимент показал, что оба очесывающих барабана создают воздушный поток в камере очеса льнокомбайна, распределяющийся ассиметрично. При этом, поле скоростей воздушного потока у разработанного барабана ровнее, чем у серийного. Это позволяет повысить транспортирующую способность очесывающего барабана и уменьшить потери семян в виде подсаривания под машиной. Разработанный очесывающий барабан

рекомендуется применять при частоте вращения 283…305 мин$^{-1}$. При большей частоте вращения увеличиваются динамические нагрузки на механизмы барабана, что негативно сказывается на долговечности работы.

Список литературы

1. Ростовцев Р.А. Повышение эффективности уборки льна-долгунца путем разработки технологических процессов и технических средств для их осуществления: дис. … доктор техн. наук. Тверь, 2010. 539 с.

2. Ростовцев, Р.А., Шишин, Д.А. К вопросу отделения семенной части урожая от стеблей// Машинно-технологическая модернизация льняного агропромышленного комплекса на инновационной основе: сб. науч. трудов ВНИИМЛ. – Тверь, 2014. – С. 100-103.- 248 с.

3. Ковалев М.М., Галкин А.В., Фадеев Д.Г. Анализ процесса очеса стеблей// Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2010. № 8. С. 10 - 11.

4. Ростовцев Р.А., Шишин Д.А. Устройство для очёса стеблей льна: патент на изобретение № 2567904, Российская Федерация. Опубликовано 10.11.15, Бюл. № 31.

5. Ростовцев, Р.А., Шишин, Д.А. Повышение эффективности уборки льна/ Р.А. Ростовцев, Д.А. Шишин //Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: матер. VIII междунар. научно-практическойконференции «ИнформАгро-2016» ФГБНУ "Росинформагротех". 2016. С. 307-310.

6. Ростовцев Р.А., Шишин Д.А.Результаты испытаний нового очесывающего устройства лент льна// Техника и оборудование для села. 2017. № 11 (24). С. 18 - 21

7. Фадеев, Д.Г., Галкин А.В., Фадеев В.Г.Влияние частоты вращения очесывающего барабана льнокомбайна на распределение воздушного потока на выходе вороха из камеры очеса// Наука в центральной России. 2016. № 6 (24). С. 65-72

8. Ростовцев, Р.А., Шишин, Д.А. Установка для испытания адаптера для очеса лент льна// Инновационные разработки для производства и переработки лубяных культур: матер. междунар. науч.-практ. конф ФГБНУ ВНИИМЛ. Тверь, 2017. С. 211 – 213.

9. Ковалев, М.М., ГалкинА.В. Влияние частоты вращения барабана на величину воздушного потока и его распределение на выходе вороха из камеры очеса льнокомбайна// В книге: Наука, сельское хозяйство и промышленность - пути развития и ожидаемые результаты 2008. С. 290-295.

10. Балдин, А.А. Повышение эффективности работы льноуборочного комбайна путем пневматического транспортирования вороха: дис. … канд. техн. наук. Кострома, 2003. 144 с.

References

1. Rostovcev R.A. Povyshenie ehffektivnosti uborki l'na-dolgunca putem razrabotki tekhnologicheskih processov i tekhnicheskih sredstv dlya ih osushchestvleniya: dis. … doktor tekhn. nauk. Tver', 2010. 539 s.

2. Rostovcev, R.A., SHishin, D.A. K voprosu otdeleniya semennoj chasti urozhaya ot steblej// Mashinno-tekhnologicheskaya modernizaciya l'nyanogo agropromyshlennogo kompleksa na innovacionnoj osnove: sb. nauch. trudov VNIIML. – Tver', 2014. – S. 100-103.- 248 s.

3. Kovalev M.M., Galkin A.V., Fadeev D.G. Analiz processa ochesa steblej// Mekhanizaciya i ehlektrifikaciya sel'skogo hozyajstva. 2010. № 8. S. 10 - 11.

4. Rostovcev R.A., SHishin D.A. Ustrojstvo dlya ochyosa steblej l'na: patent na izobretenie № 2567904, Rossijskaya Federaciya. Opublikovano 10.11.15, Byul. № 31.

5. Rostovcev, R.A., SHishin, D.A. Povyshenie ehffektivnosti uborki l'na/ R.A. Rostovcev, D.A. SHishin //Nauchno-informacionnoe obespechenie innovacionnogo razvitiya APK: mater. VIII mezhdunar. nauchno-prakticheskojkonferencii «InformAgro-2016» FGBNU "Rosinformagrotekh". 2016. S. 307-310.

6. Rostovcev R.A., SHishin D.A.Rezul'taty ispytanij novogo ochesyvayushchego ustrojstva lent l'na// Tekhnika i oborudovanie dlya sela. 2017. № 11 (24). S. 18 - 21

7. Fadeev, D.G., Galkin A.V., Fadeev V.G.Vliyanie chastoty vrashcheniya ochesyvayushchego barabana l'nokombajna na raspredelenie vozdushnogo potoka na vyhode voroha iz kamery ochesa// Nauka v central'noj Rossii. 2016. № 6 (24). S. 65-72

8. Rostovcev, R.A., SHishin, D.A. Ustanovka dlya ispytaniya adaptera dlya ochesa lent l'na// Innovacionnye razrabotki dlya proizvodstva i pererabotki lubyanyh kul'tur: mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf FGBNU VNIIML. Tver', 2017. S. 211 – 213.

9. Kovalev, M.M., GalkinA.V. Vliyanie chastoty vrashcheniya barabana na velichinu vozdushnogo potoka i ego raspredelenie na vyhode voroha iz kamery ochesa l'nokombajna// V knige: Nauka, sel'skoe hozyajstvo i promyshlennost' - puti razvitiya i ozhidaemye rezul'taty 2008. S. 290-295.

10. Baldin, A.A. Povyshenie ehffektivnosti raboty l'nouborochnogo kombajna putem pnevmaticheskogo transportirovaniya voroha: dis. … kand. tekhn. nauk. Kostroma, 2003. 144 s.

УДК 631.172

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И РАЗДАЧИ КОРМОВ

Ведищев Сергей Михайлович,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия»,
E-mail: serg666_65@mail.ru
Завражнов Анатолий Иванович,
доктор технических наук, профессор кафедры «Агроинженерия»,
E-mail: aiz@mgau.ru
Капустин Василий Петрович,
доктор технических наук, профессор кафедры «Агроинженерия»,
E-mail: kapustinvp.prof@yandex.ru
Прохоров Алексей Владимирович,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Агроинженерия»,
E-mail: pav1981@bk.ru

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов

Реферат. *Эффективность технологических линий приготовления и раздачи кормов оценивали экономическими и технологическими показателями. Формадизован процесс откорма животных в зависимости от параметров кормления и исходной массы. В качестве выходного критерия определен среднесуточный привес животных. Обоснованы критерии оптимальности для выбора дозы корма. Представлены аналитические выражения для оценки эффективности технологических линий приготовления и раздачи кормов на животноводческой ферме. Выбор перспективной технологической схемы линии приготовления и раздачи кормов оценивается технологическим эффектом, связывающим среднесуточные привесы животных с затратами энергии на привод рабочих органов кормораздатчика. Выдаваемая доза корма определяется программой откорма и устанавливается настройкой рабочих органов кормораздатчика. Установлено, что уровень среднесуточных привесов зависит от погрешности дозирования, определяемой коэффициентом вариации. Неравномерность показателей качества раздачи и смешивания кормов связана с неравномерностью плотности корма, коэффициента заполнения дозирующего органа, времени выгрузки дозы и скорости перемещения кормораздатчика. Аналитическими методами ее определить невозможно, необходимы экспериментальные исследования. Показано, что отсутствие средств оперативного определения насыпной плотности готового корма приводит к нарушению зоотехнических требований к кормораздаче и, как следствие, необходимости корректировки настроечных параметров кормораздатчика. Установлено, что затраты энергии на процесс раздачи складываются из затрат мощности на привод рабочих органов кормораздачи с учетом времени работы этих рабочих органов за время раздачи. Делается вывод: стоимостные оценки эффективности основываются на технологических показателях - продуктивности животных и затратах электрической энергии используемым оборудованием.*

***Ключевые слова**: технологическая линия, технологическая эффективность, среднесуточный привес, показатель качества, удельные затраты энергии, доза корма.*

THE TECHNIQUE OF AN ESTIMATION OF EFFICIENCYOF TECHNOLOGICAL LINES OF THE PREPARATION AND DISTRIBUTION OF FEED

Vedishchev Sergei M.,
candidate of technical Sciences, associate Professor of «Agroengineering»,
E-mail: serg666_65@mail.ru
Zavrazhnov Anatoly I.,
doctor of technical Sciences, Professor of «Agroengineering»,
E-mail: aiz@mgau.ru
Kapustin Vasily P.,
doctor of technical Sciences, Professor of «Agroengineering»,
E-mail: kapustinvp.prof@yandex.ru
Prokhorov Alexey V.,
candidate of technical Sciences, associate Professor of «Agroengineering»,
E-mail: pav1981@bk.ru
Tambov state technical University, Tambov

***Abstract**. The effectiveness of technological lines for the preparation and distribution of feed was evaluated by economic and technological indicators. The process of fattening animals, depending on the parameters of feeding and the initial mass was formalized. The average daily weight gain of animals is defined as an output criterion. Optimality criteria are justified for selecting the dose of feed. Analytical expressions for assessing the effectiveness of technological lines for the preparation and distribution of feed on a livestock farm are presented. The selection of a promising technological scheme for the line for the preparation and distribution of feeds is assessed by the technological effect linking the average daily weight gain of animals to the energy expended on driving the working units of the feeder. The feed dose given is determined by the fattening program and set by the setting of the working units of the feeder. It was established that the level of average daily weight gain depends on the error of dosing determined by the coefficient of variation. The unevenness of indicators of the quality of distribution and mixing of feed is related to the unevenness of the density of the feed, the filling ratio of the dosing body, the time of discharge of the dose and the speed of movement of the feeder. It cannot be determined by analytical methods; experimental studies are needed. It is shown that the lack of means for prompt determination of the bulk density of the finished feed leads to a violation of zootechnical requirements for feed distribution and, as a consequence, the need to adjust the tuning parameters of the feeder. It has been established that the energy costs of the distribution process are the sum of the power costs of driving the feed distribution personnel, taking into account the operating time of these operating structures during the distribution time. The conclusion is made: cost estimates of efficiency are based on technological indicators - the productivity of animals and the cost of electrical energy used by the equipment.*

***Key words:** technological line, technological efficiency, average daily gain, quality indicator, specific energy consumption, feed dose.*

Максимальная эффективность животноводства может быть достигнута за счет использования высокопродуктивных пород животных, внедрения прогрессивных технологий

их содержания, поения, создания требуемых условий среды обитания, уборки навоза и кормления при наличии технологически и технически надежных средств механизации [1].

Экономическая эффективность рассчитывается на основе сопоставления затрат, прибыли и рентабельности производства. Увеличение экономической эффективности возможно за счет увеличения цены реализуемой продукции или за счет уменьшения себестоимости. Снижение себестоимости может быть достигнуто при увеличении объема полученной продукции или экономии затрат на получаемую продукцию.

При откорме животных зоотехническая наука основным выходным критерием оптимизации, применяет среднесуточный привес. Величина среднесуточного привеса зависит от большого количества факторов. В качестве возмущающих факторов выступают качество кормовой смеси, ненаблюдаемость текущей массы животных, а также случайность ее распределения в группе. При использовании завозных комбикормов нет возможности влияния на его качество. В случае приготовления смеси непосредственно на ферме качество смеси контролируют по показателю неоднородности.

Доступных аппаратных средств, позволяющих оперативно определять среднесуточные привесы на животноводческих объектах содержания животных не существует

Формализация процесса выращивания животных в виде ежесуточных привесов от параметров кормления и их массы позволяет [2, 3]: оптимизировать дозы кормления; оценить влияние погрешности дозирования корма на привесы животных; построить модели прогнозирования производства мяса.

Для выбора дозы корма необходимо обосновать критерии оптимальности. В качестве критерия используем максимум прибавки массы на единицу корма.

Выражение для среднего значения фактических привесов животного [2, 3].

$$Q_{\text{пр}} = P_{\text{ном}} - P_{100}\left(\frac{m}{100}\right)^{0,25}\left[\frac{D_{\text{pod}}}{\left(D + D_{\text{pod}}\right)^3}\right]\sigma^2, \qquad (1)$$

где $P_{\text{ном}}$ - нормированный привес свиньи при отсутствии флуктуации дозы кормления, г/сутки; σ - среднее квадратичное отклонение дозы D ; $Q_{\text{пр}}$ – планируемые среднесуточные привесы свиней, г/сутки; P_{100}- потенциально возможный привес животного, для данной породы и данных условий содержания, г; $P_{\text{ном}}$- генетически возможный привес животного, г;

m- фактическая масса животного, кг; D, D_{pod} - доза кормления и поддерживающая доза кормления, к.е.

Данная модель позволяет оценить потери привесов за прошедшие сутки от качества раздачи корма [2, 3]. Анализ выражения (1) показывает, что даже при условии, когда фактическая выдаваемая доза совпадает с нормированным значением, происходит потеря привесов [2, 3]. Это связано с тем, что выражение (1) имеет нелинейный характер. Численная оценка выражения (1) показывает, что флуктуация дозирующего устройства в пределах 15…30% приводит к 0,5…5,5% потери привесов.

При выдаче корма в индивидуальные кормушки отмериваемая доза определяется:

$$m_q = \rho \cdot V, \qquad (2)$$

где m_q – выдаваемая доза, кг; ρ - насыпная плотность корма, кг/м^3; V - объем выдаваемой дозы, м^3.

При выдаче в групповые кормушки норма выдачи определяется количеством корма, выданного на длину кормушки:

$$q_м = \frac{q_p \cdot m_0}{L_K}, \quad (3)$$

где q_M – линейная плотность корма, кг/м; q_p - разовая норма выдачи на одну голову, кг/гол; m_0 - число коров на одно кормоместо, гол; L_K - длина кормоместа, м.

При заданной скорости кормораздатчика линейная плотность корма, выдаваемая по длине кормушки, определяется:

$$q_м = \frac{Q_д}{V_{агр}}, \quad (4)$$

где $Q_д$ – подача дозирующего органа кормораздатчика, кг/с; $V_{агр}$ - скорость кормораздатчика, м/с.

Приравняем выражения (3) и (4), после преобразования получим:

$$Q_д = \frac{q_p \cdot m_0 \cdot V_{агр}}{L_к}. \quad (5)$$

Подача объемного дозатора определяется по выражению:

$$Q_д = \rho \cdot V \cdot t, \quad (6)$$

где t – время выдачи дозы корма, с.

После подстановки (5) в (6) получим:

$$V = \frac{q_p \cdot m_0 \cdot V_{агр}}{\rho \cdot t \cdot L_к}. \quad (7)$$

Выдаваемая доза корма определяется программой откорма животных. Объем выдаваемой дозы устанавливается настройкой рабочих органов кормораздатчика.

При выборе и совершенствовании технологического оборудования приготовления и раздачи кормов часть параметров эффективности изменяется (количество произведенной продукции: затраты на топливо и электроэнергию; оплата труда), а часть затрат условно постоянны (амортизационные отчисления; затраты на ТО и ремонт), так как зависят от балансовой стоимости и норм отчисления [4].

Технологическая эффективность характеризует использование ресурсов производства и используется для оценки процесса производства. Технологическая эффективность измеряется натуральными показателями, стоимостные оценки эффективности качества кормления животных основываются на технологической эффективности [5].

Выбор перспективной технологической схемы линии приготовления и раздачи кормов на животноводческой ферме оценивается показателем – технологическим эффектом, связывающим среднесуточные привесы животных с затратами энергии на привод рабочих органов:

$$Э_т = \frac{Q_{пр}}{\sum Э}, \quad (8)$$

где $Э_т$- технологический эффект, ((г/сут)/(Вт·с/кг)); $Q_{пр}$ – потери среднесуточных привесов животных, г/сутки; ΣЭ – удельные затраты энергии на процесс раздачи Вт·с/кг.

Из теории ошибок известно, что относительная ошибка произведения нескольких приближенных величин является алгебраической суммой относительных ошибок всех множителей

$$\delta_q = \pm\delta_\rho \pm \delta_\varphi \pm \delta_t \pm \delta_{агр}, \quad (9)$$

где δ_q – относительная ошибка дозирования, %; $\delta_\rho, \delta_\varphi, \delta_t, \delta_{агр}$ - относительные ошибки, соответственно плотности корма, коэффициента заполнения дозатора, времени выгрузки корма, скорости перемещения кормораздатчика, %.

Если за критерий количественной оценки качества кормораздачи принять коэффициент вариации, то формула (2.14) примет вид:

$$\nu_q = \pm\nu_\rho \pm \nu_\varphi \pm \nu_t \pm \nu_{агр}, \quad (10)$$

где ν_q – неравномерность кормораздачи, %; $\nu_\rho, \nu_\varphi, \nu_t, \nu_{агр}$ - неравномерность соответственно плотности корма, коэффициента заполнения дозатора, времени выгрузки корма, скорости перемещения кормораздатчика, %.

Насыпная плотность корма зависит от состава и влажности компонентов кормов. Значение ρ определяет по формуле [6]:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{l} \rho_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^{p} p_i}, \quad (11)$$

где ρ_i – насыпная плотность *i*-го вида корма, кг; ρ_0 - масса соответствующего вида корма, кг; *l*- количество видов корма, входящих в рацион.

На насыпную плотность корма оказывает влияние качество приготовленной кормосмеси. В соответствии с [7-10] основным критерием качества процесса смешивания является коэффициент вариации:

$$\nu_{см} = \frac{100}{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} \left(x_i - \bar{x}\right)^2}{(n-1)}}, \quad (12)$$

где $\nu_{см}$ – неравномерность качества смеси, %; x_i -масса контрольного компонента в *i*-ой пробе, кг; $\bar{x}$ - среднее арифметическое значение массы контрольного компонента в пробах, кг; n - число проб.

На неравномерность качества смеси оказывают влияние физико-механические свойства и соотношения смешиваемых материалов, конструкция смесителя и скорость вращения рабочих органов, степень наполнения смесительной камеры, продолжительность процесса [11].

Отсутствие средств оперативного определения насыпной плотности готового корма приводит к нарушению зоотехнических требований к кормораздаче и, как следствие, необходимости корректировки настроечных параметров кормораздатчика.

Для привода рабочих органов в линиях приготовления и раздачи кормов устанавливают асинхронные электродвигатели. Частоту вращения асинхронного двигателя при номинальной нагрузке и отклонении напряжения описывается выражением [12]:

$$n_{дв} = n_{м}\left[1 - S_H \frac{N_{раб}}{N_{ном}}\left(\frac{U_H}{U}\right)^2\right], \qquad (13)$$

где $n_м$ – скорость вращения магнитного поля, с$^{-1}$; S_H - скольжение магнитного поля при номинальных напряжении и нагрузке; U_H, U - напряжение в сети номинальное и действительное, В; $N_{ном}$, $N_{раб}$ - мощность двигателя номинальная и действительная, Вт.

Для оценки неравномерности скорости вращения электродвигателя при изменении на валу его необходимо определить среднеарифметическое число оборотов электродвигателя при изменении нагрузки на двигатель [13]:

$$n_{дв.ср.} = \frac{1}{N_{ном} - N_{\min}} \int_{N_{\min}}^{N_{ном}} f(N) \cdot dN, \qquad (14)$$

и среднеквадратичное отклонение оборотов электродвигателя вокруг этого среднего:

$$\delta_n = \sqrt{\frac{1}{N_{ном} - N_{\min}} \cdot \int_{N_{\min}}^{N_{ном}} \left[n_{дв.ср} - f(N)\right]^2 dN}. \qquad (15)$$

Подставляя (13) в (14) и пренебрегая колебаниями напряжения в сети имеем:

$$n_{дв.ср.} = \frac{1}{N_{ном} - N_{\min}} \int_{N_{\min}}^{N_{ном}} n\left[1 - S_H \frac{N}{N_{ном}}\right] dN, \qquad (16)$$

откуда:

$$n_{дв.ср.} = n_M\left[1 - \frac{S_H (N_{ном} + N_{\min})}{2 N_{ном}}\right]. \qquad (17)$$

Подставим значения (13) и (17) в уравнение (16) получим

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{1}{N_{ном} - N_{\min}} \int_{N_{\min}}^{N_{ном}} \left[n_M - \frac{S_H (N_{ном} + N_{\min})}{2 N_{ном}} - h + \frac{h_M \cdot S_n \cdot N}{N_{ном}}\right]^2 dN}, \qquad (18)$$

откуда

$$\sigma_n = \frac{n_M S_H (N_{ном} - N_{\min})}{2 N_{ном} \cdot \sqrt{3}}. \qquad (19)$$

Далее разделив выражение (19) на (17) и допуская, что в приводе отсутствует буксование, получим зависимость неравномерности скорости рабочего органа от нагрузки:

$$\nu_{агр} = \frac{S_H (N_{ном} - N_{\min})}{\sqrt{3}\left[2 N_{ном} - S_H (N_{ном} + N_{\min})\right]} \cdot 100\ \%. \qquad (20)$$

Рабочий процесс раздачи корма с использованием электромобильных раздатчиков состоит из загрузки кормосмеси в линии загрузки корма, смешивания, раздачи кормосмеси по кормушкам и последовательных переездов между линиями кормления и линиями загрузки корма. Затраты энергии на процесс раздачи складываются из затрат мощности на привод рабочих органов кормораздачи с учетом времени работы этих рабочих органов за время раздачи

$$\sum Э = \left(N_{д} \cdot t_{д} \cdot z_{д} + N_{агр} \cdot t_{агр} + N_{см} \cdot t_{см}\right) \cdot d_{к}, \quad (21)$$

где $N_д$,$N_{агр}$,$N_{см}$- мощность на привод за раздачу соответственно дозаторов, ходовой части и мешалки, Вт; $t_д$, $t_{агр}$, $t_{см}$ – время работы за раздачу соответственно дозаторов, ходовой части и мешалки, с; $z_д$- количество дозирующих органов ,шт; $d_к$ – кратность кормления животных.

Выводы. Исходя из рассмотренного можно сделать следующий вывод: стоимостные оценки эффективности основываются на технологических показателях - продуктивности животных и затратах электрической энергии используемым оборудованием.

Выходным критерием формализации процесса откорма животных является среднесуточный привес. Средние значения фактических привесов имеют нелинейный характер, отклонение дозы корма снижает среднесуточные привесы от нормированного значения. Количественной оценкой показателя качества кормораздачи является неравномерность, оцениваемая коэффициентом вариации.

Неравномерность показателей качества раздачи и смешивания кормов аналитическими методами определить невозможно, поэтому для определения показателей качества необходимы экспериментальные исследования.

Список литературы

1. Хлыстунов, В. Ф. Механико-технологическое обоснование технического оснащения системы жизнеобеспечения свиноводства: автореф. дис. … д-ра техн. наук: 05.20.01/ Хлыстунов Виктор Федорович. Зеленоград, 2000.- 39 с.

2. Гируцкий, И.И. Поточно-механизированные линии с микропроцессорным управлением для откорма свиней: дис. … д-ра техн. наук: 05.20.01 / Гируцкий Иван Иванович.- Москва, 2007.- 333 с.

3. Махаев, Е.А. Нормы потребности в энергии, питательных веществах и кормления свиней мясного типа [текст] : Справочное пособие / Е.А. Махаев. - Дубровицы: ВИЖ им. Л.К. Эрнста, 2015. - 116 с.

4. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники / Под ред. А.В. Шпилько. - М. : И.К. "Родник", Т.Л. "Аграрная наука", 1998. - 220 с.

5. Эффективность сельскохозяйственного производства (методические рекомендации) / Под ред. И.С. Сандау, В.А. Свободина, В.И. Нечаева, М.В. Косолаповой, В.Ф. Федоренко. - М.: ФГБНУ "Росинформагротех", 2013. - 228 с.

6. Щедрин, В.Т. Машины для раздачи кормов: Учебное пособие / В.Т. Щедрин. - Тамбов: изд-во тамб. гос. техн. ун-та, 2002. – 80с.

7. Ведищев, С.М. Механизация приготовления кормов: в двух частях: учебное пособие для бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлениям 35.03.06, 35.04.06 "Агроинженерия". Часть 2 [электронное издание] // С.М.Ведищев, В.П. Капустин, Ю Е. Глазков и др. - Тамбов: ИПЦ ФГБОУ ВПО "ТГТУ", 2015. - 129 с.- DVD – R.

8. М 29.055-87. Типовая методика определения качества смешивания кормов. – Введ. 30.09.1987.–Дослидницкое: Ротапринт ВНИИМОЖ, 1987.–36 с.

9. НТП-АПК 1.10.16.002-03. Нормы технологического проектирования сельскохозяйственных предприятий по производству комбикормов. - Введ. 01.01.2004. - М.: Издательство стандартов, 2004. - 82 с.

10. РД 10.19.2-90 - Руководящий документ. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и оборудование для приготовления кормов. Методы испытаний. - М.:, 1990. – 20с.

11. Ведищев, С.М. Смеситель сухих рассыпных кормосмесей / С.М. Ведищев, А.В. Прохоров, Н.В. Хольшев // Вопросы современной науки и практики Университет им. В.И. Вернадского. 2012. №4 (42). С.326-328.

12. Шаткин, А.Н. К вопросу о влиянии качества напряжения на производительность технологической линии / А.Н. Шаткин // Промышленная энергетика. - 1970. - №1. – С. 18-19.

13. Амельянц, А.Г. Методика исследований рабочего процесса качающегося транспортера / А.Г. Амельянц, О.Н. Кропоткин // Повышение эффективности использования сельскохозяйственной техники. Сборник научных трудов ГНУ ВИИТиН.- Выпуск № 14. - Тамбов: ГНУ ВИИТиН, 2008. –С. 94-111.

References

. Hlystunov, V. F. Mekhaniko-tekhnologicheskoe obosnovanie tekhnicheskogo osnashcheniya sistemy zhizneobespecheniya svinovodstva: avtoref. dis. … d-ra tekhn. nauk: 05.20.01/ Hly-stunov Viktor Fedorovich. Zelenograd, 2000.- 39 s.

2. Giruckij, I.I. Potochno-mekhanizirovannye linii s mikroprocessornym upravleni-em dlya otkorma svinej: dis. … d-ra tekhn. nauk: 05.20.01 / Giruckij Ivan Ivanovich.- Mo-skva, 2007.- 333 s.

3. Mahaev, E.A. Normy potrebnosti v ehnergii, pitatel'nyh veshchestvah i kormleniya svinej myasnogo tipa [tekst] : Spravochnoe posobie / E.A. Mahaev. - Dubrovicy: VIZH im. L.K. EHrnsta, 2015. - 116 s.

4. Metodika opredeleniya ehkonomicheskoj ehffektivnosti tekhnologij i sel'skohozyajst-vennoj tekhniki / Pod red. A.V. SHpil'ko. - M. : I.K. "Rodnik", T.L. "Agrarnaya nauka", 1998. - 220 s.

5. EHffektivnost' sel'skohozyajstvennogo proizvodstva (metodicheskie rekomendacii) / Pod red. I.S. Sandau, V.A. Svobodina, V.I. Nechaeva, M.V. Kosolapovoj, V.F. Fedorenko. - M.: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2013. - 228 s.

6. SHCHedrin, V.T. Mashiny dlya razdachi kormov: Uchebnoe posobie / V.T. SHCHedrin. - Tambov: izd-vo tamb. gos. tekhn. un-ta, 2002. – 80s.

7. Vedishchev, S.M. Mekhanizaciya prigotovleniya kormov: v dvuh chastyah: uchebnoe posobie dlya bakalavrov i magistrantov, obuchayushchihsya po napravleniyam 35.03.06, 35.04.06 "Agroin-zheneriya". CHast' 2 [ehlektronnoe izdanie] // S.M.Vedishchev, V.P. Kapustin, YU E. Glazkov i dr. - Tambov: IPC FGBOU VPO "TGTU", 2015. - 129 s.- DVD – R.

8. M 29.055-87. Tipovaya metodika opredeleniya kachestva smeshivaniya kormov. – Vved. 30.09.1987.–Doslidnickoe: Rotaprint VNIIMOZH, 1987.–36 s.

9. NTP-APK 1.10.16.002-03. Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya sel'skohozyajst-vennyh predpriyatij po proizvodstvu kombikormov. - Vved. 01.01.2004. - M.: Izdatel'stvo standartov, 2004. - 82 s.

10. RD 10.19.2-90 - Rukovodyashchij dokument. Ispytaniya sel'skohozyajstvennoj tekhniki. Mashiny i oborudovanie dlya prigotovleniya kormov. Metody ispytanij. - M.:, 1990. – 20s.

11. Vedishchev, S.M. Smesitel' suhih rassypnyh kormosmesej / S.M. Vedishchev, A.V. Pro-horov, N.V. Hol'shev // Voprosy sovremennoj nauki i praktiki Universitet im. V.I. Ver-nadskogo. 2012. №4 (42). S.326-328.

12. SHatkin, A.N. K voprosu o vliyanii kachestva napryazheniya na proizvoditel'nost' tekh-nologicheskoj linii / A.N. SHatkin // Promyshlennaya ehnergetika. - 1970. - №1. – S. 18-19.

13. Amel'yanc, A.G. Metodika issledovanij rabochego processa kachayushchegosya transporte-ra / A.G. Amel'yanc, O.N. Kropotkin // Povyshenie ehffektivnosti ispol'zovaniya sel'skoho-zyajstvennoj tekhniki. Sbornik nauchnyh trudov GNU VIITiN.- Vypusk № 14. - Tambov: GNU VIITiN, 2008. –S. 94-111.

УДК 636.034

ЗНАЧЕНИЕ ВИТАМИННО-МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КОРОВ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА

Филиппова Ольга Борисовна,
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией технологии производства молока и говядины, e-mail: filippova1968@mail.ru

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Особую роль в технологии производства молока выполняет процесс кормления животных. Отел и последующий период раздоя у коров сопровождается значительным усилением физиологической нагрузки на организм. Рационы коров в начале лактации корректировали путём введения дополнительного количества витаминов и минеральных веществ в виде премиксов. Для активации обменных процессов разработан рецепт премикса, который включает ряд микроэлементов (Cu, Mn, Zn, Co, J, Se) в повышенных дозах и витаминов каталитического (ниацин, холин, биотин, L-карнитин) и индуктивного (ретинол, холекальциферол, токоферол) действия. Опытный премикс скармливали группе новотельных коров в составе зерновой смеси в течение месяца. Контрольной группе таких же новотельных коров скармливали стандартный витаминно-минеральный премикс П-60-3. В сухостойный период коровы обеих групп потребляли этот же премикс. В учетный период наблюдали за фактическим потреблением кормов, анализировали физиологическое состояние и динамику продуктивности подопытных животных. Результаты биохимического анализа крови показали снижение физиологической нагрузки на организм животных. Уровень мочевины в крови коров опытной группы понизился на 35,3%, сумма кетоновых веществ (ацетон, β-оксимасляная и ацетоуксусная кислоты) – на 21,3% по отношению к аналогичным контрольным показателям. Концентрация глюкозы и общего белка в крови опытных животных была выше на 14,8 и 6,5% соответственно. Стабильный уровень обмена веществ у опытных коров способствовал повышению у них среднесуточного удоя в период раздоя на 14,4% по отношению к контролю.*

Ключевые слова*: коровы, премикс, обмен веществ, молочная продуктивность.*

THE IMPORTANCE OF VITAMIN-MINERAL FOOD OF COWS IN THE TECHNOLOGY OF MILK PRODUCTION

Filippova Olga,
Candidate of Biological Sciences, Leading Scientific Worker, Head of the Laboratory of Technology of Production of Milk and Beef, e-mail: filippova1968@mail.ru

Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov, Russian Federation

Abstract. *A special role in the technology of milk production performs the process of feeding animals. Calving and the subsequent period of milking in cows is accompanied by a significant increase in the physiological load on the body. The diets of cows at the beginning of lactation were*

adjusted by introducing additional amounts of vitamins and minerals in the form of premixes. For activation of exchange processes is developed prescription of the premix, which includes some trace elements (Cu, Mn, Zn, Co, J, Se) in high doses and catalytic vitamins (Niacin, Choline, Biotin, L-Carnitine) and inductive (Retinol, Cholecalciferol, Tocopherol) actions. Experienced premix was fed to a group of newly-calved cows in the composition of the grain mixture during the month. The control group of newly-calved cows was fed standard vitamin-mineral premix P-60-3. In the period before calving, cows of both groups consumed the same premix. During the reference period, we observed the actual feed consumption, analyzed the physiological state and the dynamics of the productivity of experimental animals. The results of biochemical analyses of blood showed a decrease in physiological stress on the organism of animals. The level of urea in the blood of the cows of the experimental group decreased by 35.3%, the sum of ketones (acetone, β-hydroxybutyric acid and acetoacetic acid) - by 21.3% compared to the same benchmarks. The concentration of glucose and total protein in the blood of the experimental animals was higher by 14.8 and 6.5%, respectively. The stable level of metabolism for experience cows assisted an increase for them average daily yield of milk in the period of milking on 14.4% in relation to control.

Keywords: *cow, premix, metabolism, milk productivity.*

Введение. Практика последних лет подтвердила закономерность возрастания физиологических нагрузок у коров с началом активной лактации, вызывающих повышение напряженности обменных процессов. Независимо от условий кормления в это время они испытывают недостаток энергии, которая тратится в больших количествах на образование молока. Даже при кормлении сбалансированным по всем питательным веществам рационом у новотельных коров нередко возникают предпосылки для развития болезней, в результате которых снижается продуктивность и сокращается срок хозяйственного использования. Различные нарушения в технологии кормления усугубляют физиологическое напряжение в организме животных. Например, при скармливании большого количества концентрированных кормов, увеличении удельной доли силоса, уменьшении количества качественного сена, недостатке легкоусвояемых углеводов, микроэлементов, резкой смене рациона у коров нередко развивается продукционное нарушение обмена веществ – кетоз. Накопление в крови кетоновых веществ (ацетон, β-оксимасляная и ацетоуксусная кислоты), являющихся продуктами жирового, углеводного и белкового обмена, может привести к метаболическому ацидозу, вследствие чего осложняются болезни конечностей, репродуктивной системы, ослабляется иммунитет [1, 2].

Поддержку высокого уровня молочной продуктивности новотельных коров можно реализовывать, в том числе, путем введения с кормом витаминов и микроэлементов в повышенных дозах. Введение дополнительных количеств микроэлементов необходимо также и для нормализации синтетической деятельности микрофлоры рубца и кишечника жвачных животных [3]. Микроэлементы входят в состав витаминов, гормонов, ферментов, определяют их активность и этим оказывают влияние на интенсивность процессов обмена веществ в организме. Даже при скрытом дефиците микроэлементов добавка их в рацион вызывает заметное улучшение использования питательных веществ кормов, общего состояния здоровья, повышение продуктивности до генетически обусловленного уровня [4, 5].

В практических условиях часто наблюдается хронический дефицит не одного, а комплекса микроэлементов. Потребность организма в тех или иных веществах зависит от уровня продуктивности, массы коровы, ее возраста и физиологического цикла [6, 7].

Недостаток элементов устраняется дополнительным введением их источников в рационы. Нормируемые микроэлементы и витамины вводят в рационы в виде премиксов. В большинстве стандартных премиксов, в частности, в широко используемом премиксе П-60-3, содержание микроэлементов рассчитано по усредненной суточной потребности животных, что не всегда обеспечивает профилактику нарушений обмена веществ у новотельных коров. Кроме того, в них отсутствуют витамины биокаталитического действия. С целью профилактики нарушений обмена веществ, возникающих у коров в первые недели после отела, разработан и испытан на практике специальный научно-обоснованный рецепт витаминно-минерального премикса антикетозного действия [8].

Материал и методы. Научно-производственное испытание эффективности действия премикса проведено на базе СХПК «Вирятинский» Сосновского района Тамбовской области на двух группах коров симментальской породы, отобранных по методу пар-аналогов, одна из которых служила контролем. Рационы состояли из силоса кукурузного (20 кг), сенажа горохового (8 кг), сена эспарцетового (4,5 кг), зерновой смеси (5,5 кг) и кормовой свеклы (15 кг). В сухостойный период обеим группам и после отела контрольной группе в составе зерновой смеси скармливали стандартный премикс П-60-3, рекомендованный для промышленного производства Министерством сельского хозяйства РФ. Опытной группе коров в течение месяца после отёла вводили в рацион опытный премикс из расчета 100 г на голову в сутки.

Хозяйственный среднесуточный рацион в целом был сбалансирован по содержанию питательных веществ и энергии (0,94 ЭКЕ/кг сухого вещества, сахаропротеиновое соотношение – 0,93), что соответствует нормам кормления дойных коров с массой тела 600 кг и суточным удоем 20-24 кг молока (жирность 3,8-4,0%) [6]. Учитывая низкое потребление корма коровами первые дни после отела, фактически в рационе в среднем содержалось 19,7 кг сухого вещества, сырого протеина – 2,5 кг, переваримого протеина – 1,6 кг. Однако содержание целого ряда важных для обмена веществ микроэлементов не достигало уровней, необходимых по норме: цинка – на 38,2 %, кобальта – на 58 %, меди – на 27,9 %, марганца – на 11,3 %, йода – 59 %. Содержание селена в рационе было на порядок ниже необходимых значений и составляло 0,22 мг (суточная потребность – 2,8-3,0 мг). В тоже время, некоторые элементы присутствовали в рационе в избыточном количестве (железо, магний, калий), что сокращает биодоступность других микроэлементов. Например, при избытке железа снижается всасывание марганца в пищеварительном тракте коров. Избыток калия затрудняет усвоение кобальта.

Содержание таких важнейших нормируемых макроэлементов, как кальций и фосфор было оптимизировано путем введения кормового монокальцийфосфата ($Ca(HPO_4)_2$) в зерновую смесь. Содержание микроэлементов в кормах рассчитывали на основе собственных результатов их определения в различных кормах, которые изучались нами в течение ряда лет. Для приготовления премиксов были использованы соответствующие соли элементов и витаминные препараты. В рецепте опытного премикса элементы селен и йод использовались в органической форме в виде препаратов Йоддар и ДАФС-25.

Выбор состава витаминов и микроэлементов в опытном премиксе был обусловлен особенностями их участия в метаболических процессах у животных. На рисунке 1 представлены витамины и микроэлементы, оказывающие наибольшее влияние на интенсивность течения обмена веществ у животных. Часть этих витаминов животные получают как из кормов, так и в результате синтетической деятельности симбиотической

микрофлоры (B_1, B_3, B_5, B_7). Витамин B_4 в организм животных поступает только с кормами, витамин B_{12} – синтезируется исключительно микроорганизмами пищеварительного тракта. Витамин B_{11} – синтезируется в почках и печени [1, 9, 10]. Витамин D, в отличие от витаминов A и E, практически отсутствует в натуральных кормах [6]. Микроэлементы медь, кобальт, цинк и марганец являются кофакторами многих ферментов, обслуживающих жировой обмен, и составными частями витаминов. Обеспеченность йодом и селеном является условием нормальной работы эндокринной и репродуктивной систем у коров.

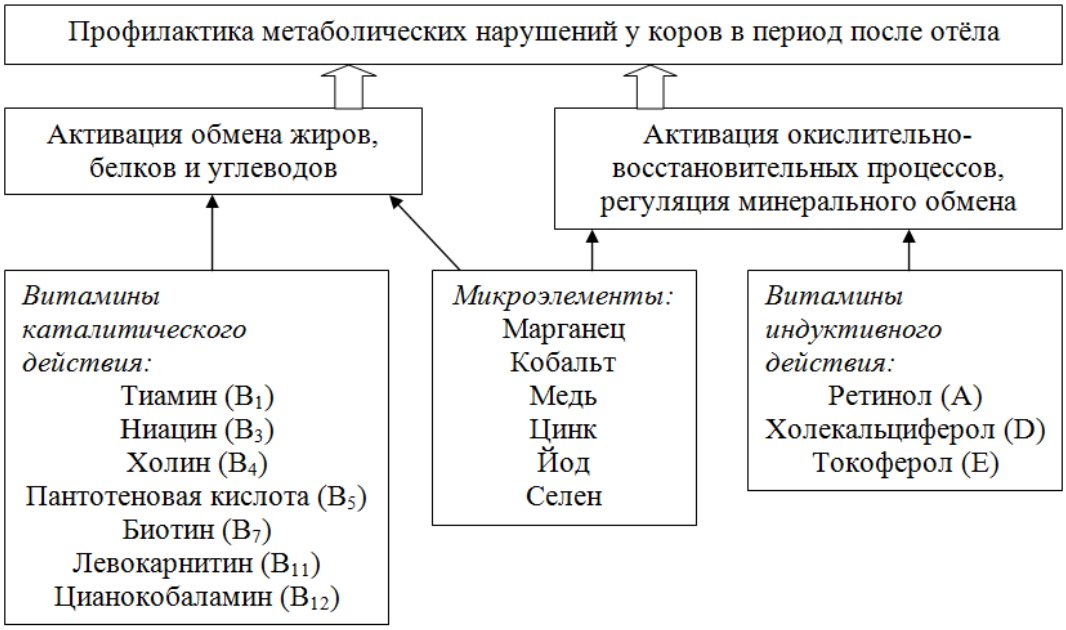


Рисунок 1 – Функциональная роль витаминов и микроэлементов, использованных для профилактики нарушений обмена веществ у коров в послеотельный период

При составлении рецепта премикса также была учтена совместимость отдельных витаминов и микроэлементов при одновременном приеме. Например, под действием марганца, меди, витаминов B_1, B_3 и E витамин B_{12} становится неактивным. Медь также затрудняет усвоение витамина B_5. Взаимно разрушающее воздействие витаминов можно устранить использованием в премиксах их предшественников. Поэтому в состав премикса часть необходимых витаминов была включена в виде соответствующих витаминных препаратов, а для тех, которые синтезируются микрофлорой, были введены их минеральные предшественники (марганец и кобальт). Витамин B_5 не был включён в премикс, поскольку в достаточном количестве содержится в кормах и также вырабатывается микрофлорой при условии ее нормального функционирования.

Таким образом, состав опытного витаминно-минерального премикса был определен главной задачей его применения – предупреждение развития метаболических нарушений, возникающих у высокопродуктивных коров в начальный период лактации. В таблице 1 представлен рецепт опытного премикса, в котором использованы соответствующие препараты микроэлементов и витаминов.

Таблица 1 – Рецепты витаминно-минеральных премиксов, использованных в эксперименте

Компоненты	Препараты, использованные в опытном премиксе	Чистого вещества в 1 кг премикса	
		опытный	П-60-3
Марганец	Диоксид марганца	2,2 г	1,5 г
Медь	Медь сернокислая пятиводная	0,65 г	0,6 г
Цинк	Цинк сернокислый семиводный	3,5 г	3,0 г
Кобальт	Кобальт углекислый моногидрат	0,25 г	0,2 г
Йод	Йоддар	0,20 г	0,25 г
Селен	ДАФС-25	25 мг	20 мг
Железо	–	–	1,0 г
Ниацин (B_3)	Микровит Ниацин	100 г	–
Холин (B_4)	Холина хлорид	300 г	–
Биотин (B_7)	Микровит Биотин	200 мг	–
L-Карнитин (B_{11})	L-Карнитин	50 г	–
Ретинол (А)	Микровит А Супра 1000	500 тыс. МЕ	2500 тыс. МЕ
Холекальциферол ($Д_3$)	Микровит $Д_3$ Промикс 500	150 тыс. МЕ	250 тыс. МЕ
Токоферол (Е)	Микровит Е Промикс 50	1200 МЕ	1500 МЕ
Наполнитель – пшеничные отруби – до 1 кг			

В учетный период наблюдали за фактическим потреблением кормов, анализировали физиологическое состояние и динамику продуктивности подопытных животных. Результаты экспериментов обрабатывали статистически, различия между группами рассматривали как достоверные, начиная с уровня значимости $p \leq 0,05$.

Результаты исследований. Анализ причин возникновения заболеваний у коров в послеотельный период показал, что кроме недостаточного потребления кормов, имело место нарушение технологии кормления животных в сухостойный период. Упитанность коров перед отелом соответствовала кондиционным оценкам от 4-х до 5-ти по пятибалльной шкале (при норме 3-3,5) [1], что свидетельствовало об избыточном отложении жира в теле.

В крови животных опытной группы, взятой через три недели после отела, содержание общего белка и альбуминовой фракции было выше соответственно на 6,5 и 8,7 % ($p > 0,05$) по отношению к особям, потреблявшим стандартный премикс (таблица 2). Отмечено также снижение уровня мочевины на 35,3% ($p \leq 0,05$), что свидетельствовало об усилении синтетической деятельности микроорганизмов, утилизирующих небелковый азот в рубце. Разница в содержании некоторых показателей также указывала на улучшение метаболических процессов в организме коров опытной группы, вследствие чего использование собственных резервов энергии (жировых отложений) у этих животных проходило более рационально. Так, например, концентрация общих липидов в их крови была ниже в 1,6 раза, а глюкозы – выше на 14,8%. При этом отмечался более низкий уровень содержания кетоновых веществ – меньше на 21,3% по отношению к аналогичному показателю в контрольной группе. Следовательно, скармливание новотельным коровам премикса опытного состава обеспечило профилактику развития кетоза и других продукционных нарушений обмена веществ в их организме.

Таблица 2 – Результаты биохимических исследований крови

Показатели	Группы коров	
	контрольная	опытная
Общий белок, г/л	75,1 ± 2,7	80,0 ± 1,0
Альбумины, г/л	36,7 ± 1,9	39,9 ± 3,4
Глобулины, г/л	38,4 ± 2,4	40,1 ± 3,1
Мочевина, мг%	18,4 ± 1,9	11,9 ± 1,8*
Липиды общие, г/л	4,98 ± 0,13	3,04 ± 0,45*
Глюкоза, ммоль/л	2,30 ± 0,23	2,70 ± 0,46
Сумма кетоновых веществ, мг%	8,9 ± 0,4	7,0 ± 1,0
Гемоглобин (Hg), г/л	89,8 ± 4,93	108,3 ± 11,9
Эритроциты, $\times 10^{12}$/л	3,55 ± 0,09	3,65 ± 0,10
Цветовой индекс эритроцитов	0,75 ± 0,03	0,89 ± 0,10
Концентрация гемоглобина в одном эритроците, пг	24,9 ± 1,1	29,7 ± 3,3
Примечание – * $p \leq 0,05$		

Введение в рацион животных дополнительных количеств витаминов, регулирующих белковый синтез, а также меди и кобальта, участвующих в кроветворении, способствовало увеличению содержания гемоглобина на 20,6%. Количество эритроцитов повысилось на 2,8%, насыщенность их гемоглобином увеличилась на 18,7%.

Молочная продуктивность коров напрямую зависит от состояния обмена веществ. В течение первого месяца после отела среднесуточный удой у коров обеих групп был практически на одном уровне и соответствовал их генетическому потенциалу (рисунок 2). На втором месяце лактации разница в удое составила 6,1 кг ($p \leq 0,05$). В среднем за 3 месяца среднесуточный удой у коров опытной группы был выше на 14,4% по отношению к контрольной группе.

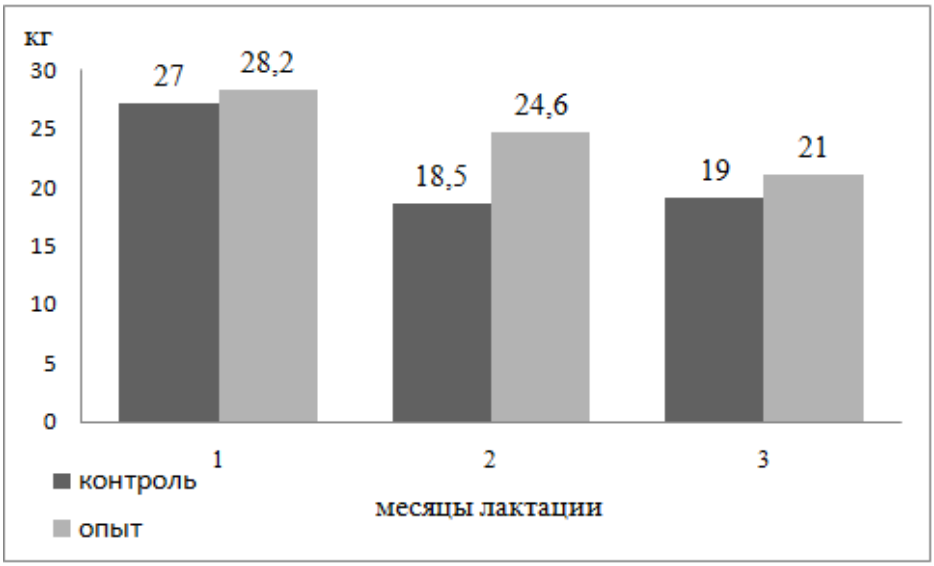


Рисунок 2 – Продуктивность коров за период раздоя, кг

Заключение. Таким образом, использование в кормлении коров в начальный период лактации витаминно-минерального премикса, включающего микроэлементы в повышенных

дозах и витамины группы В, позволило скорректировать энергетический и жировой обмены веществ. Скармливание опытного премикса в составе зерновой смеси в течение 4-х недель после отёла положительно отразилось на дальнейшей молочной продуктивности животных, которая в среднем за три месяца была выше на 14,4%, чем у коров, потреблявших стандартный премикс.

Список литературы

1. Харитонов Е.Л. Физиология и биохимия молочного скота. – Боровск: Изд-во «Оптима Пресс», 2011. – 372 с.

2. Филиппова О.Б., Фролов А.И., Зазуля А.Н. Метаболический статус нетелей и первотелок при кормлении концентратами с использованием БВМК // Ветеринария. 2016. № 11. С. 49-53.

3. Долгова С.И. Биосинтез и использование витаминов B_3, B_6 и B_{12} у лактирующих коров при разных условиях питания: дис.…канд. биологических наук: 03.00.13 / Долгова Светлана Ивановна. – Боровск, 2001. 159 с.

4. Самохин В.Т. Профилактика нарушений обмена микроэлементов у животных. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2003. 136 с.

5. Эфендиев Б.Ш., Вороков А.С. Минеральное питание коров и его влияние на молочную продуктивность и химический состав молока // Зоотехния. 2017. № 12. С. 7-9.

6. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – Москва, 2003. 456 с.

7. Подобед Л.И. Корма и кормление высокопродуктивного молочного скота: монография. – Днепропетровск: ООО ПКФ «Арт-Пресс», 2012. 416 с.

8. Патент РФ № 2610453. Премикс для профилактики нарушений обмена веществ у высокопродуктивных коров / О.Б. Филиппова, Е.Ф. Саранчина, А.С. Краснослободцева. Заявка № 2015144602, 16.10.2015. Опубл.: 13.02.2017. Бюл. № 5.

9. Рик Р. Грумер. Холин – насущная потребность дойных коров // Ценовик. 2014. № 8, Август. С. 34-35.

10. Довыденков Г.В. Комплексное применение холина, L-карнитина и дигидрокверцетина в профилактике кетоза у высокопродуктивных молочных коров: автореферат дис. ... кандидата биологических наук: 03.03.01 / Григорий Валерьевич Довыденков. – Дубровицы Московской обл., 2011. 19 с.

References

1. Haritonov E.L. Fiziologija i biohimija molochnogo skota. – Borovsk: Izd-vo «Optima Press», 2011. – 372 s.

2. Filippova O.B., Frolov A.I., Zazulja A.N. Metabolicheskij status netelej i pervotelok pri kormlenii koncentratami s ispol'zovaniem BVMK // Veterinarija. 2016. № 11. S. 49-53.

3. Dolgova S.I. Biosintez i ispol'zovanie vitaminov B3, B6 i B12 u laktirujushhih korov pri raznyh uslovijah pitanija: dis.…kand. biologicheskih nauk: 03.00.13 / Dolgova Svetlana Ivanovna. – Borovsk, 2001. 159 s.

4. Samokhin V.T. Profilaktika narusheniy obmena mikroelementov u zhivotnykh. – Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, 2003. 136 s.

5. Jefendiev B.Sh., Vorokov A.S. Mineral'noe pitanie korov i ego vlijanie na molochnuju produktivnost' i himicheskij sostav moloka // Zootehnija. 2017. № 12. S. 7-9.

6. Patent RF № 2610453. Premiks dlja profilaktiki narushenij obmena veshhestv u vysokoproduktivnyh korov / O.B. Filippova, E.F. Saranchina, A.S. Krasnoslobodceva. Zajavka № 2015144602, 16.10.2015. Opubl.: 13.02.2017. Bjul. № 5.

7. Normy i raciony kormlenija sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh: spravochnoe posobie. 3-e izdanie pererabotannoe i dopolnennoe / Pod red. A.P. Kalashnikova, V.I. Fisinina, V.V. Shheglova, N.I. Klejmenova. – Moskva, 2003. 456 s.

8. Podobed L.I. Korma i kormlenie vysokoproduktivnogo molochnogo skota: monografija. – Dnepropetrovsk: OOO PKF «Art-Press», 2012. 416 s.

9. Rik R. Grumer. Holin – nasushhnaja potrebnost' dojnyh korov // Cenovik. 2014. № 8, Avgust. S. 34-35.

10. Dovydenkov G.V. Kompleksnoe primenenie holina, L-karnitina i digidrokvercetina v profilaktike ketoza u vysokoproduktivnyh molochnyh korov: avtoreferat dis. ... kandidata biologicheskih nauk: 03.03.01 / Grigorij Valer'evich Dovydenkov. – Dubrovicy Moskovskoj obl., 2011. 19 s.

УДК 577.19: 636.03

ФИТОДОБАВКИ КАК ЧАСТЬ РЕПРОДУКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В МОЛОЧНОМ СКОТОВОДСТВЕ

Филиппова Ольга Борисовна,
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, заведующая лабораторией технологии производства молока и говядины, e-mail: filippova1968@mail.ru
Саранчина Екатерина Фёдоровна,
кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник,
E-mail: caterina.saranchina@yandex.ru

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *В основе технологии производства молока лежит организация непрерывного цикла воспроизводства стада от отела к отелу. Заболевания репродуктивных органов в хронической форме увеличивают срок подготовки коров к следующему осеменению. Для повышения репродуктивной способности и укрепления иммунной системы животных предложено включать в рационы коров кормовые добавки на основе биологически активных веществ дикорастущих лекарственных растений. Показана возможность применения растений – полыни обыкновенной (Artemisia vulgaris L.) и шалфея лугового (Salvia pratensis L.) – в качестве профилактических кормовых добавок, стимулирующих физиологические функции у коров. Для опыта были сформированы две группы коров симментальской породы в возрасте 2-4 лактации. Показатели продуктивности и воспроизводства учитывали в течение всего периода раздоя. У коров опытной группы в результате потребления кормовых добавок на основе лекарственных растений отмечено улучшение воспроизводительной способности. У этих коров сократился период подготовки к очередной стельности: первая выраженная охота отмечалась в более ранние сроки, период от отела до плодотворного осеменения сократился на 16 суток (13,9 %) по сравнению с коровами контрольной группы. Нормализация воспроизводительной функции позволила животным реализовать генетический потенциал продуктивности. В среднем за три месяца наблюдений молочная продуктивность коров опытной группы была выше на 2,5 л (9,8 %) по отношению к контрольным животным. Доход от реализации дополнительно надоенного молока за 90 дней лактации увеличился на 7,8 %.*

Ключевые слова: *коровы, молочная продуктивность, кормовая фитодобавка, дикорастущие лекарственные растения.*

PHYTO-ADDITIVES AS A PART OF REPRODUCTIVE TECHNOLOGY IN DAIRY FISHING

Filippova Olga B,
Candidate of Biological Sciences, Leading Scientific Worker, Head of the Laboratory of Technology of Production of Milk and Beef, e -mail: filippova1968@mail.ru
Saranchina Ekaterina F.,
Candidate of Biological Sciences, Leading Scientific Worker, e-mail: caterina.saranchina@yandex.ru

Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture», Tambov, Russian Federation

Abstract. *The organization of a continuous reproduction cycle of the herd from calving to calving lies at the heart of the milk production technology. Diseases of the reproductive organs in chronic form prolong the preparation of cows for the next insemination. In order to increase reproductive capacity and strengthen the immune system of animals, it has been proposed to include in the diets of cows feed additives based on the biologically active substances of wild medicinal plants. The possibility of using plants - wormwood ordinary (Artemisia vulgaris L.) and sage meadow (Salvia pratensis L.) - as preventive feed additives that stimulate the physiological functions of cows, is shown. For the experience, two groups of Simmental cows were formed at the age of 2-4 lactations. Indicators of productivity and reproduction were taken into account during the entire period of milking. In cows of the experimental group, as a result of the consumption of feed additives based on medicinal plants, an improvement in reproductive ability was noted. These cows have reduced the period of preparation for the next pregnancy: first hunt pronounced it was noted earlier, the period from calving to fruitful insemination decreased by 16 days (13.9 percent) compared with cows in the control group. Normalization of the reproductive function allowed the animals to realize the genetic potential of productivity. On average, for three months of observations, the milk productivity of the experimental group cows was 2.5 liters (9.8 %) higher relative to the control animals. The income from the sale of supplemental milk in 90 days of lactation increased by 7.8 %.*

Key words: *cows, milk productivity, fodder phyto-additives, wild-growing medicinal plants.*

Актуальность проблемы. Экономические и политические особенности современного этапа развития нашей страны диктуют новые задачи по увеличению конкурентоспособности и рентабельности российского животноводства, в частности молочного скотоводства. Повысить эффективность этой отрасли можно не только путем увеличения средней продуктивности стад, но также продлением сроков хозяйственного использования коров, улучшением их репродуктивных функций. Рациональное ведение животноводства предполагает получение максимального количества приплода, для чего необходимо уделять особое внимание подготовке животных к осеменению после отела и ряду других факторов [1]. Удлинение срока подготовки матки коровы к плодотворному осеменению приводит к яловости (неполучению от неё телёнка) и снижению молочной продуктивности. Период от отела коровы до последующего ее оплодотворения (сервис-период), или время от окончания одной до начала следующей стельности служит показателем плодовитости животных.

Одной из главных проблем, с которыми вынуждены сталкиваться специалисты на практике – высокий уровень заболеваний органов воспроизводства у коров после отела, в результате которых не происходит оплодотворения, увеличивается сервис-период, соответственно, растут затраты на содержание коров после окончания лактации (кормление, лечение, повторное осеменение) и даже их выбраковку. Для повышения репродуктивной способности и укрепления иммунной системы животных в настоящее время применяют различные биологически активные препараты: иммунные сыворотки, антибиотики, гормоны, витамины, тканевые стимуляторы и др. [2]. Однако высокая цена ограничивает их использование в хозяйствах. Для этого можно использовать доступные и дешевые средства природного происхождения. Среди них – биологически активные вещества, содержащиеся в растениях, особенно лекарственных. Опыт применения лекарственных растений в

ветеринарной практике показывает, что их использование позволяет сохранить и увеличить поголовье скота и птицы, сократить расход дорогостоящих химиотерапевтических средств, антибиотиков и витаминов, а значит удешевить продукцию [3, 4, 5]. Они хорошо себя показывают как в целях профилактики, так и при лечении животных. Это дает возможность хозяйствам уменьшить расходы на закупку лекарственных средств, витаминных, ферментных и других добавок.

Лечебные свойства растений обусловлены наличием в них разнообразных по составу химических веществ, обладающих определенным физиологическим действием на организм животных. Функционально эти вещества объединяются в группы, например, соединения с фитонцидным (антибактериальным) действием, гормонально-активные вещества и другие. Гормонально-активные вещества – соединения, образующиеся в малых количествах в растениях, которые вызывают специфический ростовой или формообразовательный эффект, способствуют прорастанию и укоренению. Некоторые из таких веществ, попадая в организм человека или животных, оказывают действие, схожее с половыми гормонами, в частности эстрогенами. Это, прежде всего, изофлавоны, куместаны и лигнаны. Все эти вещества содержат фенольное кольцо, что делает их похожими на пространственную структуру гормона β-эстрадиола, одного из основных половых гормонов женского организма. Фитогормоны способны связываться с теми же рецепторами, что и настоящие гормоны животного организма. Хотя их действие намного слабее (примерно в 500-1000 раз), тем не менее, они обладают потенциальной способностью модифицировать механизмы, регулирующие половой цикл и репродуктивный процесс в организме [6, 7, 8, 9].

Цель исследования заключалась в улучшении воспроизводительной функции, а также увеличении молочной продуктивности высокоудойных коров за счёт применения кормовых фитодобавок в послеотельный период. Для эксперимента были выбраны два вида растений – полынь обыкновенная (Artemisia vulgaris L.) и шалфей луговой (Salvia pratensis L.), широко распространенные в зоне Центрального Черноземья.

Полезными свойствами полыни обыкновенной обладают листья, верхушки, корни и семена. В них содержится эфирное масло (до 0,6%), в состав которого биологически активные вещества, обладающие противовоспалительными свойствами, стимулирующие выброс фолликулостимулирующего гормона и выработку эстрогенов, регулирующих воспроизводительные функции животных. В народной медицине полынь обыкновенная используется как средство, усиливающее перистальтику и сокращение гладкой мускулатуры, что способствует очищению слизистых оболочек матки после родов. Эта разновидность полыни отличается от других видов отсутствием горького вкуса, что также предопределило выбор ее для эксперимента.

В состав эфирного масла, содержащегося в листьях шалфея (до 2,5%), входят цинеол, туйон, сальвен, борнеол, камфора, алкалоиды, флавоноиды, дубильные и горькие вещества (до 5%). Шалфей также оказывает влияние на гормональную функцию организма, используется при заболеваниях органов желудочно-кишечного тракта [10, 11].

Материал и методы исследований. Научно-производственный опыт по испытанию фитодобавок, улучшающих воспроизводительную функцию коров, проведен в условиях АО учхоза-племзавода «Комсомолец» г. Мичуринска Тамбовской области. Животные были подобраны в группы (опытная и контрольная) по принципу парных аналогов с учетом возраста, сроков отела, породы, возраста на момент первого отела. В обе группы были отобраны коровы примерно одного возраста – 2-4 лактации. Хозяйственный рацион состоял

из силоса кукурузного, сена злакового, зерновой смеси, жмыха подсолнечникового, кукурузной мезги, поваренной соли и витаминно-минеральных добавок. С первого дня после отела в течение 15-ти дней опытной группе коров скармливали полынь по 35 г/голову/сутки, затем еще 20 дней скармливали шалфей по 60 г/голову/сутки.

Учет показателей продуктивности и воспроизводства осуществляли в течение периода раздоя. Воспроизводительную способность коров изучали по следующим показателям: период от отёла до первой выраженной охоты; период от отела до первого осеменения (период ожидания); период от первого до успешного осеменения; сервис-период.

Результаты исследований. Одно из основных действий фитодобавок – усиление половой охоты в результате стимуляции гормонозависимых органов и тканей животных. За исследуемый период у животных обеих групп были выявлены признаки охоты (рефлекс неподвижности).

В контрольной группе у 2-х коров через 36 часов после отёла произвели ручное отделение плодных оболочек (последа). В опытной же группе коров не отмечалось задержания естественного отделения последа. У коров опытной группы (рис. 1) период от отёла до 1-ой выраженной охоты был короче на 22,4 ($p \leq 0,05$) суток, что составило 33,5 % по отношению к контролю, сервис-период – сократился на 16 суток ($p \geq 0,05$) соответственно. У одной из коров контрольной группы отмечен наиболее удлиненный сервис-период – 197 суток. Такие показатели воспроизводства вполне приемлемы для промышленных высокопродуктивных стад [12].

Лечение серьезных хронических заболеваний репродуктивных органов, так как метрит, возможно лишь с помощью химиотерапевтических средств. Использование лекарственных растений при этом усиливает лечебный эффект. В учетный период заболеваемость метритами разной этиологии отмечалась в обеих группах коров. При этом, в контрольной группе переболело 2 головы, что составило 28,6 % всех голов в группе, в опытной – у одной коровы (20,0 % голов), что на 8,6 % меньше.

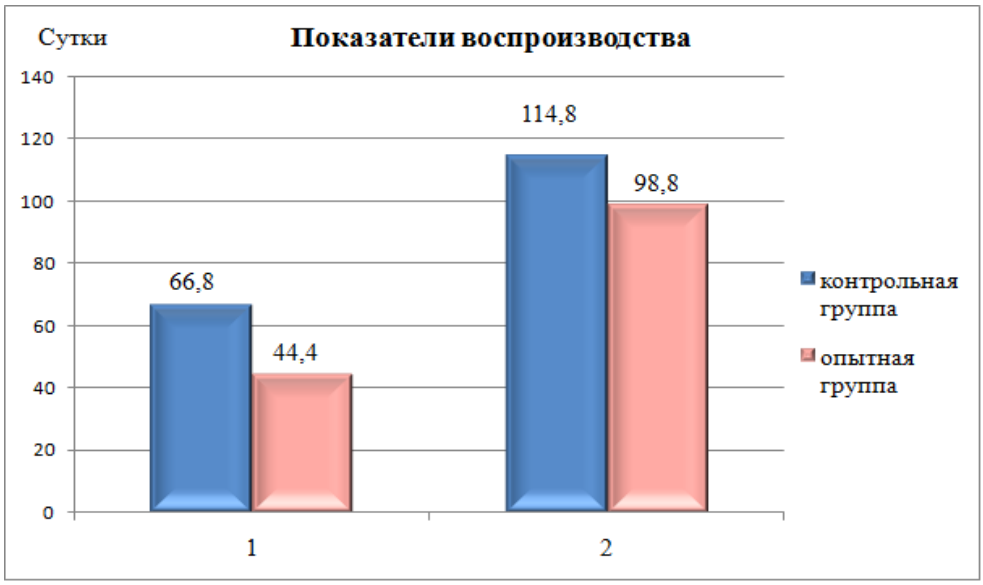


Рисунок 1 – Продолжительность периодов: 1) от отела до1-ой выраженной охоты, 2) от отела до плодотворного осеменения

У коров, получавших фитодобавки в течение 30-ти дней после отела, среднесуточные надои на втором месяце лактации увеличивались на 14,3% ($p \leq 0,05$), на третьем месяце – на

8,5% (p > 0,05). В среднем за три месяца наблюдений молочная продуктивность коров опытной группы была выше на 2,5 л, или 9,8 % по отношению к контрольным животным.

По данным таблицы, в которой представлены экономические показатели, валовой надой на 1 голову в опытной группе коров за учетный период составил 2502 кг, что больше аналогичного показателя контрольной группы на 225 кг. В результате прибыль от реализации молока, надоенного за три месяца от одной коровы опытной группы за 90 дней лактации, выросла на 7,8%. С учетом дополнительных затрат прибыль от дополнительно надоенного молока составила 1930 рублей.

Таблица – Экономическая эффективность производства молока

Показатели	Группа	
	контрольная	опытная
Среднесуточный удой, кг	25,3	27,8
± к контролю, %	-	+ 9,8
Валовой надой за 90 суток, кг	2277	2502
Дополнительно надоено молока, кг	-	225
Себестоимость молока, руб. (20 руб./кг)	45540	50040
Затраты на фитодобавки (ГСМ), руб.	-	500
Доход от реализации молока за период, руб. (реализационная стоимость 30,8 руб./кг)	70131,6	77061,6
Прибыль от реализации молока, руб.	24591,6	26521,6
Прибыль от дополнительного молока, руб.(%)	-	1930 (7,8 %)

Выводы. Таким образом, установлено, что полынь обыкновенная (Artemisia vulgaris L.) и шалфей луговой (Salvia pratensis L.) обладают рядом биологических свойств, в частности, противовоспалительным действием и стимулирующим рост фолликул яичников. После экспериментального кормления фитодобавками у новотельных коров улучшилась воспроизводительная функция за счет повышения эстрогенной активности организма, что выразилось в сокращении периода подготовки коров к очередной стельности: первая выраженная охота у опытных коров отмечалась в более ранние сроки; период от отела до плодотворного осеменения сократился на 13,9%. Нормализация воспроизводительной функции у коров позволила реализовать их генетический потенциал продуктивности и, соответственно, повысить рентабельность производства молока.

Список литературы

1. Вареников М.В., Чомаев А.М., Оборин А.Е. Управление воспроизводством в молочном животноводстве: издание 2-ое, дополненное и переработанное. Методические рекомендации для ветеринарных специалистов. – М.: Мосагроген, 2014. – 68 с.

2. Гуськов А.М., Михайлова О.А. Повышение естественной резистентности супоросных свиноматок с помощью средств природного происхождения // Свиноводство. – 2009. – № 6-7. – С.42-44.

3. Рабинович М.И. Лекарственные растения в ветеринарной практике. – М.: Агропромиздат, 1987. – 288 с.

4. Смирнов Л.А. Лекарственные растения в ветеринарии и животноводстве. – Воронеж, 1972. – 360 с.

5. Фитокомплекс с биоплексами микроэлементов в рационах коров транзитного периода / А.И. Фролов, О.Б. Филиппова, Р.К. Милушев, В.Ю. Лобков, Н.Г. Ярлыков // Вестник АПК Верхневолжья. 2016. № 4(36). Декабрь. С.33-42.

6. Марголина А. Правда и вымысел о фитоэстрагенах // Наука и жизнь. – 2008. – № 5. https://www.nkj.ru/archive/articles/13952/

7. Выделение и анализ природных биологически активных веществ / Под ред. Е. Сироткиной. – Томск: Изд-во Томского университета, 1987. – 184 с.

8. Справочник БАДов / В.С. Алексеев, М.В. Корнева, М.А. Шишкина, Д.Д. Шнайдер. – Издательство: Научная книга, 2013. – 880 с.

9. Impact of endocrine-disrupting compounds (EDCs) on female reproductive health / P.A. Fowler, M. Bellingham, K.D. Sinclair, N.P. Evans, P. Pocar, B. Fischer, K. Schaedlich, J.-S. Schmidt, M.R. Amezaga, S. Bhattacharya, S.M. Rhind, P.J. O'Shaughnessy // Molecular and Cellular Endocrinoljgy. – 2012. – V. 355. – P. 231-239.

10. Носаль М.А., Носаль Н.А. Лекарственные растения и способы их применения в народе. – Харьков: Интербук, 1990. – 208 с.

11. Мазнев Н.И. Энциклопедия лекарственных растений. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Мартин, 2004. – 496 с.

12. Головин Л., Гусев И., Таранович А. Эффективность повышения уровня обменной энергии в рационах высокопродуктивных коров при использовании сухих пальмовых жиров // Молочное и мясное скотоводство. – 2012. – № 1. – С. 23-25.

References

1. Varenikov M.V., Chomaev A.M., Oborin A.E. Upravlenie vosproizvodstvom v molochnom zhivotnovodstve: izdanie 2-oe, dopolnennoe i pererabotannoe. Metodicheskie rekomendacii dlya veterinarnyh specialistov. – M.: Mosagrogen, 2014. – 68 s.

2. Gus'kov A.M., Mihajlova O.A. Povyshenie estestvennoj rezistentnosti suporosnyh svinomatok s pomoshch'yu sredstv prirodnogo proiskhozhdeniya // Svinovodstvo. – 2009. – № 6-7. – S.42-44.

3. Rabinovich M.I. Lekarstvennye rasteniya v veterinarnoj praktike. – M.: Agropromizdat, 1987. – 288 s.

4. Smirnov L.A. Lekarstvennye rasteniya v veterinarii i zhivotnovodstve. – Voronezh, 1972. – 360 s.

5. Fitokompleks s biopleksami mikroehlementov v racionah korov tranzitnogo perioda / A.I. Frolov, O.B. Filippova, R.K. Milushev, V.Yu. Lobkov, N.G. YArlykov // Vestnik APK Verhnevolzh'ya. – 2016. – № 4(36). – Dekabr'. – S.33-42.

6. Margolina A. Pravda i vymysel o fitoehstragenah // Nauka i zhizn'. – 2008. – № 5. https://www.nkj.ru/archive/articles/13952/

7. Vydelenie i analiz prirodnyh biologicheski aktivnyh veshchestv / Pod red. E. Sirotkinoj. – Tomsk: Izd-vo Tomskogo universiteta, 1987. – 184 s.

8. Spravochnik BADov / V.S. Alekseev, M.V. Korneva, M.A. SHishkina, D.D. SHnajder. – Izdatel'stvo: Nauchnaya kniga, 2013. – 880 s.

9. Impact of endocrine-disrupting compounds (EDCs) on female reproductive health / P.A. Fowler, M. Bellingham, K.D. Sinclair, N.P. Evans, P. Pocar, B. Fischer, K. Schaedlich, J.-S. Schmidt, M.R. Amezaga, S. Bhattacharya, S.M. Rhind, P.J. O'Shaughnessy // Molecular and Cellular Endocrinoljgy. – 2012. – V. 355. – P. 231-239.

10. Nosal' M.A., Nosal' N.A. Lekarstvennye rasteniya i sposoby ih primeneniya v narode. – Har'kov: Interbuk, 1990. – 208 s.

11. Maznev N.I. EHnciklopediya lekarstvennyh rastenij. 3-e izd., ispr. i dop. – M.: Martin, 2004. – 496 s.

12.Golovin L., Gusev I., Taranovich A. EHffektivnost' povysheniya urovnya obmennoj ehnergii v racionah vysokoproduktivnyh korov pri ispol'zovanii suhih pal'movyh zhirov // Molochnoe i myasnoe skotovodstvo. – 2012. – № 1. – S. 23-25.

УДК 621.436

ОПЫТНЫЙ ДЫМОМЕТРИЧЕСКИЙ ДАТЧИК СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОПЛИВОПОДАЧИ АВТОТРАКТОРНОГО ДИЗЕЛЯ

Доровских Дмитрий Владимирович
кандидат технических наук, доцент, e-mail: dima.dorovskikh@yandex.ru
Глазков Юрий Евгеньевич
кандидат технических наук, доцент, e-mail: glazkov_yura1@mail.ru
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Реферат. *Современные нормативные документы жестко ограничивают содержание вредных выбросов в отработавших газах дизелей. Предлагается система автоматического регулирования дизелей с фотометрическим ограничителем дымности для обеспечения невозможности превышения предельно допустимого уровня дымности отработавших газов, с учетом теплового состояния дизеля и режима пуска. После запуска дизеля, пока охлаждающая жидкость не прогреется до температуры 80°С, датчик температуры выключает измеритель дымности от блока питания. В регуляторе нет специальных, отрицательного или положительного корректоров топливоподачи, их функции выполняет электронный блок управления. Электрический сигнал мгновенной дымности, пропорциональный измеренному дымомером, постоянно обрабатывается в блоке сравнения с эталонным значением напряжения. Показано, что сдерживающим фактором реализации этого направления автоматизации дизелей является необходимость обеспечение длительной работоспособности фотоэлектрических дымомеров в тяжелых условиях реальной эксплуатации. Экспериментальная конструкция полнопоточного дымометрического датчика, позволяющая сохранять точность его работы и устойчивое функционирование на автотракторном дизеле в условиях эксплуатации, предлагается. Для согласования амплитудных характеристик выходного сигнала фотодатчика с возможностями аналогово-цифрового преобразователя, в его электрической схеме реализован не инвертированный операционный усилитель, непосредственно в осветительной зоне приемника. Установлено, что система способна осуществлять контроль дымности и регулировать топливоподачу с учетом теплового состояния дизеля и режима пуска.*

Ключевые слова: *дизель, дымность, топливоподача, фотометрический ограничитель.*

EXPERIMENTAL DIMOMETRIC SENSOR OF SYSTEM OF AUTOMATIC REGULATION OF FUEL-SUPPLY OF AUTOTRACTOR DIESEL

Dorovskikh Dmitriy,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Glazkov Yurij
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Federal State-Funded Educational Institution of Higher Education
«Tambov state technical university», Tambov

Abstract. *Modern regulatory documents severely limit the content of harmful emissions in the exhaust gases of diesel engines. The system of automatic control of diesel engines with a photometric smoke limiter is proposed to ensure that it is impossible to exceed the maximum permissible level of exhaust gas opacity, taking into account the thermal state of the diesel engine and the starting mode. The temperature sensor turns off the smoke meter from the power unit after starting the diesel, until the coolant warms to 80 ° C. In the regulator there are no special, negative or positive fuel supply correctors, their functions are performed by an electronic control unit. The electrical signal of instantaneous smoke, proportional to the measured smoke, is constantly processed in the comparison unit with the reference voltage value. It is shown that the constraining factor in the implementation of this direction in the automation of diesel engines is the need to ensure the long-term operability of photoelectric smoke meters in difficult conditions of actual operation. An experimental design of a full-flow smoke sensor that allows it to maintain its accuracy and stable operation on an automotive diesel engine under operating conditions is proposed. To match the amplitude characteristics of the photosensor output signal with the capabilities of an analog-to-digital converter, an inverted operational amplifier in its electrical circuit, directly in the lighting zone of the receiver, was implemented. It has been established that the system is able to control the smoke and regulate the fuel-flow rate taking into account the thermal state of the diesel engine and the starting mode.*

Keywords: *diesel, smoke, fuel supply, photometric limiter.*

Введение. Значительная часть современных автотракторных дизелей оснащается топливными насосами высокого давления (ТНВД) клапанно-золотникового типа с дозированием отсечкой топлива. Для этого типа топливных насосов свойственно уменьшение цикловой подачи при снижении частоты вращения кулачкового вала, что в значительной степени определяет уменьшение мощности двигателя во всем диапазоне скоростной характеристики от номинальной мощности дизеля и до точки минимальной устойчивой работы под нагрузкой. Для обеспечения оптимальных эксплуатационных характеристик автотракторных дизелей, рационального смесеобразования и снижения дымности отработавших газов (ОГ) на различных режимах их работы, в систему автоматического регулирования (САР) вводятся корректоры топливоподачи [1].

Корректоры, которые применяют в ТНВД с целью повышения топливоподачи в интервале угловых скоростей от номинальной до соответствующей максимальному крутящему моменту дизеля, называют положительными или «плюс-корректорами». Однако, такое повышение цикловой подачи в диапазоне низких угловых скоростей может повлечь выход эксплуатационной характеристики дизеля за границу дымности. В этом диапазоне частот вращения коленчатого вала, при быстром ускорении дизеля или резком изменении нагрузки, часто наблюдается пребывание дозирующего органа в положении полной подачи, вызванное действием регулятора ТНВД. Такая ситуация, из-за несоответствия чрезмерно высокой дозы топлива возможностям воздухоподачи, приводит к повышению дымности ОГ дизеля. Эти и другие недостатки топливоподающей аппаратуры исправляют применением корректоров, которые уменьшают топливоподачу в интервале частот вращения от максимального крутящего момента до минимальной устойчивой работы под нагрузкой. Такие корректоры принято называть отрицательными, или «минус-корректорами» [2].

Результаты и обсуждение. Для обеспечения невозможности превышения предельно допустимого уровня дымности ОГ, с учетом теплового состояния дизеля и режима пуска предлагается САР дизелей с фотометрическим ограничителем дымности (рисунок 1).

Полнопоточный фотоэлектрический дымомер ОГ 10 содержит трубу 9 с диффузором 11, источник света с лампой 13 и объективом 14, оптический канал 7, светофильтр 5, фотодиод 4, защитные стекла 6 и 12. В объективе 14, свет от лампы 13 формируется в параллельный пучок, который пройдя в диффузоре сквозь поток отработавших газов, попадает на фотодиод 4, где оптический сигнал преобразуется в электрический. Диффузор 11 служит для увеличения скорости потока в зоне оптического канала. Подсасываемый в зазорах воздух препятствует попаданию сажи на защитные стекла 6 и 12. Смешивание воздуха с газами происходит в потоке за пределами оптического канала 7 и не влияет на результаты измерений. Воздействие постороннего источника света на измерение дымности ОГ устраняется установкой жалюзи 8.

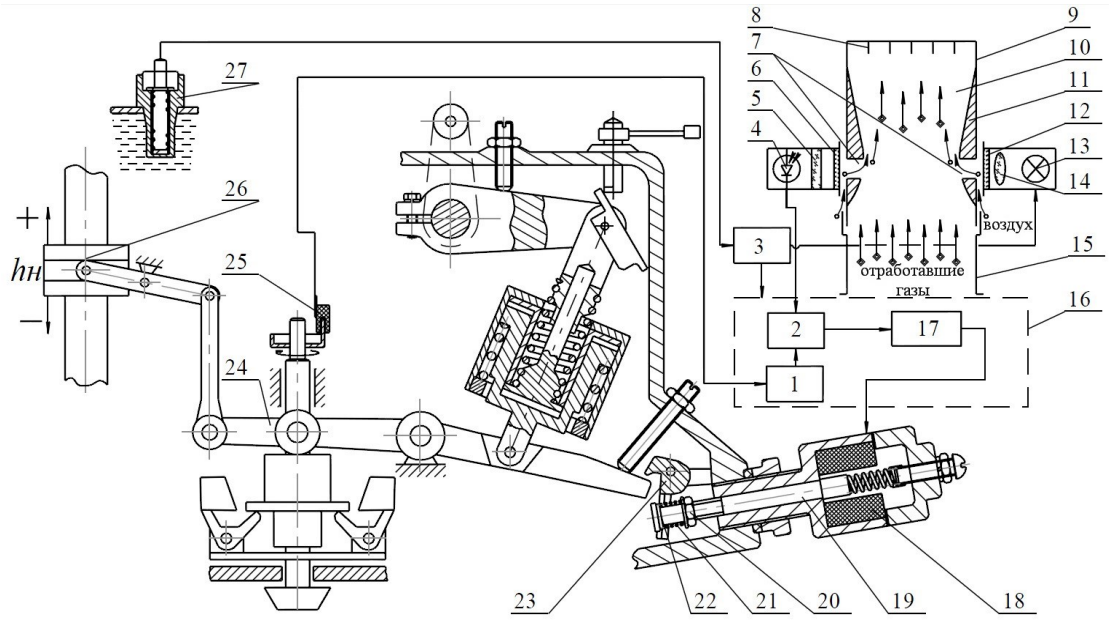


Рисунок 1 - САР дизелей с фотометрическим ограничителем дымности

Измеритель дымности 10 установлен на выпускной трубе двигателя 15. Здесь необходимо учесть, что на не эксплуатационных режимах (пуск, аварийная остановка от перегрузки), защитные оптические элементы дымомера будут загрязняться продуктами неполного сгорания топлива и моторного масла. Ни одна конструкция не может устранить наслоения частиц на защитных оптических деталях детектора светового излучения.

После запуска дизеля, пока охлаждающая жидкость не прогреется до температуры 80°С, датчик температуры 27 выключает измеритель дымности 10 от блока питания 3. После прогрева двигателя дымомер включается.

В регуляторе нет специальных, отрицательного или положительного корректоров топливоподачи, поскольку их функции выполняет электронный блок управления 16. Для этого электрический сигнал мгновенной дымности, пропорциональный измеренному дымомером 10, постоянно обрабатывается в блоке сравнения 2 с эталонным значением напряжения. В блоке эталонного сигнала 1, в соответствии с информацией, поступающей с датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя 25, формируется мгновенное значение эталонного напряжения. Разница между действительным и эталонным значением регулируемой величины подается в импульсный усилитель 17, с которого сигнал попадает на пропорциональный электромагнит 18, который с помощью якоря 19 и элементов 20...22, 23 и 24 создает механическое воздействие на орган дозирования топлива 26.

Благодаря электромагнитному исполняющему механизму с электронным блоком управления обеспечивается корректировка подачи топлива по предельному значению дымности ОГ дизеля на всех эксплуатационных режимах работы, как со всережимным, так и двухрежимным регулированием.

Сдерживающим фактором реализации этого направления автоматизации дизелей является обеспечение длительной работоспособности фотоэлектрических дымомеров в тяжелых условиях реальной эксплуатации. Для реализации мер по обеспечению устойчивого функционирования полнопоточного дымометрического датчика, предлагается экспериментальная конструкция, позволяющая сохранять точность его работы на автотракторном дизеле в условиях эксплуатации (рисунок 2).

Полнопоточный дымометрический датчик состоит из излучателя 9 и фотоэлектрического датчика 17, оптические элементы которых расположены, соответственно, в насадках 10 и 16, закрепленных на выпускной трубе дизеля 1 с внешней стороны, диаметрально напротив друг друга на одной оптической оси.

Аэродинамическая защита оптического канала на установившихся скоростных режимах реализуется применением комбинированного соплового элемента 13, в сочетании с эффектом воздушных штор, создаваемых цилиндрическими направляющими каналами 20. Угол наклона оси каналов по касательной к поверхности стенок газохода обеспечивает смешивание эжектированного воздуха с отработавшими газами выше измерительной зоны по направлению движения потока. Это позволяет избежать изменения фотометрической базы [3] в соответствии с требованиями стандартов.

Применение в кронштейнах оптической системы успокоителя, в виде пологого усеченного конуса 23, и ступенчатое расположение оптических диафрагм между полостями корпусов механических шторок способствуют оседанию частиц сажи и других примесей в турбулентных потоках на неустановившихся режимах дизелей.

Оптическая система построена по классической схеме для встроенных полнопоточных дымомеров («in-line full-flow opacimeter» ISO 11614: 1999 [8]). Она состоит из излучателя 9, двухлинзового конденсора 10, измерительной дымовой зоны длиной 0,0716 м, фокусного объектива 16, который содержит сборную линзу и мениск. Оптическая система обеспечивает пятикратное усиление светового излучения. Фокусировка излучателя и приемника может обеспечиваться юстировкой их стаканов относительно тубусов 11 с последующей фиксацией стопорными винтами. Цилиндрические проточки оптического канала в стенках комбинированного сопла выполнены с диаметром 10 мм. Они формируют площадь светового столба и одновременно выполняют функцию оптических диафрагм, и уменьшают попадание частиц ОГ на поверхность защитного стекла 15.

В приемнике реализована монтажная плата электронных компонентов, которые образуют операционный усилитель для сигнала фотодиода со спектральной чувствительностью человеческого глаза. Фотодиод HSDL-9000 фирмы Agilent Technologies имеет 9 уровней цифрового усиления чувствительности, цифровой и аналоговый режим отслеживания светового излучения и чувствительный элемент с пленочными светофильтрами, которые обеспечивают его пиковую характеристику (λ=550 нм) в зоне видимого спектра светового излучения [6]. Если пронормировать максимальную амплитуду напряжения насыщения фотоэлемента в относительных единицах (рисунок 3) и сравнить характер ее распределения в диапазоне светового спектра с длиной волн λ=(430...680) нм, то можно сделать вывод, что этот фотодиод вполне удовлетворяет требования стандартов [4,8] по спектральной

чувствительности фотоэлектрического преобразователя. В отличие от типичной спектральной характеристики кремниевых (штрихпунктирная кривая на рисунке 3) и кремниевых фотоэлементов, которые продуктивно охватывают зону инфракрасного спектра, HSDL-9000 не требует дополнительных корректирующих светофильтров и занимает площадь на монтажной плате приемника 17 (рисунок 2) около 6 мм^2 [7].

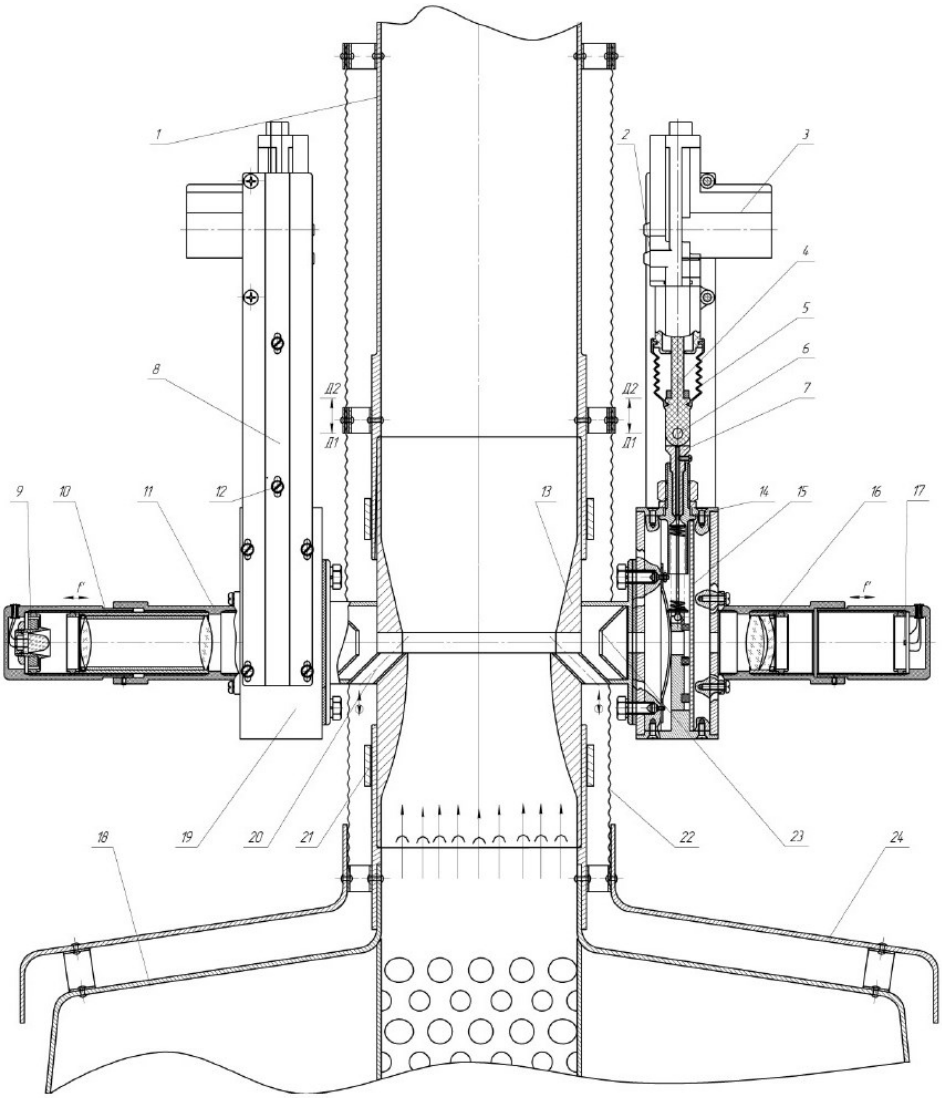


Рисунок 2 - конструкция полнопоточного оптического датчика с актюаторами очистных элементов

Для согласования амплитудных характеристик выходного сигнала фотодатчика с возможностями аналогово-цифрового преобразователя, в его электрической схеме реализован не инвертированный операционный усилитель, непосредственно в осветительной зоне приемника.

Излучатель светового потока реализован с использованием желто-зеленого полупроводникового светодиода LVG13633 фирмы LIGITEK. Пиковая спектральная характеристика излучения заявлена производителем на уровне λ=565 нм, при этом обеспечивается светосила от 1000 до 1500 Кд. Светодиод 9 (рисунок. 2) смонтирован в типичном цоколе диаметром 10 мм с минирефлектором.

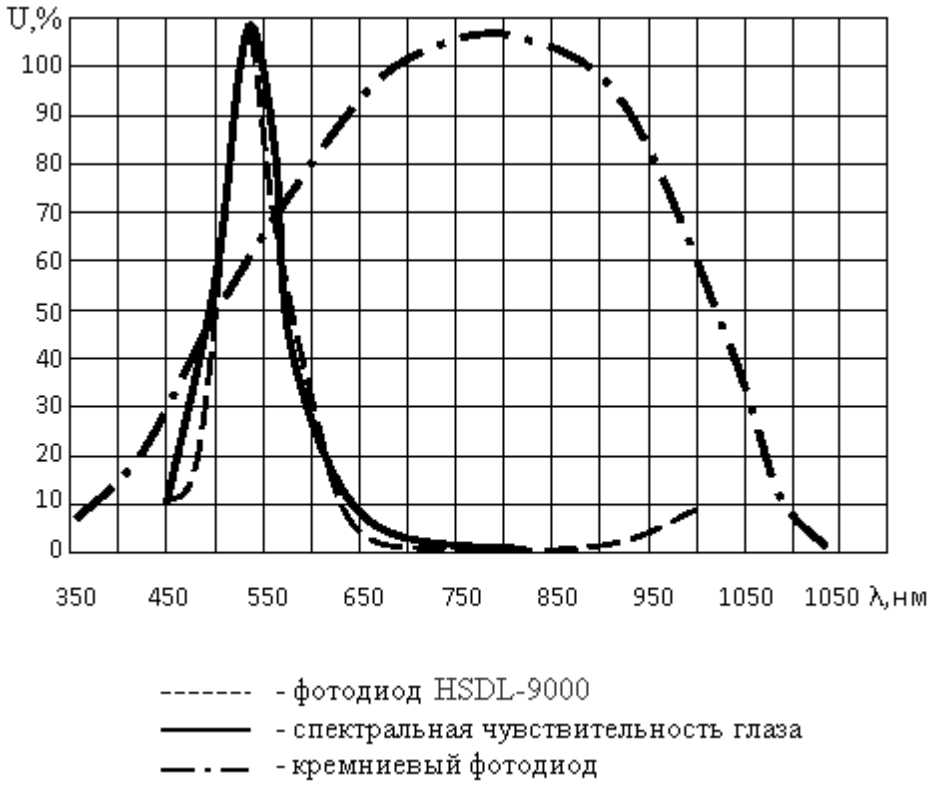
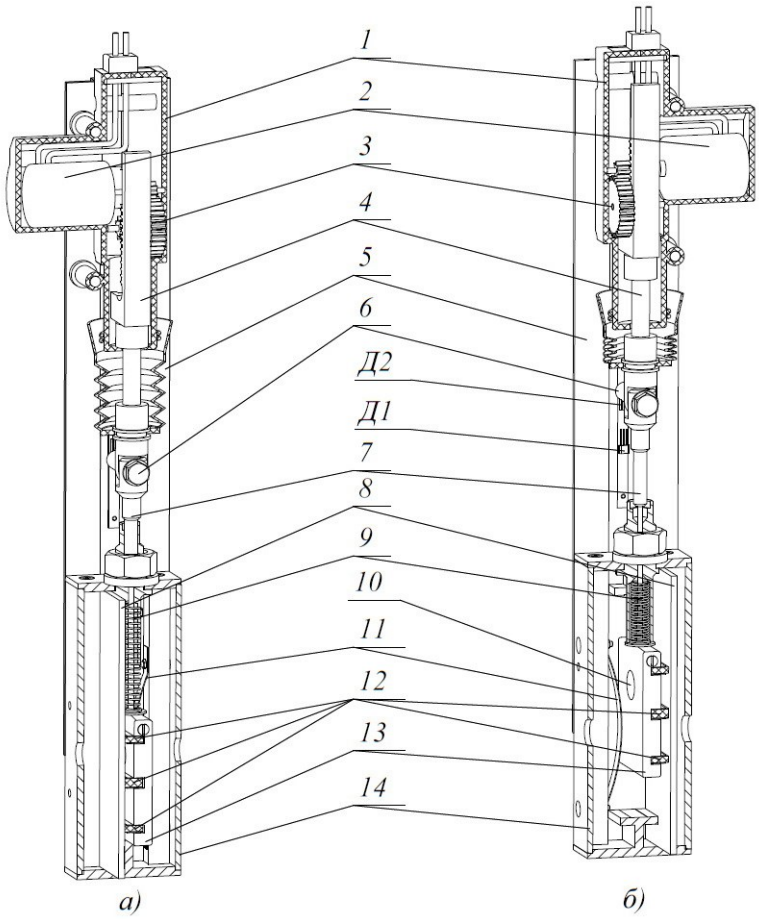


Рисунок 3 - Относительная спектральная чувствительность фотодиода HSDL-9000 по сравнению с чувствительностью человеческого глаза и характеристикой кремниевых фотоэлементов

Для достижения стабильной прозрачности оптических деталей дымомера применена автоматическая система электромеханической очистки поверхности защитных стекол [5]. Система очистки состоит из механических очищающих шторок 13 (рисунок 4), прижатых к рабочей поверхности стекла 8 пластинчатыми пружинами 11. Скребковые рабочие элементы 12 выполнены в виде сборной конструкции из фетровой основы с пластинчатыми прижимами. Во время передвижения шторки по защитному стеклу (рисунок 4б) скребки удаляют частицы сажи, аэрозольные наслоения нефтяного происхождения и конденсата из воздуха.

Защитное минеральное стекло 8, размещенное в корпусах 14 (рисунок 4) механических очистных элементов, большую часть времени эксплуатации прикрывается плоскостью прямоугольных шторок 13 (рисунок 4а), которые имеют оптическое цилиндрическое отверстие 10 соосное с оптическим каналом. Площадь возможного попадания сажи на поверхность защитного стекла 8, вблизи оптической оси детектора, составляет 95 мм^2.

Возвратно-поступательное движение шторок осуществляется электромеханическими актюаторами 1 через тросовый привод с возвратной цилиндрической пружиной 9 (рисунок 4). Актюаторы представляют собой компактный электропривод типового промышленного исполнения на базе коллекторного электродвигателя 2 малой мощности и двухступенчатого редуктора 3 с выходным звеном типа рейки 4 и ползуна 7. Тросовая передача соединяется с ползуном 7 и далее с рейкой 4 актюатора винтовой втулкой 6 с закрепленным на торцевой поверхности постоянным магнитом. Магнит осуществляет перемещение вместе со шторкой 13 на высоту $h_ш$=18 мм между концевыми датчиками Д1 и Д2, смонтированными в кронштейнах 5 и отрегулированными в направляющих пазах 12 (рисунок 2) на полную посадку шторок.



а) – очистительный элемент в позиции открытого оптического канала;
б) – очистка защитного стекла при поднятии шторки

Рисунок 4 - Конструкция и работа механических очистных элементов дымомера

Управление периодичностью срабатывания очистных элементов осуществляет микроконтроллерное устройство МК (рисунок 5), которое одновременно организует работу подсистем САР топливоподачи дизеля.

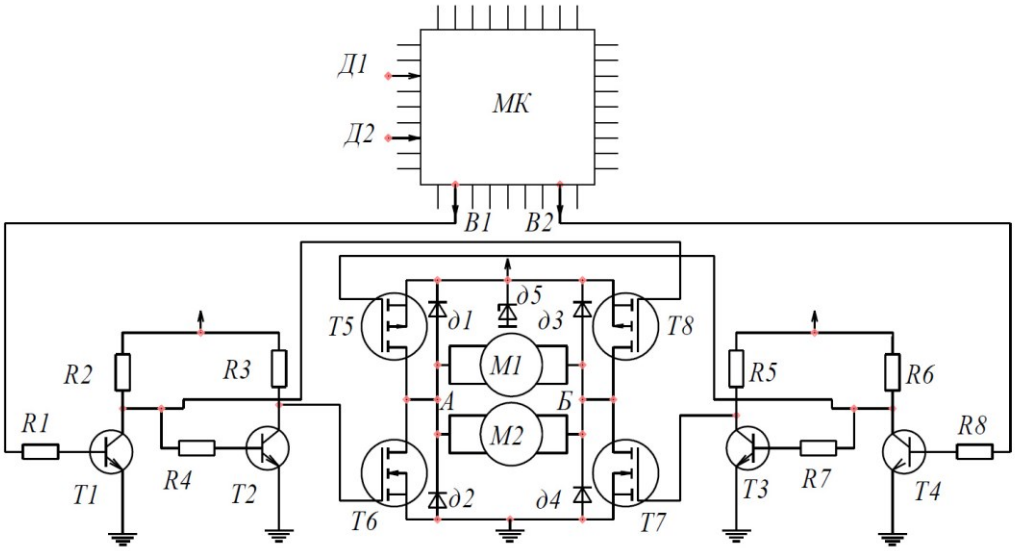


Рисунок 5 - электрическая схема управления актюаторами очистных элементов дымометрического датчика ОГ дизеля

Электромеханический привод очистных элементов имеет реверсный режим работы коллекторных электродвигателей 3 (рисунок. 4), поэтому время задержки на цикл очистки составляет сотые доли секунды и соответствует, в среднем, продолжительности одного рабочего цикла автотракторного дизеля на номинальном скоростном режиме. Соизмеримые со временем задержки, периодические паузы в корректировке топливоподачи, при сохранении последнего рассчитанного значения коррекции в момент цикла очистки, не имеют существенного влияния на устойчивость переходного режима дизеля.

Заключение. Аэродинамическая защита оптического канала на установившихся скоростных режимах реализуется применением комбинированного соплового элемента, в сочетании с эффектом воздушных штор, создаваемых цилиндрическими направляющими каналами. Угол наклона оси каналов по касательной к поверхности стенок газохода обеспечивает смешивание эжектированного воздуха с отработавшими газами выше измерительной зоны по направлению движения потока. Это позволяет избежать изменения фотометрической базы в соответствии с требованиями стандартов.

Применение в кронштейнах оптической системы успокоителя, в виде пологого усеченного конуса, и ступенчатое расположение оптических диафрагм между полостями корпусов механических шторок способствуют оседанию частиц сажи и других примесей в турбулентных потоках на неустановившихся режимах дизелей.

Микроконтроллерное устройство управления периодичностью срабатывания очистных элементов, которое одновременно организует работу подсистем САР топливоподачи дизеля обеспечивает устойчивость переходного режима дизеля.

Список литературы

1. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Топливная апаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 344 с.

2. Долгов А.М. Исследование корректирующих устройств тракторных, автомобильных и комбайновых двигателей: дис. …канд. тех. наук: 05.04.02. – К., 1964. – 192 с.

3. Головчук А.Ф. Улучшение топливной экономичности и снижение дымности тракторных дизелей путём совершенствования системы автоматического регулирования: дис. … д-ра техн. наук: 05.04.02 / Головчук Андрей Федорович. – К., 1992. – 654 с.

4. ГОСТ 17.2.2.02-98 Охрана природы (ССОП). Атмосфера. Нормы и методы определения дымности отработавших газов дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.

5. Литвак В.И. Фотометрические датчики в системах контроля управления и регулирования. – М.: Наука, 1966. – 410 с.

6. Agilent HSDL-9000/1. General Application Guide // Application Note 5099. 2004. Agilent Technologies, Inc. – 30 p.

7. Agilent HSDL-9001. Miniature Surface-Mount Ambient Light Photo Diode // Data Sheet. 2004. Agilent Technologies, Inc. – 4 p.

8. ISO 11614:1999(E). Reciprocating internal combustion-ignition engines – Apparatus for determination of the light absorption coefficient of exhaust gas. –First edition; Active 01.09.99. – Geneva: International Organization for Standardization, 1999. – 57 p.

References

1. Grekhov L.V., Ivashchenko N.A., Markov V.A. Toplivnaya aparatura i sistemy upravleniya dizelej: Uchebnik dlya vuzov. – M.: Legion-Avtodata, 2004. – 344 s.

2. Dolgov A.M. Issledovanie korrektiruyushchih ustrojstv traktornyh, avtomobil'nyh i kombajnovyh dvigatelej: dis. …kand. tekh. nauk: 05.04.02. – K., 1964. – 192 s.

3. Golovchuk A.F. Uluchshenie toplivnoj ehkonomichnosti i snizhenie dymnosti traktor-nyh dizelej putyom sovershenstvovaniya sistemy avtomaticheskogo regulirovaniya: dis. … d-ra tekhn. nauk: 05.04.02 / Golovchuk Andrej Fedorovich. – K., 1992. – 654 s.

4. GOST 17.2.2.02-98 Ohrana prirody (SSOP). Atmosfera. Normy i metody opredele-niya dymnosti otrabotavshih gazov dizelej, traktorov i samohodnyh sel'skohozyajstvennyh mashin.

5. Litvak V.I. Fotometricheskie datchiki v sistemah kontrolya upravleniya i reguliro-vaniya. – M.: Nauka, 1966. – 410 s.

6. Agilent HSDL-9000/1. General Application Guide // Application Note 5099. 2004. Agilent Technologies, Inc. – 30 p.

7. Agilent HSDL-9001. Miniature Surface-Mount Ambient Light Photo Diode // Data Sheet. 2004. Agilent Technologies, Inc. – 4 p.

8. ISO 11614:1999(E). Reciprocating internal combustion-ignition engines – Apparatus for determination of the light absorption coefficient of exhaust gas. –First edition; Active 01.09.99. – Geneva: International Organization for Standardization, 1999. – 57 p.

УДК 620.193: 631.17

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ В АТМОСФЕРЕ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ ПОМЕЩЕНИЙ

Вигдорович Владимир Ильич,
доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник
Князева Лариса Геннадьевна,
доктор химических наук, доцент, главный научный сотрудник,
E-mail: Knyazeva27@mail.ru
Дорохов Андрей Валерьевич,
аспирант, e-mail: dorokhov.andryusha@mail.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *Изучали защитную эффективность летучих ингибиторов (ЛИК) серии «ИФХАН» при коррозии стали в атмосферах со 100%-ной влажностью воздуха при максимально допустимых концентрациях для животноводческих помещений стимуляторов коррозии: углекислого газа, сероводорода, аммиака. Коррозионные испытания проведены в герметичных эксикаторах, объемом 7 л. Модельные атмосферы создавали, проводя химические реакции непосредственно в эксикаторе, либо за его пределами, подавая стимуляторы коррозии по шлангам. Испытывали две серии образцов, продолжительность коррозионного воздействия составляла 240 и 480-528 часов. Использовали электрохимический и гравиметрический методы исследования. На примере ИФХАН-114 было показано, что присутствие ЛИК в атмосфере животноводческого помещения безопасно для животных. Показано, что присутствие исследуемых ЛИК в атмосферах с повышенной влажностью и повышенным содержанием углекислого газа позволяет практически полностью подавить коррозии стали. При повышенном содержании сероводорода скорость общей коррозии стали снижается в 30 и более раз, в присутствии до 30 мг/м^3 аммиака - в 2 раза. В отсутствии стимуляторов коррозии в воздухе ИФХАН-114 защищает сталь Ст3 с защитной эффективностью Z = 94 %. В атмосферах, содержащих стимуляторы коррозии по отдельности, его защитное действие в присутствии: 0,2 об. % CO_2 составляет ~ 100 %; 10 мг/м^3 H_2S – 95 %; 20 мг/м^3 NH_3– 75 %. В присутствии одновременно двух или трех стимуляторов коррозии на стали коррозия носит выраженный локальный характер с язвенными образованиями на поверхности, которые исчезают в присутствии ИФХАН-114.*

Ключевые слова: *коррозия, защита, сталь, летучий ингибитор коррозии, стимулятор коррозии, атмосфера животноводческих помещений.*

PROTECTION AGAINST CORROSION IN THE ATMOSPHERE OF ANIMAL BREEDING PREMISES

FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Use of Machinery and Oil Products in Agriculture, Tambov
Vigdorovich Vladimir I.,
Full Doctor of Chemical Sciences, Professor, Chief Researcher
Knyazeva Larisa G.,
Full Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Chief Researcher,

e-mail: Knyazeva27@mail.ru
Dorokhov Andrey V.,
graduate student, e-mail: dorokhov.andryusha@mail.ru

Abstract. *The protective efficacy of volatile inhibitors (VCI) of the "IFHAN" series during steel corrosion in atmospheres with 100% air humidity at maximum allowable concentrations for livestock buildings of corrosion stimulants: carbon dioxide, hydrogen sulfide, ammonia was studied. Corrosion tests were carried out in hermetic desiccators with a volume of 7 liters. Model atmospheres were created by conducting chemical reactions directly in a desiccator, or outside, delivering corrosion stimulants through the hoses. Two series of samples were tested, the duration of corrosion exposure was 240 and 480-528 hours. Electrochemical and gravimetric research methods were used. Using the example of IFHAN-114, it was shown that the presence of VCI in the atmosphere of the livestock building is safe for animals. It is shown that the presence of the investigated VCI in atmospheres with high humidity and high content of carbon dioxide allows to almost completely suppress corrosion of steel. The rate of general corrosion of steel is reduced by 30 times or more with increased content of hydrogen sulfide, in the presence of up to 30 mg / m3 of ammonia is reduced by 2 times. In the absence of corrosion stimulants in the air, IFHAN-114 protects St3 steel with protective efficiency Z = 94%. Its protective action in atmospheres containing corrosion stimulators separately in the presence of: 0.2 vol. % CO2 is ~ 100%; 10 mg / m3 H2S - 95%; 20 mg / m3 NH3– 75%. Corrosion on steel has a pronounced local character with ulcers on the surface, which disappear in the presence of IFHAN-114, in the presence of two or three corrosion stimulants simultaneously*

Keywords: *corrosion, protection, steel, volatile corrosion inhibitor, corrosion stimulator, atmosphere of livestock buildings*

Введение. Атмосфера животноводческих помещений характеризуется высокой относительной влажностью воздуха и наличием повышенных концентрацией таких стимуляторов атмосферной коррозии металлов как CO_2, H_2S, NH_3. Такая агрессивная среда негативно влияет на коррозионное разрушение металлических поверхностей.

При возможности хотя бы частичной изоляции защищаемого пространства (системы управления и защиты, бункеры, различные резервуары, металлические конструкции под теплоизоляцией) почти всегда оправдано применение летучих ингибиторов коррозии (ЛИК). При широком распространены в промышленности в практике сельскохозяйственного производства ЛИК используются мало [1-18]. Поэтому исследование защитных свойств ЛИК в агрессивных атмосферах животноводческих помещений весьма актуально.

Целью настоящей работы явилось изучение защитной эффективности ряда ЛИК серии «ИФХАН» (разработчик - институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН) в условиях атмосферной коррозии стали Ст3 при максимально допустимой для воздуха животноводческих помещений концентраций стимуляторов коррозии (СК), CO_2, H_2S, NH_3, и 100%-ной влажности воздуха. Согласно [19,20] предельно-допустимые концентрации исследуемых СК в воздухе животноводческих помещений (ПДКр.з.) составляют для H_2S - 10 мг/м^3, NH_3 – 20 мг/м^3. Содержание CO_2 не нормируется, но обычно фиксируемая в указанных условиях концентрация достигает 0,2 об. % [19], что в 7 раз выше обычного содержания в атмосферном воздухе (25 мг/м^3).

Методика эксперимента. Коррозионные испытания проведены в герметичных эксикаторах, объемом 7 л. В эксикатор помещали емкость с разбавленным раствором веществ,

необходимых для создания в газовой фазе необходимых концентраций стимуляторов коррозии (СК): CO_2, H_2S, NH_3. Для этих целей были использованы химические реакции (1-3):

$$Na_2S + 2HCl = H_2S + 2NaCl \quad (1)$$

$$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + + H_2O \quad (2)$$

$$NH_4Cl + KOH \rightarrow NH_3 + KCl + H_2O \quad (3)$$

Для того, чтобы реакции (1-3) проходили до конца HCl или КОН вводились в жидкую фазу в эквивалентном количестве.

Для создания необходимой равновесной концентрации стимулятора коррозии в газовой фазе была разработана специальная методика, учитывающая связь между растворимостью соответствующих веществ в воде и парциальным давлением в газовой фазе [21]. Учитывая задаваемое парциальное давление CO_2, H_2S, NH_3 в газовой фазе и их равновесную концентрацию в жидкости рассчитывали количество исходного вещества в растворе, в котором по химическим реакциям (1-3) синтезируются необходимые стимуляторы коррозии (СК), самопроизвольно переходящие в заданном количестве в паровую фазу, равновесную с жидкостью [22].

Значение критериев, характеризующие растворимость в воде, коэффициента абсорбции (α) и q в зависимости от температуры представлена в таблице 1. Коэффициент абсорбции (α) представляет собой число объемов газа, приведенных к 0 ^{0}С и 760 мм.рт.ст., поглощаемых 1 объемом воды при парциальном давлении газа + пары воды, равном 760 мм. рт .ст.; q – это масса газа, г, растворяющаяся в 100 г H_2O, при общем давлении (газ + пары воды), равном 760 мм.рт.ст.

Таблица 1 –Влияние температуры на критерии растворимости H2S, CO2 и NH3 в воде (α,q)

газ	критерий	Температура, ^{0}С				
		0	10	20	30	40
H_2S	α*	4,67	3,90	2,58	2,04	1,66
	q**	0,707	0,511	0,385	0,298	0,236
CO_2	α	1,71	1,19	0,878	0,665	0,530
	q	0,335	0,232	0,169	0,125	0,097
NH_3	α	1179	857	702	586	-
	q	89,5	65,1	53,1	44,0	-

Кроме того, в эксикатор помещали дополнительную емкость с ЛИК (15-20 г), который, испаряясь, насыщал газовую фазу и абсорбировался в первой емкости с исходными веществами, взаимодействие которых приводило к созданию атмосферы, насыщенной стимуляторами коррозии. В контрольном эксперименте в эксикаторы ЛИК не помещали [23].

Для получения модельных атмосфер с несколькими стимуляторами коррозии одновременно емкости с растворами для получения стимуляторов коррозии выводились из герметичного эксикатора. Они снабжались шлангами, по которым после протекания реакций (1-3) подавались попарно два любых или все три СК одновременно в условиях равновесия газовой и жидкой фаз. После подачи стимуляторов и установления равновесия шланги их подачи перекрывали, чтобы не было обратных потоков, например, введения CO_2 в среду для получения NH_3. Проблема с созданием 100 %-ной относительной влажности решалась в используемой методике двояко: во-первых, за счет насыщения воздуха в основной емкости

парами воды из вспомогательных емкостей с реагентами для получения стимуляторов коррозии при не перекрытых шлангах; во-вторых, за счет введения в основную емкость дополнительной вспомогательной емкости с 5 мл H_2O, что более чем достаточно для создания максимальной влажности.

Испытывали две серии образцов, продолжительность коррозионного воздействия на сталь в одной из них составляла 240 часов, во второй 480-528 часов. В 8 эксикаторах на специальных подставках на капроновых нитях подвешивали шлифованные до 6 класса образцы углеродистой стали Ст3, размерами 30 х 25 х 3 мм. Продукты коррозии снимали 10 % -м раствором HCl с 1 г/л KI и 3г/л гексаметилентетрамина.

Электрохимические потенциодинамические измерения со скоростью развертки потенциала 0,66 мВ/с проводили в трехэлектродной электрохимической ячейке из стекла «Пирекс» с платиновым вспомогательным и хлоридсеребряным электродом сравнения. Использован потенциостат IPC-ProMF(производство ИФХЭ им. А.Н. Фрумкина РАН)

После проведения коррозионных испытаний из эксикаторов извлекали емкости с растворами, абсорбировавшими ЛИК из газовой фазы. В растворы добавляли KCl до получения концентрации 0,1 М (для повышения электропроводности) и полученные среды использовали для снятия поляризационных кривых. Параллельно проводили контрольные измерения без ЛИК. Все электрохимические измерения проведены при комнатной температуре, а потенциалы приведены по стандартной водородной шкале.

Защитное действие ингибиторов (Z) оценивали по формуле:

$$Z = 100\ [K_0 - K_{инг} / K_0],$$

где K_0 и $K_{инг}$ – скорость коррозии в отсутствие и в присутствии ингибиторов в системе.

Результаты и обсуждение. На примере ИФХАН-114 можно показать, что присутствие ЛИК в атмосфере животноводческого помещения безопасно для животных.

Давление насыщенного пара ИФХАН-114 составляет $p^0_{20}= 5\cdot10^{-4}$ мм рт. ст. (0,067 Па). В первом приближении постулируем, что ИФХАН-114 представляет собой индивидуальное соединение. Учитывая, что в рассматриваемых условиях воздух обладает свойствами идеального газа, рассчитаем равновесную концентрацию его в паровой фазе при 20 ^{0}С. Согласно уравнению Менделеева-Клайперона:

$$pV = nRT,$$

где p – давление насыщенного пара, Па; V – свободный объем эксикатора, 0,003 м^3; n – число моль ингибитора в паровой фазе; R – универсальная газовая постоянная, равная 8,31Дж/(моль·К); T – температура по шкале Кельвина.

Тогда:

$$n = \frac{pV}{RT} = 8{,}26\cdot10^{-8}\ (моль/м^3)$$

Согласно ГОСТ 12.007-76 (вредные вещества и общие требования безопасности), $ПДК_{р.з}$ веществ III-го класса опасности (умеренно опасные продукты), к которым относится ИФХАН-114, составляет 1,1 ÷ 10 мг/м^3, что в 13311 ÷ 1210654 раз больше реальной концентрации ингибитора.

Вначале изучали поведение ЛИК в модельных атмосферах с повышенным содержанием CO_2 - 0,3 об.%. В отсутствие ЛИК скорость коррозии стали составила 0,64 г/(м^2·ч). За 240 ч коррозионного воздействия доля пораженной поверхности превышает 20%, но к 528 ч скорость коррозии стали в отсутствие ЛИК снижается почти в 5,5 раз и составляет 0,12 г/(м^2·ч). Поверхность стали через 528 ч уже на 90 % покрыта продуктами коррозии, хотя защитное действие (Z) составляет ~ 82%. По данным поляризационных измерений введение ЛИК

(ИФХАН-8, 3 – ИФХАН-112, 4 – ИФХАН-118) увеличивает скорость катодной реакции (рисунок 1) и резко затормаживает анодный процесс окисления железа. При этом скорость коррозии лимитируется кинетикой анодной ионизации и существенно затормаживается. Одновременно, потенциал коррозии ($E_{кор}$) стали возрастает более, чем на 0,2 В. Действие изученных ингибиторов практически не зависит от их природы (рисунок 1).

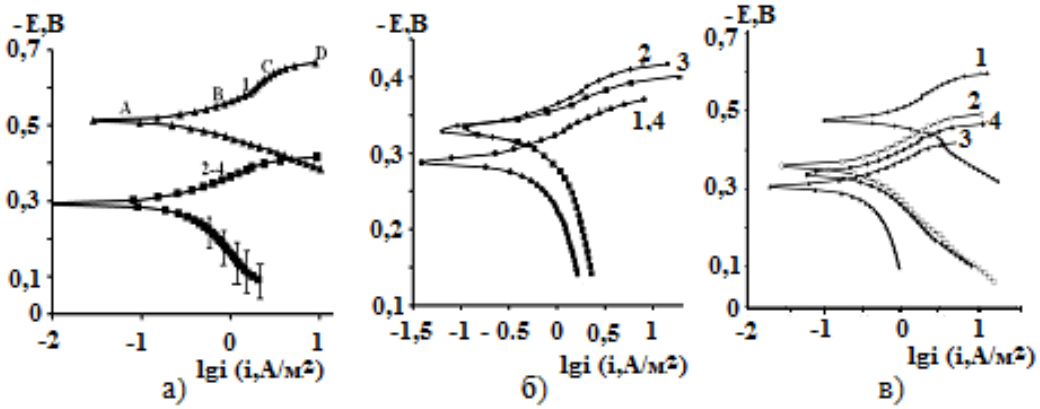


Рисунок 1.- Потенциодинамические поляризационные кривые стали Ст3 в 0,1 М NaCl, абсорбировавшем в течение 20 суток ЛИК из газовой фазы. Жидкая фаза в равновесии; а - с 0,3 об. % CO_2; б -с 0,03 мг/л аммиака в воздухе; в - с 0,02 мг/л H_2S Ингибитор: 1 – отсутствует; 2 – ИФХАН-8; 3 – ИФХАН-112; 4 – ИФХАН-118.

На катодной ветви поляризационной кривой в полулогарифмических координатах (E, lgi) можно выделить 3 участка (рисунок 1а): АВ, на котором внешние поляризующие токи близки к току коррозии; ВС – тафелевский участок катодного восстановления доноров протонов: HCO_3^- или CO_3^{2-}.

Учитывая малую константу диссоциации угольной кислоты по второй ступени (K^{II} = $5{,}6\cdot10^{-11}$ [9]), следует полагать, что донорами протонов являются преимущественно гидрокарбонат-ионы. Параллельно возможен и разряд растворенного кислорода по реакции:

$$O_2 + 2H_2O + 4e \rightarrow 4OH^-.$$

На участке CD параллельно с ними протекает разряд воды по реакции:

$$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^-.$$

В присутствии изучаемых ЛИК коррозионное поведение стали принципиально меняется. За 528 часов атмосферного воздействия коррозионной среды на поверхности металла коррозионные поражения не возникают, поверхность остается блестящей без следов потемнения. Количественные данные по защитному действию изученных ингибиторов как функции их природы и продолжительности атмосферной коррозии приведены в таблице 2.

Таким образом, ингибиторов серии ИФХАН позволяют практически полностью подавить коррозии стали Ст3 в атмосферах с повышенным содержанием углекислого газа и повышенной влажностью.

При изучении поведения ЛИК в атмосферах с повышенным содержанием аммиака использовали равновесную концентрацию аммиака NH_3 в газовой фазе 0,03 мг/л (30 мг/м^3). Наличие NH_3 в фазовой пленке влаги повышает pH с ~ 6,0 до 8,0-8,5, что должно тормозить скорость коррозии углеродистой стали. Действительно скорость коррозии незащищенной стали за первые 240 часов воздействия составляет $2{,}7\cdot10^{-3}$ г/(м^2·ч). С ростом продолжительности коррозионного воздействия до 528 ч она снижается до $1{,}0\cdot10^{-3}$ г/(м^2·ч). Таким образом, величина защитного действия, как функция фактора времени, достаточно

велика и составляет порядка 62 %. Следует полагать, что, помимо роста pH среды (подщелачивания раствора) за счет реакций:

$$NH_3 + H_2O \leftrightarrow NH_4OH,$$

$$NH_4OH \leftrightarrow NH_4^+ + OH^-,$$

(гидроксид аммония или гидрат аммиака ($NH_3 \cdot H_2O$) является слабым основанием с $K_в$ = $1{,}8 \cdot 10^{-5}$ [9]), имеет место и защитный эффект продуктов коррозии в результате структурных превращений поверхностных оксидных пленок.

Таблица 2 – Результаты гравиметрических исследований

Продолжительность коррозии, ч	Z, % и состояние поверхности (А) в присутствии ЛИК		
	ИФХАН-8	ИФХАН-112	ИФХАН-118
100 %-ная относительная влажность воздуха, 0,3 об. % CO_2			
240	~ 100	~ 100	~ 100
528	~ 100	~ 100	~ 100
100 %-ная относительная влажность воздуха, 0,03 мг/л NH_3			
240	58	43	43
528	74	61	21
100 %-ная относительная влажность воздуха, 0,02 мг/л H_2S			
240	94	97	95
480	96	96	93

По данным электрохимических измерений (рисунке 1 б) в неингибированной системе $E_{кор}$ стали близок к -0,330 В, а характер анодной и катодной поляризационных кривых подобен наблюдаемым в присутствии CO_2 (рисунок 1а, кривая 1). Наличие ИФХАН-118 в объемной жидкой фазе, а также вероятно, в поверхностной пленке влаги практически не сказывается на кинетике парциальных электродных реакций. В присутствии ЛИК ИФХАН-8 или ИФХАН-112 $E_{кор}$ уменьшается до -0,330 В (рисунок 1 б, кривые 2 и 3), по сравнению с неингибированной средой и наличием в ней продукта ИФХАН-118 (рисунок 1б, кривые 1 и 4). Одновременно наблюдается торможение катодной реакции и облегчение анодной. Первый эффект, очевидно, и обусловливает влияние ингибиторов на снижение скорости коррозии стали Ст3.

По данным гравиметрических исследований в присутствии аммиака в газовой фазе наличие ИФХАН-8 и ИФХАН-112 вдвое снижает скорость коррозии стали и во времени ее защитное действие возрастает (таблица 2). Ингибитор ИФХАН-118 в этих условиях малоэффективен, хотя и в его присутствии не наблюдается отложения продуктов коррозии. Меньший защитный эффект ЛИК в присутствии аммиака, по сравнению с наличием в воздухе повышенной концентрации CO_2 обусловлен природой формирующейся твердой фазы на поверхности стали. Кроме того, определенную роль играет и меньшая абсолютная величина скорости коррозии незащищенной стали. Первый эффект подтверждается изменением величины Z во времени (переход от продолжительности коррозионного воздействия среды от 240 ч к 528 ч).

Изучение поведения ЛИК в модельных средах с повышенным содержанием сероводорода проводили при равновесном содержании H_2S в газовой фазе $2 \cdot 10^{-2}$ мг/л. Скорость коррозии незащищенной стали Ст3 за первые 240 ч коррозионного воздействия этой среды достигла 0,025 г/(м^2·ч), затем снизилась (480 ч) до 0,018 г/(м^2·ч) за счет формированием на поверхности

стали полисульфидной пленки FeS_n с n = 1 и 2, оказывающей защитное действие. При этом сероводород, являясь очень слабой кислотой [138]:

$$H_2S \leftrightarrow H^+ + HS^-,\ K_a^I = 8{,}7\cdot 10^{-8}$$

$$HS^- \leftrightarrow H^+ + S^{2-},\ K_a^{II} = 3.6\cdot 10^{-13}$$

практически не оказывает влияние на величину pH среды. Он способен выступать лишь как стимулятор катодной и анодной реакций.

По данным электрохимических исследований (рисунок 1в) в неингибированной среде $E_{кор}$ стали составляет -0,474 В, а скорость коррозии, рассчитанная из поляризационных измерений экстраполяцией поляризационных кривых на $E_{кор}$, близка к 0,49 А/м^2. Все изученные ингибиторы ускоряют катодную реакцию и затормаживают анодную. Впоследнем случае наиболее эффективен ИФХАН-112. В целом, в этом отношении, имеет место ряд:

ИФХАН-112 > ИФХАН-8 >ИФХАН-118

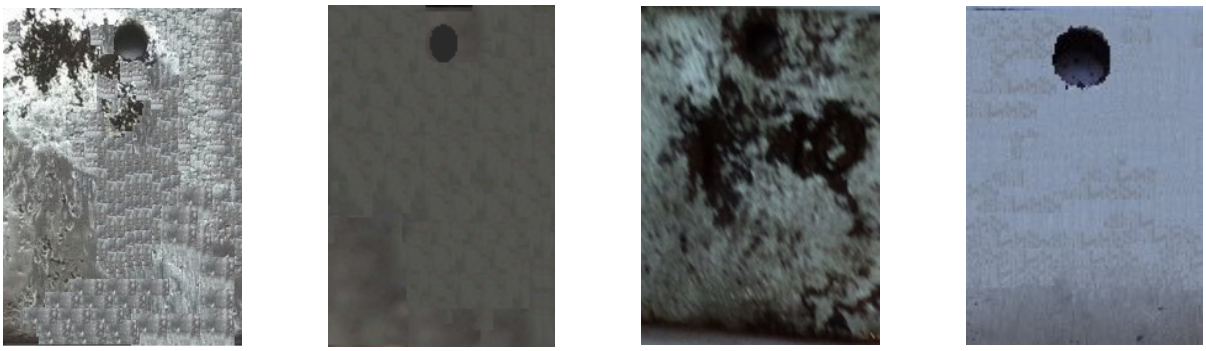
По данным гравиметрических исследований в присутствии приведенных выше ЛИК в атмосферах с повышенной концентрацией сероводорода коррозия подавляется практически полностью.

В таблице 3 обобщены данные по защитной способности ЛИК ИФХАН-114 (гравиметрические исследования) в условиях 100 %-ной относительной влажности в присутствии исследуемых стимуляторов коррозии как раздельно, так и совместно в концентрациях, соответствующих предельно допустимым для животноводческих помещений.

Таблица 3- Защитное действие ИФХАН-114 при 240-часовой экспозиции стали Ст3 в воздухе

№ п/п	Стимуляторы коррозии в воздухе	Z на поверхности стали Ст3, %
1	отсутствуют	94
2	0,2 об. % CO_2	100
3	20 мг/м^3 NH_3	75
4	10 мг/м^3 H_2S	95
5	0,2 об. % CO_2 и 20 мг/м^3 NH_3	87
7	0,2 об. % CO_2+ 10 мг/м^3 H_2S	95
9	10 мг/м^3 H_2S и 20 мг/м^3 NH_3	75
11	0,2 об. % CO_2, 20 мг/м^3 NH_3,10 мг/м^3 H_2S	74

В отсутствии стимуляторов коррозии в воздухе ИФХАН-114 защищает сталь Ст3 с защитной эффективностью Z = 94 %. В атмосферах, содержащих стимуляторы коррозии по отдельности, защитное действие исследуемого ЛИК на стали Ст3 в присутствии: 0,2 об. % CO_2 составляет ~ 100 %; 10 мг/м^3 H_2S – 95 %; 20 мг/м^3 NH_3– 75 % (таблица 3). В присутствии одновременно двух или трех СК на стали коррозия носит выраженный локальный характер с язвенными образованиями на поверхности, которые исчезают в присутствии ИФХАН-114 (рисунок 2).



а б в г

Рисунок 2 - Характер коррозионного поражения поверхности стали Ст3 в атмосфере с Н =100 %, содержащей: C_{CO2} = 0,2 об. %; C_{NH3} = 20 мг/м^3 (а, б); C_{CO2} = 0,2 об. %; C_{NH3} = 20 мг/м^3, C_{H2S} = 10 мг/м^3 (комнатная температура), в отсутствие ингибиторов (а, в) и в присутствии ИФХАН-114 (б, г), продолжительность испытаний – 240 ч

Выводы: Таким образом, летучие ингибиторы коррозии серии ИФХАН, согласно электрохимическим и гравиметрическим исследованиям, эффективно защищают сталь от коррозии в атмосферах со 100 %-ной относительной влажностью при наличии стимуляторов коррозии, характерных для животноводческих помещений в концентрациях, соответствующих предельно допустимым, присутствующих как раздельно, так и совместно.

Список литературы

1. Данякин Н. В., Сигида А. А. Современные летучие ингибиторы коррозии (обзор) // Электронный научный журнал Карского госуниверситета. - 2017. - Т.13.- №1 – С. 1-7.

2. Михайлов А.А., Панченко Ю.М., Кузнецов Ю.И. Атмосферная коррозия и защита металлов.- Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2016 – 555с.

3. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Zazulya A.N., Prokhorenkov V.D., Dorokhov A.V., Kuznetsova E.G., Uryadnikov A.A., Goncharova O.A. Suppresision of Atmospheric Corrosion of Brass Using Volatile Inhibitors// Russian Agricultural Sciences. 2017. Т. 43. № 4. С. 342.

4. Остриков В.В., Нагорнов С.А., Клейменов О.А., Тупотилов Н.Н., Булавин С.А., Стребков С.В., Прохоренков В.Д., Петрашев А.И., Князева Л.Г. Топливо, смазочные и консервационные материалы. Учебное пособие для вузов / Белгород, 2008.

5 . Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Зазуля А.Н., Прохоренков В.Д., Дорохов А.В., Кузнецова Е.Г., Урядников А.А., Гончарова О.А. Подавление атмосферной коррозии латуни летучими ингибиторами// Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 3. С. 52-56

6. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г., Андреев Н.Н., Урядников А.А., Дорохов А.В. Летучий ингибитор для защиты от коррозии сельскохозяйственного и промышленного оборудования /В сборнике: Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент// Материалы VII международной научно-инновационной молодежной конференции. 2015. С. 64-69.

7. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г., Дорохов А.В., Урядников А.А. Защитная эффективность летучего ингибитора ИФХАН-118 на начальных стадиях коррозии углеродистой стали, латуни и меди//Коррозия: материалы, защита. 2018. № 5. С. 23-26.

8. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Dorohova A.N., Dorohov A.V., Knyazeva L.G., Uryadnikov A.A. Protective ability of Volatile Inhibitors of IFKHAN Series in Atmospheric Corrosion of Brass and Copper at High Concentrations of CO2, NH3 and H2S in Air// International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2018. Т. 7. № 3. С. 331-339.

9. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Shel N.V., Knyazeva L.G., Dorokhov A.V., Uryadnikov A.A. Protection of Carbon Steel against Atmospheric Corrosion by Volatile Inhibitors of IFKHAN Series at High Concentrations of CO2, H2S and NH3//International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2018. Т. 7. № 2. С. 175-184.

10. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Zazulya A.N., Kuznetsova E.G., Andreev N.N., Uryadnikov A.A., Dorokhov A.V. Application of IFHAN-118 Volatile Inhibitor to Protect Agricultural Equipment against Atmospheric Corrosion// Russian Agricultural Sciences. 2016. Т. 42. № 2. С. 196-199.

11. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г., Андреев Н.Н., Урядников А.А. Противокоррозионная защита сельскохозяйственного оборудования летучими ингибиторами// Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 1. С. 56-58.

12.Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Зазуля А.Н., Кузнецова Е.Г., Андреев Н.Н., Дорохов А.В. Использование летучего ингибитора ИФХАН-118 для защиты сельскохозяйственного оборудования от атмосферной коррозии // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2016.- № 1.- С. -65-68.

13. Вигдорович В.И., Князева Л.Г., Зазуля А.Н., Прохоренков В.Д., Дорохов А.В., Кузнецова Е.Г., Урядников А.А. Использование летучих ингибиторов типа "ИФХАН" для защиты стального оборудования в атмосфере животноводческих помещений//Российская сельскохозяйственная наука. 2017. № 1. С. 55-58.

14. Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г., Остриков В.В., Урядников А.А., Зверева А.А., Гладышева И.В. Проницаемость поверхностных пленок, самоорганизующихся на твердых фазах// Наука в центральной России. 2014. № 2 (8). С. 10-17.

15. Вигдорович В.И., Прохоренков В.Д., Князева Л.Г. Защитная эффективность продуктов очистки отработавших масел в условиях электрохимической коррозии стали// Технологии нефти и газа. 2008. № 4 (57). С. 24-30.

16. Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Кузнецова Е.Г., Урядников А.А., Остриков В.В., Зазуля А.Н. Антикоррозионная эффективность пленок нефтяных и синтетических масел и их физико-химические характеристики//Коррозия: материалы, защита. 2014. № 9. С. 35-41.

17. Князева Л.Г., Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Н.В., Кузнецова Е.Г., Прохоренков В.Д. антикоррозионная эффективность поверхностных защитных пленок товарных и отработанных синтетических масел на примере продукта МОБИЛ-1//Практика противокоррозионной защиты. 2014. № 2 (72). С. 58-65

18. Справочник фермера / В.Н.Кузьмин, В.Ф.Федоренко, С.Н.Сазонов.–М.: Росинформагротех, 2013. – 616 с.

19. Онегов А.П., Ярабустовский И.Ф., Черных В.И. Гигиена сельскохозяйственных животных.-М.: Колос,-1977.- 400с.

20. ГОСТ 12.1.007-76 – Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

21.Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Шель Е.Ю., Шель Н.В., Князева Л.Г., Дорохов А.В., Урядников А.А. Моделирование коррозионно-агрессивных атмосфер для оценки

эффективности летучих ингибиторов// Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2018. Т. 84. № 7. С. 42-46.

22. Краткий справочник химика [под ред. Б.В. Некрасова Составмтель Перельман В.И,- М.: ГНТИ химической литературы.- 1956.- 560с.]

23. Ш ель Н.В., Князева Л.Г., Кузнецова Е.Г., Урядников А.А., Дорохов А.В. Метод оценки концентрации летучего ингибитора в фазовой пленке влаги на поверхности металла/ В книге: XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии Тезисы докладов в 5 томах. Уральское отделение Российской академии наук. 2016. С. 286.

References

1. Danyakin N. V., Sigida A. A. Sovremennye letuchie ingibitory korrozii (obzor) // EHlektronnyj nauchnyj zhurnal Karskogo gosuniversiteta. - 2017. - T.13.- №1 – S. 1-7.

2. Mihajlov A.A., Panchenko YU.M., Kuznecov YU.I. Atmosfernaya korroziya i zashchita metallov.- Tambov: Izd-vo Pershina R.V., 2016 – 555s.

3. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Zazulya A.N., Prokhorenkov V.D., Dorokhov A.V., Kuznetsova E.G., Uryadnikov A.A., Goncharova O.A. Suppresision of Atmospheric Corrosion of Brass Using Volatile Inhibitors// Russian Agricultural Sciences. 2017. T. 43. № 4. S. 342.

4. Ostrikov V.V., Nagornov S.A., Klejmenov O.A., Tupotilov N.N., Bulavin S.A., Strebkov S.V., Prohorenkov V.D., Petrashev A.I., Knyazeva L.G. Toplivo, smazochnye i konservacionnye materialy. Uchebnoe posobie dlya vuzov / Belgorod, 2008.

5 . Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Zazulya A.N., Prohorenkov V.D., Dorohov A.V., Kuznecova E.G., Uryadnikov A.A., Goncharova O.A. Podavlenie atmosfernoj korrozii la-tuni letuchimi ingibitorami// Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2017. № 3. S. 52-56

6. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Kuznecova E.G., Andreev N.N., Uryadnikov A.A., Dorohov A.V. Letuchij ingibitor dlya zashchity ot korrozii sel'skohozyajstvennogo i pro-myshlennogo oborudovaniya /V sbornike: Sovremennye tverdofaznye tekhnologii: teoriya, praktika i innovacionnyj menedzhment// Materialy VII mezhdunarodnoj nauchno-innovacionnoj molodezhnoj konferencii. 2015. S. 64-69.

7. Vigdorovich V.I., Cygankova L.E., SHel' N.V., Knyazeva L.G., Kuznecova E.G., Doro-hov A.V., Uryadnikov A.A. Zashchitnaya ehffektivnost' letuchego ingibitora IFHAN-118 na nachal'nyh stadiyah korrozii uglerodistoj stali, latuni i medi//Korroziya: materialy, zashchita. 2018. № 5. S. 23-26.

8. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Dorohova A.N., Dorohov A.V., Knyazeva L.G., Uryadnikov A.A. Protective ability of Volatile Inhibitors of IFKHAN Series in Atmospheric Corrosion of Brass and Copper at High Concentrations of CO2, NH3 and H2S in Air// Interna-tional Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2018. T. 7. № 3. S. 331-339.

9. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Shel N.V., Knyazeva L.G., Dorokhov A.V., Uryadnikov A.A. Protection of Carbon Steel against Atmospheric Corrosion by Volatile Inhibi-tors of IFKHAN Series at High Concentrations of CO2, H2S and NH3//International Journal of Corrosion and Scale Inhibition. 2018. T. 7. № 2. S. 175-184.

10. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Zazulya A.N., Kuznetsova E.G., Andreev N.N., Uryadnikov A.A., Dorokhov A.V. Application of IFHAN-118 Volatile Inhibitor to Protect Agri-cultural Equipment against Atmospheric Corrosion// Russian Agricultural Sciences. 2016. T. 42. № 2. S. 196-199.

11. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Kuznecova E.G., Andreev N.N., Uryadnikov A.A. Protivokorrozionnaya zashchita sel'skohozyajstvennogo oborudovaniya letuchimi ingibito-rami// Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2017. T. 31. № 1. S. 56-58.

12.Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Zazulya A.N., Kuznecova E.G., Andreev N.N., Doro-hov A.V. Ispol'zovanie letuchego ingibitora IFHAN-118 dlya zashchity sel'skohozyajst-vennogo oborudovaniya ot atmosfernoj korrozii // Doklady Rossijskoj akademii sel'-skohozyajstvennyh nauk. 2016.- № 1.- S. -65-68.

13. Vigdorovich V.I., Knyazeva L.G., Zazulya A.N., Prohorenkov V.D., Dorohov A.V., Kuznecova E.G., Uryadnikov A.A. Ispol'zovanie letuchih ingibitorov tipa "IFHAN" dlya zashchity stal'nogo oborudovaniya v atmosfere zhivotnovodcheskih pomeshchenij//Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2017. № 1. S. 55-58.

14. Knyazeva L.G., Kuznecova E.G., Ostrikov V.V., Uryadnikov A.A., Zvereva A.A., Gladysheva I.V. Pronicaemost' poverhnostnyh plenok, samoorganizuyushchihsya na tverdyh fazah// Nauka v central'noj Rossii. 2014. № 2 (8). S. 10-17.

15. Vigdorovich V.I., Prohorenkov V.D., Knyazeva L.G. Zashchitnaya ehffektivnost' pro-duktov ochistki otrabotavshih masel v usloviyah ehlektrohimicheskoj korrozii stali// Tekh-nologii nefti i gaza. 2008. № 4 (57). S. 24-30.

16. Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I., Cygankova L.E., SHel' N.V., Kuznecova E.G., Uryadnikov A.A., Ostrikov V.V., Zazulya A.N. Antikorrozionnaya ehffektivnost' plenok neftyanyh i sinteticheskih masel i ih fiziko-himicheskie harakteristiki//Korroziya: ma-terialy, zashchita. 2014. № 9. S. 35-41.

17. Knyazeva L.G., Vigdorovich V.I., Cygankova L.E., SHel' N.V., Kuznecova E.G., Prohorenkov V.D. antikorrozionnaya ehffektivnost' poverhnostnyh zashchitnyh plenok tovar-nyh i otrabotannyh sinteticheskih masel na primere produkta MOBIL-1//Praktika pro-tivokorrozionnoj zashchity. 2014. № 2 (72). S. 58-65

18. Spravochnik fermera / V.N.Kuz'min, V.F.Fedorenko, S.N.Sazonov.–M.: Rosinformagrotekh, 2013. – 616 s.

19. Onegov A.P., YArabustovskij I.F., CHernyh V.I. Gigiena sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh.- M.: Kolos,-1977.- 400s.

20. GOST 12.1.007-76 – Vrednye veshchestva. Klassifikaciya i obshchie trebovaniya bezopasnosti.

21.Vigdorovich V.I., Cygankova L.E., SHel' E.YU., SHel' N.V., Knyazeva L.G., Dorohov A.V., Uryadnikov A.A. Modelirovanie korrozionno-agressivnyh atmosfer dlya ocenki ehffektivnosti letuchih ingibitorov// Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov. 2018. T. 84. № 7. S. 42-46.

22. Kratkij spravochnik himika [pod red. B.V. Nekrasova Sostavmtel' Perel'man V.I,- M.: GNTI himicheskoj literatury.- 1956.- 560s.]

23. SH el' N.V., Knyazeva L.G., Kuznecova E.G., Uryadnikov A.A., Dorohov A.V. Metod ocenki koncentracii letuchego ingibitora v fazovoj plenke vlagi na poverhnosti metalla/ V knige: HKH Mendeleevskij s"ezd po obshchej i prikladnoj himii Tezisy dokladov v 5 tomah. Ural'skoe otdelenie Rossijskoj akademii nauk. 2016. S. 286.

УДК 681.5

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ИСПАРЕНИЯ БЕНЗИНА ПРИ ХРАНЕНИИ ПРИ ПЕРЕХОДЕ К ВИРТУАЛЬНО-ОБЛАЧНОЙ СХЕМЕ АВТОМАТИЗАЦИИ

Левин Максим Юрьевич,
кандидат технических наук, e-mail: lmu@list.ru
Нагорнов Станислав Александрович,
доктор технических наук, профессор, E-mail: snagornov@yandex.ru
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», г. Тамбов

Реферат. *В сельском хозяйстве процесс автоматизации требует значительных капиталовложений в датчики, построение программных комплексов, обеспечение персоналом для технической поддержки устройств. При этом расположение ряда объектов в полевых условиях делает затруднительным или невозможным их автоматизацию. Применение концепции виртуально облачной системы автоматизации освобождает объект автоматизации от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования информации о нем без установки датчиков. Благодаря этому появляется возможность прогнозировать потери бензина от испарения при его хранении с применением нейронных сетей. В работе решена задача построения правильной архитектуры нейронной сети, основанной на графе взаимозависимости параметров всей модели системы хранения топлива в резервуаре. Для расчета месячного остатка топлива в объеме резервуара выбрана нейронная сеть с тремя входами, 7 нейронами в скрытом слое. Функцией активации нейронов выбран гиперболический тангенс как функция активации нейронов. Точность прогнозирования остатка топлива составила 95%. Также получена нейросетевая модель, основанная на виртуально-облачной схеме автоматизации резервуара, которая с высокой точностью способна описать процесс испарения бензина из горизонтального цилиндрического резервуара.*

Ключевые слова: *виртуально облачная, система автоматизации, резервуар, прогнозирование, испарение бензина.*

FORECASTING PETROL EVAPORATION WHILE STORING DURING TRANSITION TO A VIRTUAL CLOUD AUTOMATION SCHEME

Levin Maxim,
Candidate of Technical Sciences, e-mail: lmu@list.ru
Nagornov Stanislav,
Doctor of Technical Sciences, Professor, E-mail: snagornov@yandex.ru
FSBI "All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture", Tambov

Abstract. *In agriculture, the automation process requires significant investment in sensors, building software systems, and providing personnel for technical support of devices. In this case, the location of a number of objects in the field makes it difficult or impossible to automate them. The application of the concept of a virtually cloud-based automation system frees the automation object from participation in the processes of receiving, converting, transmitting and using information about it without installing sensors. This makes it possible to predict the loss of gasoline from evaporation*

during storage with the use of neural networks. The paper solved the problem of building the correct neural network architecture based on the graph of the interdependence of the parameters of the entire model of a fuel storage system in a tank. To calculate the monthly remaining fuel in the reservoir volume, a neural network with three inputs, 7 neurons in a hidden layer was selected. The hyperbolic tangent is selected as the function of neuron activation as the function of neuron activation. The accuracy of the prediction of the remaining fuel was 95%. A neural network model based on a virtual-cloud tank automation scheme was also obtained, which is capable of describing the process of gasoline evaporation from a horizontal cylindrical tank with high accuracy.

Keywords: *virtually cloudy, automation system, reservoir, forecasting, gasoline evaporation.*

Введение.

В настоящее время состояние сельского хозяйства России, как и во всем мире, характеризуется устойчивой тенденцией к экспоненциальному росту затрат невосполнимой энергии на каждую дополнительную единицу продукции: рост объема сельскохозяйственной продукции на 1 % требует увеличения топливно-энергетических затрат примерно на 2,5 % [1, 2]. В последние годы АПК России потребляет около 1 млн т автомобильных бензинов и свыше 4 млн т дизельных топлив. По экспертным оценкам к 2030 году потребление моторного топлива в сельском хозяйстве должно увеличиться в 4 раза [1], что делает краеугольной проблему удовлетворения растущей потребности сельскохозяйственного производства в качественном моторном топливе.

Сезонность возделывания сельскохозяйственных культур в растениеводстве и неравномерность закупки моторных топлив, в основном, после реализации урожая, требуют создания их запасов, для хранения которых используются нефтехозяйства. Нефтесклад – один из самых дорогостоящих объектов нефтехозяйств, включающий инженерные сооружения, резервуарный парк, оборудование и технические средства для приема, хранения и отпуска нефтепродуктов.

Резервуары для хранения нефтепродуктов являются основными сооружениями нефтесклада. Они являются своеобразными «буферными емкостями», предназначенными для накопления количества и сохранения качества моторного топлива при неравномерных поставках и потреблении, характерных для сельскохозяйственного производства. От технологических параметров резервуарного парка и технического уровня размещенного на нем оборудования, в значительной степени зависит сохранение качества и сокращение до минимума потерь моторного топлива при приеме, хранении и отпуске. В сельском хозяйстве используются, как правило, стальные горизонтальные резервуары.

Целью автоматизации резервуарных парков является сохранение количества и качества хранимой продукции, оптимизация управления, исключение участия человека в опасных для здоровья производственных процессах. Автоматизация повышает производительность труда и на современном этапе развития является весьма сложным алгоритмом, что требует наукоемкого и системного подхода к его решению.

Системы автоматизации состоят из датчиков (сенсоров), устройств ввода и вывода информации, управляющих (контроллеров) и исполнительных устройств, компьютеров для операторов, серверов для баз данных и/или программ управления и других устройств.

Текущее направление развития систем автоматизации – это создание автоматических систем, выполняющих требуемый функционал без участия человека. Задачей оператора в данном случае будет подготовка входных и анализ выходных данных, выбор алгоритма или метода решения. В таких системах реализуются алгоритмы защиты от негативных событий (аварий) или способы их обхода.

В сельском хозяйстве процесс автоматизации требует значительных капиталовложений в датчики, построение программных комплексов, обеспечение персоналом для технической поддержки устройств. При этом расположение ряда объектов в полевых условиях делает затруднительным или невозможным их автоматизацию. Разработанная концепция виртуально-облачной схемы автоматизации [3], способной обеспечить освобождение объекта автоматизации от участия в процессах получения, преобразования, передачи и использования информации о нем без установки датчиков, позволяет решить актуальную задачу для нефтескладов сельхозтоваропроизводителей по прогнозированию потерь бензина от испарения при его хранении в горизонтальных цилиндрических резервуарах [4,5].

Материалы и методы. Алгоритмы решения поставленной задачи с применением нейронных сетей предполагает наличия данных по ряду изменяемых технологических показателей системы в структуре сети. Принимается во внимание тот факт, что объект находится в динамической окружающей среде под воздействием солнечного излучения, ветра, переменном давлении и влажности. В тоже время изменяются параметры хранимого бензина в резервуаре и парогазовой смеси над ним.

Для получения требуемых входных данных для нейронной сети резервуар необходимо обеспечить измерительными датчиками: термометром для измерения температуры бензина, термометром для измерения температуры паровоздушной среды, монометром, уровнемером. Также для описания окружающей среды потребуются термометр для измерения температуры воздуха, барометр, измеритель влажности воздуха, датчик скорости ветра и т.д. Данные с датчиков обрабатываются контроллером и подаются на вход нейронной сети. Таким образом, получается классическая модель автоматизации объекта (рисунок 1).

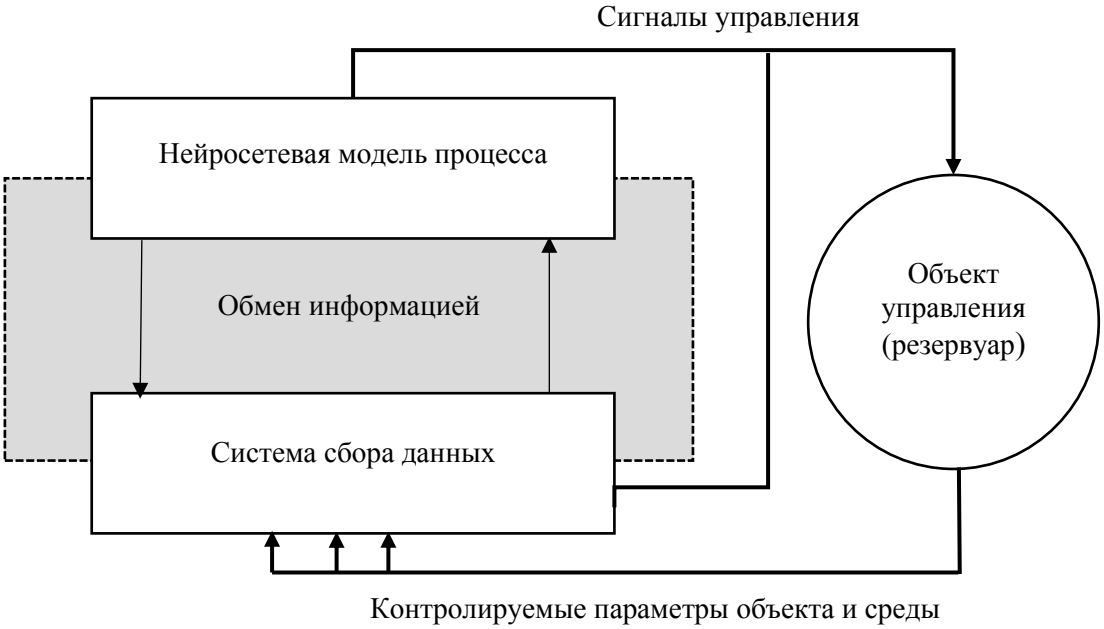


Рисунок 1. Классическая схема автоматизации объекта управления с применением нейронных сетей.

При наличии на нефтескладе нескольких резервуаров, с учетом вышеприведенной схемы автоматизации, каждый резервуар необходимо обеспечить измерительными приборами и присоединить датчики к контроллеру для сбора информации с них. Данные капиталовложения могут быть неоправданно высокими для сельхозтоваропроизводителей. Подключение

высокоточных измерительных устройств будет требовать постоянного технического контроля и обслуживания. Бесперебойное обеспечение электроэнергией также является основой успешной работы системы автоматизации. Однако некоторые нефтехозяйства располагаются вдали от населенных пунктов и линий электропередач.

Целью данной работы является продемонстрировать возможность применения нейронной сети для решения задачи прогнозирования потерь топлива от испарения, и как следствия возможности формирования сигналов управления, без подключения измерительных датчиков к резервуарам и измерения параметров окружающей среды. Все расчеты можно делать удаленно. Для этого потребуется применять облачные хранилища данных для описания требуемых переменных среды и нейронные сети с различной архитектурой для расчета контролируемых переменных объекта.

Использование облачного хранилища данных связано с тем, что это онлайн модель хранения данных, данные в котором хранятся на многочисленных распределённых серверах в сети. В отличие от модели хранения данных на собственных выделенных серверах, приобретаемых или арендуемых специально для подобных целей, количество или какая-либо внутренняя структура серверов клиенту, в общем случае, не видна. Данные хранятся и обрабатываются в так называемом «облаке», которое представляет собой, с точки зрения клиента, один большой виртуальный сервер. Физически же такие серверы могут располагаться удалённо друг от друга географически [3].

У данной модели есть ряд преимуществ:

1) доступ к данным с любого компьютера, имеющего выход в Интернет;

2) возможность организации совместной работы с данными;

3) высокая вероятность сохранения данных даже в случае аппаратных сбоев;

4) все процедуры по резервированию и сохранению целостности данных производятся провайдером «облачного» центра, который не вовлекает в этот процесс потребителя информации.

Результаты и обсуждение.

Для каждого контролируемого датчиком параметра резервуара возможно подобрать такую архитектуру нейронной сети, которая с высокой точностью сможет решить задачу определения требуемого параметра. Такая нейронная сеть будет служить виртуальным датчиком резервуара или любого другого объекта управления с такими возможностями виртуального объекта, как моделирование сценариев, прогнозирование, обучение и т.д.

Таким образом, при данном подходе будет выполнена виртуально-облачная схема автоматизации объекта управления [3]. При данной схеме автоматизации весь процесс расчётов осуществляется интеллектуальной системой, что позволяет не применять датчики и другие устройства контроля (рисунок 2).

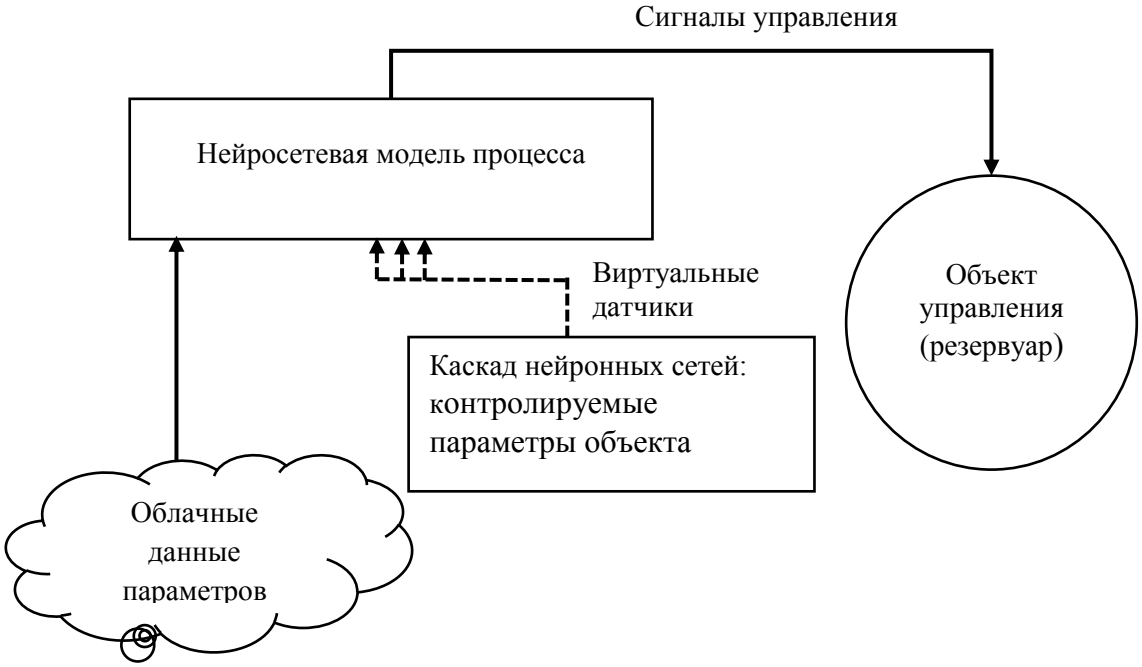


Рисунок 2. Виртуально-облачная схема автоматизации объекта управления (резервуара) с применением нейронных сетей.

Для описания таких характеристик резервуара, как температура хранимого топлива, температура и давление паровоздушной смеси недостаточно данных о состоянии внешней среды. Важную роль играет количество топлива в резервуаре и свободное газовое пространство над топливом.

Чтобы построить правильную архитектуру нейронной сети нарисуем граф взаимозависимости параметров всей модели системы (рисунок 3) по таблице 1.

Таблица 1. Взаимозависимости параметров модели для построения графа

Область получения информации	Порядковый номер	Показатель	Ребра графа
Облачные данные	1	Атмосферное давление, Па	5
	2	Температура окружающей среды, °С	6,7
	3	Скорость ветра, м/с	6,7
	4	Относительная влажность воздуха, %	6,7
Виртуальные датчики на основе нейросети	5	Давление газового пространства, Па	12
	6	Температура топлива, °С	12
	7	Температура газового пространства, °С	12
	8	Объем топлива в резервуаре, $м^3$	5,6,7,12
Исходные параметры	9	Время, мес.	11
	10	Объем резервуара, $м^3$	5,6,7,8
	11	Приход топлива, $м^3$	8
Выходные параметры	12	Объем испарившегося топлива, $м^3$	

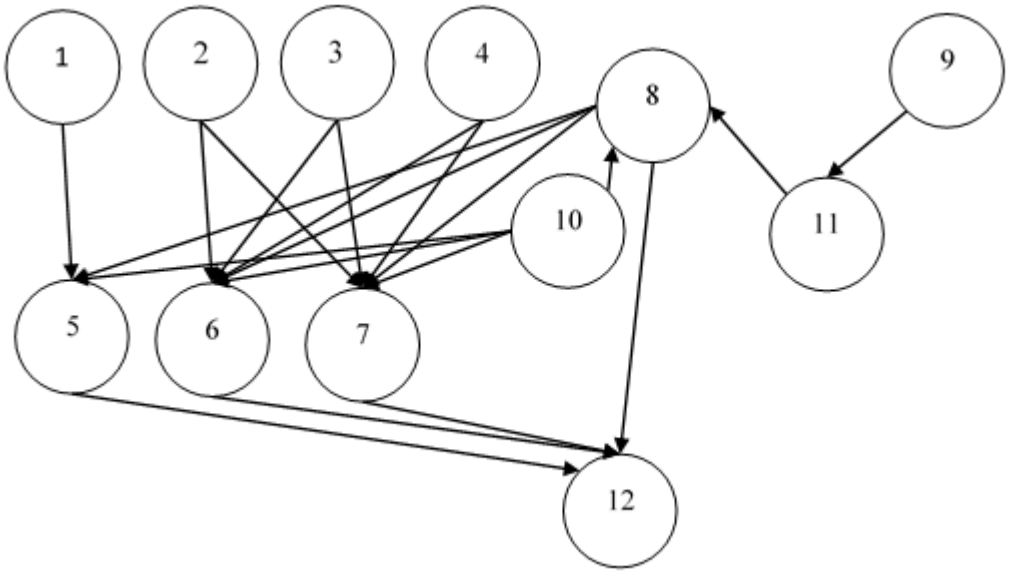


Рисунок 3. Граф взаимозависимости параметров модели системы

Анализируя полученный граф, приходим к выводу, что для получения искомой величины на вход нейронной сети достаточно подать данные с виртуальных датчиков. На вход виртуальных датчиков на основе нейронной сети подаются переменные окружающей среды из облачного хранилища данных и известные параметры резервуара, временного ряда, количество полученного топлива.

Построим упрощенное схематичное изображение полученной архитектуры нейронной сети. Нейронная сеть, моделирующая виртуальные датчики состоит из M слоёв, в μ-ом слое которого находится $N\mu$ нейронов (μ=1,…,M). Парой (μ,i) будем обозначать i-й нейрон μ-го слоя. Неоднородное адаптивное суммирование этого нейрона:

$$net^{(\mu,i)} = w_0^{(\mu,i)} + \sum_{j=1}^{N_{\mu-1}} w_j^{(\mu,i)} y_j^{(\mu-1,i)} = w^{T(\mu,i)} u^{(\mu,i)},$$

где $w(\mu,i)=(w_0(\mu,i),w_1(\mu,i),\ldots,w_n(\mu,i))$, μ=1,…,M, – вектор весовых коэффициентов ($n=N\mu$-1 – число нейронов в предыдущем слое), $y(\mu\text{-}1,i)=(1,y_1(\mu\text{-}1,i),\ldots,y_n(\mu\text{-}1,i))$, μ=1,…,M, - расширенный входной вектор нейрона μ-го слоя (является выходом нейрона предыдущего слоя), здесь $y(0,i)=x(i)$ – входы сети.

Выход виртуального датчика в таком случае запишется в виде: $y(\mu,i)=F(net(\mu,i))$, i=1,…,$N\mu$; μ=1,…,M. На резервуаре таких датчиков 4, т.е. на вход итоговой нейронной сети Ψ будут поданы 4 нейросети, моделирующие виртуальные датчики:

$$\Psi(\mu_\Psi,i_\Psi) = F_\Psi(w_0^{\mu_\Psi,i_\Psi} + F_1(net(\mu_1,i_1) + F_2(net(\mu_2,i_2) + F_3(net(\mu_3,i_3) + \\ + F_4(net(\mu_4,i_4))$$

Схематично такая нейронная сеть является каскадом сетей и представлена на рисунке 4.

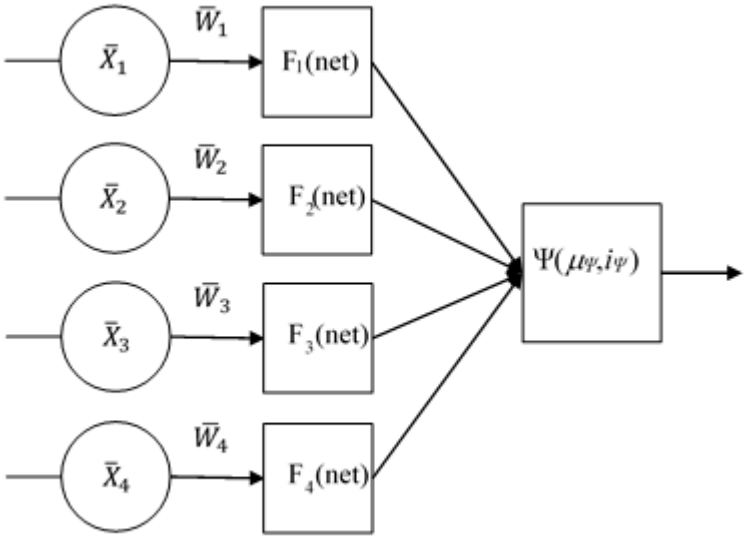


Рисунок 4. Схематичное изображение каскадной нейронной сети

Полученная модель осложнена тем, что виртуальный параметр «Объем топлива в резервуаре» влияет на другие виртуальные параметры: Давление газового пространства, Температура топлива, Температура газового пространства. Поэтому от точности его расчета будет во многом определяться точность построенной модели.

Для построения нейронной сети для виртуального датчика «Объем топлива в резервуаре» рассмотрим пример по годовой оборачиваемости резервуара объемом 50 м^3. Закупка топлива производится под объем резервуарного парка с начала апреля и до июля. Интенсивный отпуск начинается с середины апреля до июня во время полевых работ. И с августа по сентябрь во время уборки урожая. С ноября и до наступления холодов идет внос органики, полевые работы, что также влияет на возрастание потребления топлива (таблица 2, рисунок 5).

Таблица 2. Данные о годовом приеме на хранение, отпуске и остатке топлива в нефтескладе отдельного сельхоз товаропроизводителя

Месяц	Прием на хранение, м^3	Отпуск, м^3	Остаток, м^3
Апрель	22	20	2
Май	22	20	4
Июнь	22	4	22
Июль	22		44
Август		10	34
Сентябрь		20	14
Октябрь			14
Ноябрь		10	4
Декабрь		3	1
Январь			1
Февраль			1
Март			1

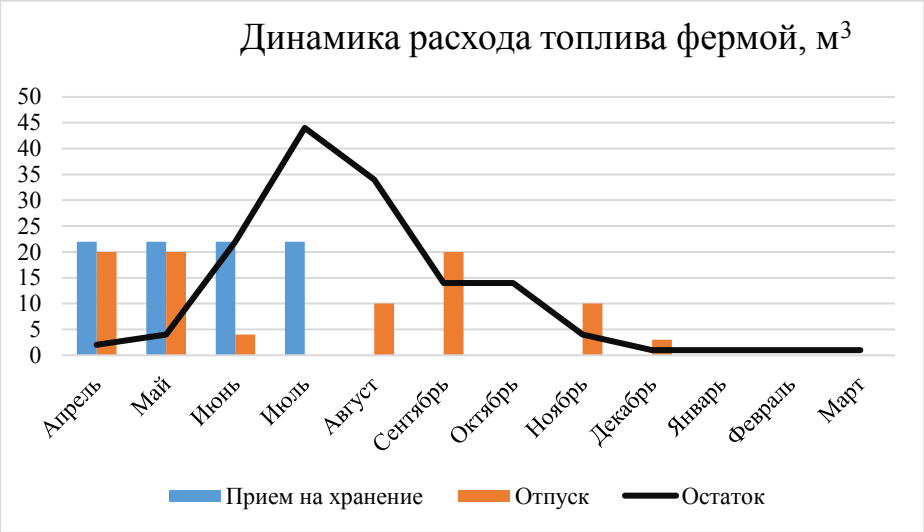


Рисунок 5. Динамика расхода топлива фермой, м^3

Коэффициент оборачиваемости резервуара равен отношению годовому запасу к среднегодовому остатку:

КО= 88/11,8 = 7,45

Для расчета месячного остатка топлива в объеме резервуара выбрана нейронная сеть [6] с тремя входами, 7 нейронами в скрытом слое. Функцией активации нейронов выбран гиперболический тангенс как функция активации нейронов $y = a \cdot th(bx)$, где a и b – константы (a =1,7159 и b = 2 / 3). Данная функция активации способна описать нелинейные процессы. Результат работы сети приведен в таблице 3 и на рисунке 6.

Таблица 3. Результаты работы нейронной сети по расчету остатка топлива в резервуаре 50 м^3.

Месяц	Входные данные нейронной сети			Входные данные нейронной сети	Остаток факт, м^3	Точность прогноза, %
	Месяц код	Прием на хранение, м^3	Объем резервуара, м^3	Остаток, м^3		
Апрель	1	22	50	1,94	2	97
Май	2	22	50	3,84	4	96
Июнь	3	22	50	20,9	22	95
Июль	4	22	50	42,24	44	96
Август	5		50	32,98	34	97
Сентябрь	6		50	13,44	14	96
Октябрь	7		50	13,3	14	95
Ноябрь	8		50	3,88	4	97
Декабрь	9		50	0,92	1	92
Январь	10		50	0,92	1	92
Февраль	11		50	0,91	1	91
Март	12		50	0,91	1	91

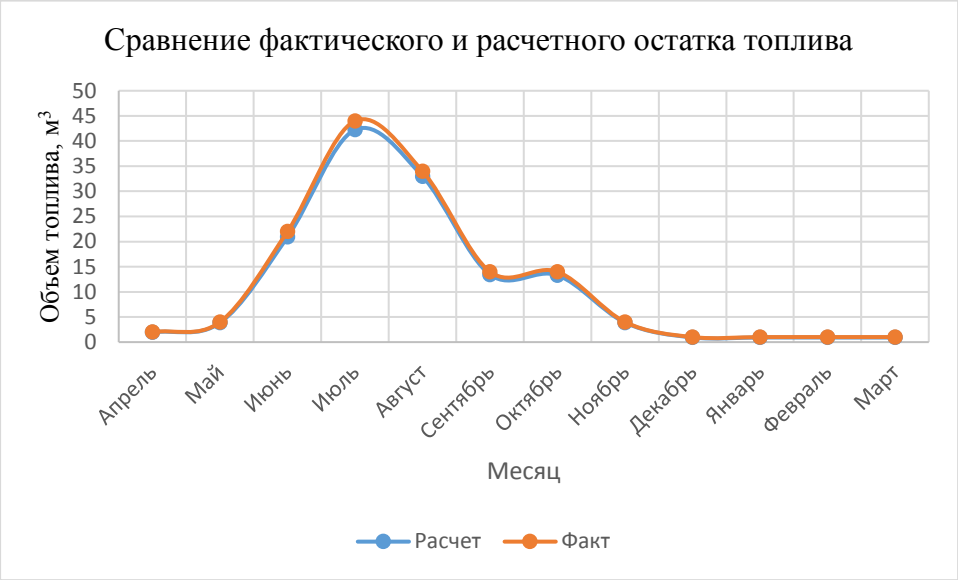


Рисунок 6. Сравнение результаты работы нейронной сети по расчету остатка топлива в резервуаре 50 м^3 с фактическим данными

Таким образом, полученная нейронная сеть способна точностью 95% рассчитать остаток бензина, хранимого в резервуаре за сезон.

Проведем помесячный расчёт потерь от испарения при помощи разработанной каскадной нейронной сети. Полученные результаты сведем на рисунке 7. Расчет проводился помесячно, поэтому данные в таблице являются усредненными значениями за выбранный месяц.

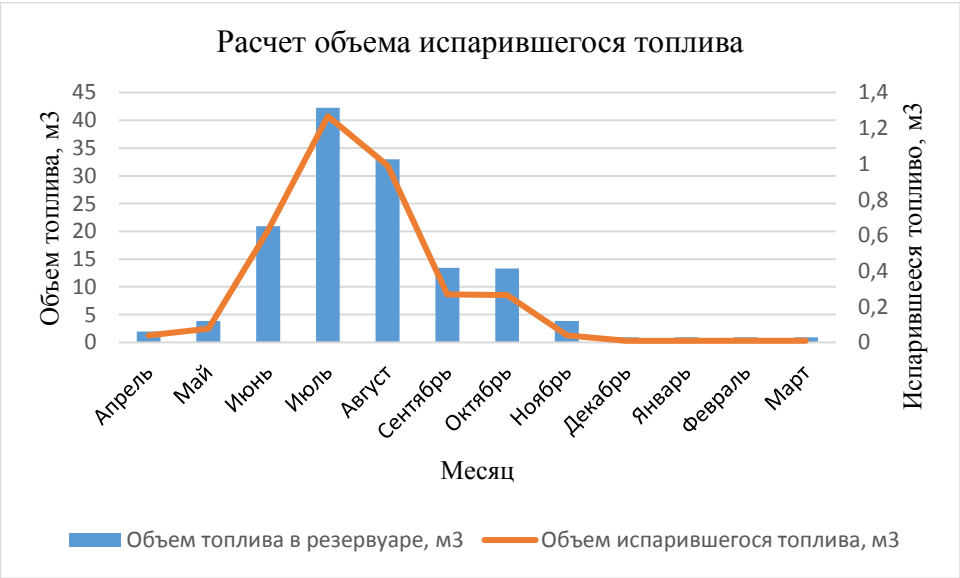


Рисунок 7. Объем испарившегося топлива за год.

Из графика видно, что пик испарений приходится на июль месяц. В это время имеется наибольший запас топлива на нефтескладе, в тоже время июль является самым жарким месяцем года.

Выводы. Таким образом, полученная нейросетевая модель, основанная на виртуально-облачной схеме автоматизации резервуара, с высокой точностью способна описать процесс испарения бензина из горизонтального цилиндрического резервуара. Предложенная методика

построения позволит исключить установку датчиков на резервуар и обеспечить управление системами сохранения качества топлива.

Список литературы

1. Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. – М.: Изд-во НИУ «Высшая школа экономики», 2017. – 138 с.

2. Сафиуллин, Р.Н. Методология повышения эффективности функционирования автотракторной техники на основе оценки и реализации технологического уровня применяемого топлива: автореф. дис. … доктор техн. наук: 05.20.03 / Сафиуллин Равиль Нуруллович. – СПб., 2015 – 37 с.

3. Левин М.Ю. Концепция виртуально облачной системы автоматизации резервуарного парка [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А., Левина Е.Ю. // Наука в центральной России. 2018. № 5 (35). С. 82-88.

4. Левин М.Ю. Расчет потерь моторного топлива от испарения с изменяемой поверхности [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А., Романцова С.В. // Наука в центральной России. 2017. № 2 (26). С. 77-84.

5. Левин М.Ю. Особенности процесса испарения топлива из наземных горизонтальных резервуаров [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А., Левина Е.Ю. // Наука в центральной России. 2017. № 4 (28). С. 121-130.

6. Левин М.Ю. Формализация алгоритма проектирования архитектуры нейронных сетей на практике [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А. // Наука в центральной России. 2016. № 1 (19). С. 81-87.

References

1. Forecast of scientific and technological development of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the period up to 2030. - M .: Publishing House of the National Research University Higher School of Economics, 2017. - 138 p.

2. Safiullin, R.N. Methodology of improving the efficiency of autotractor technology based on the assessment and implementation of the technological level of the fuel used: author. dis. ... doctor tech. Sciences: 05.20.03 / Safiullin Ravil Nurullovich. - SPb., 2015 - 37 p.

3. Levin M.Yu. The concept of a virtual cloud automation system for a tank farm [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A., Levina E.Yu. // Science in Central Russia. 2018. No. 5 (35). Pp. 82-88.

4. Levin M.Yu. Calculation of motor fuel losses from evaporation from a variable surface [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A., Romantsova S.V. // Science in Central Russia. 2017. No. 2 (26). Pp. 77-84.

5. Levin M.Yu. Features of the process of evaporation of fuel from surface horizontal tanks [Text] / Levin M.Yu., Nagornov SA, Levina E.Yu. // Science in Central Russia. 2017. No. 4 (28). P. 121-130.

6. Levin M.Yu. Formalization of the algorithm for designing the architecture of neural networks in practice [Text] / Levin M.Yu., Nagornov S.A. // Science in Central Russia. 2016. № 1 (19). Pp. 81-87.

Отпечатано в типографии ИП Москалева Ирина Юрьевна.
Адрес типографии: 398036, Липецкая область, г. Липецк, проспект Победы, д. 116.
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Дата выхода в свет 28.12.2018 Заказ № 60513-01
Формат журнала А4. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 9,46 усл. печ. л. Тираж 100 экз.