«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
№1 (19), 2016 г.

снован в 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, д-р техн. наук, профессор, директор ФГБНУ ВНИИТиН

НАГОРНОВ Станислав Александрович — зам. главного редактора, д-р техн. наук, профессор, зам. директора по научной работе ФГБНУ ВНИИТиН

ГОЛУБЕВ Иван Григорьевич — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки Московской области, зав. отделом ФГБНУ «Росинформагротех»

ГОРБАЧЕВ Иван Васильевич — член-корреспондент РАН, д-р техн. наук, профессор

ЕРОХИН Михаил Никитьевич — академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор, лауреат премии Правительства РФ

ЖАЛНИН Эдуард Викторович — д-р техн. наук, профессор, лауреат Государственной премии РФ в области науки и техники, ФГБНУ ВИМ

ЗАВРАЖНОВ Анатолий Иванович — академик РАН, д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО МичГАУ

КУШНАРЕВ АРТУР СЕРГЕЕВИЧ — доктор технических наук, профессор, член-корреспондент УААН, заслуженный работник народного образования, заведующий кафедрой теоретической механики и теории машин и механизмов Таврического государственного агротехнологического университета, Украина

ЛАРЮШИН Николай Петрович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный работник сельского хозяйства, профессор кафедры ФГБОУ ВПО «Пензенская ГСХА»

ЛЯЛЯКИН Валентин Павлович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, ФГБНУ ГОСНИТИ

МИЩЕНКО Сергей Владимирович — д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат премии Правительства РФ в области образования, член Национального комитета по теплофизическим свойствам веществ РАН, ФГБОУ ВПО ТГТУ

ПОПОВ Владимир Дмитриевич — академик РАН, д-р техн. наук, профессор, президент Региональной областной организации "Санкт-Петербургская ассоциация инженеров сельского хозяйства – СПА-ИСХ", член Правления Ассоциации содействия полевым экспериментам и исследованиям, директор ФГБНУ «ИАЭП»

СТРЕБКОВ Дмитрий Семенович — академик РАН, д-р техн. 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, директор ФГБНУ ВИЭСХ

ФЕДОРЕНКО Вячеслав Филиппович — член-корреспондент РАН**,** д-р техн. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, директор ФГБНУ «Росинформагротех»

REZA Ambrishambaf — vice Rector of Eastern Mediterranean University, PhD, Centro Algoritmi University of Minho Campus of Azurem. Portugal

MAJID Hashemipour — prof., PhD Manufacturing Engineering, Vise Rector for Technical Administration and International Affairs of Eastern Mediterranean University, Turkey

Редакция

Журнал «Наука в Центральной России Science in the central Russia»
Учредитель: ФГБНУ ВНИИТИН
Главный редактор: Зазуля А.Н.
№ 1 (19) 25.02.2016, Тираж - 100 экз. Свободная цена
Адрес редакции и издателя: **392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, 28, к. 21,** тел. 8(4752)440-241; e-mail: naukacr@yandex.ru
Отпечатано в типографии ООО «Максимал информационные технологии» 398017, г. Липецк, ул. Ушинского, 8
СМИ зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-51695 от 07.12.2012 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», 2016

«НАУКА В ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ» **«SCIENCE IN THE CENTRAL RUSSIA»**
Научно-производственный периодический журнал The research-and-production periodic magazine
№1 (19), 2016 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»

Процессы и машины агроинженерных систем, агропромышленные инновационные технологии в животноводстве и растениеводстве, эффективное использование отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники

ОСТРИКОВ Валерий Васильевич — д-р техн. наук, зав. лабораторией использования смазочных материалов и отработанных нефтепродуктов ФГБНУ ВНИИТиН

ШУВАЛОВ Анатолий Михайлович — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией использования

ПЕТРАШЕВ Александр Иванович — д-р техн. наук, зав. лабораторией организации хранения и защиты техники от коррозии ФГБНУ ВНИИТиН

ЕРОХИН Геннадий Николаевич — к-т техн. наук, зав. лабораторией эксплуатационных требований к сельхозтехнике ФГБНУ ВНИИТиН

Технология продовольственных продуктов

ТИШАНИНОВ Николай Петрович — д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории управления качеством технологических процессов в сельском хозяйстве ФГБНУ ВНИИТиН

ДОРОВСКИХ Владимир Иванович – к-т техн. наук, зав. лабораторией управления качеством

Агрономия

ТРУНОВ Юрий Викторович – д.с.-х.н., профессор, Всероссийский институт садоводства им. И.В. Мичурина

САВЕЛЬЕВ Николай Иванович – д.с.-. х.н., профессор, академик РАН

Ветеринария и Зоотехния

ЭНГОВАТОВ Василий Федорович – д.с.-х.н., главный научный сотрудник лаборатории технологии производства свинины ФГБНУ ВНИИТиН

КУРГУЗКИН Владимир Николаевич — д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории технологии производства молока и говядины ФГБНУ ВНИИТиН

ШУЛАЕВ Геннадий Михайлович — канд. с.-х. наук, зав. лабораторией технологии производства свинины ФГБНУ ВНИИТиН

Экономика и управление народным хозяйством (АПК и сельское хозяйство)

САЗОНОВ Сергей Николаевич — д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией использования производственных ресурсов в фермерских хозяйствах ФГБНУ ВНИИТиН

СОЛОПОВ Владимир Алексеевич— д-р эконом. наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе ФГБОУ ВПО МичГАУ

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», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЗАЗУЛЯ А.Н., НЕМТИНОВ К.В.
РЕШЕНИЕ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ ЗАДАЧ ПО СОЗДАНИЮ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 5
ZAZULYA A.N., NEMTINOV K.V.
DESIGN SOLUTIONS FOR CREATION OF SEEDING COMPLEXES USING SOFTWARE APPLICATIONS 6
НАГОРНОВ С.А., КОРНЕВ А.Ю., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В., ЕРОХИН И.В., МЕЩЕРЯКОВ А.Г.
СИНТЕЗ БИОДОБАВКИ К ДИЗЕЛЬНОМУ ТОПЛИВУ 15
NAGORNOV S.A., KORNEV A.JU., MESHERJAKOVA JU.V., EROKHIN I.V., MESHERJAKOV A.G.
THE DIESEL FUEL BIOADDITIV SYNTHESIS 16
АНАШКИН А.В.
ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ ЗЕРНА НА РАБОТУ ОВСЮЖНОГО ТРИЕРА 23
ANASHKIN A.V.
INFLUENCE OF FEED GRAIN SIZE TO WORK WILD OAT GRADER 23
ЗЫКИН Е.С., КУРДЮМОВ В.И., ЕРОШКИН А.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ГРЕБНЯ ПОЧВЫ ПРИ УХОДЕ ЗА ПОСЕВАМИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР 29
ZYKIN E.S., KURDJUMOV V.I., EROSHKIN A.V.
INVESTIGATION OF FORMATION PROCESS OF SECONDARY CREST SOIL AT CARE OF CROPS OF CULTIVATED CROPS 30
КУРДЮМОВ В.И., ИСАЕВ Ю.М., ШАРОНОВ И.А., ПРОШКИН В.Е., ЕГОРОВ А.С.
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО КАТКА 37
KURDJUMOV V.I., ISAEV JU.M., SHARONOV I.A., PROSHKIN V.E., EGOROV A.S.
RESEARCH ECCENTRIC RINK FOR TILLAGE 38
НАГОРНОВ С.А., РОМАНЦОВА С.В., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В., КОРНЕВ А.Ю.
СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И РАСЧЁТ ИНДЕКСОВ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ЛИПИДНОЙ ФРАКЦИИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ 45
NAGORNOV S.A., ROMANTSOVA S.V., MESHERJAKOVA JU.V., KORNEV A.JU.
SPECTRUM ANALYSIS AND CALCULATION OF INDICES REACTIVITY OF THE COMPONENTS OF THE LIPID FRACTION OF MICROALGAE 47
КУЗНЕЦОВ П.Н., КЛИМЕНТОВА Э.А., ДУБОВИЦКИЙ А.А.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕКЛОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОЧИСТИТЕЛЯ ОТ ВЛАЖНОЙ ПОЧВЫ, ВЫПОЛНЕННОГО В ВИДЕ ЩЕТКИ 59
KUZNECOV P.N., KLIMENTOVA E.A., DUBOVICKIY A.A.
EFFICIENCY OF USE OF BEET-GROWING MACHINERY WITH THE USE OF CLEANER FROM WET SOILS, MADE IN THE FORM BRUSH 60
ФИЛИППОВА О.Б., КИЙКО Е.И., МАСЛОВА Н.И.
ВЕСЕННЕ-ЛЕТНЕЕ ГРУППОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЕЛЯТ 66
FILIPPOVA O.B., KIYKO E.I., MASLOVA N.I.
SPRING-SUMMER GROUP CONTENT OF CALVES 67

УХАНОВ Д.А., РЫБЛОВ М.В., ХОХЛОВ А.Л.
УЛУЧШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛИ ЦПГ 72
UHANOV D.A., RYBLOV M.V., HOHLOV A.L.
IMPROVING OF AUTOMOBILE FUEL ECONOMY WITH THE DEPOSITION OF COATING ON CYLINDER-PISTON GROUP DETAILS 73
ЛЕВИН М.Ю., НАГОРНОВ С.А.
ФОРМАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ПРАКТИКЕ 81
LEVIN M.JU., NAGORNOV S.A.
ARCHITECTURE DESIGN ALGORITHM FORMALIZATION NEURAL NETWORKS IN PRACTICE 81

УДК 658.512:621.316.925.44

ЗАЗУЛЯ А.Н., НЕМТИНОВ К.В.

РЕШЕНИЕ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ ЗАДАЧ ПО СОЗДАНИЮ ПОСЕВНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Зазуля Александр Николаевич,
доктор технических наук, профессор, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, Ново-Рубежный пер., 28,
Тамбов, Российская Федерация, E-mail: viitin-adm@mail.ru

Немтинов Кирилл Владимирович,
аспирант, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, Ново-Рубежный пер., 28, Тамбов, Российская Федерация, E-mail: kir155@mail.ru

Реферат. *В работе рассматриваются вопросы построения автоматизированной информационной системы на базе известных программных сред, с помощью которой можно выбрать оптимальный вариант структуры посевного комплекса, выполнить механические расчеты, построить его 3D-модель и разработать чертежи для изготовления опытного образца. Разработанная информационная система включает в себя базу данных элементов посевных комплексов для различного ассортимента зерновых культур, и программное обеспечение, с помощью которого значительно упрощается процесс проектирования посевных комплексов для заданного ассортимента зерновых культур, типа почвы, технологии посева и тягового класса трактора. Для формализованного описания информационных массивов данных, необходимых для решения задачи проектирования посевных комплексов, создана структурированная база моделей: модели структуры посевных комплексов; моделей данных об их деталях и узлах. Для реализации информационно-логической модели поддержки принятия решений выбора структурной схемы узлов посевного комплекса использована программная среда экспертной системы CLIPS. При конструкторской разработке оригинальных узлов (например: рамы, зернового бункера, ковшового элеватора и т.п.) используются 2D-3D чертежные системы (AutoCAD и КОМПАС), а также система высокого уровня САПР для единого цикла «проектирование-производство»- программный комплекс Pro/ENGINEER. Механические расчеты для основных узлов проектируемого комплекса выполняются в соответствии с ГОСТ 26711-89, используя систему MathCad, позволяющую автоматизировать процедуру их реализации. Приводятся результаты апробации автоматизированной информационной системы на примере проектирования посевного комплекса для мелких зерновых культур.*

Ключевые слова: *информационное и программное обеспечение, система поддержки проектно-конструкторских решений, посевной комплекс для мелких зерновых культур, конструкторская разработка.*

ZAZULYA A.N., NEMTINOV K.V.
DESIGN SOLUTIONS FOR CREATION OF SEEDING COMPLEXES USING SOFTWARE APPLICATIONS

Zazulya Alexandr Nikolaevich
Doctor of Technical Sciences, Professor, Director, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture
, Novo-Rubezhnyj per., 28, Tambov, Russian Federation, E-mail: viitin-adm@mail.ru
Nemtinov Kirill Vladimirovich
Postgraduate student, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Novo-Rubezhnyj per., 28, Tambov, Russian Federation, E-mail: kir155@mail.ru

Abstract. *Questions of construction of the automated information system based on the well-known software environments are considered in this work. Choose optimal variant of structure of sowing complex, perform mechanical calculations, build its 3D-model and develop the drawings for the manufacture of the prototype is possible with it. The developed information system includes a database of elements of sowing complexes for different range of crops, and software, by which significantly simplifies the design process of sowing complexes for a given range of crops, soil type, crop technology and traction tractor class. Structured base models: the structure of sowing complexes; data models for their parts and components is created for formalized description of informational data sets required to address the design challenges of sowing complexes. For implementation of information and logical model of decision support choice of structural diagram sowing complex assemblies programming environment of expert CLIP system is used. 2D-3D drawing systems (AutoCAD and Compass), as well as a system of high-level CAD software for a single cycle of "design-production" - a program complex Pro / ENGINEER are used in the design development of original components (eg frame, grain hopper, bucket elevator, etc.). Mechanical calculations for the basic units of the projected complex are carried out in accordance with GOST 26711-89, using MathCad system to automate their implementation procedure. Results of approbation of an automated information system on the example of the design of the complex for small seed crops are given.*

Keywords*: information support and software, design support system, seeding complex for small grains, design development.*

Введение. Повышение эффективности технологического проектирования базируется на развитии новых форм представления и анализа технологической информации. Разработка систем информационного сопровождения процессов технологического проектирования, основанных на методах геометрического моделирования, методах создания и обслуживания объектно-ориентированных баз данных, а также методов распознавания и хранения образов, позволяет по-новому представлять и проектировать технические объекты сельскохозяйственного назначения.

Задача проектирования посевных комплексов относится к разряду многофакторных, одновременный учет которых представляет весьма сложную проблему, решение этой задачи следует искать путем разработки приемлемой для проектирования и отражающей реальное состояние производства формализованной методики, базирующейся на применении систем электронных графических каталогов, учитывающих конструктивные, технологические,

организационные и другие ограничения; а также базового и прикладного программного обеспечения.

При создании автоматизированных информационных систем (АИС) поддержки принятия решений для проектирования технологических комплексов сельскохозяйственного назначения в настоящее время используют технологии, которые позволяет в реальном времени управлять процессом решения прикладной задачи и представлять полученные результаты лицу, принимающему решения. Интерактивные системы производят операции над графическими данными по созданию геометрических моделей, расчету процессов визуализации моделей объектов и соответствующих параметров.

В данной работе рассматриваются вопросы построения АИС на базе известных программных сред, с помощью которой можно выбрать оптимальный вариант структуры посевного комплекса, выполнить механические расчеты, построить его 3D-модель и разработать чертежи для изготовления опытного образца.

Информационное обеспечение системы поддержки проектных решений. Предложенное авторами математическое обеспечение, на основе которого разработано программное обеспечение системы, представлено в следующих работах:

- технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов [1-3];
- процедура автоматизированного выбора типового узла или детали сельскохозяйственной техники [4].

Разработанная информационная система включает в себя базу данных элементов посевных комплексов для различного ассортимента зерновых культур, и программное обеспечение, с помощью которого значительно упрощается процесс проектирования посевных комплексов для заданного ассортимента зерновых культур, типа почвы, технологии посева и тягового класса трактора.

Для формализованного описания информационных массивов данных, необходимых для решения задачи проектирования посевных комплексов, нужно создать структурированную базу данных. Структура данных отображается совокупностью информационных моделей поддержки принятия решений. При их построении должны быть обеспечены требования нормализации данных, а сами модели должна быть представлены в каноническом виде. В данной работе рассматриваются вопросы создания базы моделей:

- модели структуры посевных комплексов;
- моделей данных об их деталях и узлах.

На этапе концептуального проектирования используется модель структуры посевного комплекса. Среди основных задач этапа можно выделить следующие задачи: определение совокупности функциональных узлов проектируемого комплекса, определение типов этих узлов, их количества и взаимного расположения.

Представим модель структуры в виде следующего кортежа [5, 6]:

$M_{пк} = < U, P >$,

где U – множество функциональных узлов посевного комплекса, из которого нужно выделить подмножества возможных узлов проектируемого комплекса; P - множество правил, определяющее наличие и количество функциональных узлов.

С помощью модели определения структуры посевного комплекса $M_{пк}$ можно реализовать: выбор из всего множества узлов проектируемого комплекса, только тех, которые необходимы для выполнения им функций; а также выбор типа каждого узла.

В основе модели структуры лежит И-ИЛИ дерево [7], отображающее функциональную связь множества функциональных узлов посевного комплекса. На рисунке 1 представлен фрагмент И-ИЛИ дерева для посевного комплекса. Оно определяет возможные структуры проектируемого комплекса.

Для поиска оптимальной структуры узлов, удовлетворяющих требованиям потребителя, необходимо располагать множеством правил, позволяющих выбирать эти узлы, которые можно разбить на группы:

1) правила, с помощью которых можно определить наличие узла в проектируемом комплексе. Эти правила позволят осуществить поиск по узлам "И" и сгенерировать структуру комплекса;

2) правила, позволяющие определить тип узла, входящего в комплекс. Эти правила позволят осуществить поиск по узлам "ИЛИ".

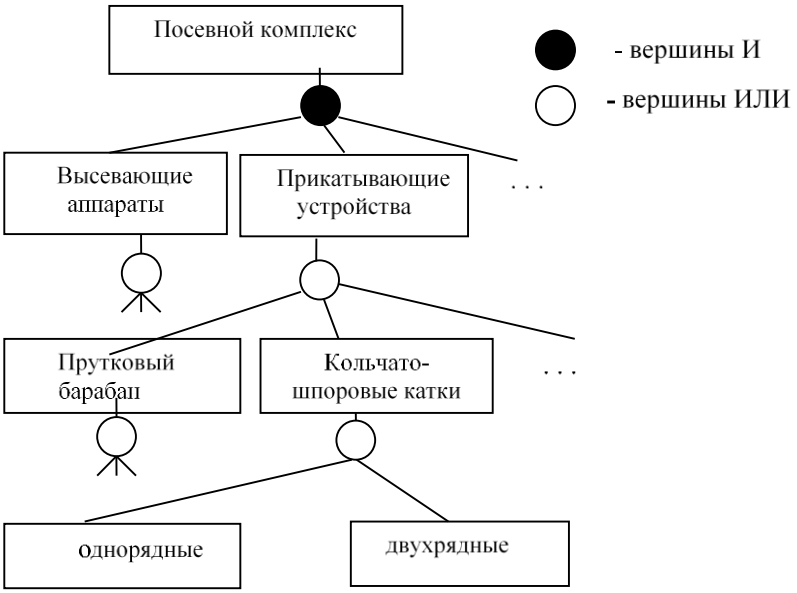


Рисунок 1 - Фрагмент И-ИЛИ дерева посевного комплекса

В качестве примера приведем ряд правил, с помощью которых можно сформировать функциональную структуру проектируемого посевного комплекса [1]:

- если (рама = «цельная» и тип бункера = «общий»), то дозирующее устройство = «катушечное, количество =1»;
- если (рама = «цельная» и тип бункера = «раздельный для четырех высевающих аппаратов»), то дозирующее устройство = «катушечное, количество =4»;
- …
- если (рама = «цельная» и тип бункера = «общий» и дозирующее устройство» = «катушечное, количество =1»), то транспортирующее устройство = «шнек»;
- если (рама = «цельная» и тип бункера = «общий» и дозирующее устройство = «катушечное, количество =1»), то транспортирующее устройство = «пневматическое»;
- если (рама = «цельная» и тип бункера = «общий» и дозирующее устройство = «катушечное, количество =1»), то транспортирующее устройство «элеваторное ковшовое»;
- …

- если («посевной материал» = «зерновые, мелкие» и «тип почвы»= «чер-нозем» и «рама»=«цельная» и «технология посева» = «минимальная» и («тяговый класс трактора»>=2 и «тяговый класс трактора»<=4)), то «высе-вающий аппарат» = «дисковые ножи» (самое низкое сопротивление, минимальное тяговое усилие);

- …

При создании моделей данных о деталях и узлах посевных комплексов и их физического хранения целесообразно использовать традиционную реляционную базу данных [8-9]. Нормализованную реляционную базу данных BD представим в следующем виде:

$$BD = \{D_1,...,D_i,...,D_I\}\ ,\ i = \overline{1,I}\ ;$$

$$D_i = \{pk_i, FK_i, \overline{D}_i\};$$

$$FK_i = \{fk_{i1},..,fk_{ij},...,fk_{iJ}\},\ j = \overline{1,J}\ ;$$

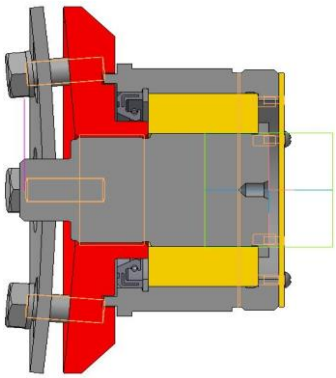
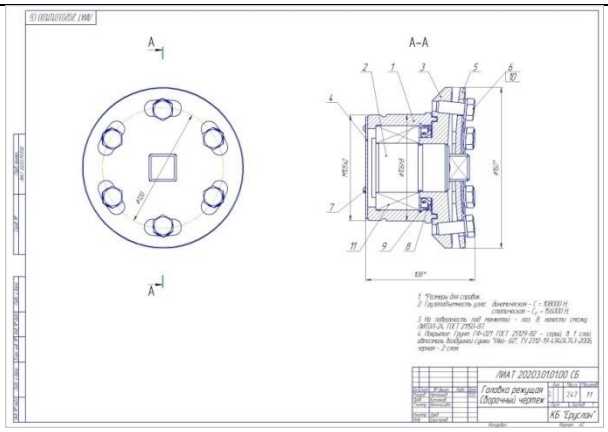
$$\overline{D}_i = \{\overline{d}_{i1},...,\overline{d}_{ik},...\overline{d}_{iK}\},\ k = \overline{1,K}\ ;$$

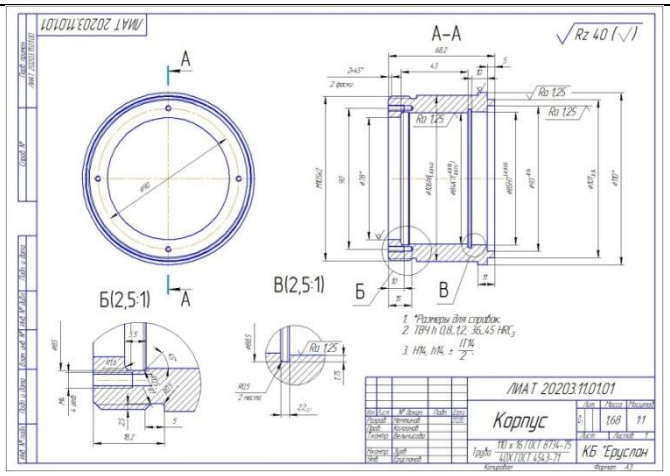
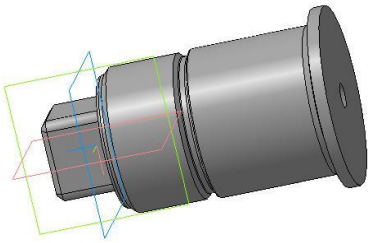
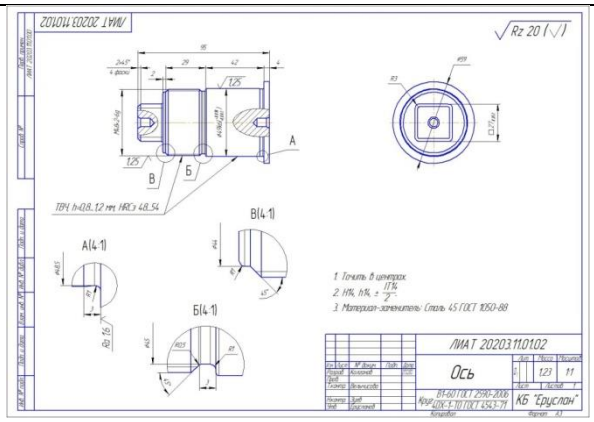
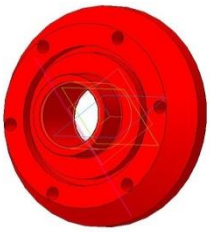
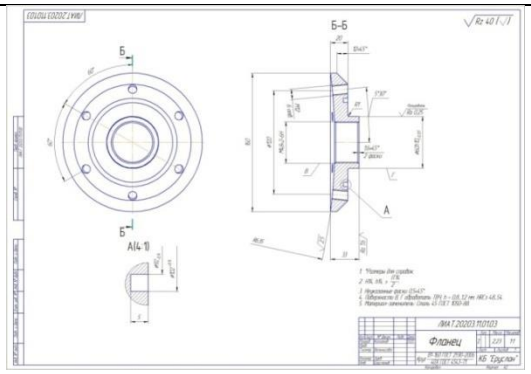
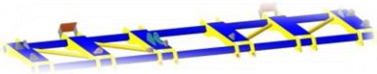
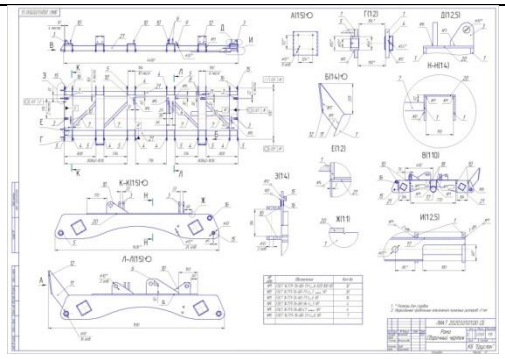
где D_i - i - тая таблица, n - количество таблиц в базе данных; pk_i - ключевой атрибут i - той таблицы; FK_i - множество атрибутов для внешних ключей; $\overline{D}_i$ - множество атрибутов данных.

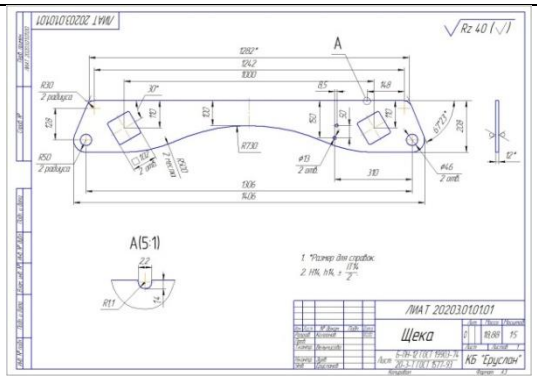
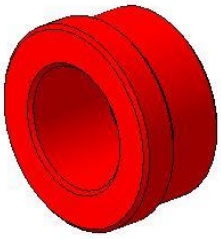
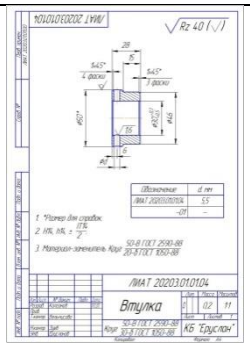
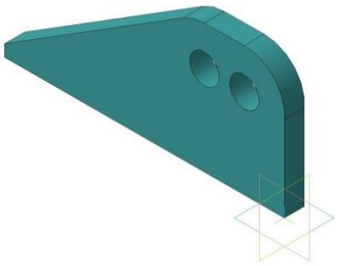
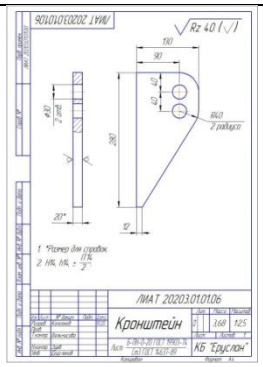
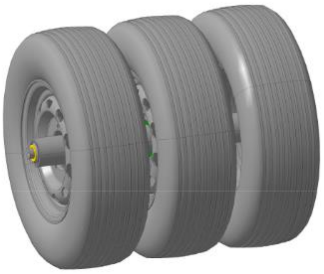
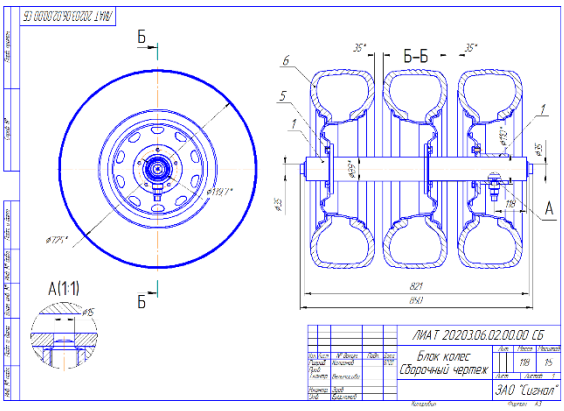
Для визуализации графических образов деталей и узлов посевных комплексов были созданы их 3D – модели и чертежи. В таблице приведен фрагмент базы моделей и чертежей деталей и узлов.

Для реализации информационно-логической модели поддержки принятия решений выбора структурной схемы узлов посевного комплекса нами использована программная среда экспертной системы *CLIPS*.

Таблица - Фрагмент базы моделей и чертежей деталей и узлов посевных комплексов

Наименование	3D- вид модели	Чертеж (общий вид)
Ступица режущего узла		

Наименование	3D- вид модели	Чертеж (общий вид)
Корпус режущего узла		
Ось режущего узла		
Фланец режущего узла		
Рама		

Наименование	3D- вид модели	Чертеж (общий вид)
Щека		
Втулка		
Кронштейн гидроцилиндра подъема сеялки		
Блок прикатывающих колес		

С помощью подсистемы, реализующей процедуру автоматизированного выбора типового узла или детали сельскохозяйственной техники [4] можно выбрать узлы или детали для проектируемого посевного комплекса, которые выпускаются промышленностью.

При конструкторской разработке оригинальных узлов (например: рамы, зернового бункера, ковшового элеватора и т.п.) используются 2D-3D чертежные системы [10, 11] (AutoCAD и

КОМПАС), а также система высокого уровня САПР для единого цикла «проектирование-производство»- программный комплекс Pro/ENGINEER.

Механические расчеты для основных узлов проектируемого комплекса выполняются в соответствии с ГОСТ 26711-89 [12], используя систему MathCad, позволяющую автоматизировать процедуру их реализации.

Апробация АИС была выполнена на примере проектирования посевного комплекса для мелких зерновых культур [1, 13] в ООО «КБ ЕРУСЛАН» и ФГБНУ «ВНИИТиН».

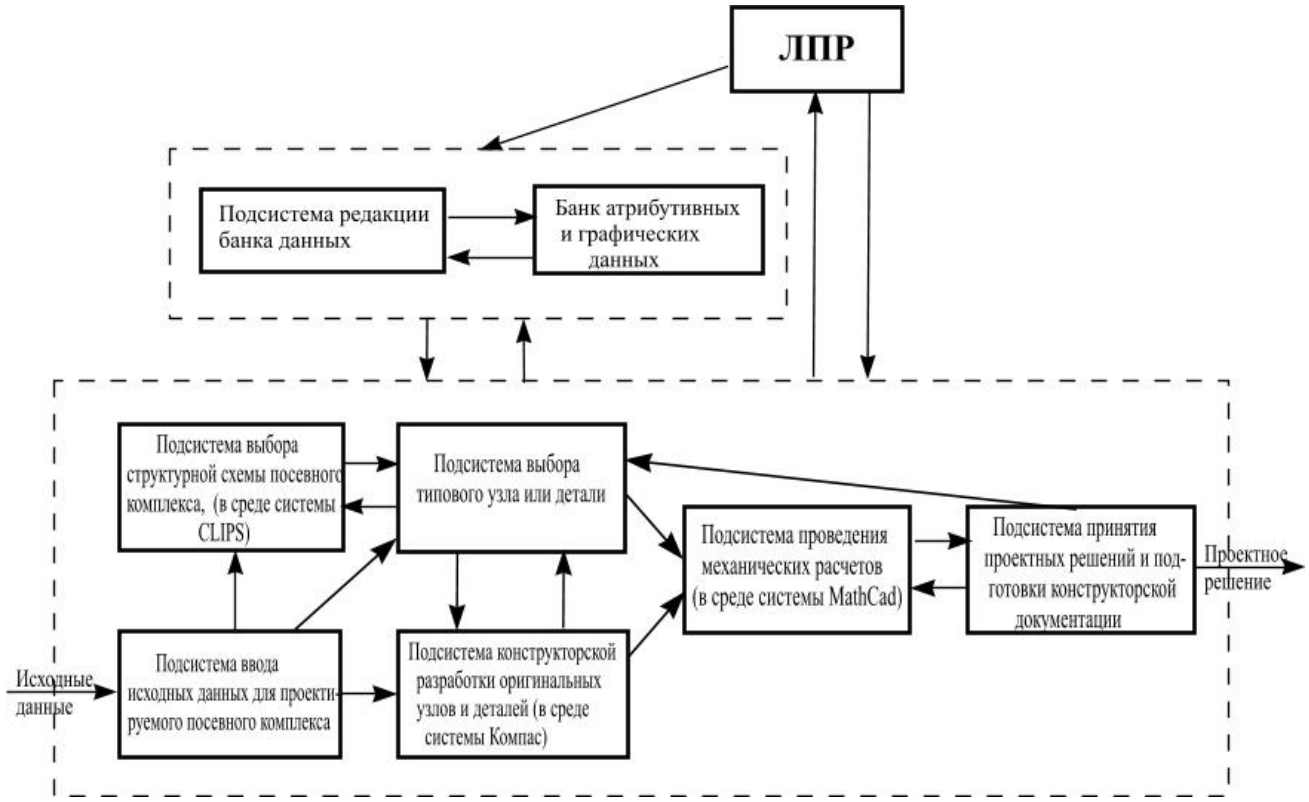


Рисунок 2 - Структура программного обеспечения информационной системы поддержки принятия решений при проектировании посевных комплексов

Выводы. Применение разработанного авторами информационного и программного обеспечения позволило:

1) обеспечить:

- повышение интеллектуализации обработки информации в области проводимых исследований;

- значительное снижение сроков и затрат на проектирование посевных комплексов;

- резкое уменьшение количества ошибок проектировщиков и их устранение на ранних этапах проектирования, обеспечение технологичности - удобства и легкости реализации процесса функционирования отдельных узлов и всего комплекса в целом;

2) разработать конструкцию посевного комплекса для мелких зерновых культур, для которого можно выделить следующие достоинства:

- сокращение расхода энергоресурсов за счет совмещения операций подготовки почвы, обработки, высева и прикатки почвы в одном устройстве;

- сокращение сроков посевных работ - нет разрыва между подготовкой и самим посевом;

-укладка семян на наиболее оптимальную глубину заделки семян, где формируется точка росы, сохранение исходных состояний капилляров, сохраняя природный подвод влаги из земли;

- возможность использования посевного комплекса в качестве культиватора и дискатора;

- использование большого количества типовых отечественных узлов и механизмов, выпускаемых промышленностью.

Список литературы

1. Немтинов К.В., Ерусланов А.К., Зазуля А.Н. Конструирование расчет посевного комплекса для мелких зерновых культур // Вестник АПК Ставрополья. 2015. № 1 (17). С. 50-54.

2. Немтинов К.В. Применение теории сложных систем при проектировании технологических комплексов // Управление большими системами: Материалы X Всероссийской школы-конф. (Уфа, 5-7 июля 2013 года). - Уфа: УГАТУ, 2013. Том 1. С. 267-270.

3. Немтинов К.В., Ерусланов А.К., Немтинов В.А. Технология автоматизированного синтеза сложных технологических комплексов // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2014. № 1 (153). С. 75-83.

4. Немтинов К.В. Зазуля А.Н., Ерусланов А.К. Автоматизация процесса выбора узла сельскохозяйственной техники комплексов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 10. С. 9-15.

5. Применение гиперграфов и реляционной базы данных для описания структуры радиотехнических систем / В.Г. Мокрозуб, В.А. Немтинов, С.Я. Егоров, С.В. Морозов // Успехи современной радиоэлектроники. 2009. № 11. С. 37-41.

6. Мокрозуб В.Г. Графовые структуры и реляционные базы данных в автоматизированных интеллектуальных информационных системах. М.: Издательский дом Спектр, 2011. 108 с.

7. Мокрозуб В.Г. Представление структуры изделий в информационных системах управления машиностроительными предприятиями // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2009. № 10(64). С. 30-34.

8. Применение n-ориентированных гиперграфов и реляционных баз данных для структурного и параметрического синтеза технических систем / В.Г. Мокрозуб, В.А. Немтинов, А.С.Мордвин, А.А. Илясов // Прикладная информатика. 2010. № 4 (28). С. 115-122.

9. Мокрозуб В.Г. Борисяк А.А., Лагутин Д.А. 77-30569/400027 описание структуры технических объектов с взаимозаменяемыми элементами // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 4. С. 20.

10. Опыт разработки электронной графической справочной системы по технологическому оборудованию и ее использование в учебном процессе / С.Я. Егоров, В.А. Немтинов, В.Г. Мокрозуб [и др.] // Информационные технологии. 1999. № 8. С. 35.

11. Автоматизированная информационная система поддержки проектных решений по компоновке промышленных объектов. Часть 2. Структура и функционирование системы / С.Я. Егоров, В.Г. Мокрозуб, В.А. Немтинов [и др.] // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. № 1. С. 33-39

12. ГОСТ 26711-89: Сеялки тракторные. Общие технические требования.- URL: https://standartgost.ru/b/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_26711-89 (дата обращения 15.10.2015).

13. Немтинов К.В. Особенности конструкции зернового бункера и ковшового элеватора посевного комплекса для мелких зерновых культур // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 4. С. 198-202.

References

1. Nemtinov K.V., Eruslanov A.K., Zazulya A.N. Konstruirovanie raschet posevnogo kompleksa dlja melkih zernovyh kul'tur // Vestnik APK Stavropol'ja. 2015. № 1 (17). S. 50-54.

2. Nemtinov K.V. Primenenie teorii slozhnyh sistem pri proektirovanii tehnologicheskih kompleksov // Upravlenie bol'shimi sistemami: Materialy H Vserossijskoj shkoly-konf. (Ufa, 5-7 ijulja 2013 goda). - Ufa: UGATU, 2013. Tom 1. S. 267-270.

3. Nemtinov K.V., Eruslanov A.K., Nemtinov V.A. Tehnologija avtomatizirovannogo sinteza slozhnyh tehnologicheskih kompleksov // Informacionnye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2014. № 1 (153). S. 75-83.

4. Nemtinov K.V. Zazulya A.N., Eruslanov A.K. Avtomatizacija processa vybora uzla sel'skohozjajstvennoj tehniki kompleksov // Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij. 2014. № 10. S. 9-15.

5. Primenenie gipergrafov i reljacionnoj bazy dannyh dlja opisanija struktury radiotehnicheskih sistem / V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, S.Ja. Egorov, S.V. Morozov // Uspehi sovremennoj radiojelektroniki. 2009. № 11. S. 37-41.

6. Mokrozub V.G. Grafovye struktury i reljacionnye bazy dannyh v avtomatizirovannyh intellektual'nyh informacionnyh sistemah. M.: Izdatel'skij dom Spektr, 2011. 108 s.

7. Mokrozub V.G. Predstavlenie struktury izdelij v informacionnyh sistemah upravlenija mashinostroitel'nymi predprijatijami // Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij. 2009. № 10(64). C. 30-34.

8. Primenenie n-orientirovannyh gipergrafov i reljacionnyh baz dannyh dlja strukturnogo i parametricheskogo sinteza tehnicheskih sistem / V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov, A.S.Mordvin, A.A. Iljasov // Prikladnaja informatika. 2010. № 4 (28). S. 115-122.

9. Mokrozub V.G. Borisjak A.A., Lagutin D.A. 77-30569/400027 opisanie struktury tehnicheskih ob#ektov s vzaimozamenjaemymi jelementami // Nauka i obrazovanie: nauchnoe izdanie MGTU im. N.Je. Baumana. 2012. № 4. S. 20.

10. Opyt razrabotki jelektronnoj graficheskoj spravochnoj sistemy po tehnologicheskomu oborudovaniju i ee ispol'zovanie v uchebnom processe / S.Ja. Egorov, V.A. Nemtinov, V.G. Mokrozub [i dr.] // Informacionnye tehnologii. 1999. № 8. S. 35.

11. Avtomatizirovannaja informacionnaja sistema podderzhki proektnyh reshenij po komponovke promyshlennyh ob#ektov. Chast' 2. Struktura i funkcionirovanie sistemy / S.Ja. Egorov, V.G. Mokrozub, V.A. Nemtinov [i dr.] // Informacionnye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve. 2010. № 1. S. 33-39

12. GOST 26711-89: Sejalki traktornye. Obshhie tehnicheskie trebovanija. URL: https://standartgost.ru/b/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_26711-89 (data obrashhenija 15.10.2015).

13. Nemtinov K.V. Osobennosti konstrukcii zernovogo bunkera i kovshovogo jelevatora posevnogo kompleksa dlja melkih zernovyh kul'tur // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 4. S. 198-202.

УДК 662.758.2

НАГОРНОВ С.А., КОРНЕВ А.Ю., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В., ЕРОХИН И.В., МЕЩЕРЯКОВ А.Г.

СИНТЕЗ БИОДОБАВКИ К ДИЗЕЛЬНОМУ ТОПЛИВУ

Нагорнов Станислав Александрович,
доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, Ново-Рубежный пер., 28, Тамбов, Российская Федерация, E-mail: snagornov@yandex.ru

Корнев Алексей Юрьевич
кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, Ново-Рубежный пер., 28, Тамбов, Российская Федерация, E-mail: vniitinlab7@ yandex.ru

Мещерякова Юлия Владимировна
младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, Ново-Рубежный пер., 28, Тамбов, Российская Федерация, E-mail: yulya-belova@yandex.ru

Ерохин Игорь Вячеславович
младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, Ново-Рубежный пер., 28, Тамбов, Российская Федерация. E-mail: erokhin_iv068@mail.ru

Мещеряков Александр Геннадьевич
аспирант, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, Ново-Рубежный пер., 28, Тамбов, Российская Федерация. E-mail: alex_mec@bk.ru

Реферат. *В настоящее время на требования к горюче-смазочным материалам большее влияние оказывают энергетические, экологические, технологические факторы. Свойства современных топлив сильно зависят от действия присадок и добавок, вносимых в них при производстве или использовании. Добавление биодизельного топлива способствует улучшению экологических и эксплуатационных свойств дизельного топлива, что важно при эксплуатации сельскохозяйственной техники. В статье приводятся результаты исследований по получению биодобавки на основе растительного масла и топливных композиций с ее использованием в количестве от 5 до 40%. Синтез добавки проводился по инновационной технологии с использованием вихревых труб на специально разработанной опытно-промышленной установке. Её главной особенностью является инновационный биореактор, который представляет собой вихревое устройство, где происходит интенсивное перемешивание реагентов за счет взаимодействия двух вихрей. При помощи хроматографического анализа зафиксировано изменение состава топливной композиции в зависимости от количества добавки. Проведены испытания смесевого дизельного топлива на тракторе ЮМЗ Л6. Установлено изменение тягово-скоростных и топливно-экономических показателей дизеля при нагрузке в полевых условиях, а также дымности и токсичности*

отходящих газов. Сравнительные испытания смесевых топливных композиций показали снижение дымности отработавших газов по сравнению с нефтяным топливом без добавки, уменьшение выбросов оксидов азота, углерода и несгоревших углеводородов. Результаты проведенных исследований подтверждают возможность использования в дизелях биодобавок, получаемых из растительных масел. При этом тягово-скоростные и топливно-экономические показатели не изменяются, а экологические показатели улучшаются.

***Ключевые слова**: биодобавка, биотопливо, дизельное топливо, дымность, отработанные газы, токсичность, смесевое топливо, хроматограмма.*

NAGORNOV S.A., KORNEV A.JU., MESHERJAKOVA JU.V., EROKHIN I.V., MESHERJAKOV A.G.

THE DIESEL FUEL BIOADDITIV SYNTHESIS

Nagornov Stanislav Alexandrovich,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, Deputy director for scientific work, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation. E-mail: snagornov@yandex.ru

Kornev Alexey Yurievich
candidate of technical Sciences, leading researcher All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation. E-mail: vniitinlab7@ yandex.ru

Mesheryakova Julia Vladimirovna
junior researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation. E-mail: yulya-belova@yandex.ru

Erokhin Igor Vyacheslavovich
junior researcher, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation E-mail: erokhin_iv068@mail.ru

Mesheryakov Alexander Gennadievich
postgraduate student, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation E-mail: alex_mec@bk.ru

***Abstract.** Energy, environmental and technological factors exert great impact on the requirements for fuels and lubricants now. The properties of modern fuels are strongly dependent on the action of additives and additive introduced therein during manufacture or use. Addition of biodiesel fuel helps to improve environmental and performance properties of the diesel fuel, which is important in the operation of agricultural machinery. Results of research on the production bio additives based on vegetable oil and fuel compositions and its use in an amount of from 5 to 40% are given in article. Synthesis of bio additives was carried out on innovative technology using vortex tubes on a specially designed pilot plant. Its main feature is the innovative bioreactor, which is a vortex device where there is intense mixing of the reactants due to the interaction two vortices. Changing composition of the fuel composition is fixed depending on the amount of additive using chromatographic analysis. Test mix diesel fuel carried on a tractor UMZ L6. Changing towing speed and fuel-economic performance of a diesel engine with a load in the field, as well as smoke and the toxicity of exhaust gases is found. Comparative tests of mixed fuel compositions showed a decrease in the exhaust gas smoke compared to fuel oil without additives, reduction of emissions of oxides of nitrogen, carbon, and unburned hydrocarbons. The results of these studies support the use of*

biological additives in diesel engines, obtained from vegetable oils. In this case towing speed and fuel-economic indicators are not changed, and environmental performance are improved.

Keywords: *Supplement, biofuel, diesel fuel, smoke, exhaust gases, toxicity, mixed fuel, the chromatogram*

Введение. Качество применяемого топлива – один из важнейших факторов, влияющих на эффективность использования нефтепродуктов в сельскохозяйственной технике. Одним из перспективных направлений улучшения экологических и противоизносных свойств топлива признано использование добавок на основе возобновляемого сырья [1 – 13]. Источниками для получения таких добавок могут служить различные масленичные культуры или микроводоросли. Важное значение имеет технология синтеза добавок, определяющая полноту переработки сырья, временные затраты и энергоемкость процесса.

Методика исследований. Биодобавку получали путем проведения реакции метанолиза растительного масла в присутствии гомогенного катализатора в реакторе вихревого типа. Для получения смесевого дизельного топлива использовали роторный аппарат. Определение состава топлив проводили хроматографическим методом. Испытания полученного смесевого топлива (топливной композиции – ТК) проводили на тракторе ЮМЗ Л6 с двигателем марки Д–65Н. Количество биодобавки составляло соответственно 5 %, 10 %, 20 %, 40 %. Осуществляли измерения тягово-скоростных и топливно-экономических показателей при нагрузке в полевых условиях, а также дымности и токсичности отходящих газов.

Результаты и обсуждение. Получение биодобавки осуществляли на установке, схема которой представлена на рисунке 1. Главной особенностью установки является инновационный биореактор, который представляет собой вихревое устройство, где происходит интенсивное перемешивание реагентов за счет взаимодействия двух вихрей, перемещающихся вдоль продольной оси устройства навстречу друг другу – периферийного, вращающегося по закону потенциального вихря, и приосевого, вращающегося по закону квазитвердого тела [14 – 15]. Установка состоит из емкости для спирта/алкоголята (1), емкости предварительного смешивания (2), инновационного биореактора (3), емкости нейтрализации (4), емкости для кислоты (5), промывочной емкости (6), емкости выпаривания (7), компрессора (8), насосов Н1 – Н8, электроклапанов 1-14, счетчиков с импульсным выходом С1-С9, кранов К1-К25.

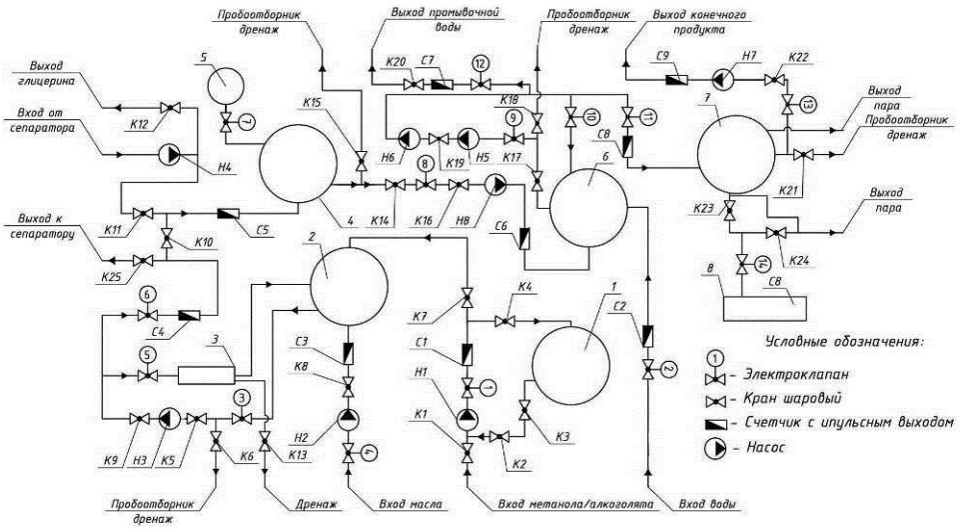


Рисунок 1 - Принципиальная схема установки

Хроматографический анализ полученной добавки (рисунок 2) показал практически полное соответствие количественному и качественному составу исходного масла [8, 16], жирнокислотный состав которого представлен, в основном, олеиновой, линолевой, линоленовой, бегеновой и эруковой кислотами.

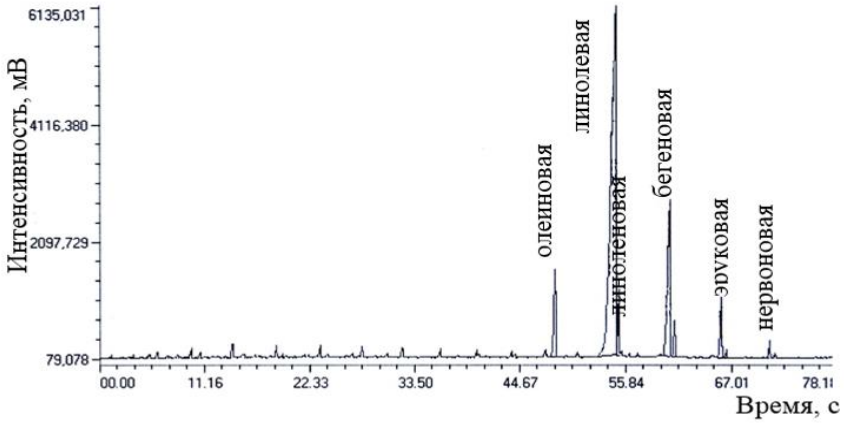


Рисунок 2 – Хроматограмма полученного биодизельного топлива

Результаты исследований углеводородного состава товарного дизельного топлива, на основе которого получали смесевые топливные композиции, показали (рисунок 3), что суммарное содержание н-парафиновых углеводородов от гексана (C_6H_{14}) до пентакозана ($C_{25}H_{52}$) в дизельном топливе составило 16,8 %. Основная масса н-парафиновых углеводородов (более 75 %) в летнем топливе приходилась на углеводороды с 10 – 25 атомами углерода в молекуле.

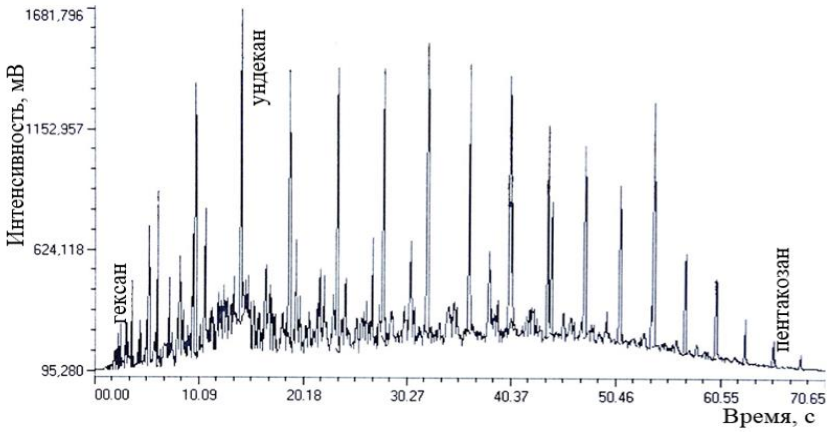


Рисунок 3 - Хроматограмма летнего дизельного топлива

Характерной особенностью хроматограммы является наличие области вначале резко возрастающих, а затем постепенно убывающих пиков – содержания углеводородов в дизельном топливе, т.е. имеется своеобразный максимум содержания углеводородов с постепенным снижением его количества. Максимум приходился на ундекан ($C_{11}H_{24}$).

При внесении 5% биодобавки в дизельное топливо на хроматограмме появляются характерные для эфиров кислотные остатки. Число пиков уменьшается, что свидетельствует об изменении состава смесевого топлива (рисунок 4).

По мере дальнейшего увеличения содержания биодобавки до 20 % наблюдается уменьшение характерных пиков и максимумов на хроматограмме (рисунок 5).

Количество пиков уменьшается, и они ниже по сравнению с товарным дизельным топливом. Указанная тенденция сохраняется и при увеличении количества добавки до 40 %. При этом наблюдается снижение количества легких фракций с 34 % до 18 % и рост высококипящих соединений до 72% (рисунок 6).

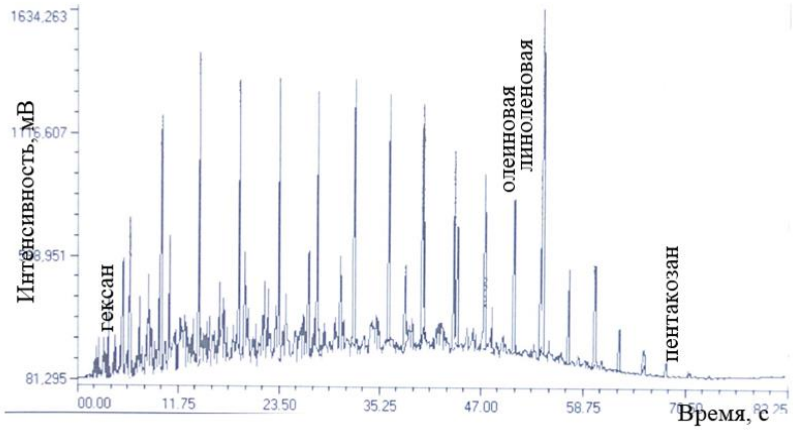


Рисунок 4 - Хроматограмма дизельного топлива и 5% биодобавка

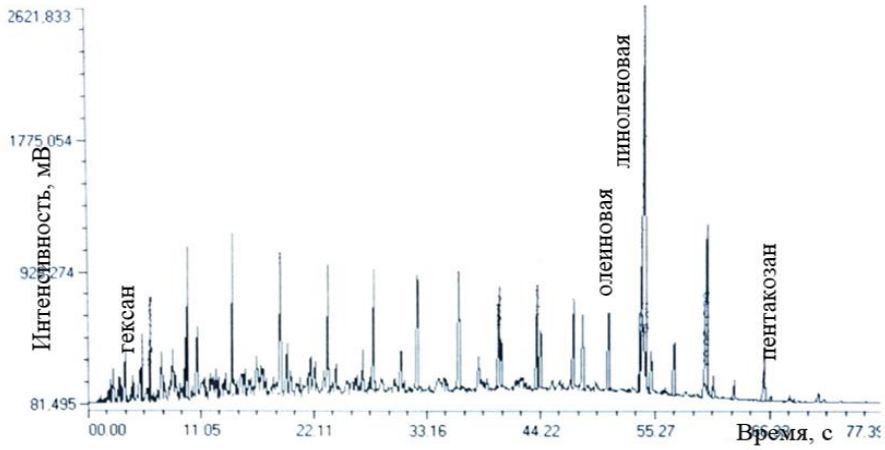


Рисунок 5 - Хроматограмма дизельного топлива и 20% биодобавка

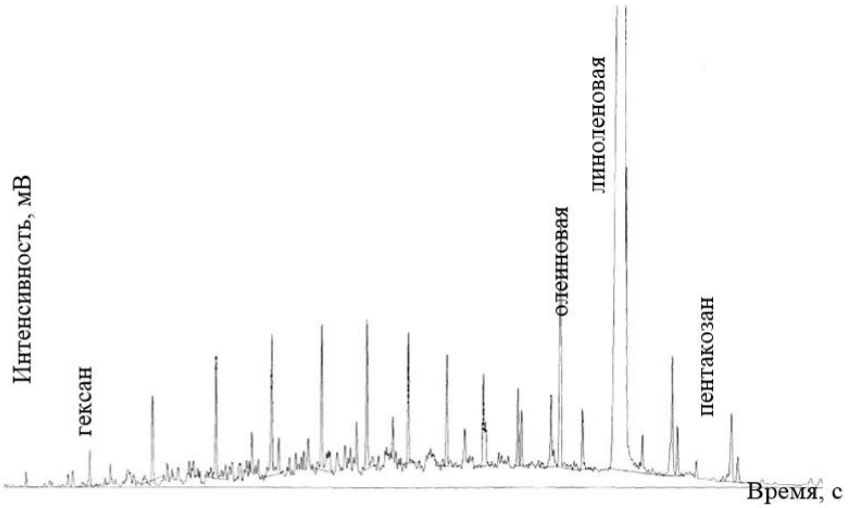


Рисунок 6 - Хроматограмма дизельного топлива и 40% биодобавка

Как показали результаты сравнительных наблюдений при испытании трактора на разных видах топлива, существенной разницы тягово-скоростных и топливно-экономических показателей не наблюдается (таблица 1).

Таблица 1 – Изменение тягово-скоростных и топливно-экономических показателей работы двигателя Д-65Н на исследуемых топливных композициях

Показатель	Виды топлива				
	ДТ	ТК №1	ТК №2	ТК №3	ТК №4
Расход топлива л/ч	5,4	5,4	5,92	5,4	5,4
Усилие на крюке, кН	9,19	9,19	9,19	9,19	9,19
Средняя скорость, км/ч	7,2	7,15	7,05	7,09	7,1
Мощность на крюке, кВт	66,2	65,7	64,7	65,2	65,6
Удельный часовой расход топлива, л/(кВт·ч)	0,082	0,082	0,091	0,083	0,085
Условный тяговый КПД	0,86	0,85	0,84	0,85	0,85

Вместе с тем, дымность отработанных газов всех топливных композиций не превышает допустимые нормы по ГОСТ 17.2.2.02-98. По мере увеличения количества биодобавки в топливной композиции дымность, токсичность отработанных газов снижаются по сравнению с нефтяным дизельным топливом. Самые низкие показатели зафиксированы при использовании топливной композиции, содержащей 40 % биодобавки (таблица 2).

Таблица 2 – Изменение экологических показателей работы двигателя Д-65Н на исследуемых топливных композициях

Показатель	Виды топлива				
	ДТ	ТК №1	ТК №2	ТК №3	ТК № 4
Дымность, *N*, % $k^{м-1}$	 56 1,90	 53 1,75	 53 1,80	 50 1,64	 47 1,50
CO, %	0,60	0,50	0,49	0,48	0,45
CH, %	0,0017	0,0015	0,0015	0,0014	0,0012

Выводы. В процессе исследований установлено, что на разных видах смесевых топливах, полученных из товарного летнего дизельного топлива внесением биодобавки на основе продуктов метанолиза растительного масла, существенной разницы тягово-скоростных и топливно-экономических показателей не наблюдается. В тоже время, с увеличением количества биодобавки в смесевом топливе пропорционально улучшаются экологические показатели работы двигателя – снижается дымность, содержание несгоревших углеводородов и оксида углерода.

Список литературы

1. Зазуля А.Н. Роль и задачи ВНИИТиН в развитии сельскохозяйственного производства // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 6. С. 2-3.

2. Нагорнов С.А., Зазуля А. Н., Романцова С. В. Система менеджмента качества в нефтехозяйствах АПК // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 6. С. 3-5.

3. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А. Культивирование микроводоросли хлорелла с целью получения биотоплива // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. 2012. № 12. С. 33-36.

4. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А. Получение биодизельного топлива из микроводорослей // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 10. С. 3-5.

5. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А., Ерохин И.В. Улучшение свойств дизельного топлива за счет применения биодобавок // Инновации и инвестиции. 2015. № 9. С. 186-187.

6. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А.Исследование условий культивирования микроводоросли хлорелла в трубчатом фотобиореакторе // Вестник ТГТУ. 2015. Т. 21. № 4. С. 653-659.

7. Математическое моделирование процесса экстракции растительного сырья / Ю.В. Мещерякова, С.А. Нагорнов, В.А. Лузгачев, А.Г. Мещеряков // Наука в центральной России. 2015. № 6. С. 40-48.

8. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А., Романцова С.В. Экстракция и анализ липидов из растительного сырья для получения биодизельного топлива // Наука в центральной России. 2015. № 6. С. 33-40.

9. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А., Мещеряков А.Г. Экспериментальное исследование работы дизельного двигателя на смесевом топливе // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 1. С. 9-11.

10. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А. Получение сырья для биодизельного топлива на основе масла микроводоросли хлорелла // Инновации в сельском хозяйстве. 2013. № 3 (5). С. 39-41.

11. Мещерякова Ю.В., Нагорнов С.А., Ерохин И.В. Накопительное культивирование микроводоросли хлорелла в закрытом фотобиореакторе // Наука в центральной России. 2015. № 2 (14). С. 92-100.

12. Чернова Н.И., Киселёва С.В. Биотопливо из водорослей: технологии, продуктивность, перспективы // Энергия: экономика, техника, экология. 2014. № 8. С. 24-32.

13. Мещерякова Ю.В. Технология получения биодизельного топлива из биомассы микроводоросли // Наука в центральной России. 2013. № 3. С. 76-79.

14. Павлов С.С., Колмаков Н.А. Экспериментальное исследование изменения температуры потоков в вихревой трубе // Инновации в сельском хозяйстве. М.: Изд-во ВИЭСХ. 2013. № 2. С. 75-78.

15. Экспериментальное исследование температурного разделения трубки ранка с рубашкой охлаждения / А.Н. Зазуля, С.А. Нагорнов, С.С. Павлов, М.Ю. Левин // Актуальные научные разработки: сб. тр. конф. София. (17 – 25 января 2012 г.). - Болгария, 2012.

16. Извлечение и анализ липидов из биомассы микроводорослей хлорелла / С.А. Нагорнов, Ю.В. Мещерякова, В.М. Дмитриев, А.П. Ликсутина, И.В. Ерохин // Наука в центральной России. 2015. № 3. С. 11-17.

References

1. Zazulya A.N. Rol' i zadachi VNIITiN v razvitii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva // Tehnika v sel'skom hozjajstve. 2012. № 6. S. 2-3.

2. Nagornov S.A., Zazulya A. N., Romancova S. V. Sistema menedzhmenta kachestva v neftehozjajstvah APK // Tehnika v sel'skom hozjajstve. 2012. № 6. S. 3-5.

3. Mesherjakova Ju.V., Nagornov S.A. Kul'tivirovanie mikrovodorosli hlorella s cel'ju poluchenija biotopliva // Voprosy sovremennoj nau-ki i praktiki. Universitet imeni V.I. Vernadskogo. 2012. № 12. S. 33-36.

4. Mesherjakova Ju.V., Nagornov S.A. Poluchenie biodizel'nogo topliva iz mikrovodoroslej // Traktory i sel'hozmashiny. 2015. № 10. C. 3-5.

5. Mesherjakova Ju.V., Nagornov S.A., Erohin I.V. Uluchshenie svojstv dizel'nogo topliva za schet primenenija biodobavok // Innovacii i investicii. 2015. № 9. S. 186-187.

6. Mesherjakova Ju.V., Nagornov S.A.Issledovanie uslovij kul'tivirovanija mikrovodorosli hlorella v trubchatom fotobioreaktore // Vestnik TGTU. 2015. T.21. № 4. S. 653-659.

7. Matematicheskoe modelirovanie processa jekstrakcii rastitel'nogo syr'ja / Ju.V. Mesherjakova, S.A. Nagornov, V.A. Luzgachev, A.G. Mesherjakov // Nauka v central'noj Rossii. 2015. № 6. S. 40-48.

8. Mesherjakova Ju.V., Nagornov S.A., Romancova S.V. Jekstrakcija i analiz lipidov iz rastitel'nogo syr'ja dlja poluchenija biodizel'nogo topliva // Nauka v central'noj Rossii. 2015. № 6. S. 33-40.

9. Mesherjakova Ju.V., Nagornov S.A., Mesherjakov A.G. Jeksperimental'noe issledovanie raboty dizel'nogo dvigatelja na smesevom toplive // Traktory i sel'hozmashiny. 2016. № 1. C. 9-11.

10. Mesherjakova Ju.V., Nagornov S.A. Poluchenie syr'ja dlja biodizel'nogo topliva na osnove masla mikrovodorosli hlorella // Innovacii v sel'skom hozjajstve. 2013. № 3 (5). S. 39-41.

11. Mesherjakova Ju.V., Nagornov S.A., Erohin I.V. Nakopitel'noe kul'tivirovanie mikrovodorosli hlorella v zakrytom fotobioreaktore // Nauka v central'noj Rossii. 2015. № 2 (14). S. 92-100.

12. Chernova N.I., Kiseljova S.V. Biotoplivo iz vodoroslej: tehnologii, produktivnost', perspektivy // Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija. 2014. № 8. S. 24-32.

13. Mesherjakova Ju.V. Tehnologija poluchenija biodizel'nogo topliva iz biomassy mikrovodorosli // Nauka v central'noj Rossii. 2013. № 3. S. 76-79.

14. Pavlov S.S., Kolmakov N.A. Jeksperimental'noe issledovanie izmenenija temperatury potokov v vihrevoj trube // Innovacii v sel'skom hozjajstve. M.: Izd-vo VIJeSH. 2013. № 2. S. 75-78.

15. Jeksperimental'noe issledovanie temperaturnogo razdelenija trubki ranka s rubashkoj ohlazhdenija / A.N. Zazulya, S.A. Nagornov, S.S. Pavlov, M.Ju. Levin // Aktual'nye nauchnye razrabotki: sb. tr. konf. Sofija. (17 – 25 janvarja 2012 g.). - Bolgarija, 2012.

16. Izvlechenie i analiz lipidov iz biomassy mikrovodoroslej hlorella / S.A. Nagornov, Ju.V. Mesherjakova, V.M. Dmitriev, A.P. Liksutina, I.V. Erohin // Nauka v central'noj Rossii. 2015. № 3. S.11-17.

УДК 631.303

АНАШКИН А.В.

ВЛИЯНИЕ ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ ЗЕРНА НА РАБОТУ ОВСЮЖНОГО ТРИЕРА

Анашкин Александр Витальевич,
кандидат технических наук, заведующий лабораторией, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, Ново-Рубежный пер., 28, Тамбов, Российская Федерация
E-mail: av-anashkin@mail.ru

Реферат. *Существует ряд ограничений для применения триерных блоков, входящих в состав технологий по очистке зерна в условиях производства сельскохозяйственной продукции. Одно из них связано с невозможностью обеспечения высокого качества процесса триерной сепарации при отклонении от оптимальной подачи зерносмеси в ячеистые цилиндры, величина которой существенно зависит от режимных параметров работы триера. В статье представлено стендовое оборудование для исследований процесса сепарации зерносмесей ячеистыми поверхностями, которое позволяет установить динамику выделения частиц короткой примеси и основной культуры из зерносмесей по длине ячеистого цилиндра, а также определять параметры сформированного внутри триерного цилиндра зернового слоя. Длина зернового слоя внутри овсюжного цилиндра характеризует наличие и величину участка незадействованной ячеистой поверхности, что определяет качество работы овсюжного цилиндра. Определение характеристик сформированного слоя осуществлялось при помощи оригинального прибора для измерения толщины слоя сыпучих материалов в технологических емкостях ограниченного объема. Прибор позволяет определять толщину слоя сыпучего материала в заданных сечениях сформированного клина по всей длине ячеистого цилиндра или приемного лотка стенда для исследований ячеистых поверхностей. Кроме того прибор позволяет контролировать расстояние от выгрузного торца ячеистого цилиндра до контролируемого сечения зернового клина. Установлен характер влияния величины подачи пшеницы на параметры зернового слоя внутри овсюжного цилиндра во взаимосвязи с частотой его вращения. Установлена взаимосвязь между толщиной слоя зерна в приемном лотке и размерными характеристиками сформированного зернового слоя внутри овсюжного цилиндра.*

Ключевые слова: *триер, овсюжный цилиндр, зерносмесь, подача зерна, слой зерна, параметры.*

ANASHKIN A.V.

INFLUENCE OF FEED GRAIN SIZE TO WORK WILD OAT GRADER

Anashkin Alexander Vitalyevich
Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory, All-Russian Scientific Research Institute of Use of Technics and Oil Produkts in Agriculture, Novo-Rubezhnyj per., 28, Tambov, Russian Federation, E-mail: av-anashkin@mail.ru

Abstract. *There is a row of limitations for application of trieur entering in the complement of technologies on cleaning of grain in the conditions of production of agricultural goods. The use of*

grain graders available as part of grain cleaning technologies in the context of agricultural producers, has a number of limitations. One of them is due to the inability of providing high quality cleaning process when the deviation from the optimal feed grain mixture in mesh cylinders, the value of which substantially depends on the regime parameters of grain grader. The article presents bench-scale equipment for research of process of separation of grain mixtures of cellular surfaces, which enables the identification of the dynamics of excretion of the particles of impurities and short main culture of the compounds along the length of the wire mesh cylinder, and to determine the parameters formed within the cylinder the grain layer. The length of the grain layer inside the cylinder for removing long impurities, characterizes the size of the area of the free surface mesh that defines the quality of the cylinder for removing long impurities. The characterization of the formed layers was carried out using an original device to measure the thickness of the layer of granular materials in process vessels of limited volume. The device allows determining the thickness of the layer of granular material in predetermined sections of the wedge formed along the entire length of the wire mesh cylinder or tray of the stand for research of cellular surfaces. Additionally, the device allows controlling the distance from the unloading end of the mesh cylinder to a controllable section of a grain wedge. The nature of the supply amount of influence on the parameters of wheat grain layer in wild oat grader and depending on the frequency of its rotation. The relationship between the thickness of the layer of grain in the receiving tray and dimensional characteristics of the grain layer formed inside the wild oat grader.

Keywords: *grain grader, wild oat grader, a mixture of grains, feed grains, grain layer, parameters.*

Введение. Актуальность исследований, направленных на совершенствование процесса триерной очистки обусловлена, с одной стороны, высокими требованиями к качеству посевного материала по содержанию сорных и зерновых примесей, которые в ряде случаев невозможно обеспечить без применения триерных блоков. С другой стороны, отсутствием возможности эффективного управления потоками зерна в существующих триерных блоках зерноочистительных технологий. Цель исследования – повышение качества триерной сепарации зерносмесей.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования процесса формирования зернового слоя в овсюжном триерном цилиндре при различных режимах его работы проводились с помощью разработанного нами стенда [1, 2, 3] для исследований ячеистых поверхностей (рисунок 1а). Параметры сформированного внутри цилиндра зернового слоя определялись с помощью прибора [4, 5] для измерения толщины слоя сыпучих материалов в технологических емкостях, рисунок 1б. В качестве рабочей среды использовалась зерносмесь: пшеница – овес.

а) б)

Рисунок 1 – Экспериментальное оборудование для исследований ячеистых поверхностей

Результаты и обсуждение. В технологическом процессе очистки зерна и, особенно, подготовки семенного материала триерная очистка зерносмесей занимает особое место. Без этой операции невозможно добиться высокого качества зерна и семян при наличии в зерновом ворохе трудноотделимых сорных примесей, имеющих сопоставимые размеры поперечных сечений и аэродинамические характеристики с частицами основной культуры. Кроме того, ячеистые поверхности позволяют выделить колотые и недоразвитые зерна, что крайне важно при подготовке высококачественного семенного материала.

Известно, что качество процесса триерной очистки в значительной степени зависит от величины подачи зернового материала на ячеистую поверхность триерного цилиндра [6…9]. Причем установлено, что оптимальная подача зерна для кукольного и овсюжного цилиндров различается. Согласно паспорту триерного блока ЗАВ–10.90.000А производительность (при последовательной схеме работы) при очистке пшеницы влажностью 16% и засоренностью 5% составляет 10 т/ч, паспортная производительность приставки триерной ПТ–600 на той же среде составляет 8 т/ч.

Загрузку триерного блока рекомендуют определять по работе овсюжных цилиндров. Подача должна быть наибольшей, но исключающей сход зерна основной культуры с длинными примесями. При этом, если подача зерна избыточна, то будут потери полноценного зерна сходом вместе с длинными примесями, что недопустимо. Если величина загрузки цилиндра недостаточна, то на незагруженном участке ячеистой поверхности происходит хаотичное движение частиц длинной примеси, которые, ударяясь о края незаполненных ячеек вращающегося цилиндра, подбрасываются на различную высоту. При этом велика вероятность забрасывания частиц длинной примеси в приемный лоток с очищенным зерном и снижения степени выделения длинных примесей.

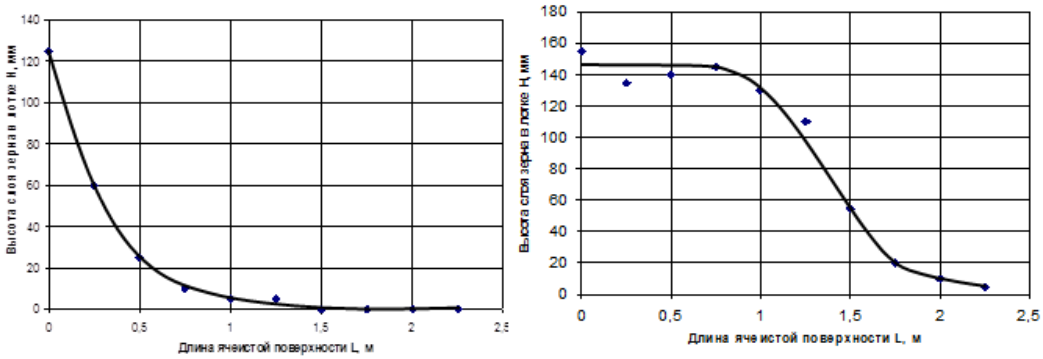
В результате экспериментальных исследований процесса формирования зернового слоя в овсюжном триерном цилиндре при различных режимах его работы установлено, что длина сформировавшегося клина и, соответственно, длина свободной ячеистой поверхности зависит от подачи зерна в цилиндр. При величине подачи пшеницы, равной W = 1421 кг/ч и частоте вращения цилиндра – 40 об/мин внутри цилиндра формируется зерновой клин, длиной около 70 см от начала загрузки, рисунок 2а. Соответственно 155 см длины ячеистой поверхности остается незадействованной.

В зоне сформировавшегося зернового клина качество процесса выделения длинных примесей высокое. При этом в зоне свободной ячеистой поверхности в приемном лотке оказалось существенное количество длинных примесей (около 90 % от находящихся на этом участке лотка частиц).

В приемном лотке за время проведения опыта, равное 35 с, сформировался слой (Н) зерна, убывающий по высоте (рисунок 3а). На рисунке видно, что основная часть пшеницы, попавшей в лоток, расположена на участке длиной 75 см, что соответствует величине сформировавшегося зернового клина внутри цилиндра.

а) W = 1421 кг/ч б) W = 2563 кг/ч

Рисунок 2 – Формирование зернового слоя внутри овсюжного цилиндра



а) W = 1421 кг/ч; n = 40 об/мин. б) W = 2563 кг/ч; n = 40 об/мин.

Рисунок 3 – Распределение выделяемого зерна пшеницы по длине цилиндра

При увеличении подачи до 2563 кг/ч длина сформировавшегося зернового клина внутри цилиндра (в установившемся режиме) возрастает примерно до 170 см (рисунок 2б), а свободной остается ячеистая поверхность длиной 55 см. За время проведения опыта, равное 35 с, в приемном лотке сформировался убывающий по высоте слой (Н) зерна, рисунок 3б.

Взаимосвязь между толщиной слоя зерна в приемном лотке и размерными характеристиками сформированного зернового клина сохраняется. При этом в левой части графика имеется горизонтальный участок кривой, который характеризует длину ячеистой поверхности цилиндра от начала загрузки, работающей при максимальной

производительности, т.е. частицы основной культуры максимально заполняют все ячейки, проходящие через зерновой слой. Правая половина графика повторяет кривую рисунка 2а при меньшей подаче зерносмеси в цилиндр.

Кроме того, в ходе исследований по разделению зерносмесей ячеистой поверхностью овсюжного цилиндра установлено, что ячейкой может захватываться от одной до трех зерновок пшеницы. На рисунке 4 показано расположение зерновок пшеницы в ячеях диаметром 9 мм после остановки цилиндра.

Рисунок 4 – Размещение зерновок пшеницы в ячеях овсюжного цилиндра

На рисунке 4 видно, что в большинстве ячей расположено по две зерновки. Этот факт объясняет расхождение с теоретически определенными значениями [8] производительности овсюжного цилиндра и подтверждает возможность качественной работы триерных блоков при очистке от длинных примесей с производительностью, близкой к паспортной.

Заключение. Обеспечение высокого качества процесса разделения компонентов зерносмесей связано с некоторым оптимальным значением подачи зерна, отклонение от которого приводит к потерям полноценного зерна в отходы или снижению степени выделения длинной примеси. Величины оптимальной подачи зерна для кукольного и овсюжного триеров не совпадают и существенно зависят от кинематического режима работы триера. Таким образом, становится очевидной невозможность обеспечения процесса триерной сепарации высокого качества при работе триерного блока по последовательной схеме без специальных средств опережения подачи зерносмесей в триерные блоки [9] или совершенствования конструкций триеров на основе согласования оптимальных режимов работы кукольных и овсюжных цилиндров триерного блока [10].

Список литературы

1. Стенд для испытаний ячеистых поверхностей : патент №2492940 РФ. №2012112301/03; заявл. 29.03.2012; опубл. 20.09.2013. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Амельянц А.Г., Тишанинов М.А., Растюшевский К.А. Бюл. № 26.

1. 2 Стенд для испытаний ячеистых поверхностей : патент № 2492941 РФ. № 2012113207/03; заявл. 04.04.2012; опубл. 20.09.2013. Тишанинов Н.П., Амельянц А.Г., Анашкин А.В., Тишанинов К.Н., Растюшевский К.А. Бюл. № 26.

2. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В., Растюшевский К.А. Обоснование параметров стенда для исследования ячеистых поверхностей // Техника в сельском хозяйстве. 2013. № 2. С.18-21.

3. Прибор для измерения толщины слоя сыпучих материалов в технологических емкостях

: патент №2557600 РФ. №2014116696/28; заявл. 24.04.2014; опубл. 27.07.2015. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Бюл. № 21.

4. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Распределение зернового слоя в триерном цилиндре // Наука в центральной России. 2015. № 3 (15). С. 44-51.

5. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Результаты исследований процесса триерной сепарации зерносмесей // Наука в центральной России. 2013. № 6. С. 7-45.

6. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Теоретические предпосылки поиска резервов управления процессами триерной очистки зерносмесей // Наука в центральной России. 2014. № 6. С. 28-38.

7. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Теоретический анализ динамики выделения коротких примесей из зерносмесей ячеистой поверхностью // Наука в центральной России. 2015. № 1 (13). С. 46-58.

8. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Повышение технологических возможностей кукольного цилиндра триерного блока // Наука в центральной России. 2015. № 1 (13). С. 58-65.

9. Тишанинов Н.П., Анашкин А.В. Средства управления опережением подачи зерносмеси в триерные блоки // Наука в центральной России. 2015. № 1 (13). С. 28-37.

References

1. Stend dlja ispytanij jacheistyh poverhnostej : patent №2492940 RF. №2012112301/03; zajavl. 29.03.2012; opubl. 20.09.2013. Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Amel'janc A.G., Tishaninov M.A., Rastjushevskij K.A. Bjul. № 26.

2 Stend dlja ispytanij jacheistyh poverhnostej : patent № 2492941 RF. № 2012113207/03; zajavl. 04.04.2012; opubl. 20.09.2013. Tishaninov N.P., Amel'janc A.G., Anashkin A.V., Tishaninov K.N., Rastjushevskij K.A. Bjul. № 26.

3. Tishaninov N.P., Anashkin A.V., Rastjushevskij K.A. Obosnovanie parametrov stenda dlja issledovanija jacheistyh poverhnostej // Tehnika v sel'skom hozjajstve. 2013. № 2. S. 18-21.

4. Pribor dlja izmerenija tolshhiny sloja sypuchih materialov v tehnologicheskih emkostjah : patent № 2557600 RF. № 2014116696/28; zajavl. 24.04.2014; opubl. 27.07.2015. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Bjul. № 21.

5. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Raspredelenie zernovogo sloja v triernom cilindre // Nauka v central'noj Rossii. 2015. № 3 (15). S. 44-51.

6. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Rezul'taty issledovanij processa triernoj separacii zernosmesej // Nauka v central'noj Rossii. 2013. № 6. S. 37-45.

7. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Teoreticheskie predposylki poiska rezervov upravlenija processami triernoj ochistki zernosmesej // Nauka v central'noj Rossii. 2014. № 6. S. 28-38.

8. Tishaninov N.P., A.V. Anashkin Teoreticheskij analiz dinamiki vy-delenija korotkih primesej iz zernosmesej jacheistoj poverhnost'ju // Nauka v central'noj Rossii. 2015. № 1 (13). S. 46-58.

9. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Povyshenie tehnologicheskih vozmozhnostej kukol'nogo cilindra triernogo bloka // Nauka v central'noj Rossii. – 2015. – № 1 (13). – S.58-65.

10. Tishaninov N.P., Anashkin A.V. Sredstva upravlenija operezheniem podachi zernosmesi v triernye bloki // Nauka v central'noj Rossii. 2015. № 1 (13). S. 28-37.

УДК 631.3

ЗЫКИН Е.С., КУРДЮМОВ В.И., ЕРОШКИН А.В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ВТОРИЧНОГО ГРЕБНЯ ПОЧВЫ ПРИ УХОДЕ ЗА ПОСЕВАМИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Зыкин Евгений Сергеевич,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина,
432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1, E-mail: evg-zykin@yandex.ru
Курдюмов Владимир Иванович,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности», Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина,
432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1, E-mail: vik@ugsha.ru
Ерошкин Александр Владимирович,
студент инженерного факультета, Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина,
432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1, E-mail: aleksandr.eroshkin@mail.ru.

Аннотация. *Разработаны способ возделывания пропашных культур и средства механизации для его осуществления, позволяющие разрыхлить почву и подрезать сорные растения в междурядьях и уничтожить сорные растения в защитных зонах рядков культурных растений без применения экологически небезопасных гербицидов. При таком способе ухода за посевами достаточно выполнить одну-две механизированные обработки междурядий. Для реализации указанного способа предложен пропашной культиватор, оснащенный новыми рабочими органами, позволяющий за один проход качественно выполнить уход за посевами с полной обработкой защитных зон возделываемых культур. При движении пропашного культиватора стрельчатые лапы рыхлят почву на требуемую глубину и подрезают сорные растения, а плоские диски сдвигают слой почвы, сходящий с крыльев стрельчатых лап, в сторону рядков культурных растений, окучивая их и присыпая сорные растения необходимым слоем почвы. Теоретически и экспериментально обоснован угол атаки плоского диска рабочего органа пропашного культиватора. Выявлено, что для создания вторичного гребня с требуемой толщиной присыпаемого слоя почвы 2...4 см при первой междурядной обработке и 4...6 см при второй междурядной обработке, с учетом размеров исходного гребня почвы сформированного при посеве, необходимо выбрать плоские диски диаметром 0,3...0,35 м, установить каждый плоский диск с углом атаки α = 30 градусов и обеспечить скорость движения пропашного культиватора в пределах 1,6...2 м/с, соответствующей агротехническим требованиям, предъявляемым к механизированной междурядной обработке пропашных культур.*

Ключевые слова: *гребень почвы, пропашные культуры, пропашной культиватор, междурядная обработка, уход за посевами*

ZYKIN E.S., KURDJUMOV V.I., EROSHKIN A.V.
INVESTIGATION OF FORMATION PROCESS OF SECONDARY CREST SOIL AT CARE OF CROPS OF CULTIVATED CROPS

Zykin Yevgeniy Sergeevich,,
candidate of technical sciences, docent of the department of «Technology, machinery and safety», Ulyanovsk state agricultural academy behalf of the P.A. Stolypin, E-mail: evg-zykin@yandex.ru
Kurdyumov Vladimir Ivanovich,
doctor of technical sciences, professor, head of the "Technology, machinery and safety», Ulyanovsk state agricultural academy behalf of the P.A. Stolypin, E-mail: vik@ugsha.ru
Eroshkin Alexandr Vladimirovich,
student of the faculty of engineering, Ulyanovsk state agricultural academy behalf of the P.A. Stolypin, E-mail: aleksandr.eroshkin@mail.ru.

Abstract. *The method of cultivation of cultivated crops and mechanization means for its implementation, allowing loosen the soil and to crop harmful plants between the rows and destroy weeds in the protection zones rows of crops without the use of environmentally harmful herbicides are developed. With this method of caring for the crops is enough to execute one or two mechanized processing of row spacing.*

For the implementation of the method proposed row crop cultivator, equipped with new tools, allowing for one pass to perform quality care for crops with a full treatment of the protective zones of crops. When driving rotary cultivator arched legs loosen the soil to the required depth and crop harmful plants, and flat discs shift layer of soil, coming down with wings wing shares in the direction of the rows of cultivated plants and hilled them and blinded with harmful plants by using the required soil.

The angle of attack of a flat disk of the working body row crop cultivator is substantiated theoretically and experimentally. It is revealed that to create a secondary ridge with a desired thickness of a cover layer of soil 2...4 cm when the first inter-row processing and 4...6 cm at the second interrow processing, given the size of the original ridge of soil formed when sowing, it is necessary to choose flat disks with α *= 30 degrees and to provide speed row crop cultivator within 1.6...2 m/s, corresponding to the agronomic requirements of a mechanized interrow treatment of tilled crops.*

Key words: *the crest of the soil, row crops, row crop cultivator, inter-row cultivation, care for crops*

Введение. Уход за посевами пропашных культур при традиционной технологии возделывания предусматривает двух- трехкратную механизированную междурядную обработку, либо обработку гербицидами. Ширину защитной зоны с каждой последующей обработкой увеличивают, в результате площадь не обработанной почвы также увеличивается. Применение гербицидов, кроме положительной стороны – уничтожение сорных растений на 70…80%, имеет и отрицательную сторону – снижение урожайности возделываемой культуры до 15%.

Объекты и методы исследований. С целью исключения указанных выше недостатков

разработаны способ возделывания [1] и средства механизации для ухода за посевами пропашных культур [2-4], позволяющие разрыхлить почву и подрезать сорные растения в междурядьях и уничтожить сорные растения в защитных зонах рядков без применения экологически небезопасных гербицидов. При таком способе ухода за посевами достаточно выполнить одну-две механизированные обработки междурядий.

Обработку междурядий выполняют пропашным культиватором (рисунок 1), на каждой секции которого устанавливают два рабочих органа таким образом, чтобы их плоские диски были направлены в сторону рядка растений под острым углом, а крайние кромки крыльев стрельчатых лап расположены у нижнего основания исходного гребня почвы, сформированного при посеве (рисунок 2).

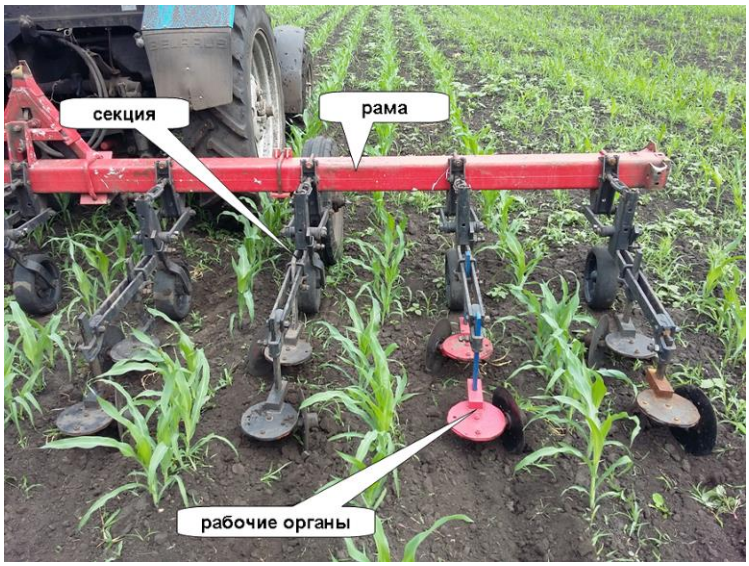


Рисунок 1 – Пропашной культиватор, оснащенный рабочими органами

При движении пропашного культиватора стрельчатые лапы 1 рыхлят почву на требуемую глубину и подрезают сорные растения, а плоские диски 2 сдвигают слой почвы, сходящий с крыльев стрельчатых лап, в сторону рядков растений, окучивая их и присыпая сорняки.

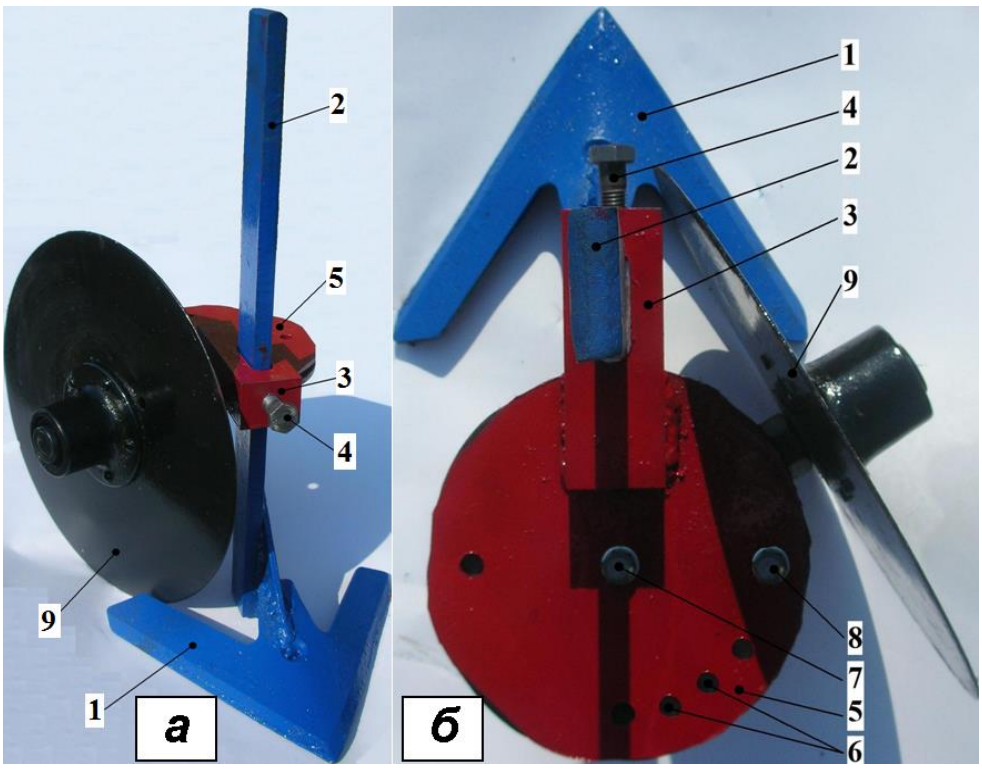


Рисунок 2 – Рабочий орган пропашного культиватора: *а* – общий вид; *б* – вид сверху; 1 – стрельчатая лапа; 2 – стойка; 3 – кронштейн; 4 – фиксатор; 5 – регулировочный диск; 6 – отверстия; 7, 8 – болты; 9 – плоский диск

Результаты исследований. Окучивание культурных растений осуществляется за счет переноса объема почвы V_1, м^3, каждым плоским диском (рисунок 3*а*) из междурядья на гребень почвы. После переноса почвы на вершину гребня почвы происходит ее частичное осыпание под углом естественного откоса гребня почвы γ, град., который, в зависимости от физико-механических свойств почвы составляет 26°...40° [5] (угол $B_1A_1D_1$ фигуры $A_1B_1E_1D_1$). Толщина присыпаемого слоя h_1, м, на гребень почвы зависит от угла атаки α, град., плоских дисков, а также глубины h, м, их хода в почве (рисунок 3*б*).

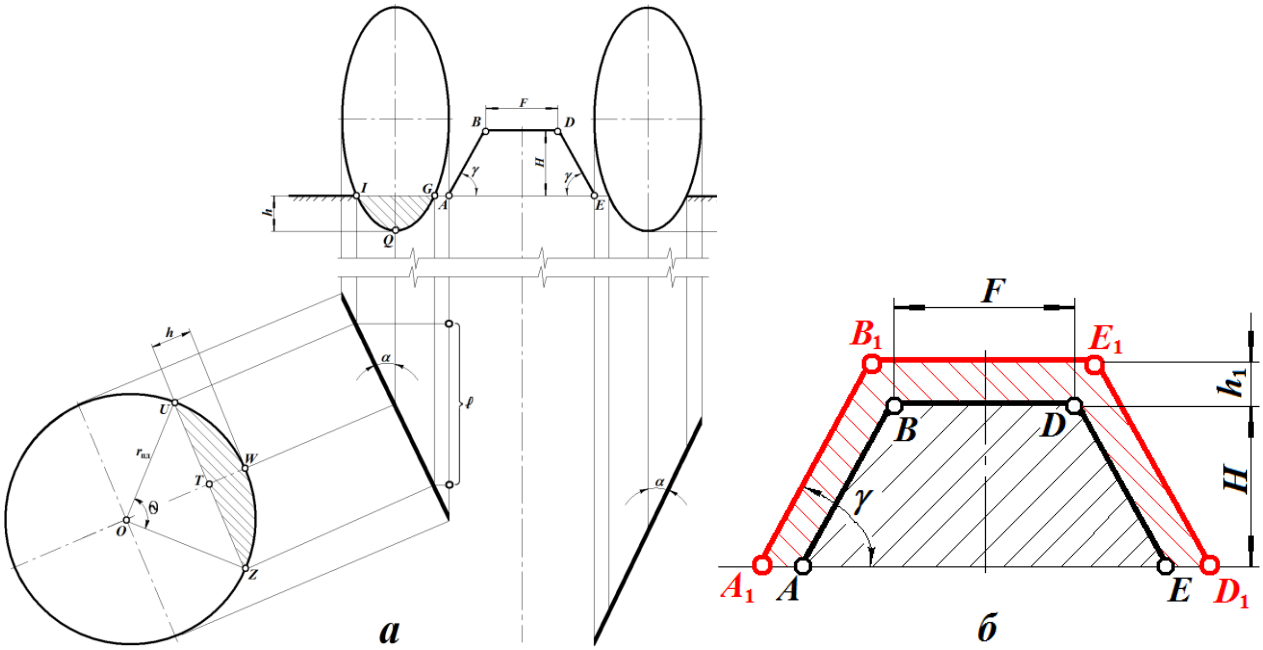


Рисунок 3 – Схемы окучивания (*а*) и профиль присыпаемого слоя почвы на гребень (*б*)

Таким образом, для присыпания сорняков и окучивания культурных растений необходимо, чтобы объем почвы V_1, м^3, который следует перенести на исходный гребень почвы, был равен объему почвы в формируемом вторичном гребне V_2, м^3.

Для определения объема почвы V_1, м^3, переносимого на вершину исходного гребня, образованного плоским диском, воспользуемся рисунком 4.

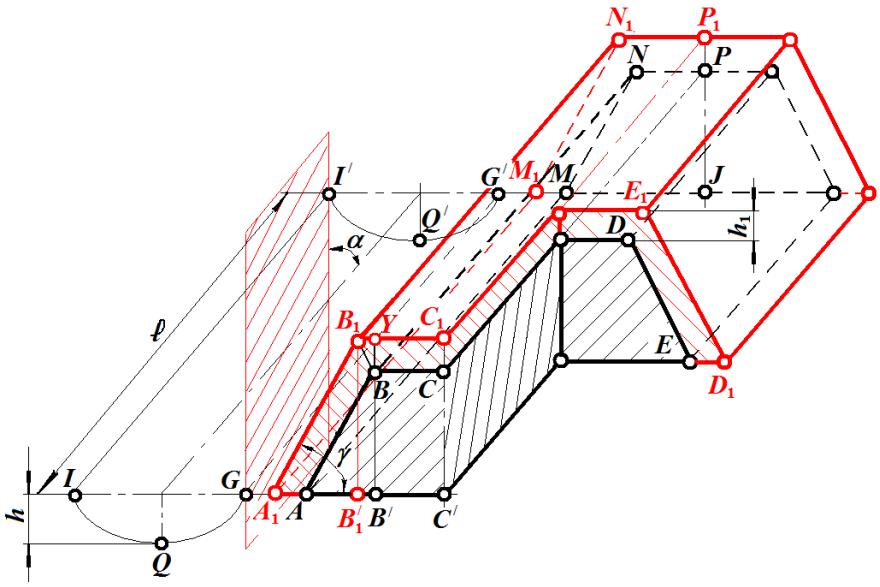


Рисунок 4 – К определению объема почвы, переносимого плоскими дисками, в зависимости от угла атаки α

Объем почвы, м^3, переносимый одним плоским диском, при угле его атаки α,

$$V_1 = 0{,}5\, V_{IQG\,G'Q'I'} = 0{,}5\, S_{IQG}\, \ell, \qquad (1)$$

где S_{IQG} – площадь поперечного сечения бороздки, образуемой после прохода рабочего органа гребневой сеялки с плоским диском, м^2;

$\ell = GI' = (2\, r_{пд} \sin\frac{\theta}{2} \cdot \cos\alpha)$ – путь, пройденный плоским диском в единицу времени, м;

$r_{пд}$ – радиус плоского диска, м

Площадь $S_{IQG} = S_{UWZ} \cdot \sin\alpha = [0{,}5\, r_{пд}^2 \frac{\theta}{360^o} - r_{пд} \sin\frac{\theta}{2}\, (r_{пд} - h)] \sin\alpha$. (2)

Подставив выражение (2) в (1), и, выполнив соответствующие преобразования, получим:

$$V_1 = \left[0{,}5\, r_{пд}^2 \frac{\theta}{360°} - r_{пд} \sin\frac{\theta}{2}\left(r_{пд} - h\right)\right] \cdot 2\, r_{пд} \sin\frac{\theta}{2} \sin\alpha \cdot \cos\alpha. \qquad (3)$$

Образованный объем почвы, м^3,

$$V_2 = V_{A1\,B1\,C1\,C\,B\,A\,M\,N\,P\,P1\,N1\,M1} = S_{A1\,B1\,C1\,C\,B\,A} \cdot C_1P_1, \qquad (4)$$

где $S_{A1\,B1\,C1\,C\,B\,A}$ – площадь поперечного сечения присыпаемого слоя почвы одним плоским диском, м^2, (рисунок 4); $C_1P_1 = I\,I'$, м.

Из рисунка 4 следует, что $I\,I' = \ell$, тогда

$$C_1P_1 = I\,I' = \ell = 2\, r_{пд} \sin\frac{\theta}{2} \cdot \cos\alpha. \qquad (5)$$

Искомую площадь $S_{A1\,B1\,C1\,C\,B\,A}$ определим следующим образом:

$$S_{A1\,B1\,C1\,C\,B\,A} = S_{A1\,B1\,C1\,C'\,A1} - S_{A\,B\,C\,C'}, \qquad (6)$$

где $S_{A1\,B1\,C1\,C^{/}\,A1}$ – площадь половины поперечного сечения вторичного гребня почвы, м^2; $S_{A\,B\,C\,C^{/}}$ – площадь половины поперечного сечения исходного гребня почвы, м^2.

Из рисунка 4 следует, что площадь

$$S_{A1\,B1\,C1\,C^{/}\,A1} = \frac{(H+h_1)^2\ tg\gamma}{2} + (H+h_1)\left(\frac{h_1}{tg\gamma} + \frac{F}{2}\right). \quad (7)$$

где H – высота исходного гребня почвы, м; F – ширина верхнего основания исходного гребня почвы, м.

Площадь $S_{ABCC^{/}}$ представим в виде двух площадей – треугольника и прямоугольника:

$$S_{ABCC^{/}} = S_{ABB^{/}} + S_{B^{/}BCC^{/}}. \quad (8)$$

Площадь треугольника, м^2,

$$S_{ABB^{/}} = \frac{BB^{/} \cdot AB^{/}}{2} = \frac{H^2 tg\gamma}{2}, \quad (9)$$

где $BB^{/} = H$, м; $AB^{/} = BB^{/}\ tg\gamma = H\ tg\gamma$, м.

После подстановки (7) и (8) в (6), и, соответствующих преобразований, получим:

$$S_{A1\,B1\,C1\,C\,B\,A} = \frac{(H+h_1)^2\ tg\gamma + 2\left[(H+h_1)\left(\frac{h_1}{tg\gamma} + \frac{F}{2}\right)\right] - H(H\ tg\gamma + F)}{2}. \quad (10)$$

Подставив (10) и (5) в (4), и, выполнив соответствующие преобразования, определим объем почвы, м^3, получаемый после ее переноса на гребень одним диском:

$$V_2 = \left\{(H+h_1)^2\ tg\gamma + 2\left[(H+h_1)\left(\frac{h_1}{tg\gamma} + \frac{F}{2}\right)\right] - H(H\ tg\gamma + F)\right\} r_{пд} \sin\frac{\theta}{2} \cdot \cos\alpha. \quad (11)$$

Для определения необходимого угла атаки α, град., плоского диска, приравняем выражение (3) к (11):

$$\left[0{,}5\, r_{пд}^2 \frac{\theta}{360^\circ} - r_{пд}\ \sin\frac{\theta}{2}\left(r_{пд} - h\right)\right] \cdot 2\, r_{пд} \sin\frac{\theta}{2}\ \sin\alpha \cdot \cos\alpha =$$

$$= \left\{(H+h_1)^2\ tg\gamma + 2\left[(H+h_1)\left(\frac{h_1}{tg\gamma} + \frac{F}{2}\right)\right] - H(H\ tg\gamma + F)\right\} r_{пд} \sin\frac{\theta}{2} \cdot \cos\alpha. \quad (12)$$

Выполнив преобразования уравнения (12), определим угол атаки плоского диска

$$\alpha = \arcsin \frac{\left\{(H+h_1)^2\ tg\gamma + 2\left[(H+h_1)\left(\frac{h_1}{tg\gamma} + \frac{F}{2}\right)\right] - H(H\ tg\gamma + F)\right\}}{2\left[0{,}5\, r_{пд}^2 \frac{\theta}{360^\circ} - r_{пд}\ \sin\frac{\theta}{2}\left(r_{пд} - h\right)\right]}. \quad (13)$$

Таким образом, для создания вторичного гребня с требуемой толщиной присыпаемого слоя почвы h_1, необходимо установить плоский диск под углом атаки α, который при известных размерах исходного гребня почвы F и H и угле естественного откоса почвы γ зависит от радиуса плоского диска $r_{пд}$ и глубины его хода в почве h.

Для подтверждения теоретических предпосылок были проведены исследования в почвенном канале при влажности почвы 19…23%. Исследовали плоские диски диаметрами 0,2; 0,25; 0,3 и 0,35 м. Глубина хода рабочих органов с плоскими дисками при первой междурядной обработке составляла 0,05 м, при второй – 0,09 м. Скорость движения секции с

рабочими органами изменяли от 1,2 м/с до 2,4 м/с с интервалом 0,4 м/с; угол атаки плоских дисков к направлению движения агрегата – от 5° до 30° с интервалом 5°.

Выявлено, что для достижения толщины присыпаемого на исходный гребень слоя почвы $h_1 = 2...4$ см при первой междурядной обработке необходимо выбрать плоский диск диаметром 0,3 м, установить его под углом атаки $\alpha = 30°$ и обеспечить скорость движения агрегата 1,6 м/с; для достижения $h_1 = 4...6$ см при второй междурядной обработке необходимо выбрать плоский диск диаметром 0,35 м, установить его под углом атаки $\alpha = 30°$ и обеспечить скорость движения агрегата в пределах 1,6...2 м/с.

Исследования средств механизации в производственных условиях показали, что при оптимальных параметрах, выявленных в процессе лабораторных исследований, вторичные гребни почвы после первой и второй междурядных обработок образуются требуемых размеров (рисунки 5, 6, 7).

Рисунок 5 – Гребень почвы, сформированный при посеве (исходный гребень почвы)

Рисунок 6 – Гребень почвы, сформированный после первой междурядной обработки

Рисунок 7 – Гребень почвы, сформированный после второй междурядной обработки

В процессе исследований разработанных средств механизации в производственных условиях подтвердились теоретические предпосылки, что слой почвы толщиной 2…4 см при первой и 4…6 см при второй междурядной обработке позволяет засыпать всходы сорных растений, предотвращая их прорастание, без ущерба для культурных растений.

В сравнении с традиционной технологией возделывания пропашных культур, при предлагаемой гребневой технологии урожайность сои, подсолнечника и кукурузы увеличились на 22, 19 и 36 % соответственно.

Заключение. Для создания вторичного гребня с требуемой толщиной присыпаемого слоя почвы, с учетом размеров *F* и *H* исходного гребня почвы, необходимо выбрать плоский диск диаметром 0,3...0,35 м, установить его под углом атаки (α) равным 30 градусам и обеспечить скорость движения агрегата в пределах 1,6...2 м/с (5,8...7 км/ч), что соответствует агротехническим требованиям к механизированной междурядной обработке пропашных культур.

Использование разработанных средств механизации гребневого возделывания пропашных культур с оптимизированными конструктивными параметрами и режимами работы позволяет повысить урожайность пропашных культур до 36% без применения экологически небезопасных гербицидов. За счет совмещения нескольких технологических операций за один проход агрегата эксплуатационные затраты на предпосевную обработку почвы, посев и уход за посевами снизились на 43%.

Список литературы

1. Способ возделывания пропашных культур : пат. № 2443094 Российская Федерация. № 2010141211/13. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С. Опубл. 27.02.2012, Бюл. № 6.

2. Пропашной культиватор : пат. № 2507730 Российская Федерация. № 2012137736/13. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С. Опубл. 27.02.2014, Бюл. № 6.

3. Пропашной культиватор : пат. № 2507729 Российская Федерация. № 2012136083/13. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С. Опубл. 27.02.2014, Бюл. № 6.

4. Рабочий орган культиватора : пат. № 2464755 Российская Федерация. № 2011145008/13. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Шаронов И.А. Опубл. 27.10.2012, Бюл. № 30.

5. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С. К обоснованию угла атаки плоского диска рабочего органа гребневой сеялки // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 4 (20). С. 127-130.

References

1. Sposob vozdelyvanija propashnyh kul'tur : pat. № 2443094 Rossijskaja Federacija. № 2010141211/13. Kurdjumov V.I., Zykin E.S. Opubl. 27.02.2012, Bjul. № 6.

2. Propashnoj kul'tivator : pat. № 2507730 Rossijskaja Federacija. № 2012137736/13. Kurdjumov V.I., Zykin E.S. Opubl. 27.02.2014, Bjul. № 6.

3. Propashnoj kul'tivator : pat. № 2507729 Rossijskaja Federacija. № 2012136083/13. Kurdjumov V.I., Zykin E.S. Opubl. 27.02.2014, Bjul. № 6.

4. Rabochij organ kul'tivatora : pat. № 2464755 Rossijskaja Federacija. № 2011145008/13. Kurdjumov V.I., Zykin E.S., Sharonov I.A. Opubl. 27.10.2012, Bjul. № 30.

5. Kurdjumov V.I., Zykin E.S. K obosnovaniju ugla ataki ploskogo diska rabochego organa grebnevoj sejalki // Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. 2012. № 4 (20). S. 127-130.

УДК 631.331.5

КУРДЮМОВ В.И., ИСАЕВ Ю.М., ШАРОНОВ И.А., ПРОШКИН В.Е., ЕГОРОВ А.С. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО КАТКА

Курдюмов Владимир Иванович
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»,
Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия
имени П.А. Столыпина, г. 432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1
E-mail: vik@ugsha.ru

Исаев Юрий Михайлович
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
«Математика и физика», Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия
имени П.А. Столыпина, 432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1
E-mail: isurmi@yandex.ru

Шаронов Иван Александрович
кандидат технических наук, доцент кафедры
«Агротехнологии, машины и безопасность жизнедеятельности»,
Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия
имени П.А. Столыпина, 432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1
E-mail: ivanshar2009@yandex.ru

Прошкин Вячеслав Евгеньевич
аспирант, Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия
имени П.А. Столыпина, 432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1
E-mail: demon731993@rambler.ru

Егоров Алексей Сергеевич
студент 4 курса инженерного факультета,
Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия
имени П.А. Столыпина, 432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1
E-mail: lexaeg18@mail.ru

Реферат. *Разработан эксцентриковый почвообрабатывающий каток, который позволяет обеспечить требуемое качество обработки почвы и повысить урожайность возделываемых культур. Основное преимущество предложенного эксцентрикового катка состоит в том, что в процессе его перекатывания по поверхности почвы создается дополнительная динамическая сила, повышающая степень уплотнения почвы и интенсивность разрушения почвенных комков при одной и той же массе катка. В результате теоретических исследований процесса поверхностной обработки почвы с использованием предложенного катка получено выражение для определения динамической силы в зависимости от конструктивно-режимных параметров катка. Кроме того, установлена взаимосвязь мощности, требуемой на перекатывание катка, от его конструктивных параметров, что позволяет определить направления снижения энергоемкости процесса поверхностной обработки. В ходе планирования эксперимента определены методика исследования, а также факторы, оказывающие влияние на процесс обработки почвы разработанным катком, из которых выявлены наиболее значимые. В полевых условиях проведены исследования предлагаемого почвообрабатывающего катка с определением качественных показателей обработки почвы, характеризующих соответствие образованной структуры почвы и ее плотности агротехническим требованиям. Качество обработки почвы до и после прикатывания предлагаемым катком оценивали в сравнении с кольчато-шпоровым катком. В качестве критерия оптимизации принят коэффициент соответствия эталону, который характеризует качество прикатывания почвы с позиции соответствия плотности почвы агротехническим требованиями. При полном соответствии плотности посевного слоя почвы агротехническим требованиям $k_\rho = 1$. Экспериментальные исследования эксцентрикового катка позволили определить его оптимальные параметры, при которых коэффициент соответствия эталону $k_\rho = 0{,}99$, что по сравнению с кольчато-шпоровым катком 3 ККШ-6 лучше на 24 % ($k_\rho = 0{,}75$).*

Ключевые слова: *прикатывание, плотность почвы, эксцентриковый каток, коэффициент соответствия эталону, экспериментальные исследования*

KURDJUMOV V.I., ISAEV JU.M., SHARONOV I.A., PROSHKIN V.E., EGOROV A.S. RESEARCH ECCENTRIC RINK FOR TILLAGE

Kurdyumov Vladimir Ivanovich
Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department «Agrotechnology, Machinery and Safety», Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P. A. Stolypin,
Ulyanovsk, Russian Federation, E-mail: vik@ugsha.ru
Isaev Yury Mikhailovich
Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department «Mathematics and physics», Ulyanovsk state agricultural Academy named after P. A. Stolypin,
Ulyanovsk, Russian Federation, E-mail: isurmi@yandex.ru

Sharonov Ivan Alexandrovich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Agrotechnology, machinery and safety».Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P. A. Stolypin, Ulyanovsk, Russian Federation, E-mail: ivanshar2009@yandex.ru
ProshkinVyacheslavEvgenyevich
Postgraduate Student, Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P. A. Stolypin,Ulyanovsk, Russian Federation, E-mail: demon731993@rambler.ru
Egorov Alexey Sergeevich
Student, Ulyanovsk State Agricultural Academy named after P. A. Stolypin, Ulyanovsk, Russian Federation, E-mail: lexaeg18@mail.ru

Abstract: *Eccentric rink for tillage, which allows to provide the required quality of tillage and increase yields of crops was designed. The main advantage of the proposed eccentric of the rink is that in the process of its movement on the soil surface there is an additional dynamic force that increases the degree of compaction of the soil and the intensity of destruction of soil lumps of the same mass of the rink.As a result of theoretical studies obtained an expression for determination of the dynamic forces, which increases the intensity of crushing lumps of soil, depending on the design and operating parameters of the rink. Also defined the relationship between the power required for rolling the rink from its design parameters. This allows to determine the direction of the lower energy process tillage. During the planning of the experiment defined the research methodology and the factors that influence the process of soil treatment proposed ice rink, which identified the most significant. Experimental studies of the proposed rink. Defined indicators of the quality of the soil, characterizing the structure of the soil and its density agronomic requirements.The quality of the treated soil before and after treatment of the proposed ice rink was assessed in comparison with rink 3ККШ-6, which is often used in agricultural enterprises.As the optimization criterion adopted is the ratio of conformity to the standard, which characterizes the quality of the packing of soil from a position of matching the density of the soil agrotechnical requirements. In full conformity with the density of sowing layer of soil agrotechnical requirements* $k_\rho = 1$*. Experimental studies of the eccentric rink allowed to determine its optimal parameters under which the compliance rate of the standard* $k\rho = 0,99$*, that compared with ring-shporovym roller 3 KKS-6 is better at 24%* ($k\rho = 0,75$)*.*

Keywords: *compaction, soil density, eccentric roller, coefficient of compliance with the benchmark, experimental studies*

Введение. В настоящее времяпочвообрабатывающие катки играют важную роль при обработке почвы. Они выравнивают и уплотняют ее поверхностный слой, дробят и разрушают почвенные комки, что существенно повышает не только всхожесть семян, но и равномерность всходов, увеличивая урожай. Однако современные каткиимеют ряд недостатков [1, 2, 3]: неоднородность плотности почвы по поверхности поля, низкое качество крошения комков почвы, сложность конструкции и, в результате, высокая металлоемкость.

Материалы и методы. На основе анализа конструкций катков [3, 4, 5], с целью улучшения дробления комков почвы и равномерности плотности прикатывания по поверхности поля, нами создан инновационныйэксцентриковый каток [6, 7, 8, 9, 10], который сочетает в себе преимущества разнохарактерного воздействия его рабочих органов на одни и те же участки поверхности почвы. Каток (рисунок 1) содержащий раму 1, установленные на ней друг за другом пустотелые цилиндры 2 и 3 равного диаметра. Цилиндры 2 и 3

установленные на раме 1 на осях 4. На осях 4 цилиндров 2 и 3 с одной стороны установлены звездочки 5 равного диаметра, соединенные цепью 6, натяжение которой регулируется звездочкой 7. Оси 4 цилиндров 2 и 3 установлены эксцентрично и смещены от горизонтальных осей симметрии цилиндров на одинаковые расстояния, при этом ось цилиндра 2 смещена от его горизонтальной оси симметрии в сторону, противоположную направлению смещения оси цилиндра 3. Рама 1 катка оснащена прицепным устройством 8.

Эксцентриковый почвообрабатывающий каток работает следующим образом. Предварительно устанавливают пустотелые цилиндры 2 и 3 таким образом, чтобы ось цилиндра 2 была смещена от его горизонтальной оси симметрии в сторону, противоположную направлению смещения оси цилиндра 3 и в этом положении соединяют звездочки 5 цепью 6. Затем прицепное устройство 8 соединяют с почвообрабатывающим агрегатом и начинают движение.

Пустотелые цилиндры 2 и 3 начинают вращаться, прикатывая почву. При этом эксцентрично установленная относительно оси 4 часть цилиндра 2, имеющая большую массу, перекатывается по одному участку поверхности поля, а часть цилиндра 2, имеющая меньшую массу, перекатывается по следующему участку поверхности поля. Затем эксцентрично установленная относительно оси 4 часть цилиндра 3, имеющая меньшую массу, перекатывается по участку поверхности поля, который предварительно был уплотнен частью цилиндра 2, имеющей большую массу. И наоборот, эксцентрично установленная относительно оси 4 часть цилиндра 3, имеющая большую массу, перекатывается по участку поверхности поля, который был уплотнен частью цилиндра 2, имеющей меньшую массу. При этом достигается более интенсивное крошение комков почвы эксцентрично расположенными относительно своих горизонтальных осей симметрии частями цилиндров 2 и 3.

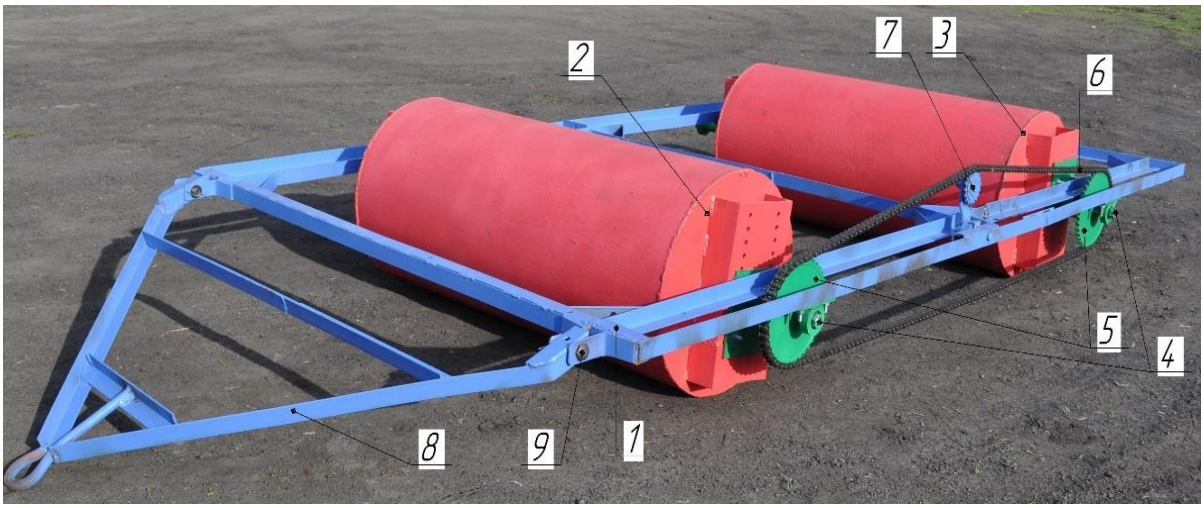


Рисунок 1 – Эксцентриковый почвообрабатывающий каток: 1 – рама; 2, 3 – пустотелые цилиндры; 4 – оси пустотелых цилиндров; 5 – звездочки; 6 – цепь роликовая; 7 – натяжная звездочка; 8 – прицепное устройство; 9 – шарнир

Смещение оси 4 цилиндра 2 от его горизонтальной оси симметрии в сторону, противоположную направлению смещения оси 4 цилиндра 3 от его горизонтальной оси симметрии позволяет сохранить постоянство плотности почвы после прохода пустотелых цилиндров 2 и 3 катка и обеспечить высокое качество прикатывания почвы и крошения комков. При этом интенсивность крошения почвенных комков при повышенной их твердости можно дополнительно повысить увеличением скорости агрегата и величины эксцентриситета.

Основное преимущество эксцентрикового катка состоит в том, что в процессе его перекатывания по поверхности почвы создается дополнительная динамическая сила, повышающая степень уплотнения почвы и интенсивность разрушения почвенных комков при одной и той же массе катка.

Результаты и их обсуждение. В ходе аналитического исследования работы эксцентрикового катка была выявлена зависимость динамической силы от массы катка, эксцентриситета и углового ускорения пустотелых цилиндров:

$$F_{\text{дин}} = m_{\text{р}} e \varphi''/6, \quad (1)$$

где $m_{\text{р}}$ – масса рамы катка с балластом, кг; e – эксцентриситет оси пустотелого цилиндра, м; φ''- мгновенное угловое ускорение цилиндра катка, с$^{-2}$.

При этом мгновенное угловое ускорение цилиндра катка

$$\varphi'' = \left(F_{\text{тр}} R + S_x e \cdot cos\alpha - S_y e \cdot sin\varphi\right)/m\rho^2, \quad (2)$$

где $F_{\text{тр}}$ – сила трения пустотелого цилиндра о почву, Н;

R – радиус пустотелого цилиндра катка, м;

S_x и S_y – горизонтальная и вертикальная реакции пустотелого цилиндра от воздействия рамы соответственно, Н;

φ - угол поворота эксцентрично установленной оси пустотелого цилиндра катка относительно вертикальной оси y, град.;

m – масса пустотелого цилиндра катка, кг;

ρ - радиус инерции пустотелого цилиндра катка, м.

С учетом выражения (2) и того, что $F_{\text{тр}} = fN = fg(m + 0{,}5m_{\text{р}})$;$S_{\text{x}} = T = F_{\text{тр}} = = fg(m + 0{,}5m_{\text{р}})$;$S_{\text{y}} = 0{,}5m_{\text{р}}g$(где$T$ – сила тяги, Н;f– коэффициент трения;g – ускорение свободного падения, м/с^2),уравнение (1) примет вид:

$$F_{\text{дин}} = m_{\text{р}} eg\left\{\left[f\left(m + 0{,}5m_{\text{р}}\right)(R + e \cdot \cos\varphi) - 0{,}5m_{\text{р}} e \cdot \sin\varphi\right]/6m\rho^2\right\}. \quad (3)$$

При оценке эксплуатационных характеристик машинно-тракторного агрегата в процессе обработки почвы важным показателем является мощность P, затрачиваемая на перекатывание катка по полю. Этот критерий определяет расход горюче-смазочных материалов, что, в результате, влияет на эффективность процесса почвообработки.

Мощность, затрачиваемая на перекатывание катка,Вт,

$$P = dA/dt, \quad (4)$$

гдеA – работа сил по перекатыванию катка, Дж; t – время, с.

Для определения совершаемой силами работыA воспользуемся теоремой об изменении кинетической энергии в дифференциальной форме:

$$dE_{\text{к}} = \sum_k dA_k^e + \sum_k dA_k^i, \quad (5)$$

где dE – кинетическая энергия системы, Дж;$\sum_k dA_k^e$,$\sum_k dA_k^i$–сумма элементарных работ внешних и внутренних сил системы, Дж.

В установившемся режиме работы скорость каткаv = const, следовательно кинетическая энергия $dE_{\text{к}} = 0$. Следовательно, сумма элементарных работ внутренних сил $\sum_k dA_k^e = 0$, а $\sum_k dA_k^e \neq 0$, поэтому уравнение суммы элементарных работ внешних силзапишем в следующем виде:

$$\sum_k dA_k^e = dA_{\text{т}} + dA_Q + dA_{N1} + dA_{N2} + 2dA_{\text{тр}1} + 2dA_{\text{тр}2} + 2dA_{M1} + 2dA_{M2}, \quad (6)$$

где $dA_{\text{т}}$ – элементарная работа силы тяжести, Дж;

dA_Q – элементарная работа силы аэродинамического сопротивления, Дж;

dA_{N1}, dA_{N2} – элементарные работы сил нормальных реакций со стороны почвы на пустотелые цилиндры, Дж;

$dA_{тр1}$, $dA_{тр2}$ – элементарные работы сил трения скольжения пустотелых цилиндров, Дж;

dA_{M1}, dA_{M2} – элементарные работы моментов сил трения качения, Дж.

Так как пустотелые цилиндры катка перекатываются по горизонтальной поверхности поля, то вертикальное перемещение центра масс катка, к которому приложена сила тяжести катка, равна нулю, поэтому $dA_т = 0$. При качении пустотелых цилиндров без скольжения их мгновенные центры скоростей P_j находятся в точках касания. Силы трения скольжения и нормальных реакций приложены в этих же точках, поэтому $dA_{тр1} = 0$, $dA_{тр2} = 0$, а также $dA_{N1} = 0$, $dA_{N2} = 0$.

Так как размеры пустотелых цилиндров катка одинаковы и коэффициенты трения качения пустотелых цилиндров о почву равны, то элементарные работы моментов сил трения качения определим для одного цилиндра, принимая нормальную реакцию от воздействия катка$N = N_1 + N_2 = mg$, где N_1,N_2 – нормальные реакции почвы от воздействия пустотелых цилиндров:

$$dA_{M1} + dA_{M2} = -fN_1 d\varphi - fN_2 d\varphi = -fd\varphi(N_1 + N_2) = -fmgd\varphi. \quad (7)$$

Работа нормальных сил реакции отрицательна, так как направление момента трения качения противоположно направлению поворота пустотелых цилиндров.

Элементарная работа, Дж, силы аэродинамического сопротивления

$$dA_Q = -Qds = -0{,}5\mu\rho v^2 Sds = -\mu\rho v^2 Rhdl, \quad (8)$$

где Q – сила аэродинамического сопротивления катка, Н;

dl– перемещение катка, м;

μ – аэродинамический коэффициент, зависящий от формы катка;

ρ – плотность воздуха, кг/м^3;

v – скорость движения катка относительно воздуха, м/с;

S – площадь поперечного сечения пустотелого цилиндра, м^2;

h – ширина захвата катка, м.

С учетом формул (5), (6), (7) и (8) выражение (4) примет вид:

$$P = (\mu\rho v^2 Rhdl/dt) + (fmgd\varphi/dt) = \mu\rho v^3 Rh + fmgv/R. \quad (9)$$

Выражение (9) устанавливает взаимосвязь мощности P, требуемой на перекатывание катка, с его конструктивными параметрами.

На процесс обработки почвы эксцентриковым катком влияет множество различных факторов, из которых были выбраны следующие независимые факторы: v – скорость движения катка, км/ч; $m_б$ – масса балласта, кг; e – эксцентриситет оси пустотелого цилиндра, мм.В качестве критерия оптимизации принят коэффициент соответствия эталону k_ρ, который характеризует качество прикатывания с позиции соответствия плотности почвы агротехническими требованиями [11, 12]:

$$k_\rho = 0{,}01[1 - (|\rho_{опт} - \rho_з|/\rho_{опт})], \quad (10)$$

где $\rho_{опт}$ – оптимальная плотность почвы на глубине заделки семян, установленная в соответствии с агротребованиями, кг/м^3;

$\rho_з$ – плотность почвы, полученная после проведения эксперимента [14], кг/м^3.

При полном соответствии плотности посевного слоя почвы агротехническим требованиям $k_\rho = 1$.

После обработки результатов проведенных опытов получены адекватные математические модели процесса прикатывания почвы почвообрабатывающим катком. Получено уравнение регрессии в натуральныхзначениях факторов, характеризующее влияние $m_б$ и эксцентриситета e на коэффициент соответствия эталону:

$$k_\rho = 0{,}8545 - 0{,}000006e^2 - 0{,}000002m_б^2 + \\ + 0{,}0009e + 0{,}0006m_б - 0{,}0000012em_б, \quad (11)$$

Графическое изображение поверхности отклика и ее двухмерное сечение представлено на рисунке 2.

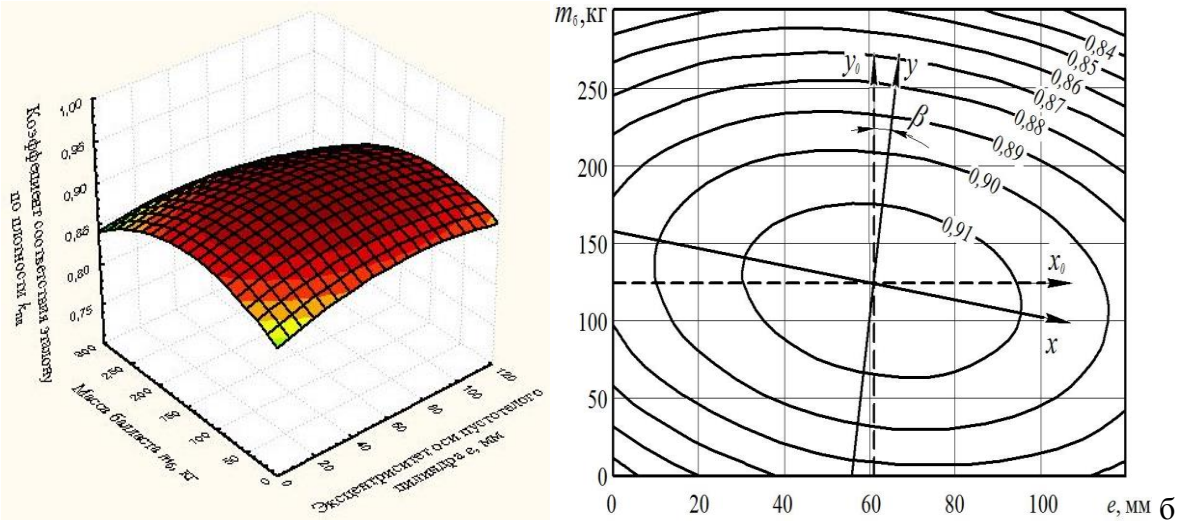


Рисунок 2 – Поверхность отклика (а) и ее двухмерное сечение (б) от взаимодействия массы балласта $m_б$ и эксцентриситета e и их совместного влияния на коэффициент соответствия эталонуk_ρ

После обработки результатов экспериментальных исследований, было выявлено, что после прохода предлагаемого нами эксцентрикового катка коэффициент соответствия эталону k_ρ = 0,99 (это соответствует ρ = 1211 кг/м^3), что полностью удовлетворяет агротехнически заданному пределу k_ρ = 0,92…1, при котором плотность почвы на глубине заделки семян ρ = 1100…1300 кг/м^3.Такое значение k_ρ достигается при скорости движения агрегата v = 11,7 км/ч, массе балласта $m_б$ = 126 кг, а также эксцентриситете e = 61 мм.

Выводы. В результате теоретических исследований процесса работы эксцентрикового катка выявлено, чтопри его движении возникает динамическая сила, которая повышает интенсивность крошения почвенных комков, обеспечивает требуемое уплотнение семенного слоя почвы. Экспериментальные исследования эксцентрикового катка позволили определить его оптимальные параметры, при которых коэффициент соответствия эталону k_ρ = 0,99, что по сравнению с кольчато-шпоровым катком 3 ККШ-6 лучше на 24 % (k_ρ = 0,75).

Список литературы

1. Зыкин Е.С., Курдюмов В.И., Шаронов И.А. Оптимизация режимных параметров катка-гребнеобразователя // Доклады российской академии сельскохозяйственных наук. – 2013. – № 1. – С. 58-60.

2. Семенихина Ю.А. Анализ ротационных устройств для выравнивания и уплотнения почвы // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: Сборник научных докладов XVIII Международной

научно-практической конференции (23–24 сентября 2015 г.). - Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2015. – 303 с.

3. Курдюмов В.И., Шаронов И.А. К обоснованию расположения оси колец катка-гребнеобразователя // Нива Поволжья. – 2010. – № 1. – С. 49-53.

4. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Шаронов И.А. Оптимизация конструктивных параметров гребнеобразователя пропашной сеялки // Известия международной академии аграрного образования. – 2013. – № 17. – С. 55-59.

5. Оптимизация параметров прикатывающего устройства комбинированного посевного агрегата / В.И. Курдюмов, И.А. Шаронов, Е.С. Зыкин, Е.Н. Прошкин, В.Е. Прошкин // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. – № 1. – С. 34-37.

6. Орудие для прикатывания почвы : патент RU № 2564486. Курдюмов В.И., Шаронов И.А., Егоров А.С. Опубл. 10.10.2015, Бюл. № 28.

7. Орудие для прикатывания почвы : патент RU № 2567207. Курдюмов В.И., Шаронов И.А., Егоров А.С. Опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31.

8. Орудие для прикатывания почвы : патент RU № 2567208. Курдюмов В.И., Шаронов И.А., Егоров А.С. Опубл. 10.11.2015, Бюл. № 31.

9. Орудие для прикатывания почвы : патент RU № 152307. Курдюмов В.И., Шаронов И.А., Егоров А.С. Опубл. 20.05.2015, Бюл. № 14.

10. Орудие для прикатывания почвы : патент RU № 152380. Курдюмов В.И., Шаронов И.А., Егоров А.С. Опубл. 27.05.2015, Бюл. № 15.

11. Курушин В.В., Шаронов И.А., Курдюмов В.И. Определение конструктивных параметров катка-гребнеобразователя // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. –2015. –№ 3. – С.131-135.

12. Курдюмов В.И., Шаронов И.А., Прошкин В.Е. Экспериментальные исследования почвообрабатывающего катка // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2014. – № 2. – С. 141-145.

13. Экспериментальные исследования универсального катка-гребнеобразователя / В.И. Курдюмов, Е.С. Зыкин, И.А. Шаронов, В.П. Зайцев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – № 4. – С. 107-112.

14. Устройство для определения плотности почвы : патент на полезную модель RU № 149064. Курдюмов В.И., Зыкин Е.С., Шаронов И.А., Курушин В.В., Прошкин В.Е., Егоров А.С. Опубл. 20.12.2014, Бюл. № 35.

References

1. Zykin E.S., Kurdjumov V.I., Sharonov I.A. Optimizacija rezhimnyh parametrov katka-grebneobrazovatelja // Doklady rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk. –2013. – № 1. – S. 58-60.

2. Semenihina Ju.A. Analiz rotacionnyh ustrojstv dlja vyravnivanija i uplotnenija pochvy // Povyshenie jeffektivnosti ispol'zovanija resursov pri proizvodstve sel'skohozjajstvennoj produkcii – novye tehnologii i tehnika novogo pokolenija dlja rastenievodstva i zhivotnovodstva: Sbornik nauchnyh dokladov XVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (23–24 sentjabrja 2015 g.). - Tambov: Izd-vo Pershina R.V., 2015. – 303 s.

3. Kurdjumov V.I., Sharonov I.A. K obosnovaniju raspolozhenija osi kolec katka-grebneobrazovatelja // Niva Povolzh'ja. – 2010. – № 1. – S. 49-53.

4. Kurdjumov V.I., Zykin E.S., Sharonov I.A. Optimizacija konstruktivnyh parametrov grebneobrazovatelja propashnoj sejalki // Izvestija mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovanija. – 2013. – № 17. –S. 55-59.

5. Optimizacija parametrov prikatyvajushhego ustrojstva kombinirovannogo posevnogo agregata / V.I. Kurdjumov, I.A. Sharonov, E.S. Zykin, E.N. Proshkin, V.E. Proshkin // Sel'skohozjajstvennye mashiny i tehnologii. – 2014. – № 1. – S. 34-37.

6. Orudie dlja prikatyvanija pochvy : patent RU № 2564486. Kurdjumov V.I., Sharonov I.A., Egorov A.S. Opubl. 10.10.2015, Bjul. № 28.

7. Orudie dlja prikatyvanija pochvy : patent RU № 2567207. Kurdjumov V.I., Sharonov I.A., Egorov A.S. Opubl. 10.11.2015, Bjul. № 31.

8. Orudie dlja prikatyvanija pochvy : patent RU № 2567208. Kurdjumov V.I., Sharonov I.A., Egorov A.S. Opubl. 10.11.2015, Bjul. № 31.

9. Orudie dlja prikatyvanija pochvy : patent RU № 152307. Kurdjumov V.I., Sharonov I.A., Egorov A.S. Opubl. 20.05.2015, Bjul. № 14.

10. Orudie dlja prikatyvanija pochvy : patent RU № 152380. Kurdjumov V.I., Sharonov I.A., Egorov A.S. Opubl. 27.05.2015, Bjul. № 15.

11. Kurushin V.V., Sharonov I.A., Kurdjumov V.I. Opredelenie konstruktivnyh parametrov katka-grebneobrazovatelja // Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. –2015. –№ 3. – S. 131-135.

12. Kurdjumov V.I., Sharonov I.A., Proshkin V.E. Jeksperimental'nye issledovanija pochvoobrabatyvajushhego katka // Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. – 2014. – № 2. – S. 141-145.

13. Jeksperimental'nye issledovanija universal'nogo katka-grebneobrazovatelja / V.I. Kurdjumov, E.S. Zykin, I.A. Sharonov, V.P. Zajcev // Vestnik Ul'janovskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii. –2011. –№ 4. –S.107-112.

14. Ustrojstvo dlja opredelenija plotnosti pochvy : patent na poleznuju model' RU № 149064. Kurdjumov V.I., Zykin E.S., Sharonov I.A., Kurushin V.V., Proshkin V.E., Egorov A.S. Opubl. 20.12.2014, Bjul. № 35.

УДК 66.061.35

НАГОРНОВ С.А., РОМАНЦОВА С.В., МЕЩЕРЯКОВА Ю.В., КОРНЕВ А.Ю. СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ И РАСЧЁТ ИНДЕКСОВ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ЛИПИДНОЙ ФРАКЦИИ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Нагорнов Станислав Александрович
доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д.28.

Романцова Светлана Валерьевна
кандидат химических наук, доцент, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д.28. E-mail: svromantsova@ yandex.ru, тел. 915-667-13-60

Мещерякова Юлия Владимировна
младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д.28.
Корнев Алексей Юрьевич
кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией организации нефтехозяйств и экономного расходования нефтепродуктов, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д.28.

Реферат. *Агропромышленный комплекс является одним из основных потребителей дизельного топлива. Качество топлива – один из наиболее важных факторов эффективности сельскохозяйственного производства. Для улучшения его экологических и эксплуатационных свойств можно использовать биодизельное топливо, синтезируемое из возобновляемого растительного сырья. В настоящее время наиболее перспективными считаются технологии получения битоплива из липидов, синтезируемых микроводорослями. В состав липидной фракции микроводорослей могут входить органические соединения, отличающиеся по своему строению и принадлежащие к различным классам соединений. Однако для синтеза биодизельного топлива необходим только один из видов простых омыляемых липидов – триацилглицерины. Они являются основными компонентами растительных масел. Для установления компонентного состава сравнивали ИК-спектры липидной фракции микроводорослей и растительного масла. Сопоставление основных полос колебаний в ИК-спектрах показывает, что в составе липидной фракции, синтезируемой клетками микроводоросли Chlorella vulgaris, содержатся сложные эфиры, аналогичные триацилглицеринам растительных масел. Они могут быть использованы для синтеза биодизельного топлива. Рассмотрен механизм реакции синтеза биодизельного топлива. С помощью квантово-химического расчёта определены строение и индексы реакционной способности молекулы субстрата (триацилглицерина) и возможных реагентов – метилатов калия и натрия, метилового спирта. По данным расчёта наиболее эффективным реагентом является отрицательно заряженный алкоголят-ион. В реакции алкоголиза он в первую очередь должен атаковать атомы углерода с наибольшим положительным зарядом. Как показывает расчет, это β-положение молекулы триацилглицерина как по пространственным соображениям, так и по величине заряда на атомах углерода. Представлена схема механизма процесса переэтерификации (алкоголиза) в присутствии основного катализатора в гомогенной среде. Рассмотрены ИК-спектры триацилглицеринов липидной фракции микроводоросли Chlorella vulgaris и синтезированного биодизельного топлива. Установлено, что в условиях протекания реакции алкоголиза в молекулах триацилглицеринов и компонентов биодизельного топлива не происходит процесс цис-транс-изомеризации.*

Ключевые слова*: биодизельное топливо, микроводоросли, триацилглицерины, квантово-химические расчёты, алкоголиз.*

NAGORNOV S.A., ROMANTSOVA S.V., MESHERJAKOVA JU.V., KORNEV A.JU. SPECTRUM ANALYSIS AND CALCULATION OF INDICES REACTIVITY OF THE COMPONENTS OF THE LIPID FRACTION OF MICROALGAE

Nagornov S.A.,
Full Doctor of Technical Sciences, professor, Deputy director for scientific work, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov.
Romantsova S.V.,
PhD (Chemistry), associate professor, senior researcher All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov.
Mesheryakova Y.V.,
junior researcher All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov.
Kornev Alexey Yurevich
Ph.D. (Technical), Associate Professor, Head of the laboratory, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov.

Abstract. *Agro-industrial complex is one of the main consumers of diesel fuel. Fuel quality is one of the most important factors of the efficiency of agricultural production. Biodiesel synthesized from renewable raw materials can be used to improve environmental and service properties of fuel. At present, the technology for biofuel production from lipids synthesized by microalgae is the most promising. The composition of microalgae lipid fraction may include organic compounds which differ in structure and belong to different classes of compounds. However, only one type of simple saponifiable lipids – triacylglycerols – is required for the synthesis of biodiesel. They are the major components of plant oils. To determine the component composition we compared IR spectra of microalgae lipid fractions and plant oils. Comparison of the main vibration bands in IR spectra shows that the lipid fraction synthesized by cells of microalgae Chlorella vulgaris contains esters, similar to triacylglycerols of vegetable oils. They can be used to synthesize biodiesel. The mechanism of biodiesel synthesis reaction was considered. With the help of quantum-chemical calculation the structure and codes of the reactivity of the substrate molecule (triacylglycerol) and possible reagents - potassium and sodium methylate, and methanol, were determined. According to the calculation the most effective reagent is a negatively charged ion, alcoholate. In alcoholysis reaction firstly it must attack carbon atoms with the most positive charge. Calculations show that it is ß-position of the triacylglycerol molecule of both spatial considerations, and on the charge magnitude on carbon atoms. The diagram of the mechanism of transesterification process (alcoholysis) in the presence of a basic catalyst in a homogeneous medium was described. IR spectra of triacylglycerols of microalgae Chlorella vulgaris lipid fraction and synthesized biodiesel were examined. It was found that at the conditions of alcoholysis reaction the process of cis-trans isomerization does not take place in triacylglycerol molecules and biodiesel components.*

Keywords: *biodiesel fuel, microalgae, triacylglycerols, quantum-chemical calculations, alcoholysis reaction.*

Введение. Эффективность сельскохозяйственного производства обусловлена многочисленными взаимосвязанными факторами. Один из самых важных – качество используемого топлива, т.к. от него зависит не только срок службы, трудоемкость

технического обслуживания и экономичность работы мобильной и стационарной сельскохозяйственной техники, но и её экологические характеристики, а значит и качество производимой сельскохозяйственной продукции. Перевод автотракторной техники на использование дизельного топлива, удовлетворяющего требованиям стандартов «Евро» с низким содержанием серусодержащих и ароматических соединений приводит к снижению его цетанового числа, ухудшению смазывающих свойств и выходу из строя дорогостоящей топливной аппаратуры.

В настоящее время отечественные разработки не удовлетворяют потребность в противоизносных и цетаноповышающих присадках в России [1]. Зависимость от зарубежных поставок в производстве стратегического продукта, которым является топливо, недопустима.

Улучшить противоизносные и экологические свойства и при этом повысить значение цетанового числа можно при использовании биодизельного топлива. Преимущества этого топлива хорошо известны [2-11].

Выделяют три поколения растительного возобновляемого сырья, используемого для синтеза биодизельного топлива. Растительные жиры, извлекаемые из традиционных масличных культур, относят к первому поколению сырья; непищевые растительные масла – ко второму поколению. Наиболее перспективными признаются технологии получения биотоплива из липидов, синтезируемых микроводорослями (третье поколение возобновляемого сырья).

К липидам относят биологически активные вещества, отличающиеся по своему строению и функциям, принадлежащие к различным классам соединений. Эта группа веществ характеризуется следующими общими признаками: они практически не растворяются в воде, но обладают хорошей растворимостью в неполярных растворителях; в структуре молекулы присутствуют высшие алкильные радикалы. В соответствии с этим определением, к липидам относят не только триацилглицерины, необходимые для синтеза биодизельного топлива, но и воски, церамиды, стероиды, а также каротиноиды, жирорастворимые витамины. [12,13]. Необходимо проанализировать состав липидной фракции, экстрагируемой из клеток микроводорослей, и определить, возможно ли её использование для синтеза биодизельного топлива.

Для определения оптимальных условий синтеза биодизельного топлива, необходимо уточнить механизм реакции алкоголиза, в результате которой триацилглицерины превращаются в компоненты биодизельного топлива – метиловые эфиры высших алифатических кислот.

Экспериментальная часть. Извлечение липидов осуществляли экстракцией (экстрагент – гексан) из биомассы микроводоросли *Chlorella vulgaris* по методу Блайя-Дайера (упрощенный вариант метода Фолча) [14]. Экстракт промывали водным раствором хлорида калия, липидную фракцию отделяли с помощью делительной воронки, растворитель выпаривали

Определение функциональных групп компонентов липидной фракции микроводорослей и триацилглицеринов растительного масла проводили с использованием ИК-Фурье спектрометра «Infralum FT-801», ТУ 4434-151-20506233-98. Спектрометр однолучевой, в качестве светоделителя используется селенид цинка с металлическим напылением, источником излучения является высокотемпературная нихромовая спираль с покрытием, изготовленным из спецкерамики (с резистивным подогревом). Внутренний эталон длины волны – гелий - неоновый лазер, точность по волновому числу ±0,005 см $^{-1}$. Регистрацию

колебательных спектров (ИК-диапазон) производят по программе, заложенной в память компьютера прибора. Количество сканирований – 16, разрешение – 4 см $^{-1}$, усиление – 1.

Электронную структуру молекул рассчитывали, используя полуэмпирические методы расчета. Наиболее подходящим для расчёта строения и индектов реакционной способности триацилглицеринов и компонентов биодизельного топлива является метод АМ 1.

Результаты и обсуждение. Для определения состава липидной фракции проведен её спектроскопический анализ (рис. 1) методом колебательной спектроскопии. Для сравнения использован ИК-спектр рафинированного рапсового масла (рис. 2).

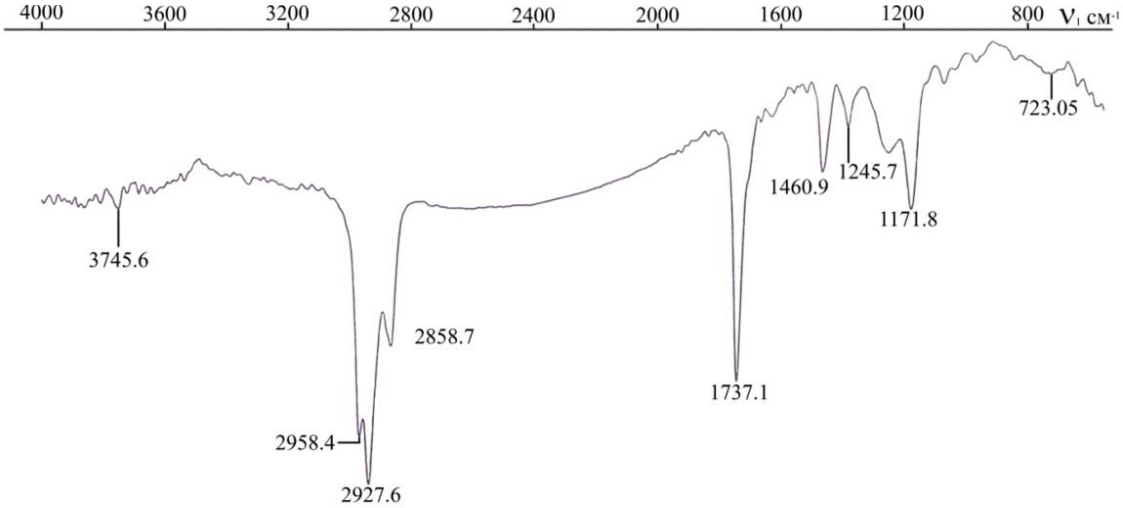


Рисунок 1 – ИК-спектр липидной фракции микроводоросли *Chlorella vulgaris*

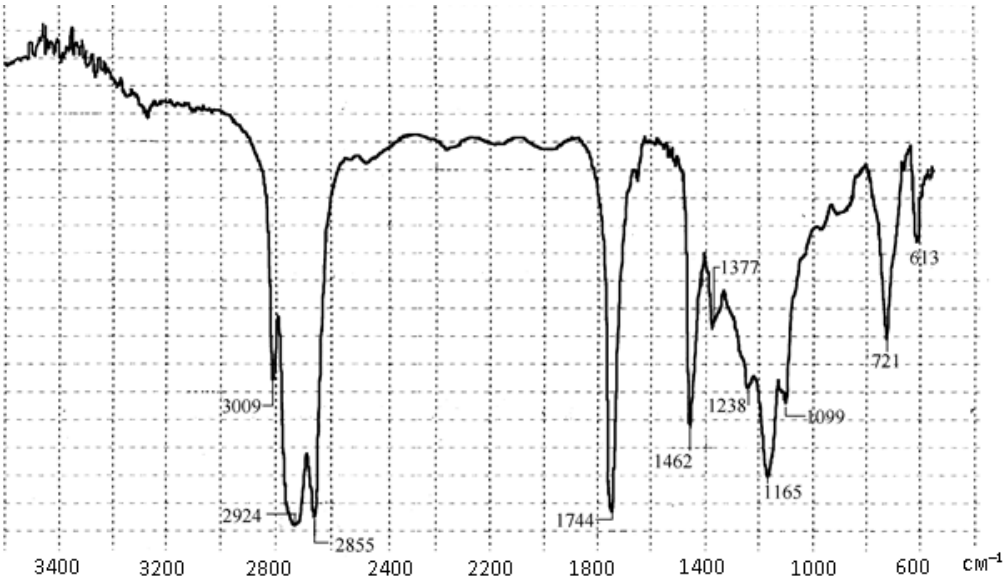


Рисунок 2 – ИК-спектр рафинированного рапсового масла

Спектральные характеристики триацилглицеринов различных растительных масел практически идентичны [15-17]. Сравнение основных полос колебания в спектре позволяет сделать вывод о том, что и в составе липидной фракции, полученной в результате экстракции биомассы микроводоросли *Chlorella vulgaris,* содержатся сложные эфиры, аналогичные триацилглицеринам растительных масел.

Наиболее характерными для сложных эфиров можно считать валентные колебания карбонильной группы (связи С=О). В спектрах хорошо видна соответствующая сильная

полоса при 1744 см$^{-1}$ (рапсовое масло) и 1734 и 1737 см$^{-1}$ (липидная фракция экстракта). Триацилглицерины по своему строению являются сложными эфирами высших алифатических кислот, для которых характерными являются валентные колебания эфирной связи –С–О– в интервале частот 1200-1170 см$^{-1}$ [18]. Таким колебаниям в рассматриваемом спектре рапсового масла соответствует полоса при 1165 см$^{-1}$, а в спектре липидной фракции микроводоросли, вероятно 1171 см$^{-1}$.

Полосы в спектре рапсового масла в области 1462, 2855 и 2924 см$^{-1}$ соответствуют ножничным, симметричным и асимметричным валентным колебаниям многочисленных метиленовых групп (–CH_2–). В спектрах липидной фракции микроводоросли им аналогичны полосы в области 1468 (1460), 2858 и 2960 (2958) см$^{-1}$.

По результатам спектроскопического исследования можно утверждать, что основную часть липидной фракции, полученной путём экстракции биомассы микроводоросли *Chlorella vulgaris,* составляют триацилглицерины, которые и необходимы для синтеза биодизельного топлива по реакции алкоголиза.

Реакция алкоголиза является частным случаем реакций переэтерификации. Собственно к реакциям переэтерификации относят химические процессы, в результате которых происходит обмен ацильных групп между сложными эфирами различного строения с образованием новых молекул сложных эфиров, имеющих другое строение. Если обмен происходит между молекулами различных сложных эфиров (в том числе триацилглицеринов) и спиртов, то такие реакции, являющиеся частным случаем переэтерификации, называют реакциями алкоголиза, иногда более конкретно (по названию спирта) реакциями метанолиза, этанолиза и т.д. [19,20].

По механизму реакции алкоголиза можно отнести к реакциям нуклеофильного замещения, атакующей частицей в которых является анион спирта (алкоголят-ион). Для более подробного рассмотрения механизма реакции алкоголиза строение реагентов уточняли с помощью квантово-химического расчёта не только молекулы субстрата – триацилглицерина, в молекуле которого присутствуют радикалы олеиновой, а также линоленовой и линолевой кислот (они наиболее часто встречаются в растительных маслах); но и возможных реагентов – метилатов калия и натрия, метилового спирта.

Известно, что при использовании метилового спирта и его алкоголятов в качестве нуклеофильных реагентов, наибольшая скорость алкоголиза наблюдается при использовании метилата калия, наименьшая – в случае применения метанола [19,20].

Расчёт электронных структур молекул метанола и его алкоголятов (рис 3) показал, что пространственная конфигурация этих молекул практически одинакова. Электронная плотность в молекулах реагентов распределяется неравномерно (рис. 4). Молекула спирта имеет самый маленький заряд на кислородном атоме (-0,326). В молекулах алкоголятов этот заряд выше из-за большей разности в электроотрицательности связи кислород - металл по сравнению со связью кислород - водород. В молекуле метилата калия (по сравнению с метилатом натрия) на атоме кислорода наблюдается больший отрицательный заряд (соответственно, – 0,732 и – 0,709), что объясняет большую активность метилата калия как нуклеофильного реагента в реакции алкоголиза.

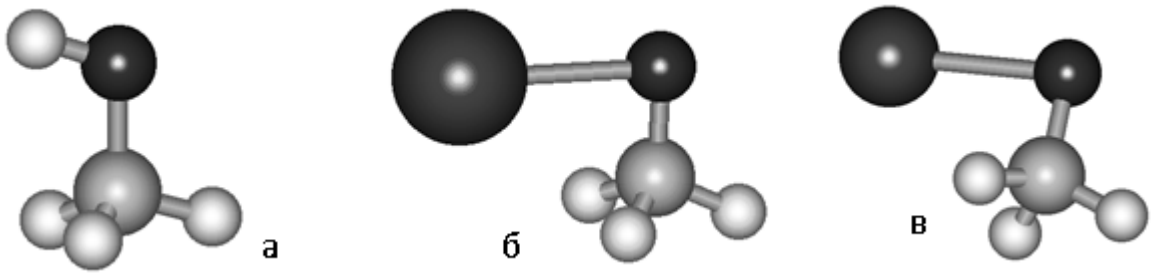


Рисунок 3 – Шаростержневые модели метанола (а), метилата калия (б), метилата натрия (в)

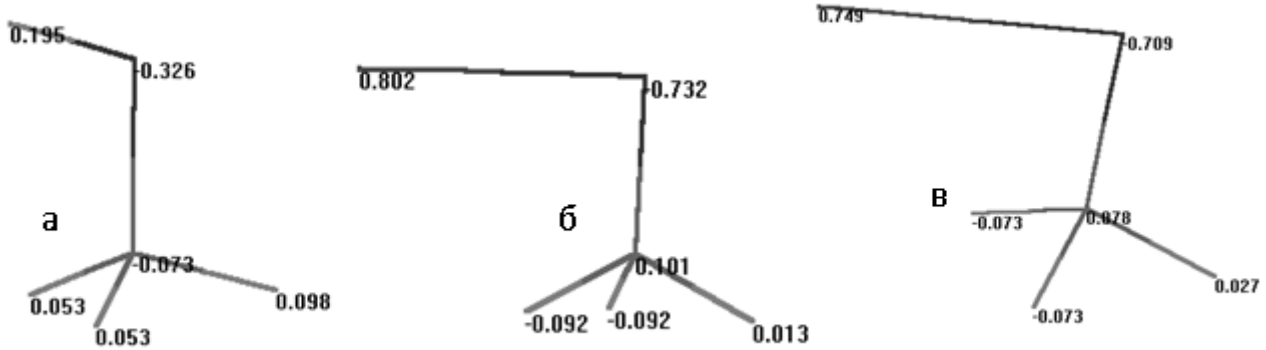


Рисунок 4 – Вероятность распределения электронной плотности в молекулах метанола (а), метилата калия (б), метилата натрия (в)

При моделировании молекулы субстрата – 1-олеил-2-линолеил-3- линоленилглицерина программа по умолчанию представляет радикалы непредельных кислот в транс-конфигурации. Шаростержневая модель транс-триацилглицерина представлена на рис. 5а. Однако известно [14,19,20], что в природных жирах непредельные кислоты находятся, преимущественно, в цис-конфигурации. Пространственная конфигурация молекулы представлена на рис. 5б.

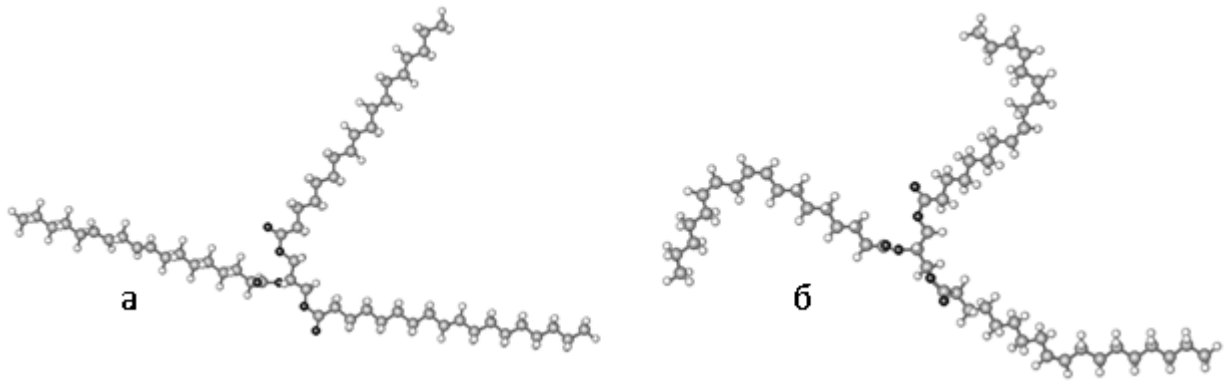


Рисунок 5 – Шаростержневые модели 1-олеил-2-линолеил-3- линоленилглицерина в транс-конфигурации (а) и цис-конфигурации (б)

Цис-конфигурация алифатических радикалов приводит к укорачиванию углеводородных радикалов кислот и уменьшению размеров молекулы. Так, максимальная длина молекулы в

транс-конфигурации составляет 46,18 А°, в цис-конфигурации – 39,57 А°. В молекуле цис-триацилглицерина углеводородные радикалы имеют изогнутую форму, при образовании кристаллов они не могут упаковываться так же плотно, как радикалы в составе транс-изомера. Поэтому различаются температуры плавления (а часто и агрегатное состояние) триацилглицеринов. Так, жидкие растительные масла, в основном содержат, радикалы непредельных кислот (прежде всего, олеиновой) в цис-конфигурации [21].

Результаты расчёта показывают, что молекула триацилглицерина не является симметричной. По пространственным соображениям для атаки нуклеофила более доступен атом углерода в β- положении (на рис. 5 – слева), что не совпадает с некоторым литературными данными. Так, известно, что атака нуклеофильных частиц при ферментативном гидролизе триацилглицеринов в организме (in vivo) происходит в первую очередь по атому углерода, находящемуся в α-положении [13,14]. Поэтому и при описании механизма алкоголиза in vitro (без участия ферментов) часто считают, что атака нуклеофила направлена в первую очередь на 1-й и 3-й атомы углерода (α-положения) глицеринового фрагмента [19].

Распределение зарядов в активном центре молекулы субстрата позволяет более точно судить о направлении атаки нуклеофила (рис. 6).

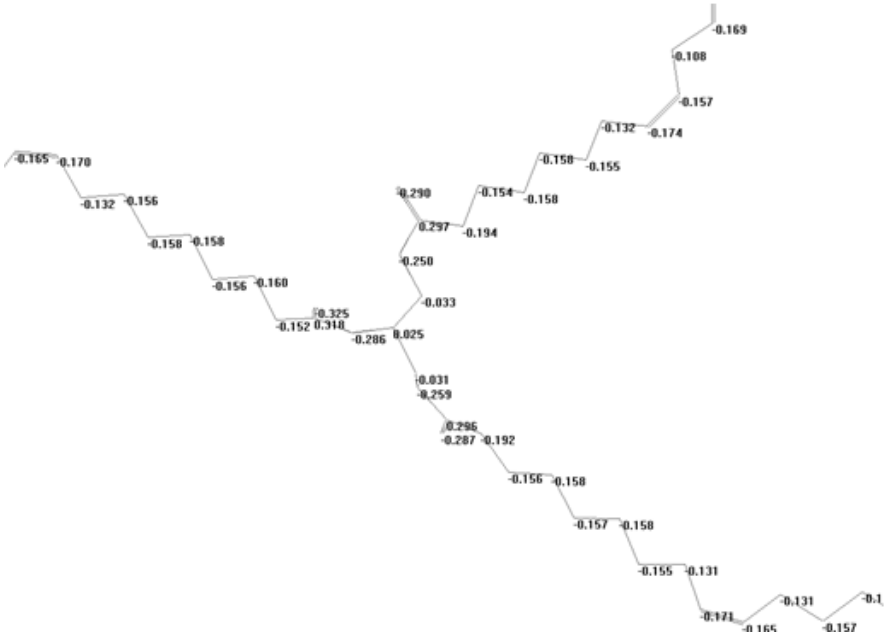


Рисунок 6 – Вероятность локализации электронов в молекуле1-олеил-2-линолеил-3-линоленилглицерина

На рис. 6 представлены только атомы углерода и кислорода, так как заряды на атомах водорода не значительны и не имеют значения для реакции, протекающей по механизму нуклеофильного замещения.

В молекуле субстрата присутствуют как sp^3-, так и sp^2- гибридные атомы углерода. К атомам в состоянии sp^2- гибридизации относятся атомы углерода карбонильных групп (3 атома) и атомы углерода, которые связанны двойной связью (12 атомов). Такие атомы углерода имеют несколько большую электроотрицательность, чем sp^3- гибридные. Однако эта разница невелика (Δ = 0,08 ед. по Поллингу) и значительного смещения электронной плотности связи $C(sp^3) \rightarrow C(sp^2)$ не происходит. Как показывают данные квантово-химического расчёта, заряд на sp^2- гибридном атоме углерода кислотного радикала несколько

выше (в среднем -0,170 по сравнению с -0,157) за счёт сдвига электронной плотности, в основном, от связанного с ним атома водорода. Таким образом, углеводородные радикалы высших алифатических кислот представляют собой малополярную часть молекулы триацилглицерина.

Более полярной частью молекулы является её центральная часть, содержащая атомы углерода глицерина и три сложноэфирные группы.

Так, заряд на атоме углерода карбонильных групп варьируется от + 0,296 до + 0,318, на связанных с ними атомах кислорода он может меняться от –0,287 до –0,325; на атоме кислорода эфирной группы (не связанном двойной связью) заряд несколько меньше: от - 0,250 до - 0,286. При этом самый высокий положительный заряд приходится на карбонильный атом углерода в β- положении молекулы триацилглицерина (на рис. 6 – слева), что облегчает атаку нуклеофила именно по этому положению. Наиболее заметно различие в зарядах на глицериновых атомов углерода. Так, если на атомах в α-положениях присутствует небольшой отрицательный заряд (соответственно –0,033 и –0,032), то в β-положении, напротив, наблюдается недостаток электронной плотности (+0,025).

Нуклеофильная частица (алкоголят-ион) заряжена отрицательно, поэтому в реакции алкоголиза в первую очередь должна атаковать атомы углерода, с наибольшим положительным зарядом. Как показывает расчет, это β-положение молекулы триацилглицерина как по пространственным соображениям, так и по величине заряда на атомах углерода.

Таким образом, механизм реакции алкоголиза в присутствии щелочного катализатора можно изобразить в виде схемы, представленной на рис. 7.

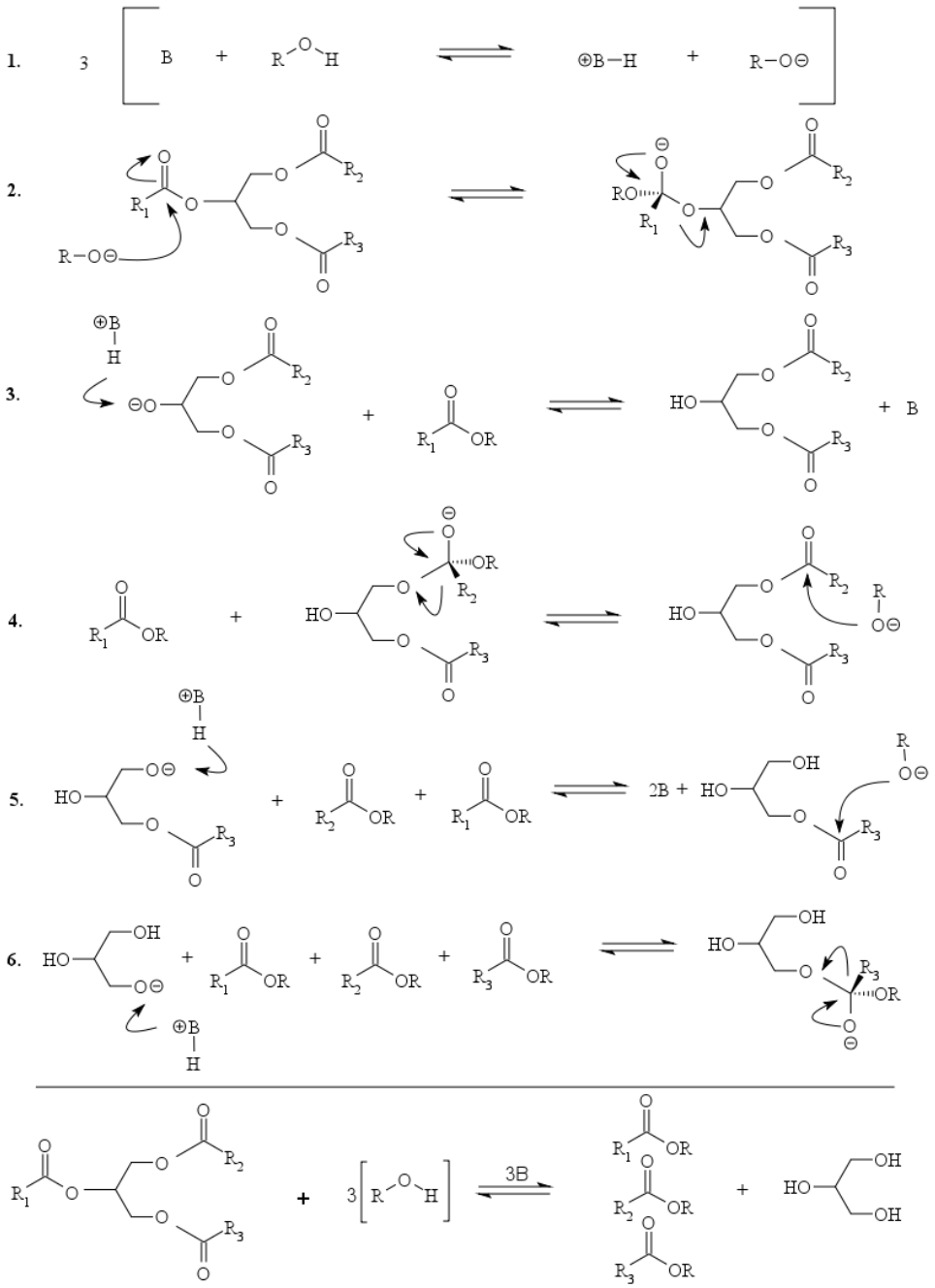


Рисунок 7 – Общий механизм процесса переэтерификации (алкоголиза) в присутствии основного катализатора в гомогенной среде

В результате протекания реакции алкоголиза образуется смесь метилатов высших алифатических кислот, которые и представляют собой биодизельное топливо.

В состав триацилглицеринов растительных масел входят радикалы высших непредельных кислот, двойная связь в которых находится в цис- конфигурации [14,19,21]. В рассматриваемом спектре рапсового масла (рис. 2), колебания на частоте 721 см$^{-1}$, а в спектре липидной фракции микроводоросли (рис. 1) при 723 см$^{-1}$ можно отнести к деформационным (неплоским) колебаниям двойной связи, существующей в цис-конфигурации.

В процессе переработки растительных жиров химическими способами могут протекать реакции изомеризации, в результате которых углеводородные радикалы кислот могут переходить из цис-формы в более стабильную *транс*- конфигурацию. Так, при каталитическом гидрировании растительных масел в процессе производства саломаса увеличение температуры плавления вещества происходит не только в результате реакции

гидрирования (присоединения водорода), но и в результате *цис-транс*- изомеризации углеводородных радикалов триацилглицеринов [22].

Большая стабильность транс-изомеров подтверждается квантово- химическими расчётами, в том числе компонентов биодизельного топлива.

Как видно из данных расчета по оптимизации геометрической структуры молекул, длина молекулы метилолеата в *транс*- конфигурации составляет 25,25 А°, в *цис*- конфигурации 22,61 А°.

Для эфиров линолевой и, особенно, линоленовой кислоты различие в длине молекул *цис*- и *транс*-изомеров ещё заметнее: 25,18 и 18,1 А°; 24,78 и 16,85 А° соответственно (рис. 8, 9).

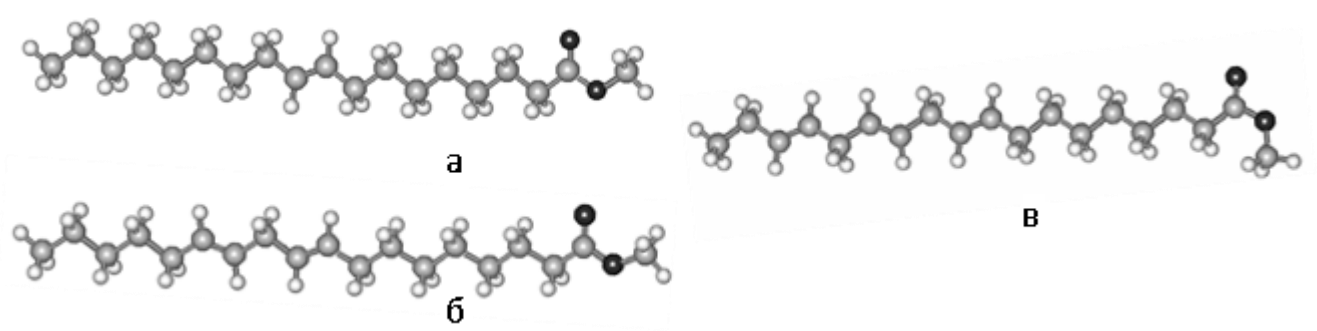


Рисунок 8 – Молекулы *транс*- изомеров метилолеата (а), метиллинолеата (б) и метиллинолената (в) (шаростержневые модели).

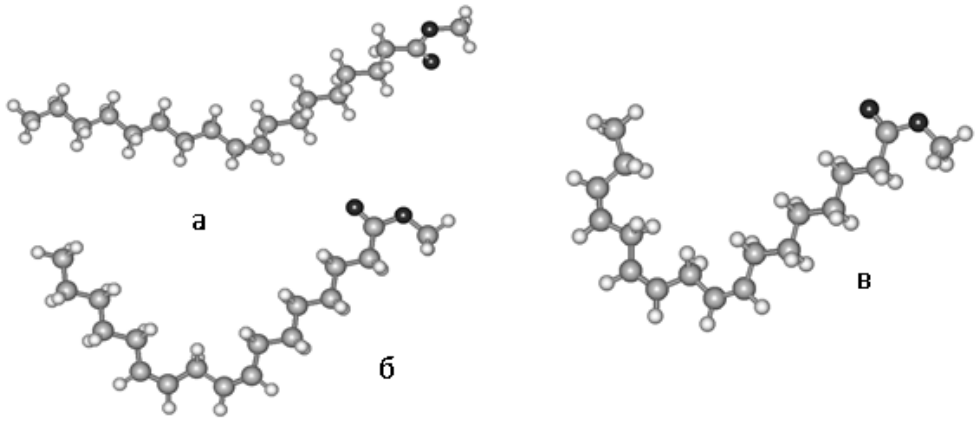


Рисунок 9 – Молекулы *цис*- изомеров метилолеата (а), метиллинолеата (б) и метиллинолената (в) (шаростержневые модели).

Как показывают результаты квантово-химического расчёта, величина энергии *цис*- и *транс*- метилолеата почти не отличаются: -5418,39 эВ и -5418,04 эВ. Для метиллинолеата разница в энергиях более заметна и составляет для *транс*-изомера -5284,85 эВ, а для *цис*-изомера -4997,31 эВ. Разница остается значительной и для сложного эфира метанола и линоленовой кислоты: -5145,93 эВ для *транс*- изомера и -4863,63 эВ для *цис*-изомера.

Определить, протекает ли наряду с процессом метанолиза реакция изомеризации можно с помощью спектральных методов анализа, в частности ИК-спектроскопии. ИК-спектр биодизельного топлива, полученного по реакции метанолиза триацилглицеринов липидной фракции микроводоросли *Chlorella vulgaris* представлен на рис.10.

Функциональные группы триацилглицеринов растительных масел и молекул биотоплива идентичны (это сложные эфиры), поэтому спектры масел и компонентов биодизельного топлива очень похожи. Закономерно отсутствие в спектрах компонентов биодизельного

топлива (в отличие от спектра рапсового масла) полосы при 1377 см$^{-1}$, которая характерна для деформационных колебаний связи β-атома углерода триацилглицеринов, т.к. в молекулах компонентов биотоплива глицериновый фрагмент отсутствует.

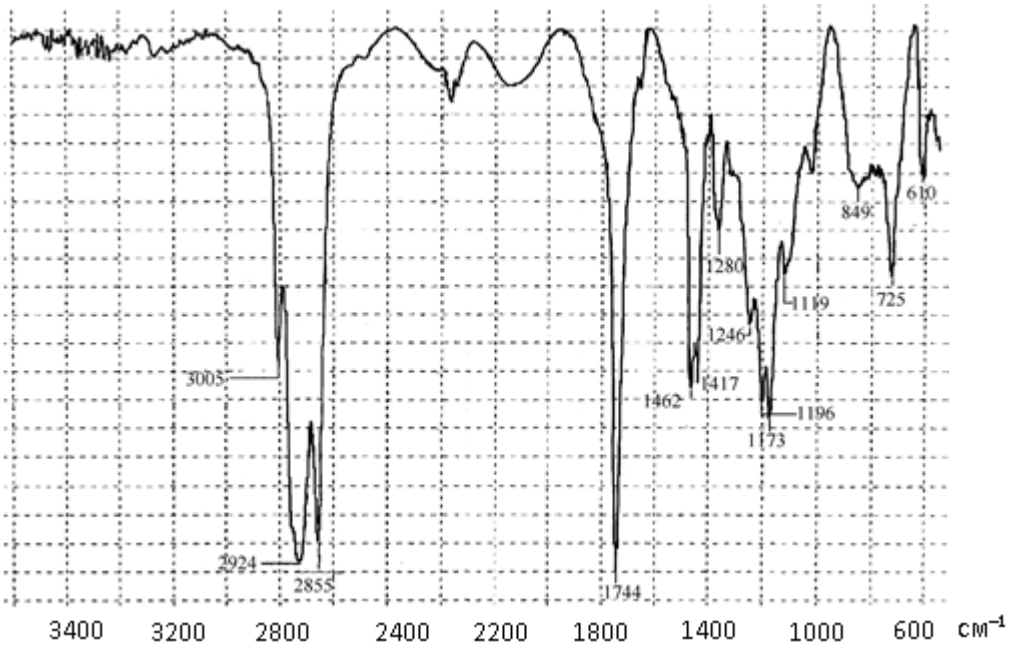


Рисунок 10 – ИК-спектр компонентов биодизельного топлива

Характерные для сложных эфиров валентные колебания карбонильной группы (связи C=O) представлены сильной полосой при 1744 см$^{-1}$, полоса при частоте 1173 см$^{-1}$ в спектре биодизельного топлива соответствует валентным колебаниям эфирной группы (–C–O–).

В спектре компонентов биодизельного топлива при 2855 см$^{-1}$ присутствуют симметричные валентные колебания метоксигруппы (–OCH_3).

Слабые полосы при 3676 и 3464 см$^{-1}$ (характерные для колебаний свободных гидроксильных групп) могут возникать вследствие наличия в биодизельном топливе моно- и диглицеридов в небольших количествах. Поскольку широкая полоса в интервале от 3400 до 3200 см$^{-1}$, которую обычно дают колебания ассоциированных групп –OH [18], в спектре отсутствует, можем сделать вывод об отсутствии в биодизельном топливе молекул глицерина.

В спектре биодизельного топлива присутствуют полосы при следующих частотах: 725, 1417 и 3009 см$^{-1}$. Это может служить подтверждением преимущественной *цис*- конфигурации неконцевых двойных связей (CHR = CHR’). Для колебаний двойных связей в транс-форме в ИК-спектре характерны полосы в интервале частот 980-960 см$^{-1}$. В спектре биодизельного топлива, синтезированного из триацилглицеринов липидной фракции микроводорослей, они отсутствуют. Следовательно, в процессе алкоголиза в молекулах триацилглицеринов и компонентов биодизельного топлива не происходит реакция *цис-транс*- изомеризации.

Выводы. С помощью метода колебательной спектроскопии показано, что что в составе липидной фракции, содержащейся в биомассе микроводоросли *Chlorella vulgaris,* содержатся триацилглицерины высших алифатических кислот. Следовательно, липиды, полученные путём экстракции биомассы микроводоросли, можно использовать в качестве сырья для синтеза биодизельного топлива. Рассмотрен механизм реакции алкоголиза. С помощью квантово-химического расчёта определено основное направление атаки нуклеофильного реагента (алкоголят-иона) на молекулу субстрата (триацилглицерина) в реакции алкоголиза.

Предложена схема механизма реакции алкоголиза в присутствии основного катализатора в гомогенной среде. Установлено, что в условиях протекания реакции алкоголиза в радикалах высших непредельных алифатических кислот процесс цис-транс- изомеризации не происходит.

Список литературы

1. Данилов А.М. Современное состояние производства и применения присадок при выработке дизельных топлив Евро-3, 4, 5. М.: Спутник. 2009. 27 с.

2. Девянин С.Н., Марков В.А. Семенов В.Г. Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей. М.: Изд-во МГАУ им. В. П. Горячкина. 2007. 339 с.

3. Фукс И.Г., Евдокимов А.Ю., Джамалов А.А., Лукса А. Экологические аспекты использования топлив и смазочных материалов растительного и животного происхождения // Химия и технология топлив и масел. 1992. № 6. с. 36-40.

4. Семенов В.Г. Анализ показателей работы дизелей на нефтяных и альтернативных топливах растительного происхождения // Вісник Національного технічного університету. Харків: НТУ «ХПІ». 2002. № 3. С. 177-197.

5. Васильев И.П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля. Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля. 2009. 240 с.

6. Льотко В., Луканин В.Н., Хачиян А.С. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания М.: Изд-во МАДИ (ТУ). 2000. 311 с.

7. Уханов А.П., Рачкин В.А., Уханов Д.А. Рапсовое биотопливо. Пенза: РИО ПГСХА. 2008. 229 с.

8. Аблаев А.Р. Мыслить за пределами нефтяной трубы // Мир нефтепродуктов. 2007. № 3. С. 2-5.

9. Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Нагорнов С.А. и др. Результаты испытаний и перспективы эксплуатации дизелей на биотопливе. М.: Росинфорагротех. 2008. 136 с.

10. Митин С.Г., Орсик Л.С., Сорокин Н.Т. и др. Биоэнергетика: мировой опыт и прогноз развития. Научный аналитический обзор. М.: Росинфорагротех, 2007. 204 с.

11. Федоренко В.Ф., Колчинский Ю.Л., Шилова Е.П. Состояние и развитие производства биотоплива: научный аналитический обзор. М.: Росинфорагротех. 2007. 130 с.

12. Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия. М.: Медицина. 2008. С. 188.

13. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера. Т. 1. М.: Бином. Лаборатория знаний. 2014. С. 487.

14. Биохимические исследования мембран. Под ред. Э. Медди. М.: Мир, 1979. 300 с.

15. Романцова С.В., Вервекина Н.В. Спектральные характеристики компонентов биотоплива // Актуальные проблемы естественных наук: Мат-лы Всерос. (с международным участием) заочной науч.-практ. конф., посвящённой 145-летию со дня рождения В.И. Вернадского. Тамбов: издательский дом ТГУ им. Г.Р. Державина. 2008. С. 14-16.

16. Романцова С.В., Гаврилова В.А., Конькова Н.Г., Пашинин В.А. Состав и спектральные характеристики компонентов биотоплив, синтезированных из масел рапса, рыжика и крамбе // Вестник ТГУ. Т.17. Вып. 1: Тамбов. 2012. С. 339-342.

17. Нагорнов С.А., Романцова С.В., Гаврилова В.А., Конькова Н.Г. Определение состава смесевого топлива // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2012. № 1. С. 28-29.

18. Казицына Л.А., Куплетская Н.Б. Применение ИК-, УФ- и ЯМР- спектроскопии в органической химии. М: Высшая школа. 1971. 246 с.

19. Стопский Н.А. Химия жиров и продуктов переработки жирового сырья. М.: Колос. 1992. 285 с.

20. Тютюнников Б.Н. Химия жиров. М.: Пищевая промышленность. 1965. 632 с.

21. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И., Зурабян С.Э. Биоорганическая химия. М.: Дрофа. 2010. 416 с.

22. Арутюнян Н.С., Аришева Е.А., Янова Л.Н. Технология переработки жиров. М.: Агропромиздат. 1985. 368 с.

References

1. Danilov A.M. Sovremennoye sostoyaniye proizvodstva i primeneniya prisadok pri vyrabotke dizel'nykh topliv Yevro-3, 4, 5. M.: Sputnik. 2009. 27 s.

2. Devyanin S.N., Markov V.A. Semenov V.G. Rastitel'nyye masla i topliva na ikh osnove dlya dizel'nykh dvigateley. M.: Izd-vo MGAU im. V. P. Goryachkina. 2007. 339 s.

3. Fuks I.G., Yevdokimov A.YU., Dzhamalov A.A., Luksa A. Ekologicheskiye aspekty ispol'zovaniya topliv i smazochnykh materialov rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya // Khimiya i tekhnologiya topliv i masel. 1992. № 6. s. 36-40.

4. Semenov V.G. Analiz pokazateley raboty dizeley na neftyanykh i al'ternativnykh toplivakh rastitel'nogo proiskhozhdeniya // Vísnik Natsíonal'nogo tekhníchnogo uníversitetu. Kharkív: NTU «KHPÍ». 2002. № 3. S. 177-197.

5. Vasil'yev I.P. Vliyaniye topliv rastitel'nogo proiskhozhdeniya na eko-logicheskiye i ekonomicheskiye pokazateli dizelya. Lugansk: Izd-vo VNU im. V. Dalya. 2009. 240 s.

6. L'otko V., Lukanin V.N., Khachiyan A.S. Primeneniye al'ternativnykh topliv v dvigatelyakh vnutrennego sgoraniya M.: Izd-vo MADI (TU). 2000. 311 s.

7. Ukhanov A.P., Rachkin V.A., Ukhanov D.A. Rapsovoye biotoplivo. Penza: RIO PGSKHA. 2008. 229 s.

8. Ablayev A.R. Myslit' za predelami neftyanoy truby // Mir nefteproduktov. 2007. № 3. S. 2-5.

9. Fedorenko V.F., Buklagin D.S., Nagornov S.A. i dr. Rezul'taty ispytaniy i perspektivy ekspluatatsii dizeley na biotoplive. M.: Rosinforagrotekh. 2008. 136 s.

10. Mitin S.G., Orsik L.S., Sorokin N.T. i dr. Bioenergetika: mirovoy opyt i prognoz razvitiya. Nauchnyy analiticheskiy obzor. M.: Rosinforagrotekh, 2007. 204 s.

11. Fedorenko V.F., Kolchinskiy YU.L., Shilova Ye.P. Sostoyaniye i razvitiye proizvodstva biotopliva: nauchnyy analiticheskiy obzor. M.: Rosinforagrotekh. 2007. 130 s.

12. Berezov T.T., Korovkin B.F. Biologicheskaya khimiya. M.: Meditsina. 2008. S. 188.

13. Nel'son D., Koks M. Osnovy biokhimii Lenindzhera. T. 1. M.: Binom. Laboratoriya znaniy. 2014. S. 487.

14. Biokhimicheskiye issledovaniya membran. Pod red. E. Meddi. M.: Mir, 1979. 300 s.

15. Romantsova S.V., Vervekina N.V. Spektral'nyye kharakteristiki komponentov biotopliva // Aktual'nyye problemy yestestvennykh nauk: Mat-ly Vseros. (s mezhdunarodnym uchastiyem) zaochnoy nauch.-prakt. konf., posvyashchonnoy 145-letiyu so dnya rozhdeniya V.I. Vernadskogo. Tambov: izdatel'skiy dom TGU im. G.R. Derzhavina. 2008. S. 14-16.

16. Romantsova S.V., Gavrilova V.A., Kon'kova N.G., Pashinin V.A. Sostav i spektral'nyye kharakteristiki komponentov biotopliv, sintezirovannykh iz masel rapsa, ryzhika i krambe // Vestnik TGU. T.17. Vyp. 1: Tambov. 2012. S. 339-342.

17. Nagornov S.A., Romantsova S.V., Gavrilova V.A., Kon'kova N.G. Opredeleniye sostava smesevogo topliva // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva. 2012. № 1. S. 28-29.

18. Kazitsyna L.A., Kupletskaya N.B. Primeneniye IK-, UF- i YAMR- spektroskopii v organicheskoy khimii. M: Vysshaya shkola. 1971. 246 s.

19. Stopskiy N.A. Khimiya zhirov i produktov pererabotki zhirovogo syr'ya. M.: Kolos. 1992. 285 s.

20. Tyutyunnikov B.N. Khimiya zhirov. M.: Pishchevaya promyshlennost'. 1965. 632 s.

21. Tyukavkina N.A., Baukov YU.I., Zurabyan S.E. Bioorganicheskaya khimiya. M.: Drofa. 2010. 416 s.

22. Arutyunyan N.S., Arisheva Ye.A., Yanova L.N. Tekhnologiya pererabotki zhirov. M.: Agropromizdat. 1985. 368 s.

УДК 630.232.323.1.633.63

КУЗНЕЦОВ П.Н., КЛИМЕНТОВА Э.А., ДУБОВИЦКИЙ А.А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕКЛОУБОРОЧНОЙ ТЕХНИКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОЧИСТИТЕЛЯ ОТ ВЛАЖНОЙ ПОЧВЫ, ВЫПОЛНЕННОГО В ВИДЕ ЩЕТКИ

Кузнецов Павел Николаевич,
кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры стандартизации, метрологии и технического сервиса, Мичуринский государственный аграрный университет, 393760, Тамбовская обл., г.Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101, E-mail: PaNK-77@mail.ru,

Климентова Эльвира Анатольевна,
кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, Мичуринский государственный аграрный университет, 393760, Тамбовская обл., г.Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101, E-mail: klim1-408@yandex.ru,

Дубовицкий Александр Алексеевич,
кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики, Мичуринский государственный аграрный университет, 393760, Тамбовская обл., г.Мичуринск, ул. Интернациональная, д. 101.

Реферат: *В статье приводится анализ процессов, происходящих при уборке сахарной свёклы, заключающихся в налипании почвы на выкапывающие и сепарирующие рабочие органы машин, вследствие чего ухудшается степень очистки корнеплодов. Предлагается использовать использование очищающего рабочего органа, адаптированного к условиям уборки в неблагоприятных погодных условиях Центрального Черноземья, выполненного в виде щетки, который позволит снизить загрязненность выкопанных корнеплодов, неэффективные затраты на их транспортировку и потери плодородного слоя почвы и гумуса. Это составляет основу настоящего исследования и определяет его актуальность. Также приводятся результаты расчета эффективности использования устройства для удаления налипшей почвы со щеточного очистителя при уборке в условиях повышенной влажности. По результатам анализа рабочих органов свеклоуборочных машин и агрегатов, современных требований к качеству очистки сделан вывод, что щёточные очистители являются наиболее перспективными рабочими органами. Представлена схема экспериментальной установки, на которой проводились исследования и дано краткое описание её работы. Приведена формула для определения степени очистки корнеплода.*

Приведены результаты расчета эффективности применения щеточных очистителей. Представлены методика и результаты расчета снижения затрат на перевозку корнеплодов сахарной свёклы после уборки с использованием и без использования щеточного устройства. Результаты экономического анализа показали, что применение разработанного устройства позволит сократить загрязненность корнеплодов, ликвидировать неэффективные затраты на транспортировку урожая и потери гумуса. Экономический эффект от ликвидации потерь составит 541,8 руб. с 1га, в годовом исчислении 271 тыс. руб. Срок окупаемости капитальных вложений при осуществлении проекта около 1 года. Представлены результаты оценки эффективности.

Ключевые слова: *сахарная свекла, технология уборки, щёточный очиститель, степень очистки, экономический эффект, экономическая эффективность.*

KUZNECOV P.N., KLIMENTOVA E.A., DUBOVICKIY A.A.
EFFICIENCY OF USE OF BEET-GROWING MACHINERY WITH THE USE OF CLEANER FROM WET SOILS, MADE IN THE FORM BRUSH

Kuznetsov Pavel Nikolaevich,
Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Standardization, Metrology and Technical Services,
Michurinsk State Agrarian University
Michurinsk, Russian Federation, E-mail: PaNK-77@mail.ru,
Klimentova Elvira Anatolyevna
Candidate of economic Sciences, Associate Professor, Department of Economics, Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russian Federation,
E-mail: klimentova10@yandex.ru,
Dubovitskiy Aleksandr Alekseevich,
Candidate of economic Sciences, Associate Professor, Department of Economics, Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russian Federation.

Summary: *Analysis of the processes during harvesting of sugar beets, consisting in the soil sticking to dig out and separating the working bodies of machines whereby the degree of cleaning of root crops is deteriorating, is given in the article. It is proposed to use a cleansing of the working body, adapted to the harvesting conditions in adverse weather conditions of the Central Chernozemye region, made in the form of a brush, which will reduce the contamination of the excavated roots, inefficient expenses for transportation and loss fertile topsoil and humus. This is the basis of this study and determines its relevance and the results of calculation of efficiency of use of the device for removing adhering soil with brush cleaner when cleaning in high humidity conditions. According to the analysis of the working bodies of harvesting machines and equipment, modern requirements to the quality of cleaning it is concluded that brush cleaners are the most promising working bodies. A scheme of the experimental setup on which the research was is conducted and a brief description of its work is given. The formula for determining of the degree of purification of the root is given. The results of calculation of efficiency of application of brush cleaners are given. The methodology and results of calculation of reducing the cost of transportation of sugar beet root crops after harvesting with and without the use of the brush device are presented. The results of the economic analysis showed that the use of the developed device will reduce the contamination of crops, eliminate*

inefficient transportation costs of crops and losses of humus. The economic effect of the elimination of losses would be 541.8 ruble from 1 hectare, at an annual rate of 271 thousand rubles payback Period of capital investments during the project about 1 year. Findings of the performance evaluation are presented.

Keywords: *sugar beet, technology of harvesting, brush cleaner, level of cleaning, energy consumption, economic effect.*

При возделывании сахарной свеклы, одной из наиболее трудоемких операций, является её уборка. Совершенствование уборки – важная задача, имеющая народно-хозяйственное значение.

При использовании свеклоуборочной техники в условиях Центрального Черноземья РФ ухудшаются возможности качественной очистки корнеплодов. В результате происходит налипание почвы на выкапывающие и сепарирующие рабочие органы машин, ухудшается степень очистки корнеплодов, что сильно снижает качество уборки, и часто высокий урожай остается в поле неубранным.

Одним из вариантов выхода из создавшегося положения является разработка очищающего рабочего органа, адаптированного к условиям уборки в неблагоприятных погодных условиях Центрального Черноземья [1], выполненного в виде щетки, позволяющего снизить загрязненность выкопанных корнеплодов, неэффективные затраты на их транспортировку и потери плодородного слоя почвы и гумуса. Это составляет основу настоящего исследования и определяет его актуальность.

Проведенный анализ существующего многообразия рабочих органов свеклоуборочных машин и агрегатов показал, что возросшим современным требованиям к качеству очистки наиболее близко соответствуют комбинированные (состоящие из нескольких устройств) или щеточные очистители, которые являются наиболее перспективными рабочими органами.

Исследования были проведены на экспериментальной установке (рисунок 1), которая содержит сварную раму 1, имеющую прутковый транспортер 5. Транспортер приводится в движение посредством двигателя 2, передающего крутящий момент через муфту 3 на редуктор 4. Редуктор 4 имеет на выходном валу цепную передачу, которая передает вращающий момент на вал транспортера 5. Над транспортирующими элементами установлены два приводных цилиндрических щеточных барабана 7 с эластичным ворсом. Барабаны 7 установлены в стойках 6 и приводятся в движение посредством ременной передачи 8. Над первым щеточным барабаном расположена пружина 9. Кроме того, стойки имеют отверстия, что позволяет изменять положение прутков в вертикальной плоскости.

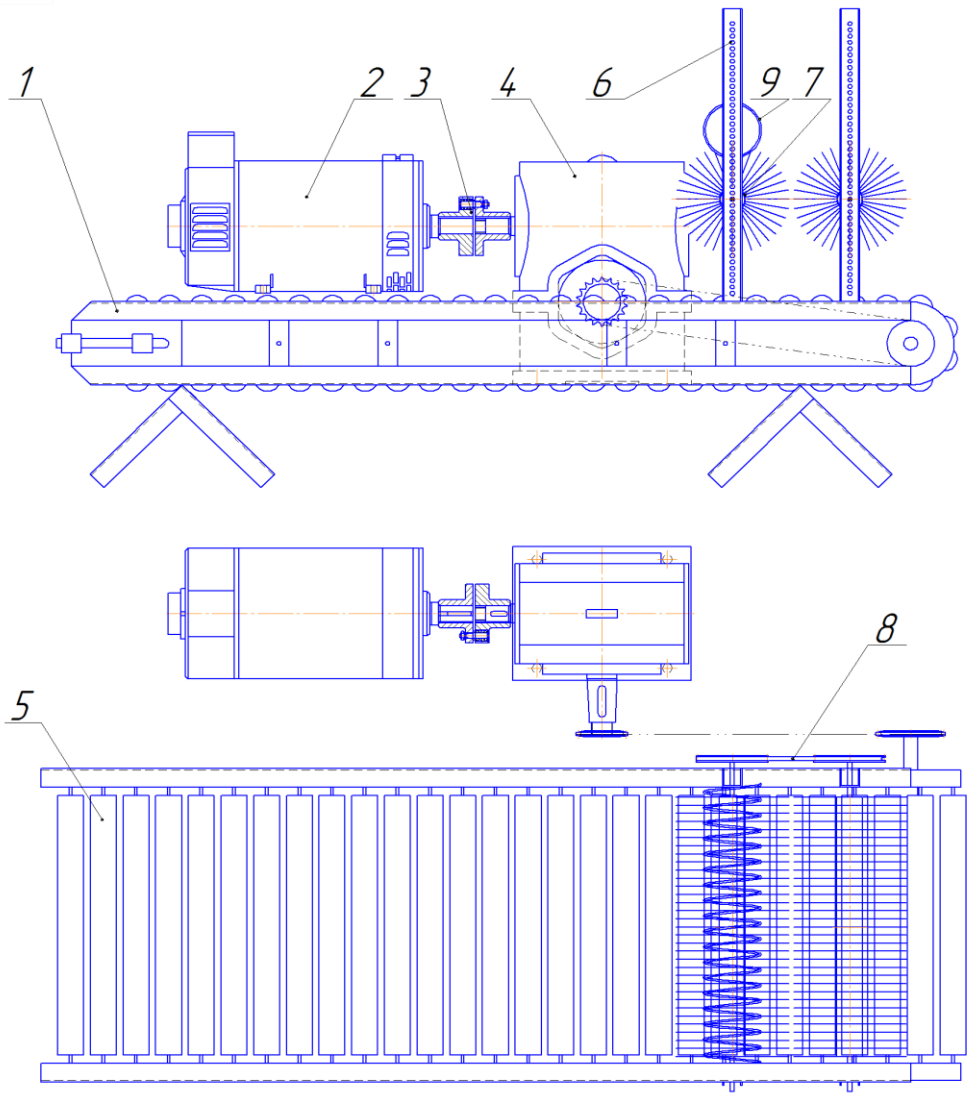


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для исследования взаимодействия щеточного очистителя с пружиной и определения степени очистки корнеплодов: 1 – рама, 2 – двигатель, 3 – муфта, 4 – редуктор, 5 – транспортер, 6 – стойка, 7 – щёточный барабан, 8 – ременная передача, 9 – пружина

В процессе эксперимента, выкопанные корнеплоды транспортирующим элементом подаются в зону действия приводных щеточных барабанов 7 с эластичным ворсом, которые совершают вращательное движение и очищают корнеплоды, расположенные на вальцах транспортера 5 и очищаются от налипшей почвы.

Данный вариант конструктивного исполнения универсален для применения практически на любой из применяемых свеклоуборочных машин, где имеется возможность установки щеточных очистителей.

При выполнении процесса очистки корнеплодов, относительным показателем качества очистки является ее степень, которая определяется по формуле:

$$C_o = \frac{m_{загр} - m_{оч.сп.}}{m_{загр} - m_{очищ}} \cdot 100\%, \qquad (1)$$

где $m_{загр}$– масса пробы до очистки, кг; $m_{очищ}$– масса пробы после полной очистки, кг; $m_{очищ}$ – масса пробы после очистки предложенным способом, кг.

Из формулы (1) следует, что для увеличения степени очистки корнеплода необходимо снижение его остаточной массы. Для достижения требуемой степени очистки, достаточно обеспечить качественное копирование поверхности корнеплода рабочим органом, а также его способность к самоочистке.

При проведении исследований на тяжелосуглинистых черноземных почвах влажностью ≈ 28% [2] (для которой липкость является наибольшей), выявлено, что минимально необходимая скорость удара ворса щётки для отделения почвы с прутков (различного диаметра) находится в пределах ≈ 2,5 м/с [2]. Вместе с тем, наибольшая скорость удара ворса щётки должна составлять скорость, необходимую для отделения почвы максимальной липкости от прутка и не быть выше скорости резания, т. е. скорость, при которой будет происходить разрушение ворса щётки.

Предлагаемые рабочие органы для очистки корнеплодов позволяют продолжать уборочные работы в сложных условиях (при повышении влажности почвы до 32%).

Полевые испытания показали значительное снижение безвозвратных потерь плодородного слоя почвы у модернизированных рабочих органов по сравнению с серийными, а также сохранение их работоспособности при наибольшей влажности почвы (до 32%). Такие условия занимают до трети времени уборочных работ [3].

Оценка экономической эффективности применения щеточных очистителей предлагаемой конструкции проводилась на основе оценки производственных процессов, основным критерием которой является экономия неэффективных затрат на транспортировку урожая и недопущение потерь гумуса. Произведем расчет затрат на перевозку корнеплодов сахарной свёклы после уборки с использованием и без использования предлагаемого очищающего устройства. Исходные данные для расчёта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Технико-экономические показатели уборки сахарной свеклы (по данным на 2014 год)

Показатели	Условное обозначение	Фактическое значение	Возможное значение
Урожайность сахарной свеклы в физическом весе, т с 1 га	$U_{ср.ф}$	50	46,5
Урожайность сахарной свеклы в зачетном весе, т с 1 га	$U_{ср.з}$	44,25	44,25
Загрязненность корнеплодов, %	$З_{кор}$	10	3
Остатки зеленой массы, %	$О_{зм}$	1,5	1,5
Грузоподъемность автомобиля с прицепом, т	q	30	30
Среднее расстояние перевозок, км	L	15	15
Стоимость перевозки 1 тонны корнеплодов на расстояние 1 км, руб.	C	5	5
Средняя стоимость перевозки 1 тонны корнеплодов, руб.	$C_{1т}$	150	150
Среднее содержание гумуса в черноземной почве, %	z	6	6

Применение разработанного устройства повышает чистоту корнеплодов до 70% по сравнению с серийными моделями уборочных машин. Следовательно, загрязненность корнеплодов свеклы землейснизится с 10 до 3%, растительными остатками останется неизменной – 1,5%.

Количество рейсов для вывоза выращенного урожая с 1 га можно рассчитать по формуле:

$$n = \frac{U_{ср}}{q} \quad (2)$$

После подстановки найдём $n \approx 1{,}67$ и 1,55 рейсов соответственно.

Неэффективные затраты на транспортировку урожая с 1 га (З) составят:

$$З = C_{1T} \cdot m; \quad (3)$$

где m– вынос почвы с урожаем корнеплодов, тс 1га:

без использования предложенного устройства – $m_{вын}$ = 5 т с 1 га;

с использованием разработанного устройства – $m_{очист}$ = 1,5 т с 1 га.

Вынос гумуса с 1 га при уборке и транспортировке урожая ($B_{гум}$) определяется по формуле:

$$B_{гум} = m \cdot z \quad (4)$$

Коэффициент гумификации навоза для ЦЧР - 0,2. Зная это можно определить, сколько следует внести стандартного навоза($У_{вн}$) для компенсации потерь гумуса [4]:

$$У_{вн} = B_{гум} : 0{,}2 \quad (5)$$

Затраты на использование органических удобрений составят стоимостной эквивалент снижения почвенного плодородия ($С_{эпл}$):

$$С_{э\ пл.} = У_{вн}\ x\ С_{в}; \quad (6)$$

где $С_{в}$ – стоимость внесения 1 т навоза 400 руб.

Результаты расчёта представлены в таблице 2.

Стоимость изготовления разработанного устройства для очистки корнеплодов и его монтаж на уборочную технику составит 263 тыс. руб. Экономическая эффективность внедрения разработки представлена в таблице 3.

Таблица 2 – Ожидаемый эффект от внедрения разработанного устройства

Показатели	Значение показателя	
	без использования предложенного устройства для очистки	с использованием разработанного устройства для очистки
Вынос почвы с урожаем корнеплодов, т с 1га	5	1,5
Неэффективные затраты на транспортировку урожая, с 1га, руб.	750	225
Вынос гумуса с 1га при транспортировке урожая, т	0,3	0,09
Стоимостной эквивалент снижения почвенного плодородия, руб.	24	7,2
Совокупные потери, руб. с 1га,	774	232,2
Экономический эффект от ликвидации потерь, руб. с 1га,	х	541,8

Таблица 3 - Экономическая эффективность внедрения разработанного устройства

Показатели	Значение
Стоимость изготовления и монтажа разработанного устройства, тыс. руб.	263
Экономический эффект от ликвидации потерь, руб. с 1га,	541,8
Площадь уборки за сезон 1 машиной, га	500
Годовой экономический эффект, тыс. руб.	271
Коэффициент эффективности капитальных вложений	1,03
Срок окупаемости капитальных вложений, лет	1,0

Результаты экономического анализа показали, что применение устройства для очистки эластичных прутков приводных цилиндрических щеток при повышенной влажности позволит сократить загрязненность корнеплодов, ликвидировать неэффективные затраты на транспортировку урожая и потери гумуса. Экономический эффект от ликвидации потерь составит 541,8 руб. с 1га, в годовом исчислении 271 тыс.руб. Срок окупаемости капитальных вложений при осуществлении проекта около 1 года.

Выводы:

1. Результаты экономического анализа показали, что применение устройства для очистки эластичных прутков приводных цилиндрических щеток при повышенной влажности позволит сократить загрязненность корнеплодов сахарной свеклы с 10 до 3% или с 5 до 1,5 т на 1 га; неэффективные затраты на транспортировку урожая с 750 до 225 руб. на 1 га.

2. Применение разработанного устройства для очистки корнеплодов позволит уменьшить вынос гумуса с 1га при транспортировке урожая с 0,3 до 0,09 т с 1 га, стоимостной эквивалент снижения почвенного плодородия уменьшится с 24 до 7,2 руб. с 1 га

Экономический эффект от ликвидации потерь с 1га составит 541,8 руб., в годовом исчислении 271 тыс. руб., срок окупаемости капитальных вложений при осуществлении проекта около 1 года.

Список литературы

1. Усовершенствованная технология возделывания и уборки сахарной свеклы в условиях Тамбовской области / П.Н. Кузнецов, В.И. Горшенин, С.В. Соловьёв, А.Г. Абросимов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014. № 6. С. 54-57.

2. Дробышев И.А. Совершенствование технологического процесса выкопки корнеплодов сахарной свёклы вибрационным рабочим органом: дис. … канд. тех. наук: 05.20.01. ФГОУ ВПО «МичГАУ», ГНУ ВИИТиН. – Мичуринск-наукоград, 2005. 158 с.

3. Кузнецов П.Н., Горшенин В.И. Оценка эффективности использования устройства для удаления налипшей почвы со щеточного очистителя при уборке в условиях повышенной влажности // Научное обозрение. 2015. № 8. С.19-22.

4. Греков Н.И., Климентова Э.А., Дубовицкий А.А. Эколого-экономическая эффективность использования земельных ресурсов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2015. № 3. С. 155-160.

References

1. Usovershenstvovannaja tehnologija vozdelyvanija i uborki saharnoj svekly v uslovijah Tambovskoj oblasti / P.N. Kuznecov, V.I. Gorshenin, S.V. Solov'jov, A.G. Abrosimov // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2014. № 6. S. 54-57.

2. Drobyshev I.A. Sovershenstvovanie tehnologicheskogo processa vykopki korneplodov saharnoj svjokly vibracionnym rabochim organom: dis. … kand. teh. nauk: 05.20.01. FGOU VPO «MichGAU», GNU VIITiN. – Michurinsk-naukograd, 2005. 158 s.

3. Kuznecov P.N., Gorshenin V.I. Ocenka jeffektivnosti ispol'zovanija ustrojstva dlja udalenija nalipshej pochvy so shhetochnogo ochistitelja pri uborke v uslovijah povyshennoj vlazhnosti // Nauchnoe obozrenie. 2015. № 8. S. 19-22.

4. Grekov N.I., Klimentova Je.A., Dubovickij A.A. Jekologo-jekonomicheskaja jeffektivnost' ispol'zovanija zemel'nyh resursov // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. № 3. S. 155-160.

УДК 636.034

ФИЛИППОВА О.Б., КИЙКО Е.И., МАСЛОВА Н.И.

ВЕСЕННЕ-ЛЕТНЕЕ ГРУППОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТЕЛЯТ

Филиппова Ольга Борисовна,
кандидат биологических наук, руководитель лаборатории технологии производства молока и говядины, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
392022, Ново-Рубежный пер., 28, Тамбов, Российская Федерация,
E-mail: tnijj@yandex.ru

Кийко Елена Ильинична,
кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
392022, Ново-Рубежный пер., 28, Тамбов, Российская Федерация

Маслова Надежда Ивановна,
младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
392022, Ново-Рубежный пер., 28, Тамбов, Российская Федерация

Реферат. *Содержание телят молочного периода является одним из важнейших элементов технологии направленного выращивания высокопродуктивного крупного рогатого скота, потому что как раз в этот период закладываются основы будущего продуктивного долголетия животных. Важно не только выбирать телят хорошей кондиции и качества, но и создавать для них условия, необходимые для успешного роста и развития. Для телят молочного возраста существует несколько способов индивидуального и группового содержания, которые зависят от времени года и материальных возможностей хозяйства. В теплое время года рекомендуется организовывать открытое содержание на специально оборудованных открытых площадках с загонами. В статье рассматриваются различные технологические способы содержания телят в теплое время года, которые применяются на животноводческих предприятиях Тамбовской области. Проведен сравнительный анализ прироста массы тела телят и уровня их заболеваемости при содержании в разных условиях: в индивидуальных домиках от рождения до 30 дней, после перевода в групповые загоны через 10 и 20 дней после рождения. Перевод телят из индивидуальных клеток в групповые загоны целесообразно осуществлять после достижения ими 20-дневного возраста. В результате*

можно получить оптимальное соотношение между приростом массы тела и уровнем заболеваемости животных. Если перемещать телят в групповые загоны через 10 дней после рождения и раньше, то увеличивается количество случаев желудочно-кишечных заболеваний. Эти заболевания не позволяют своевременно достигать нормативного прироста массы тела.

***Ключевые слова**: телята, молочный период, содержание в группах, индивидуальные домики для телят.*

FILIPPOVA O.B., KIYKO E.I., MASLOVA N.I.
SPRING-SUMMER GROUP CONTENT OF CALVES

Filippova Olga Borisovna,
Candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of Technology of Production of Milk and Beef, All-Russian Research Institute for Use of Mashinery and Petroleum Products in Agriculture., Novo-Rubezhnyj per., 28, Tambov, Russian Federation,
E-mail: tnijj@yandex.ru
Kiyko Elena Il'inichna,
Candidate of Biological Sciences, Senior Scientific Worker, Laboratory of Technology of Production of Milk and Beef, All-Russian Research Institute for Use of Mashinery and Petroleum Products in Agriculture., Tambov, Russian Federation,
Maslova Nadezhda Ivanovna,
Junior Scientific Worker, Laboratory of Technology of Production of Milk and Beef, All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russian Federation

***Abstract.** The content of dairy calves period is one of the most important elements of the technology of directed growing of highly productive cattle, because just in this period, the foundations for future productive longevity of animals are pawned. Important not only to choose calves of good standard and quality, but also to create for them the conditions necessary for the successful growth and development. For calves of dairy age there are some ways of the individual and group contents which depend on a season and material resources of economy. In a warm season it is recommended to organize the open contents on specially equipped open areas with shelters. In article various technological ways of the maintenance of calves in a warm season which are applied at the livestock enterprises of the Tambov region are considered. The comparative analysis of a gain of body weight of calves and level of their incidence at the contents in different conditions is carried out: in individual lodges from the birth till 30 days, after transfer to group shelters in 10 and 20 days after the birth. It is expedient to make a transfer of calves from individual cages to group shelters after achievement of 20-day age by them. As a result it is possible to receive an optimum ratio between a gain of body weight and an incidence of animals. If to move calves to group shelters in 10 days after the birth earlier, the quantity of cases of gastrointestinal diseases increases. These diseases don't allow to reach a standard gain of body weight in due time.*

***Keywords**: calves, dairy period, the contents in groups, individual houses for calves.*

Введение. При направленном выращивании высокопродуктивного поголовья молочного скота очень важно соблюдение ветеринарно-санитарных и зоогигиенических требований технологии содержания и кормления молодняка. Телята, выращенные в плохих условиях, не

проявят заложенного в них потенциала, даже если они происходят от высокопродуктивных родителей [1]. Молочный период - это время от рождения до 2-х (иногда до 3-3,5) месяцев, когда телята получают молочные корма. Для молодняка молочного периода существует несколько способов содержания в телятнике или вне помещения. Для содержания в телятнике возможны следующие варианты: индивидуально в клетках различного типа; групповым способом в станках с боксами и без них; комбинированный метод, когда телята после рождения находятся с коровами в станке; привязное содержание при групповом подсосе. Вне помещения телята могут содержаться в индивидуальных или групповых домиках.

Использование индивидуальных клеток и домиков - экономит полезную площадь в телятнике, кроме того, обеспечивает снижение затрат на трудовые ресурсы, так как осуществлять уход и уборку становится удобнее и проще. Изоляция и индивидуальное наблюдение за животными помогают максимально сохранить здоровье родившихся телят и сэкономить на ветеринарных препаратах. В зимний период из индивидуальных клеток или домиков на улице телят рекомендуется переводить в холодные помещения, в групповые изолированные боксы не ранее двухмесячного возраста.

Выбор технологии выращивания телят зависит от наличия свободных помещений и экономических возможностей хозяйства. Однако содержание их в обычных коровниках может привести к различным болезням из-за возможного скопления в помещении аммиака, сероводорода, развития патогенных микроорганизмов. В зимнее время года эта проблема решается переводом теленка в индивидуальную клетку или домик, расположенный вне помещения фермы, уже в течение первых суток включается естественный процесс саморегуляции, исключается скученность животных, снижается риск возникновения некоторых заболеваний, в том числе респираторных. Но в случае опоздания с переводом в холодные условия, повышается вероятность различных осложнений [2].

В некоторых хозяйствах практикуется содержание телят в индивидуальных домиках, установленных непосредственно в родильном отделении коровника. Исследования показали, что продолжительное (более 24 часов) содержание телят в домиках, расположенных непосредственно в помещении фермы, приводит к увеличению заболеваемости, нарушению координации движения, ухудшает развитие молодняка в целом [3,4].

Негативным последствием длительного содержания в индивидуальных домиках считается подверженность животных к повреждениям конечностей. Также опыт эксплуатации индивидуальных клеток показывает, что, чем продолжительнее содержание телят в индивидуальных клетках, тем больше у них нарушается координация движений, на восстановление которой требуется длительное время. Это связано с тем, что телята большую часть времени проводят стоя и лежа - им не хватает движения, поэтому физически они слабее по сравнению с телятами при групповом содержании. Кроме того, прирост живой массы осуществляется медленнее, так как телята не спеша поглощают пищу из-за отсутствия конкуренции. Оптимальным сроком содержания телят в индивидуальных клетках считается первые 3-5 недель после рождения. Групповое беспривязное содержание телят по 5-10 голов помогает им ранее приучиться к поеданию растительных кормов, что ускоряет развитие органов системы пищеварения, способствует формированию прочного скелета [5,6].

С наступлением устойчивой теплой погоды начинается летний период выращивания телят. В это время необходимо переводить их на групповое содержание на специально отведенных участках с оборудованными загонами и выгульными площадками. Летне-выгульное содержание имеет особенное значение для здоровья и успешного роста молодняка.

Природные факторы, изменяющиеся в широких пределах, развивают реактивные способности организма, лучшую приспособляемость к различным условиям. Суточные колебания температуры, движение воздуха, инсоляция активизируют обмен веществ, тренируют организм, повышают сопротивляемость к внешним воздействиям.

Материалы и методы. В ряде животноводческих хозяйств Тамбовской области проведен сравнительный анализ содержания телят-молочников в весенне-летнее время года при различных условиях: в индивидуальных домиках или в групповых загонах с выгульными площадками, расположенных рядом с коровниками. Для того, чтобы выявить влияние срока нахождения телят в индивидуальных домиках на их общее физиологическое состояние, были отобраны три группы животных. Первую группу телят в период от рождения до 30-ти дней содержали только в индивидуальных домиках (рисунок 1).

Рисунок 1 – Содержание телят в индивидуальных домиках

Вторую группу животных переводили из домиков в групповой загон на 21-й день, третью группу - на 11-й день после рождения и также содержали в нем до достижения ими месячного возраста (рисунки 2 и 3).

В исследованиях изучались: динамика прироста живой массы, активность телят при поедании корма, уровень заболеваемости.

Рисунок 2 - Загон для группового содержания телят

Рисунок 3 - Кормление телят на выгульной площадке

Результаты и обсуждение. В таблице 1 представлены изменения живой массы и уровень заболеваемости телят в зависимости от условий содержания. Как показали исследования, телята, содержавшиеся в индивидуальных домиках с 1-го дня от рождения, были более ровными по живой массе и меньше болели желудочно-кишечными заболеваниями, чем телята, которых из домиков перевели в групповые загоны после 10-го и 21-го дня. Хотя прирост живой массы в среднем у последних был больше на 0,4 и 1,2 кг соответственно, однако уровень их заболеваемости был выше на 39 и 32 %.

Таким образом, индивидуальное содержание способствовало снижению заболеваемости телят, но несколько тормозило прирост живой массы. Телята меньше двигались. Отсутствие конкуренции за место возле кормушки затрудняет развитие коммуникативности у молодняка, что в дальнейшем может замедлить их адаптацию к групповому беспривязному содержанию.

Следовательно, в весенне-летнее время года в профилактические периоды выращивания телят желательно использовать индивидуальное содержание в домиках сроком не более 20-ти дней.

Таблица 1 – Прирост живой массы и уровень заболеваемости телят при различных условиях содержания в весенне-летний период

Показатели	Содержание только в индивидуальных домиках	Содержание в домиках и перевод в групповые загоны	
		с 21-го дня	С 11-го дня
Количество телят	9	12	10
Живая масса при рождении, кг	40,8 ± 1,00	41,2 ± 1,00	40,6 ± 1,10
Живая масса через 30 дней, кг	59,6 ± 0,40	60,4 ± 0,65	60,6 ± 1,15
Прирост живой массы, кг	18,8 ± 0,35	19,2 ± 0,60	20,0 ± 1,15
Желудочно-кишечные заболевания, % (голов)	11 (1)	17 (2)	50 (5)
P > 0,05			

Заключение. В теплый весенне-летний период, а также осенью при отсутствии морозов после достижения 20-дневного возраста телят целесообразно содержать в групповых загонах, так как более активный моцион, стимулирующий лучшее поедание кормов, способствует повышению прироста живой массы к 30-му дню на 0,4 кг. Более ранний перевод из индивидуальных домиков на групповое содержание не целесообразен, так как приводит к увеличению случаев желудочно-кишечных заболеваний (более чем на 30%).

Список литературы

1. Костомахин Н.М. Практика кормления и выращивания ремонтного молодняка в скотоводстве // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2013. № 10. С. 16-20.

2. Сноп, Й. Уход за телятами: правило 5 «П» //Молоко и корма. 2012. № 1 (32), март. С. 6-10.

3. Филиппова О.Б., Фролов А.И., Кийко Е.И. Условия кормления телят – залог будущего долголетия коров // Главный зоотехник. 2015. № 8. С.11-18.

4. Родионов Г.В. Содержание коров на ферме. – М.: Астрель, 2004. – 223 с.

5. Филиппова О.Б., Кийко Е.И. Некоторые аспекты «холодного» содержания телят // Наука в центральной России. 2015. № 6. С. 11-16.

6. Сорокина Н.С. Выращивание ремонтных тёлок молочных пород // Обзорная информация ВНИИЭСХ. – М., 1976. 48 с.

References

1. Kostomahin N.M. Praktika kormlenija i vyrashhivanija remontnogo molodnjaka v skotovodstve // Kormlenie sel'skohozjajstvennyh zhivotnyh i kormoproizvodstvo. 2013. № 10. S.16-20.

2. Snop, J. Uhod za teljatami: pravilo 5 «P» // Moloko i korma. 2012. №1 (32), mart. S. 6-10.

3. Filippova O.B., Frolov A.I., Kijko E.I. Uslovija kormlenija teljat – zalog budushhego dolgoletija korov // Glavnyj zootehnik. 2015. № 8. S. 11-18.

4. Rodionov G.V. Soderzhanie korov na ferme. – M.: Astrel', 2004. 223 s.

5. Filippova O.B., Kijko E.I. Nekotorye aspekty «holodnogo» soderzhanija teljat // Nauka v central'noj Rossii. 2015. № 6. S. 11-16.

6. Sorokina N.S. Vyrashhivanie remontnyh tjolok molochnyh porod // Obzornaja informacija VNIIJeSH. – M., 1976. 48 s.

УДК 621.43.018.2: 621.793

УХАНОВ Д.А., РЫБЛОВ М.В., ХОХЛОВ А.Л.

УЛУЧШЕНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЯ НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛИ ЦПГ

Уханов Денис Александрович,
доктор технических наук, профессор**,**
Пензенская государственная сельскохозяйственная академия,
440014 Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30, e-mail: dspgsha@mail.ru
Рыблов Михаил Владимирович,
кандидат технических наук, доцент,
Пензенская государственная сельскохозяйственная академия,
440014 Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30, e-mail: dspgsha@mail.ru
Хохлов Алексей Леонидович,
кандидат технических наук, доцент,
Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия имени П.А. Столыпина**,**
432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, дом 1, e-mail: chochlov.73@mail.ru

Реферат. *Целью исследований является теоретическое обоснование показателей двигателя, влияющих на снижение путевого расхода топлива автомобиля за счет нанесения покрытий на детали цилиндропоршневой группы. Для повышения индикаторного КПД двигателя предлагается использовать поршни, днища которых обработаны методом микродугового оксидирования, а для снижения механических потерь – металлизированные медью гильзы цилиндров. Разработана методика расчета показателей двигателя и путевого расхода топлива автомобиля, учитывающая наличие оксидированного покрытия на днище поршня и металлизированного покрытия на рабочей поверхности гильзы цилиндра. Получены формулы для определения мощности механических потерь двигателя, путевого расхода топлива автомобиля и других показателей при использовании деталей ЦПГ с нанесенными покрытиями. Результаты расчетов показывают, что микродуговое оксидирование днищ поршней способствует улучшению индикаторных показателей двигателя, при этом индикаторный КПД двигателя возрастает на 4,6 %. Металлизация медью гильз цилиндров способствует уменьшению механических потерь двигателя, при этом механический КПД двигателя повышается на 5,9 %. В совокупности нанесение данных покрытий способствует повышению эффективного КПД на 13,6 % и уменьшению путевого расхода топлива автомобиля на 5,1−7,4 % в зависимости от нагрузочного и скоростного режима работы двигателя.*

Ключевые слова: *автомобиль, двигатель, поршень, гильза цилиндра, нанесение покрытий, микродуговое оксидирование, металлизация, механические потери, путевой расход топлива.*

UHANOV D.A., RYBLOV M.V., HOHLOV A.L.

IMPROVING OF AUTOMOBILE FUEL ECONOMY WITH THE DEPOSITION OF COATING ON CYLINDER-PISTON GROUP DETAILS

Ukhanov Denis Alexandrovich,
Full Doctor of Technical Sciences, Professor**,** Penza State Agricultural Academy,
Russian Federation, e-mail: dspgsha@mail.ru
Ryblov Mikhail Vladimirovich,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Penza State Agricultural Academy,
Russian Federation, e-mail: dspgsha@mail.ru
Hohlov Alexey Leonidovich,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Ulyanovsk State Agricultura,
Academy named after P. A. Stolypin, Russian Federation,
e-mail: chochlov.73@mail.ru

Abstract. *The object of the research is the theoretical foundation of car engine parameters which influence on fuel consumption decrease due to the deposition of coating on cylinder-piston group details. Pistons, the bottom of which are processed by microarc oxidizing and copper-plated cylinder liners to reduce mechanical losses is proposed to use the indicator to increase engine efficiency. The method of fuel consumption calculation, when engine is equipped with oxidized pistons and metalized cylinder liners, is developed. The calculation formulas of mechanical losses power and automobile fuel consumption, when engine details are coated, are obtained. The calculation results show that microarc oxidation of the bottoms of pistons helps to improve the engine performance indicator, wherein the indicated efficiency of the engine is increased by 4.6%. The copper metallization of cylinder liners leads to increasing the mechanical efficiency by 5.9 per cent. In aggregate application of these coating promotes increasing of effective efficiency of 13.6% and a decrease in travel expenses of car fuel at 5,1-7,4% depending on the load and speed limits of the engine.*

Keywords*: automobile, engine, piston, cylinder liner, deposition of coating, microarc oxidation, metallization, mechanical losses, fuel consumption.*

Введение. Топливная экономичность автомобиля зависит как от качества используемого топлива, так и от характера протекания рабочего процесса энергетической установки – поршневого ДВС. Важнейшим показателем автомобильного двигателя, характеризующим экономичность его работы, является удельный эффективный расход топлива. Уменьшить расход топлива можно повышением эффективного КПД двигателя, который, в свою очередь, зависит от индикаторного КПД, характеризующего экономичность действительного цикла ДВС, и механического КПД, учитывающего механические (внутренние) потери двигателя.

Одним из способов воздействия на рабочий процесс поршневого ДВС является нанесение покрытий на детали цилиндропоршневой группы (ЦПГ) и огневую поверхность камеры сгорания. В частности, повысить индикаторный КПД двигателя возможно обработкой днищ поршней методом микродугового оксидирования. При этом за счет создания на поверхности днища пористого оксидированного слоя происходит уменьшение нагрева поршня и связанное

с этим более эффективное использование теплоты в действительном рабочем цикле ДВС [1-5].

Повышение механического КПД может быть практически реализовано нанесением на детали ЦПГ антифрикционных покрытий, например, методом металлизации медью рабочей поверхности гильз цилиндров (ГЦ). При этом за счет уменьшения коэффициента трения между поршневыми кольцами и рабочей поверхностью ГЦ происходит снижение механических потерь, что способствует повышению механического КПД двигателя [6-9].

Использование данных покрытий в совокупности может значительно повысить эффективный КПД двигателя, что будет способствовать улучшению показателей топливной экономичности автомобиля.

Поэтому целью исследований является теоретическое обоснование показателей бензинового двигателя и топливной экономичности автомобиля, оснащенных типовой ЦПГ (со штатными ГЦ и поршнями) и экспериментальной ЦПГ (с металлизированными ГЦ и поршнями с оксидированными днищами).

Методы исследований. Для оценки влияния экспериментальной ЦПГ на топливную экономичность автомобиля были проанализированы показатели двигателя и разработана методика расчета данных показателей, учитывающая наличие оксидированного слоя на днище поршня и металлизированного слоя на рабочей поверхности ГЦ.

Путевой расход топлива автомобиля определяется по формуле [10]:

$$q_s = \frac{g_{еэ} \cdot N_{еэ}}{10 \cdot \vartheta \cdot \rho_T}, \tag{1}$$

где $g_{еэ}$ – эксплуатационный удельный эффективный расход топлива, г/кВт·ч; $N_{еэ}$ – эксплуатационная мощность двигателя на конкретном нагрузочно-скоростном режиме, кВт; ϑ - скорость автомобиля, км/ч; ρ_T - плотность топлива, кг/л.

В свою очередь, мощность $N_{еэ}$ и расход $g_{еэ}$ равны

$$\mathrm{N_{еэ}} = \frac{\vartheta}{3600 \cdot \eta_{тр}} \cdot \left(\Psi \cdot \mathrm{G} + \frac{\mathrm{K} \cdot \mathrm{F} \cdot \vartheta^2}{13} \right); \tag{2}$$

$$g_{еэ} = K_n \cdot K_N \cdot g_e = K_n \cdot K_N \cdot \frac{3600}{H_u \cdot \eta_i \cdot \eta_м}, \tag{3}$$

где $\eta_{тр}$ - КПД трансмиссии; Ψ - коэффициент суммарного дорожного сопротивления; G – полный (эксплуатационный) вес автомобиля, Н; K – коэффициент обтекаемости автомобиля, Н·м·с$^{-4}$; F - площадь лобового сопротивления автомобиля, м^2; K_n, K_N - коэффициенты, учитывающие влияние на расход топлива соответственно скоростного и нагрузочного режимов работы двигателя; g_e - удельный эффективный расход топлива по внешней скоростной характеристике двигателя, г/кВт·ч; H_u - низшая теплота сгорания топлива (кДж/кг); η_i - индикаторный КПД; η_M - механический КПД.

Из формулы (3) следует, что улучшение топливной экономичности автомобиля возможно за счет повышения коэффициентов η_i и η_M.

Мощность механических потерь (N_M) и механический КПД двигателя (η_M) рассчитываются по формулам [11]:

$$N_M = N_i - N_e; \tag{4}$$

$$\eta_M = \frac{p_e}{p_i} = \frac{N_e}{N_i} = \left(1 - \frac{N_M}{N_i}\right), \quad (5)$$

где N_i – индикаторная мощность двигателя, кВт; N_e - эффективная мощность двигателя, кВт; p_e - среднее эффективное давление, МПа; p_i - среднее индикаторное давление, МПа.

Мощность механических потерь и среднее давление механических потерь связаны между собой соотношением:

$$N_M = \frac{p_{МП} \cdot V_h \cdot z \cdot n}{30 \cdot \tau}, \quad (6)$$

где $p_{МП}$ - среднее давление механических потерь, МПа; V_h - рабочий объём цилиндра, л; z - число цилиндров; τ - тактность двигателя; n – частота вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$.

В свою очередь, давление $p_{МП}$ для карбюраторных двигателей определяется по формуле [12-14]:

$$p_{мп} = a + b \cdot C_П, \quad (7)$$

где a, b – коэффициенты, зависящие от типа и конструкции двигателя (a = 0,05 МПа, b = 0,013 МПа·с/м); $C_П = S \cdot n/30$ − средняя скорость поршня, м/с; S – ход поршня, м.

Таким образом, формулу (7) можно представить в виде функции от частоты вращения коленчатого вала:

$$p_{мп} = 0,05 + 0,013 \cdot \frac{S \cdot n}{30} = 0,05 + 0,00043 \cdot S \cdot n. \quad (8)$$

Указанные значения коэффициентов «a» и «b» будут справедливы для двигателя со штатными гильзами цилиндров (без металлизации). Однако, металлизированные гильзы цилиндров будут отличаться более низким коэффициентом трения внутренней рабочей поверхности, вследствие чего значения коэффициентов «a» и «b» изменятся. Для их определения проанализируем составляющие уравнения мощности механических потерь ДВС [11]:

$$N_м = N_{тк} + N_{тп} + N_{то} + N_{пр} + N_{нас}, \quad (9)$$

где $N_{тк}$ − мощность трения колец о стенки гильзы цилиндра, кВт; $N_{тп}$ − мощность трения поршня, кВт; $N_{то}$ − мощность трения в опорах коленчатого вала, кВт; $N_{пр}$ − мощность привода вспомогательных механизмов, кВт; $N_{нас}$ − мощность насосных потерь, кВт.

Важной составляющей формулы (9) является мощность трения колец $N_{тк}$. По известным данным [11, 15] принимаем $N_{тк}$=27%, $N_{тп}$=18%, $N_{то}$=23%, $N_{пр}$=20%, $N_{нас}$=12%. Тогда мощность $N_{тк}$ для двигателя со штатными ГЦ можно представить в виде

$$N_{тк} = 0,27 \cdot N_M. \quad (10)$$

Мощность $N_{тк}$ также может быть определена по формуле [11]:

$$N_{тк} = z \cdot D \cdot S \cdot h(p_i + k_к \cdot p_у) \cdot f \cdot n \cdot 10^{-8}, \quad (11)$$

где D – диаметр кольца в цилиндре, мм; h – высота кольца, мм; k_k - число компрессионных колец; p_y - радиальная упругость кольца, МПа; f - коэффициент трения.

В результате исследований фрикционного взаимодействия пары трения «поршневое кольцо – гильза цилиндра» было установлено, что за счет нанесения медного покрытия на рабочую поверхность коэффициент трения у металлизированной ГЦ снижается в 1,8 раза по сравнению со штатной ГЦ [6].

На примере двигателя УМЗ-417 (4Ч 9,2/9,2) со штатными ГЦ мощность N_M, рассчитанная по формулам (6−8), составила 18,6 кВт, из которых составляющая $N_{тк}$ = 5,02 кВт. Мощность $N'_{тк}$ на трение колец, работающих в паре с металлизированными ГЦ, определенная по формуле (11), составила 2,87 кВт. Поскольку остальные составляющие уравнения (9) останутся без изменений ($N_{ост} = N_M - N_{тк}$ = 13,58 кВт), то общая мощность механических потерь для двигателя с металлизированными ГЦ составит $N'_M = N'_{тк} + N_{ост}$= 16,45 кВт. При этом доля мощности $N'_{тк}$ от общей мощности N'_M с металлизированными ГЦ составила

$$N'_{тк} = 0{,}174 \cdot N'_M, \tag{12}$$

Выразим из формулы (6) среднее давление механических потерь $p'_{МП}$ двигателя с металлизированными ГЦ:

$$p'_{МП} = \frac{30 \cdot \tau \cdot N'_M}{V_h \cdot z \cdot n}. \tag{13}$$

Результаты расчетов показывают, что $p'_{МП}$ = 0,179 МПа. Эффект от металлизации гильз цилиндров возрастает с ростом частоты вращения коленчатого вала, т.е. снижение давления $p_{МП}$ будет происходить за счет изменения коэффициента «*b*», входящего в формулу (7). Составив из этой формулы уравнение и решив его относительно коэффициента «*b*», для двигателя с металлизированными ГЦ получим $b' = 0{,}010$.

Тогда формула (8) для двигателя с металлизированными ГЦ примет вид

$$p'_{МП} = 0{,}05 + 0{,}010 \cdot C_П = 0{,}05 + 0{,}00034 \cdot S \cdot n. \tag{14}$$

С учетом формулы (6) полученные зависимости $N_M = f(\mathrm{n})$ предстанут в виде:

- для двигателя со штатными ГЦ

$$N_M = \frac{0{,}05 \cdot V_h \cdot n \cdot z + 0{,}00043 \cdot V_h \cdot S \cdot z \cdot n^2}{120}; \tag{15}$$

- для двигателя с металлизированными ГЦ

$$N'_M = \frac{0{,}05 \cdot V_h \cdot n \cdot z + 0{,}00034 \cdot V_h \cdot S \cdot z \cdot n^2}{120}. \tag{16}$$

Подставив формулу (3) в (1), и проведя преобразования, получим зависимость путевого расхода топлива от индикаторного и механического КПД двигателя:

$$q_s = K_n \cdot K_N \frac{360 \cdot N_{еэ}}{H_u \cdot \eta_i \cdot \eta_м \cdot \vartheta \cdot \rho_T}. \tag{17}$$

Механический КПД представим как

$$\eta_M = \frac{p_e}{p_i} = \frac{p_i - p_{мп}}{p_i} = 1 - \frac{p_{мп}}{p_i}, \tag{18}$$

Тогда, с учетом выражений (8) и (14) получим формулы для расчета путевого расхода топлива автомобиля со штатными ГЦ (q_s) и с металлизированными ГЦ (q'_S):

$$q_s = K_n \cdot K_N \frac{360 \cdot N_{еэ}}{H_u \cdot \eta_i \cdot \vartheta \cdot \rho_T \cdot \left(1 - \frac{0{,}05 - 0{,}00043 \cdot S \cdot n}{p_i}\right)}; \tag{19}$$

$$q_S^{/} = K_n \cdot K_N \frac{360 \cdot N_{еэ}}{H_u \cdot \eta_i \cdot \vartheta \cdot \rho_T \cdot \left(1 - \frac{0,05 - 0,00034 \cdot S \cdot n}{p_i}\right)}. \quad (20)$$

Из сравнения формул (19) и (20) следует, что уменьшение давления $p_{мп}$ способствует улучшению показателей топливной экономичности автомобиля. Подставим в эти формулы известную формулу индикаторного КПД [10, 11]:

$$\eta_i = \frac{\alpha \cdot l_0 \cdot p_i}{H_u \cdot \eta_v \cdot \rho_o}, \quad (21)$$

где α - коэффициент избытка воздуха; l_0 - теоретическое необходимое количество воздуха необходимое для сгорания 1 кг топлива, кг; η_v - коэффициент наполнения; ρ_0 - плотность заряда, кг/м^3.

Тогда окончательное выражение для определения путевого расхода топлива для двигателя с экспериментальной ЦПГ примет вид:

$$q_S^{/} = \frac{360 \cdot N_{еэ} \cdot K_n \cdot K_N}{H_u \cdot \vartheta \cdot \rho_T \cdot \frac{\alpha \cdot l_0 \cdot p_i}{H_u \cdot \eta_v \cdot \rho_o} \cdot \left(1 - \frac{1}{p_i} \cdot \left(0,05 - 0,00034 \cdot S \cdot n\right)\right)}. \quad (22)$$

На основании проведенного теоретического анализа был выполнен расчет показателей двигателя и показателей топливной экономичности автомобиля.

Результаты и их обсуждение. Результаты расчета по вышеприведенной методике показывают, что за счет снижения коэффициента трения в паре «поршневое кольцо – гильза цилиндра» мощность трения колец уменьшается с 5,02 кВт до 2,87 кВт, при этом общая мощность механических потерь двигателя с металлизированными ГЦ снижается на 11,6 %, а механический КПД двигателя возрастает с 0,789 до 0,831 (на 5,9%).

За счет уменьшения нагрева поршней с оксидированными днищами по сравнению со штатными поршнями, происходит увеличение плотности поступающего в цилиндры свежего заряда, что приводит к повышению коэффициента наполнения на 3,1 %, среднего индикаторного давления – на 4,1 %, при этом индикаторный КПД двигателя возрастает с 0,283 до 0,296 (на 4,6 %).

За счет повышения индикаторного и механического КПД эффективный КПД двигателя с экспериментальной ЦПГ возрастает с 0,22 до 0,25 (на 13,6%). В результате удельный эффективный расход топлива, например, на режиме максимальной мощности снижается с 367,7 г/кВт·ч до 323,6 г/кВт·ч (на 12%).

Улучшение топливной экономичности двигателя способствует снижению путевого расхода топлива автомобиля, оснащенного экспериментальной ЦПГ. Результаты расчетов путевого расхода топлива автомобилей с типовой и экспериментальной ЦПГ представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты расчета путевого расхода топлива автомобиля с типовой ЦПГ

Скорость автомобиля, км/ч	Номер передачи	n, мин$^{-1}$	$N_м$, кВт	N_e, кВт	$N_{еэ}$, кВт	K_N	K_n	g_e, г/кВт·ч	$g_{еэ}$, г/кВт·ч	q_s, л/100км
40	3	2200	6,15	44,6	9,82	1,87	0,97	311,0	561,32	18,23
60	4	2000	5,27	40,5	16,28	1,24	0,98	378,6	378,58	14,48

80	4	2800	9,18	55,5	29,45	1,00	0,95	310,5	297,50	14,70
90	4	3000	10,32	58,5	33,65	0,96	0,96	313,7	286,93	15,13

Таблица 2 – Результаты расчета путевого расхода топлива автомобиля с экспериментальной ЦПГ

Скорость автомобиля, км/ч	Номер передачи	n, мин$^{-1}$	$N_м$, кВт	N_e, кВт	$N_{еэ}$, кВт	K_N	K_n	g_e, г/кВт·ч	$g_{еэ}$, г/кВт·ч	q_s, л/100км
40	3	2200	5,33	49,1	9,82	1,97	0,97	273,7	519,63	16,88
60	4	2000	4,59	44,6	16,28	1,33	0,98	276,8	359,35	13,74
80	4	2800	7,86	61,1	29,45	1,07	0,95	273,3	279,90	13,83
90	4	3000	8,8	64,5	33,65	1,02	0,96	276,1	267,74	14,12

Из анализа таблиц 1 и 2 следует, что, например, при движении автомобиля, оснащенного двигателем с экспериментальной ЦПГ, по сравнению с автомобилем, оснащенного двигателем со штатной ЦПГ, на III передаче со скоростью 40 км/ч путевой расход топлива снижается с 18,23 л/100 км до 16,88 л/100 км (на 7,4%); при движении на IV передаче со скоростью 60 км/ч – 14,48 до 13,74 л/100 км (на 5,1%); со скоростью 80 км/ч – с 14,7 до 13,83 л/100 км (на 5,9%); со скоростью 90 км/ч – с 15,13 до 14,12 л/100 км (на 6,7%).

Сравнительные экспериментальные исследования топливной экономичности двигателя УМЗ-417 с типовой и экспериментальной ЦПГ проводились в стендовых условиях (на тормозном стенде КИ-5543) и в эксплуатационных условиях (в составе автомобиля УАЗ-3303). Результаты исследований показывают, что удельный эффективный расход топлива на режиме максимальной мощности у двигателя с экспериментальной ЦПГ снизился на 14 %, путевой расход топлива автомобиля при скорости 60 км/ч – на 4,9 %. Таким образом, динамика улучшения показателей топливной экономичности имеет сходный характер с результатами, полученными теоретическим путем [16].

Заключение. Результаты теоретических и экспериментальных исследований показывают, что нанесение покрытий на детали ЦПГ методами микродугового оксидирования днищ поршней и металлизации медью рабочих поверхностей гильз цилиндров оказывает существенное влияние на показатели рабочего процесса автомобильного двигателя и, как следствие, способствует улучшению топливной экономичности автомобиля.

Список литературы

1. Повышение технико-эксплуатационных показателей ДВС модернизацией цилиндропоршневой группы / А.Ш. Нурутдинов, В.А. Степанов, А.Л. Хохлов, Д.А. Уханов, О.М. Каняева // Аграрный научный журнал. 2013. № 4. С. 66-69.

2. Влияние режимов микродугового оксидирования на образование оксидированного слоя / А.Л. Хохлов, Д.А. Уханов, А.А. Глущенко, Д.М. Марьин, В.А. Степанов // Вестник Ульяносвкой ГСХА. 2013. № 3 (23). С. 128-131.

3. Нагорнов С.А., Зазуля А.Н., Романцова С.В. Система менеджмента качества в нефтехозяйствах АПК // Техника в сельском хозяйстве. 2012. № 6. С. 3-5.

4. Цилиндропоршневая группа двигателя внутреннего сгорания : патент 2451810 РФ, № 2011100391/06. Уханов Д.А., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., Хохлов А.А.; Заяв. 11.01.2011; Опубл. 27.05.2012, Бюл. № 15.

5. Поршень двигателя внутреннего сгорания : патент на полезную модель 130003 РФ; № 2012151171/06. Д. М. Марьин, А.Л. Хохлов, Д. А. Уханов [и др.]; Заяв. 28.11.2012; Опубл. 10.07.2013, Бюл. № 19.

6. Определение шероховатости и элементного состава металлизированных гильз цилиндров ДВС / А.Л. Хохлов, А.Ш. Нурутдинов, И.Р. Салахутдинов, Д.А. Уханов // Нива Поволжья. 2013. № 1(26). С. 66-70.

7. Исследование металлизированной гильзы цилиндров на прочность / А.Ш. Нурутдинов, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов, Д.А. Уханов // Сельский механизатор. 2013. № 6. С. 33-35.

8. Причины износов и перспективные способы восстановления деталей цилиндропоршневой группы / А.Ш. Нурутдинов, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов, Д.А. Уханов // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: сб. материалов 25-го Междун. науч.-техн. семинара им. Михайлова В.В. - Саратов: СГАУ, 2012. - С. 194-197.

9. Нурутдинов А.Ш. Цветная дефектоскопия металлизированных гильз цилиндров ДВС / А.Ш. Нурутдинов, А.Л. Хохлов, Д.А. Уханов, И.Р. Салахутдинов // Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники: сб. материалов 26-го Междун. науч.-техн. семинара им. Михайлова В.В. - Саратов: СГАУ, 2013. - С. 145-147.

10. Автомобильные двигатели и автомобили. Курсовое и дипломное проектирование / А.П. Уханов, Д.А. Уханов, П.Н. Аюгин [и др.]; под ред. А.П. Уханова. - Ульяновск: УГСХА, 2012. – 351 с.

11. Конструирование и расчет двигателей внутреннего сгорания / Н.Х. Дьяченко, Б.А. Харитонов, В.М. Петров [и др.]; под ред. Н.Х. Дьяченко. – Л.: Машиностроение, 1979. – 392 с.

12. Расчетно-теоретическая и экспериментальная оценка «жесткости» работы дизеля при обогащении воздушного заряда активаторами минерального и растительного происхождения / А.П. Уханов, В.А. Рачкин, Д.А. Уханов, М.В. Рыблов // Нива Поволжья. 2009. № 1 (10). С. 88-92.

13. Рыблов М.В., Уханов Д.А., Симаков С.А. Расчет крутящего момента дизеля при работе с обогащением воздушного заряда // Образование, наука, практика: инновационный аспект: сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Дню российской науки. Том II. - Пенза: РИО ПГСХА, 2015. С. 61-65.

14. Уханов А.П., Уханов Д.А., Рыблов М.В. Теоретические основы работы трактора на режиме перегрузок с обогащением воздушного заряда дизеля // Тракторы и сельхозмашины. 2013. № 3. С. 17-19.

15. Путинцев С.В. Механические потери в поршневых двигателях: специальные главы конструирования, расчета и испытаний: учебное пособие. - М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. 288 с.

16. Результаты моторных исследований двигателя УМЗ-417 с биметаллизированными гильзами цилиндров / Д.А. Уханов, И.Р. Салахутдинов, А.Л. Хохлов, А.А. Глущенко // Нива Поволжья. 2011. № 4 (21). С. 66-70.

References

1. Povyshenie tehniko-jekspluatacionnyh pokazatelej DVS mo-dernizaciej cilindroporshnevoj gruppy / A.Sh. Nurutdinov, V.A. Stepanov, A.L. Hohlov, D.A. Uhanov, O.M. Kanjaeva // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2013. № 4. S. 66-69.

2. Vlijanie rezhimov mikrodugovogo oksidirovanija na obrazovanie oksidirovannogo sloja / A.L. Hohlov, D.A. Uhanov, A.A. Glushhenko, D.M. Mar'in, V.A. Stepanov // Vestnik Ul'janosvkoj GSHA. 2013. № 3 (23). S. 128-131.

3. Nagornov S.A., Zazulya A.N., Romancova S.V. Sistema menedzhmenta kachestva v neftehozjajstvah APK // Tehnika v sel'skom hozjajstve. 2012. № 6. S. 3-5.

4. Cilindroporshnevaja gruppa dvigatelja vnutrennego sgoranija : patent 2451810 RF, № 2011100391/06. Uhanov D.A., Hohlov A.L., Salahutdinov I.R., Hohlov A.A.; Zajav. 11.01.2011; Opubl. 27.05.2012, Bjul. № 15.

5. Porshen' dvigatelja vnutrennego sgoranija : patent na poleznuju model' 130003 RF; № 2012151171/06. D. M. Mar'in, A.L. Hohlov, D. A. Uhanov [i dr.]; Zajav. 28.11.2012; Opubl. 10.07.2013, Bjul. № 19.

6. Opredelenie sherohovatosti i jelementnogo sostava metallizirovannyh gil'z cilindrov DVS / A.L. Hohlov, A.Sh. Nurutdinov, I.R. Salahutdinov, D.A. Uhanov // Niva Povolzh'ja. 2013. № 1(26). S. 66-70.

7. Issledovanie metallizirovannoj gil'zy cilindrov na prochnost' / A.Sh. Nurutdinov, A.L. Hohlov, I.R. Salahutdinov, D.A. Uhanov // Sel'skij mehanizator. 2013. № 6. S. 33-35.

8. Prichiny iznosov i perspektivnye sposoby vosstanovlenija detalej ci-lindroporshnevoj gruppy / A.Sh. Nurutdinov, A.L. Hohlov, I.R. Salahutdinov, D.A. Uhanov // Problemy jekonomichnosti i jekspluatacii avtotraktornoj tehniki: sb. materialov 25-go Mezhdun. nauch.-tehn. seminara im. Mihajlova V.V. - Saratov: SGAU, 2012. - S. 194-197.

9. Nurutdinov A.Sh. Cvetnaja defektoskopija metallizirovannyh gil'z cilindrov DVS / A.Sh. Nurutdinov, A.L. Hohlov, D.A. Uhanov, I.R. Salahutdinov // Problemy jekonomichnosti i jekspluatacii avtotraktornoj tehniki: sb. materialov 26-go Mezhdun. nauch.-tehn. seminara im. Mihajlova V.V. - Saratov: SGAU, 2013. - S. 145-147.

10. Avtomobil'nye dvigateli i avtomobili. Kursovoe i diplomnoe proektirovanie / A.P. Uhanov, D.A. Uhanov, P.N. Ajugin [i dr.]; pod red. A.P. Uhanova. - Ul'janovsk: UGSHA, 2012. – 351 s.

11. Konstruirovanie i raschet dvigatelej vnutrennego sgoranija / N.H. D'jachenko, B.A. Haritonov, V.M. Petrov [i dr.]; pod red. N.H. D'jachenko. – L.: Mashinostroenie, 1979. – 392 s.

12. Raschetno-teoreticheskaja i jeksperimental'naja ocenka «zhestkosti» raboty dizelja pri obogashhenii vozdushnogo zarjada aktivatorami mineral'nogo i rastitel'nogo proishozhdenija / A.P. Uhanov, V.A. Rachkin, D.A. Uhanov, M.V. Ryblov // Niva Povolzh'ja. 2009. № 1 (10). S. 88-92.

13. Ryblov M.V., Uhanov D.A., Simakov S.A. Raschet krutjashhego momenta dizelja pri rabote s obogashheniem vozdushnogo zarjada // Obrazovanie, nauka, praktika: innovacionnyj aspekt: sb. materialov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvjashhennoj Dnju rossijskoj nauki. Tom II. - Penza: RIO PGSHA, 2015. S. 61-65.

14. Uhanov A.P., Uhanov D.A., Ryblov M.V. Teoreticheskie osnovy raboty traktora na rezhime peregruzok s obogashheniem vozdushnogo zarjada dizelja // Traktory i sel'hozmashiny. 2013. № 3. S. 17-19.

15. Putincev S.V. Mehanicheskie poteri v porshnevyh dvigateljah: special'nye glavy konstruirovanija, rascheta i ispytanij: uchebnoe posobie. - M.: MGTU im. N. Je. Baumana, 2011. 288 s.

16. Rezul'taty motornyh issledovanij dvigatelja UMZ-417 s bimetallizi-rovannymi gil'zami cilindrov / D.A. Uhanov, I.R. Salahutdinov, A.L. Hohlov, A.A. Glushhenko // Niva Povolzh'ja. 2011. № 4 (21). S. 66-70.

УДК 620.95

ЛЕВИН М.Ю., НАГОРНОВ С.А.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ПРАКТИКЕ

Левин Максим Юрьевич
кандидат технических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве,
392022, Ново-Рубежный пер., 28,
Тамбов, Российская Федерация, E-mail: lmu@list.ru
Нагорнов Станислав Александрович,
доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве, 392022, Ново-Рубежный пер., 28,
Тамбов, Российская Федерация, E-mail: snagornov@yandex.ru

Реферат. *Математическое моделирование производственного процесса является важнейшей задачей в его изучении и управлении. Современный уровень развития науки и компьютерных технологий делает возможным с помощью адекватной, устойчивой к наличию помех в исходных данных, математической модели существенно сократить время внедрения или получения новых технологий. Дополнительно к модели может предъявляться требование экстраполяции данных вне диапазона, в котором она обучалась. Для некоторых из таких задач нет аналитических методов решения либо они весьма трудоёмки в реализации. Использование нейронных сетей как аппроксиматоров для построения математических моделей является универсальным методом. Нейронные сети учитывают реальные свойства системы, в том числе нелинейность, и обеспечивают быстродействие для получения конечного результата.*

Ключевые слова: *нейронная сеть, моделирование, технологический процесс, проектирование нейронной сети, алгоритм проектирования.*

LEVIN M.JU., NAGORNOV S.A.

ARCHITECTURE DESIGN ALGORITHM FORMALIZATION NEURAL NETWORKS IN PRACTICE

Levin Maxim
Candidate of Technical Sciences, All-Russian Research Institute for Use of Mashinery and Petroleum Products in Agriculture., Novo-Rubezhnyj per., 28, Tambov, Russian Federation,
E-mail: lmu@list.ru
Nagornov Stanislav,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Science, All-Russian Research Institute for Use of Mashinery and Petroleum Products in Agriculture., Novo-Rubezhnyj per., 28,
Tambov, Russian Federation,
E-mail: snagornov@yandex.ru

Abstract. *Mathematical modeling of the production process is the most important task in its study and management. The present level of development of science and computer technology makes it possible by means of an adequate, sustainable to the presence of noise in the original data, the mathematical model to significantly reduce implementation time and obtain new technologies. In addition to the model may be required to extrapolate data outside the range in which it was trained.*

For some of these problems are no analytical methods or solutions they are very laborious to implement. Using neural networks approximators how to construct mathematical models is a universal method. Neural networks take into account the real properties of the system, including non-linearity, and provide speed to produce the final result.

Keywords: *neural network modeling process, designing a neural network algorithm design.*

Введение. Математическое моделирование производственного процесса является важнейшей задачей в его изучении и управлении. Современный уровень развития науки и компьютерных технологий делает возможным с помощью адекватной, устойчивой к наличию помех в исходных данных, математической модели существенно сократить время внедрения или получения новых технологий. Дополнительно к модели может предъявляться требование экстраполяции данных вне диапазона, в котором она обучалась. Для некоторых из таких задач нет аналитических методов решения либо они весьма трудоёмки в реализации.

Использование нейронных сетей как аппроксиматоров для построения математических моделей является универсальным методом. Нейронные сети учитывают реальные свойства системы, в том числе нелинейность, и обеспечивают быстродействие для получения конечного результата.

Материалы и методы.

Для исследований моделирования технологических процессов с применением нейронных сетей использовалась разработанная программа «Нейронная сеть», Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012610617. -Заявка № 2011618519 от 10 ноября 2011 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 10 января 2012 г.

Благодаря использованию нейронных сетей удалось решить многофакторные производственные задачи, когда на исследуемые выходы Y нелинейно влияют факторы X.

Так, показано что нейронная сеть способна прогнозировать механические свойства горячекатаной стали с достаточно высокой точностью и может быть использована для оптимизации режимов прокатки.

Нейронная сеть способна прогнозировать плотность, кинематическую вязкость, содержание механических примесей по физико-химическим показателям исходного масла и может быть использована для оптимизации режимов получения биодизеля.

Также нейронная сеть была применена в исследовании качества водно-био-топливной эмульсии, показано что нейронная сеть способна прогнозировать стабильность эмульгированных топлив к седиментации и коалесценции и может быть использована для оптимизации получения топливных эмульсий.

При получении моделей производственного процесса с применением нейронной сети проводились эксперименты по проектированию ее архитектуры и ее влиянию на конечную модель. Проведенные эксперименты позволяют формализовать алгоритм проектирования архитектуры нейронных сетей для решения практических задач.

Результаты и их обсуждение.

Для изучения любого технологического процесса и его описания математической моделью необходимо собрать массив экспериментальных данных, содержащий значения входных X и выходных Y параметров.

Для исключения размерности при обучении и прогнозировании с использованием нейронной сети исходные данные нормируются. Экспериментальным путем установлено, что нормировка значений на диапазон [-1;1] является наиболее приемлемой.

Для обучения нейронной сети массив экспериментальных данных следует разбить на две части. Первая служит для обучения нейронной сети, а вторая – контролирующей выборкой, которая необходима для того, чтобы предупредить момент переобучения нейронной сети, когда среднеквадратичная ошибка обучения уменьшается, а среднеквадратичная ошибка контролирующей выборки начинает возрастать. Так же допустимы случаи разбивки массива на три части, для дополнительной оценки ошибки построенной математической модели.

Основным и наиболее трудоемким этапом в работе с нейронной сетью является выбор архитектуры нейронной сети, которая будет наиболее точно описывать технологический процесс. Данный этап включает в себя выбор топологии сети, расчет количества скрытых слоев в сети, количества нейронов в каждом слое, функции активации нейронов, выбор алгоритма оптимизации весовых коэффициентов.

Результаты сравнения применения нейронной сети различных типов к решению соответствующей задачи приведены в таблице 1 (плюсы означают возможность применения).

Таблица 1. Сравнение различных типов нейронных сетей по решению задач

Топология нейронной сети	Ассоциативная память и распознавание образов	Сжатие информации	Прогнозирование	Оптимизация	Классификация, экспертные системы и	Кластеризация	Аппроксимация функции	Сглаживание (обобщение)
Сеть Хопфилда	+			+				
Сеть встречного распространения	+	+						
Сеть радиального базиса (RBF)			+		+		+	+
Карта Кохонена				+	+	+		
Многослойный персептрон (MLP)	+	+	+		+		+	+
Двунаправленная ассоциативная память	+							
Сеть Хэмминга	+				+			
Вероятностная сеть PNN					+			
Сеть адаптивного резонанса ART2					+	+		

Так как многослойный персептрон (MLP) способен решать широкий круг математических задач по обработке данных, то для исследований и построения математических моделей производственных процессов рекомендуется использовать данный вид сети.

Выбор вида функции активации нейронов зависит от задач, для решения которых предполагается использовать синтезируемую нейросетевую модель. Обычно в качестве функции активации выбирают логистическую функцию или гиперболический тангенс. Эти функции применимы для широкого круга задач.

Из проведенных ранее исследований [5] известно, что результаты прогноза с наименьшей ошибкой, показывают нейронные сети с гиперболической функцией активации нейронов $y = a \cdot th(bx)$, где a и b – константы (a =1,7159 и b = 2 / 3). Данная функция активации способно описать нелинейные процессы.

Строго определенной процедуры для выбора количества нейронов и количества слоев в сети нет. Поэтому выбирать количество нейронов и количества слоев в сети необходимо исследуя их влияние на конечную ошибку обучения. Для начального выбора количества нейронов в исследованиях необходимо использовать теорему Колмогорова, согласно которой для реализации нейронной сети с N входными параметрами достаточно использовать скрытый слой с $(2N + 1)$ нейронами. А далее полученное значение уменьшалось и увеличивалось с некоторым шагом.

Чем больше количество нейронов и слоев, тем шире возможности сети, тем медленнее она обучается и работает и тем более нелинейной может быть зависимость вход-выход.

Количество нейронов и слоев связано:

1) со сложностью задачи;

2) с количеством данных для обучения;

3) с требуемым количеством входов и выходов сети;

4) с имеющимися ресурсами: памятью и быстродействием машины, на которой моделируется сеть;

Попытки записать эмпирические формулы для числа слоев и нейронов, но применимость формул оказалась очень ограниченной.

Если в сети слишком мало нейронов или слоев:

1) сеть не обучится и ошибка при работе сети останется большой;

2) на выходе сети не будут передаваться резкие колебания аппроксимируемой функции $y(x)$.

Превышение требуемого количества нейронов тоже мешает работе сети. Если нейронов или слоев слишком много:

1) быстродействие будет низким, а памяти потребуется;

2) сеть переобучится: выходной вектор будет передавать незначительные и несущественные детали в изучаемой зависимости $y(x)$, например, шум или ошибочные данные;

3) зависимость выхода от входа окажется резко нелинейной: выходной вектор будет существенно и непредсказуемо меняться при малом изменении входного вектора x;

4) сеть будет неспособна к обобщению: в области, где нет или мало известных точек функции $y(x)$ выходной вектор будет случаен и непредсказуем, не будет адекватен решаемой задаче.

После выбора количества нейронов и скрытых слоев необходимо присвоить начальные значения весовым коэффициентам и пороговым уровням и дополнительным параметрам (например, крутизне функции активации, если она будет настраиваться при обучении). Начальные значения не должны быть большими, чтобы нейроны не оказались в насыщении (на горизонтальном участке функции активации), иначе обучение будет очень медленным. Начальные значения не должны быть и слишком малыми, чтобы выходы большей части нейронов не были равны нулю, иначе обучение также замедлится.

Провести обучение нейронной сети означает подобрать параметры сети так, чтобы задача решалась наилучшим образом. По окончании обучения сеть готова решить задачи того типа, которым она обучена.

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

Выход нейрона записывается в виде: $y(\mu,i)=F(net(\mu,i))$, $i=1,\ldots,N\mu$; $\mu=1,\ldots,M$.

Вектор всех выходных сигналов μ-го слоя: $y(\mu)=(y(\mu,1),\ldots,y(\mu,N_m))$т.

Матрица весов μ-го слоя: $W=(w(\mu,1),\ldots,w(\mu,N_m))=(w_0(\mu),W_1(\mu))$ – размерности $N\mu\cdot(N(\mu-1)+1)$.

В векторно-матричной форме соотношение «вход – выход слоя» можно записать так:

$$y(\mu)=F(\mu)(w_0(\mu)+W_1(\mu)y(\mu-1))=F(\mu)(y(\mu-1)),\ \mu=1,\ldots,M.$$

Соотношение «вход–выход сети»: $Y(\mu)=F(M)(w_0(M)+W_1(M)F(M-1)(w_0(M-1)+W_1(M-1)F(M-2)(\ldots(w_0(2)+ W_1(2)F(1)(w_0(1)+W_1(1)x))))=F(M)F(M-1)\ldots F(1)x$.

Схематично такая нейронная сеть представлена на рисунке 1.

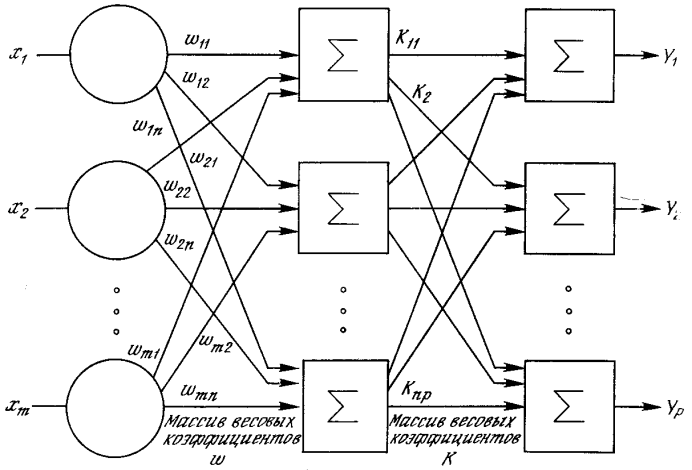


Рис. 1. Двухслойная нейронная сеть

Полученную нейронную сети можно использовать для решения конкретных производственных задач: необходимо подать на вход сети условия задачи в виде вектора x. Сеть рассчитает выходной вектор y, который и даст формализованное решение задачи.

Выводы.

Таким образом, применение нейронной сети позволяет получать математические модели с невысокой погрешностью и меньшими трудозатратами, проводить ранее не доступные исследования. Формализация алгоритма проектирования архитектуры нейронных сетей для решения практических задач является важным шагом в моделировании и управлении технологическим процессом на современном уровне развития науки и компьютерных технологий.

Список литературы

1. Левин М.Ю. Применение нейронных сетей для прогнозирования механических свойств горячекатаной листовой стали. Липецкий государственный технический университет [Текст] / Левин М.Ю., Шкатов В.В. // Вести высших учебных заведений Черноземья, 2011. № 1.

2. Левин М.Ю. Применение нейронных сетей для прогнозирования показателей качества биодизеля. [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А. // Приволжский научный вестник – 2012. – № 1.

3. Левин М.Ю. Выбор архитектуры нейронной сети для прогнозирования показателей качества биодизеля [Текст] / Левин М.Ю., Нагорнов С.А. // Математика. Механика. Информатика – 2012. – № 1.

4. Нагорнов С.А., Левин М.Ю. Прогнозирование показателей качества биодизеля по технологическим параметрам исходного сырья с применением нейронных сетей / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012610617. -Заявка № 2011618519 от 10 ноября 2011 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 10 января 2012 г.

5. Левина, Е. Ю. Прогнозирование показателей качества водно-био-топливной эмульсии с применением нейронных сетей[Текст]/ Е. Ю. Левина, М. Ю. Левин, С. А. Нагорнов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. – №1. – С. 146–156.

6. Левина, Е. Ю. Влияние архитектуры многослойной персептронной сети на результаты прогноза параметров качества биодизеля[Текст] / Е. Ю. Левина, М. Ю. Левин // Наука в центральной России. – 2013. – №4. – С. 75–77.

7. Левина, Е. Ю. Прогнозирование параметров качества биодизеля с использованием нейронных сетей[Текст] / С. А. Нагорнов, Е. Ю. Левина // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2013. – № 1(69). – С. 128–130.

8. Левина, Е. Ю. Анализ влияния архитектуры нейронной сети при прогнозировании показателей качества биодизеля [Текст] / Е. Ю. Левина, М. Ю. Левин, С. А. Нагорнов // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения: сб. науч. тр.международной конференции. – 2013. – № 2. – С. 4–9.

References

1. Levin M.Ju. Primenenie nejronnyh setej dlja prognozirovanija mehanicheskih svojstv gorjachekatanoj listovoj stali. Lipeckij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet [Tekst] / Levin M.Ju., Shkatov V.V. // Vesti vysshih uchebnyh zavedenij Chernozem'ja, 2011. № 1.

2. Levin M.Ju. Primenenie nejronnyh setej dlja prognozirovanija pokazatelej kachestva biodizelja. [Tekst] / Levin M.Ju., Nagornov S.A. // Privolzhskij nauchnyj vestnik – 2012. – № 1.

3. Levin M.Ju. Vybor arhitektury nejronnoj seti dlja prognozirovanija pokazatelej kachestva biodizelja [Tekst] / Levin M.Ju., Nagornov S.A. // Matematika. Mehanika. Informatika – 2012. – № 1.

4. Nagornov S.A., Levin M.Ju. Prognozirovanie pokazatelej kachestva biodizelja po tehnologicheskim parametram ishodnogo syr'ja s primeneniem nejronnyh setej / Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM № 2012610617. -Zajavka № 2011618519 ot 10 nojabrja 2011 g. Zaregistrirovano v Reestre programm dlja JeVM 10 janvarja 2012 g.

5. Levina, E. Ju. Prognozirovanie pokazatelej kachestva vodno-bio-toplivnoj jemul'sii s primeneniem nejronnyh setej[Tekst]/ E. Ju. Levina, M. Ju. Levin, S. A. Nagornov // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2015. – №1. – S. 146–156.

6. Levina, E. Ju. Vlijanie arhitektury mnogoslojnoj perseptronnoj seti na rezul'taty prognoza parametrov kachestva biodizelja[Tekst] / E. Ju. Levina, M. Ju. Levin // Nauka v central'noj Rossii. – 2013. – №4. – S. 75–77.

7. Levina, E. Ju. Prognozirovanie parametrov kachestva biodizelja s ispol'zovaniem nejronnyh setej[Tekst] / S. A. Nagornov, E. Ju. Levina // Visnik Kiïvs'kogo nacional'nogo universitetu tehnologij ta dizajnu. – 2013. – № 1(69). – S. 128–130.

8. Levina, E. Ju. Analiz vlijanija arhitektury nejronnoj seti pri prognozirovanii pokazatelej kachestva biodizelja [Tekst] / E. Ju. Levina, M. Ju. Levin, S. A. Nagornov // Sovremennaja nauka: aktual'nye problemy i puti ih reshenija: sb. nauch. tr.mezhdunarodnoj konferencii. – 2013. – № 2. – S. 4–9.

Отпечатано ООО «Максимал информационные технологии»
398017, г. Липецк, ул. Ушинского, 8
Email: naukacr@yandex.ru. Тел. +7 (920) 246-20-64:
Подписано в печать 25.02.2016 Заказ № 60513-01
Формат 60x84/8. Бумага офсетная. Печать электрографическая.
Гарнитура Times. Объем – 10,34 усл. печ. л. Тираж 100 экз.

Светлой памяти Кургузкина Владимира Николаевича

С глубоким прискорбием сообщаем, что 13 февраля на 85-ом году жизни после тяжелой болезни скончался доктор сельскохозяйственных наук

КУРГУЗКИН ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ

Более сорока лет Владимир Николаевич возглавлял Тамбовский филиал Всероссийского института животноводства. Внес значительный вклад в развитие АПК области, в частности, молочного скотоводства и свиноводства области. Последние годы занимал должность главного научного сотрудника лаборатории технологии производства молока и говядины ФГБНУ ВНИИТиН.

Добрая память о Владимире Николаевиче как о трудолюбивом и ответственном человеке, навсегда останется в сердцах тех, кто работал с ним, учился у него и просто общался. Светлая память о выдающемся ученом и замечательном учителе навсегда останется в наших сердцах. Приносим искренние соболезнования родным и близким.

Коллектив ВНИИТиН