ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЯРОСЛАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ В АПК

**Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции**

28 ноября 2024 г., Ярославль

Ярославль
Издательство ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ»
2025



ISBN 978-5-98914-287-3
DOI 10.35694/YARCX.2025.28.11.24

УДК 001.89:62
ББК 72:40.7
Ц 75

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
инженерного факультета ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ».

**Цифровизация и технические инновации в АПК** : сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. 28 ноября 2024 г., Ярославль / ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ». – Ярославль : Ц 75 Издательство ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», 2025. – 116 с. – URL: https://yaragrovuz.ru/images/nauch_chast/s/Tsifroviz_i_tech_innov_v_APK_28.11.2024.pdf. – ISBN 978-5-98914-287-3. – DOI 10.35694/YARCX.2025.28.11.24. – Текст : электронный.

В настоящий сборник включены научные статьи, содержание которых было представлено авторами в докладах на Национальной научно-практической конференции «Цифровизация и технические инновации в АПК» 28 ноября 2024 г. в ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ».

Сборник адресован ученым, преподавателям высших и средних специальных учебных заведений, студентам, аспирантам, магистрантам, бакалаврам, а также широкой научной общественности.

УДК 001.89:62
ББК 72:40.7

**Редакционно-издательский совет**



**Текстовое электронное сетевое издание**

Минимальные системные требования: процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше; оперативная память 256 Мб и более; операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024x768 и выше; привод CD-ROM, мышь; дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

ISBN 978-5-98914-287-3

Научная статья
УДК 372.853

# ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН СТУДЕНТАМ НЕПРОФИЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

***К.п.н. Г.Е. Ананьин***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. В статье рассматриваются особенности преподавания физических дисциплин студентам непрофильных специальностей. Сделан вывод, что для оптимизации этого процесса необходимо акцентировать внимание на междисциплинарных связях физики с другими науками, а также на поиске количественных закономерностей как основной задаче физики.

Ключевые слова: преподавание, физические дисциплины, студенты непрофильных специальностей

# FEATURES OF TEACHING PHYSICAL DISCIPLINES TO STUDENTS OF NON-CORE SPECIALTIES

***Candidate of Pedagogical Sciences G.E. Ananjin***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. The article discusses the features of teaching physical disciplines to students of non-core specialties. It is concluded that in order to optimize this process, it is necessary to focus on the interdisciplinary connections of physics with other sciences, as well as on the search for quantitative patterns as the main task of physics.

Keywords: teaching, physical disciplines, students of non-core specialties

Дидактической особенностью физики, равно как и смежных дисциплин, является то, что ее преподавание направлено на формирование общепрофессиональных компетенций у обучающихся. Иными словами, изучение физики, с одной стороны, является обязательным, с другой – непосредственно не связано с той профессиональной деятельностью, которой планируют заниматься выпускники по окончании высшего учебного заведения. Если будущая профессия студента связана с инженерным делом, то мотивация к овладению физикой и основанными на ней дисциплинами общепрофессиональной направленности будет ожидаемо высокой. Но если студент получает, допустим, ветеринарное или агрономическое образование в сельскохозяйственном вузе, то, столкнувшись с физикой или биофизикой на первом же курсе, он может испытывать определенные проблемы чисто психологического свойства, связанные с недостаточной заинтересованностью. Известно, что уровень мотивации у студентов в целом выше, чем у школьников, поскольку в конкретный вуз они идут по своей воле, пусть иногда и выбирают его легкомысленно. В одной аудитории университета или института собираются люди, объединенные общим интересом, в отличие от

средней школы, где формирование классов идет по принципу ближайшего проживания, который с педагогической точки зрения не значит абсолютно ничего. Поэтому если человек еще со школьной скамьи увлекался преимущественно биологией или химией, и оттого поступил на факультет, где изучение упомянутых дисциплин приоритетно, такого человека можно увлечь и физикой. Однако стоит помнить, что вряд ли тяга к ней будет сопоставима с интересом, который студент испытывает к наукам, важнейшим при его профиле обучения.

Другая проблема вытекает из специфики самой физики как отрасли научного знания, которая активно использует математический аппарат. Не секрет, что уровень математической подготовки, получаемый в средней школе, является зачастую неудовлетворительным, и именно математику смело можно назвать тем учебным предметом, с которым возникает больше всего сложностей и который в наибольшей степени вызывает стресс (существует даже психологический термин «математическая тревожность») [1]. В то же время эффективное усвоение физики и смежных наук невозможно без овладения соответствующим математическим аппаратом и – прежде всего – умением решать задачи с использованием методов дифференциального и интегрального исчисления. Но умение это даже у студентов инженерных специальностей нередко оставляет желать лучшего. Ситуация усугубляется и тем, что в средней школе иногда приходится изучать определенные физические явления, когда математические понятия, позволяющие наиболее глубоко их понять, детям еще неизвестны.

На наш взгляд, чтобы преодолеть эти затруднения, целесообразно, прежде всего, приводить на занятиях со студентами такие примеры, которые позволили бы подчеркнуть и в наибольшей мере осознать связь физики с другими науками. Это требование вытекает и из самой природы физики, из ее определения как науки о наиболее общих и универсальных закономерностях действительности. Например, при преподавании физики или биофизики обучающимся студентам биологических специальностей можно уподобить три координатные оси (абсцисс, ординат и аппликат) трем плоскостям, на которые условно рассекается тело животного при анализе его внутреннего строения. При изучении процесса диффузии полезно будет упомянуть, что на нем основано насыщение крови кислородом, при изучении электрического тока непременно следует рассмотреть его действие на организм (хотя бы кратко), а рассмотрение закона Стефана – Больцмана продуктивно будет связать с тепловым балансом организма и теплопотерями при излучении. В военных училищах существует разумная традиция, согласно которой теорию тепловых машин рассматривают (в том числе) на примере огнестрельного оружия, то есть тех устройств, с которыми курсанты предполагают и будут иметь дело. О теснейшей связи между физикой и химией нечего и говорить: еще в 1930-е годы академик Л.И. Мандельштам утверждал, что стремление четко разграничить эти науки, поставить между ними колючую проволоку (именно такое сравнение он и употребляет) является тенденцией, которую отнюдь не следует поддерживать. Подобные аналогии применимы и при чтении лекций

студентам инженерных специальностей: так, три основные части трансформатора (первичная обмотка, магнитопровод и вторичная обмотка) играют ту же функциональную роль, какую в кривошипно-ползунном механизме играют три подвижных звена (кривошип, шатун и ползун). Это будет вполне понятно и близко студентам, чей профиль обучения – механизация сельскохозяйственного производства.

Разумеется, здесь возникает и определенная проблема, связанная с тем, что обращение преподавателя к материалу, который близок и относительно студентам непрофильных специальностей, зачастую может иметь характер повторения, поскольку курсы различных дисциплин перекликаются между собою. Допустим, уравнение Шредингера, позволяющее описать поведение электрона, изучается и в физике, и в химии. Однако отчасти повторяющаяся тема не успеет наскучить, если затрагивается на лекциях в разное время. С упомянутым уравнением Шредингера так нередко и получается, поскольку в вузовском курсе химии она рассматривается в начале, а в курсе физики – в конце.

Что же касается математической стороны физики и родственных ей наук, то здесь, как мы считаем, надо особо подчеркивать, что физика – наука количественная, это – *прикладная математика*, и поиск количественных закономерностей составляет ее главную задачу. Часто употребляемые слова, что математика является языком физики, достаточны для инженеров или тех, кто готовится ими стать, но неудовлетворительны для будущих агрономов или ветеринаров, поскольку интуитивно чувствуют: то, что может быть сказано на одном языке, может быть сказано и на другом. Говоря иначе, математический аппарат при таком подходе обучающимися невольно представляется чем-то необязательным. Во избежание этого он должен позиционироваться не как удобная форма изложения результатов, но как сама суть физики, без чего она на современном этапе не может существовать. Если экспериментальным путем установлено, что между определенными величинами существует определенная зависимость, то физики как науки здесь еще нет: она появляется лишь тогда, когда выявлен характер этой зависимости – линейный, квадратичный или какой-то другой. Это вынудит студента со всей серьезностью относиться к формулам как к тому, что изначально заложено в «правила игры», а не было добавлено впоследствии как нечто произвольное и случайное.

Таким образом, чтобы повысить качество преподавания физики студентам непрофильных специальностей, необходимо, на наш взгляд, акцентировать внимание обучающихся:

- на междисциплинарных связях физики с другими науками;
- на поиске количественных закономерностей как основной задаче физики.

Список источников

1. Амелина Ю.В. Математическая тревожность у школьников: причины и профилактика // Совершенствование экологообразовательной деятельности в саратовской области. Межвузовский сборник научных трудов. Материалы

Международного форума. Выпуск 17. Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г.Чернышевского, 2019. С. 68–72.
2. Мандельштам Л.И. Лекции по оптике, теории относительности и квантовой механике. М.: Наука, 1972. 440 с.

Научная статья
УДК 631.37

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАШИН ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

***Магистрант А.В. Белый; к.т.н., доцент И.В. Кряклина***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. В современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур важная роль отводится минеральным удобрениям. Проведен патентный поиск и анализ эффективных конструкций машин для внесения твердых минеральных удобрений. Дана классификация дозирующих устройств твердых минеральных удобрений. Представлены конструкции устройств для внесения трвердых минеральных удобрений, позволяющие эффективно осуществлять дозирование и распределение. Важным аспектом является распределение твердых минеральных удобрений при движении машины на краях полевых угодий. Предлагается устанавливать на машинах устройство для распределения удобрений на краях полевых угодий с гидравлическим приводом.

Ключевые слова: твердые минеральные удобрения, машины для внесения удобрений, дозирующие и распределяющие устройства

# IMPROVEMENT OF SOLID MINERAL FERTILIZER APPLICATION MACHINE DESIGN

***Undergraduate student A.V. Bely;***
***Candidate of Technical Sciences, Docent I.V. Kryaklina***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. In modern crop cultivation technologies, mineral fertilizers play an important role. A patent search and analysis of effective designs of machines for applying solid mineral fertilizers was carried out. Classification of solid mineral fertilizer dosing devices is given. There are presented designs of devices for application of solid mineral fertilizers enabling efficient dosing and distribution. An important aspect is the distribution of solid mineral fertilizers when the machine moves on the edges of field lands. It is proposed to install on machines a device for distributing fertilizers on the edges of field lands with a hydraulic drive.

Keywords: solid mineral fertilizers, fertilizer application machines, dosing and distribution devices

В современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур важная роль отводится минеральным удобрениям. Промышленность выпускает минеральные удобрения в виде гранул размером 1–5 мм, кристаллов, порошков или жидкостей. Особое внимание уделяется равномерному внесению удобрений по полю со строгим соблюдением необходимой растениям дозы. Для внесения минеральных удобрений используются следующие типы машин: навесные и прицепные разбрасыватели, комбинированные сеялки для внесения удобрений при посеве, подкормочные приспособления к почвообрабатывающим и посевным машинам [1].

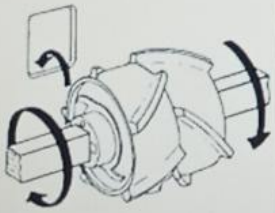
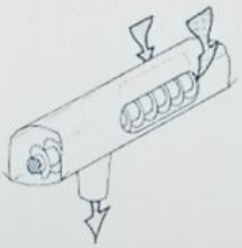
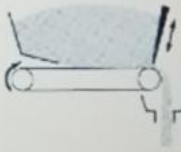
## Методика

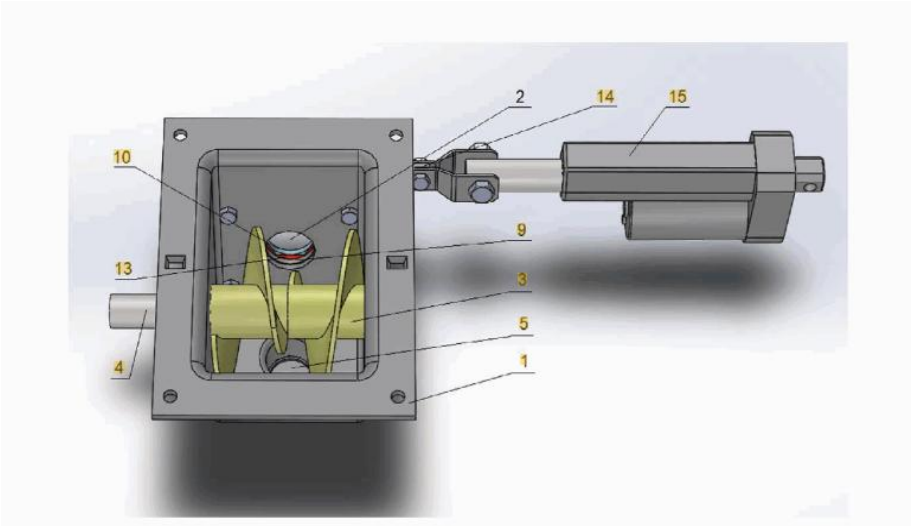
Эффективность использования минеральных удобрений определяется четырьмя основными показателями: дозой, равномерностью распределения, стабильностью дозы, рабочей шириной захвата машины. Ключевое значение имеют дозирование удобрений и равномерность распределения удобрений по поверхности почвы. Только скрупулезное следование регламенту выполнения работ позволяет с допустимой неравномерностью вносить минеральные удобрения центробежными рассеивателями.

Для решения вышеназванной проблемы необходимо провести теоретические исследования на основе патентного поиска и анализа эффективных конструкций машин. Любая машина для внесения твердых минеральных удобрений включает два основных рабочих органа – дозирующий и распределяющий. Анализ существующих конструкций дозаторов для твердых минеральных удобрений позволил систематизировать их виды (таблица 1).

В результате патентного поиска выбраны устройства для внесения твердых минеральных удобрений, позволяющие повысить эффективность и качество дозирования и распределения удобрений. На рисунке 1 представлена схема дозатора твердых минеральных удобрений [2]. Работает дозатор твердых минеральных удобрений следующим образом. С блока управления согласно карте заданий, подаётся сигнал на электропривод, который устанавливает скорость вращения составного шнека. Также подаётся сигнал на актуатор, который перемещает тягу, в результате чего смещаются заслонки в направляющих пазах. Заслонки изменяют сечение выгрузного отверстия. В процессе вращения составного шнека твердые минеральные удобрения проталкиваются через выгрузное отверстие, проходят через систему дозирования и поступают в выгрузной патрубок, из которого происходит их выгрузка. С помощью этого дозатора будет осуществляться более точная регулировка нормы внесения за счёт одновременной работы системы дозирования и составного шнека.

Таблица 1 – Классификация дозаторов твердых минеральных удобрений

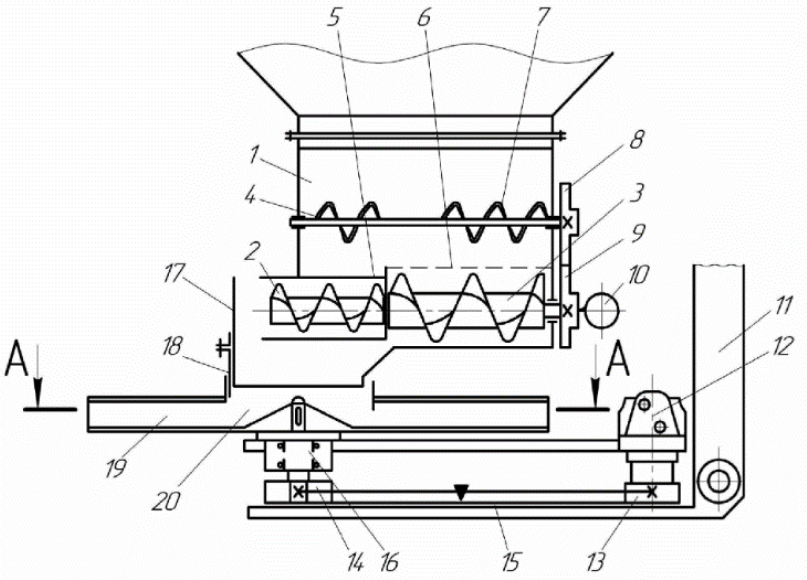
| Катушечные | | Барабанные | | Спирально-винтовые | | Тарельчатые | | | Ленточные | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Шевронные | Штифтовые | Многогранные | Гребенчатые | Спиральные | Шнековые | Пальцевые | Дисковые | Лопастные | Цепные | Ременные |
|  | |  | |  | |  | | |  | |




1 – корпус; 2 – выгрузное отверстие; 3 – составной шнек; 4 – вал; 5 – разгрузочная горловина; 6 – крышка; 9 – боковая стенка корпуса; 13 – заслонка; 14 – тяга; 15 – актуатор.

Рисунок 1 – Схема дозатора твердых минеральных удобрений

На рисунке 2 представлена схема шнекового дозатора твердых минеральных удобрений [3]. Технической задачей предлагаемого изобретения является максимальное расширение диапазона доз внесения. При этом обеспечивается сохранность гранул и высокая точность дозирования. Шнек выполнен двухступенчатым. Обе его ступени смонтированы на общем валу с возможностью одновременного вращения с одинаковым числом оборотов. Камеры разделены перегородкой и снабжены шиберными задвижками.



Фиг.1

1 – корпус; 2 – малый шнек; 3 – большой шнек; 4 – ворошитель малый; 5 – задвижка малая; 6 – задвижка большая; 7 – ворошитель большой; 8, 9 – шестерни; 10 – мотор-редуктор; 11, 12 – корпуса большой и малой камеры; 13, 14 – приемные воронки большой и малой камеры; 15 – разделительная перегородка; 16 – рама; 17 – гидромотор; 18 – шкив приводной; 19 – шкив ведомый; 20 – ремень.

Рисунок 2 – Схема шнекового дозатора твердых минеральных удобрений

Важным аспектом является распределение твердых минеральных удобрений при движении машины на краях полевых угодий (рисунок 3). При работе машин для внесения твердых минеральных удобрений на границах поля водителю необходимо сначала остановить трактор и произвести вручную регулировку метателей. Для работы без остановок, не прерывая работы, предлагается на машинах установить устройство для распределения удобрений на краях полевых угодий с гидравлическим приводом (рисунок 4) [3].

Рисунок 3 – Схема распределения твердых минеральных удобрений на краях полевых угодий

Данное устройство опускается в веерообразный поток удобрений и благодаря своей конструкции с пластинами воздействует на изменение направления части потока удобрений. Таким образом, достигается оптимальная форма боковой картины распределения на границах. Устройство может передвигаться на стабильной раме внутри четко вымеренной зоны движения. Оно устанавливается в необходимое положение для внесения соответствующего типа удобрения на границах и краях полевых угодий. Если устройство не используется, оно удобно поднимается вверх при помощи гидроцилиндра.

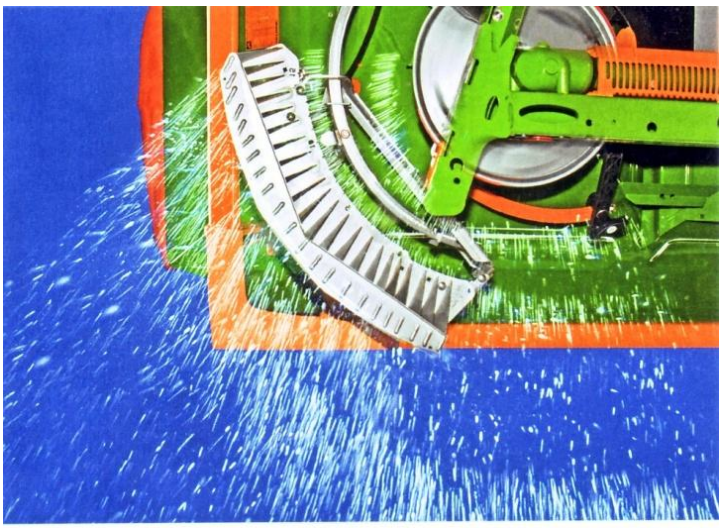


Рисунок 4 – Устройство для распределения твердых минеральных удобрений на краях полевых угодий

**Выводы**

1. Проведен патентный поиск и анализ эффективных конструкций машин для внесения твердых минеральных удобрений. Представлена классификация дозирующих устройств твердых минеральных удобрений.

2. Представлены конструкции устройств для внесения твердых минеральных удобрений, позволяющие эффективно осуществлять дозирование и распределение твердых минеральных удобрений.

Список источников

1. Новиков, М.А. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах: учебное пособие / М.А. Новиков, В.А. Смелик, И.З. Теплинский [и др.]; под ред. М.А. Новикова. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2011. – 208 с.

2. Пат. 2780210C1 РФ. Дозатор минеральных удобрений / Тетерин В.С., Пехнов С.А.. Костенко М.Ю., Липатов Н.В., Панферов Н.С.; Заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАУ ВИМ; заявл. 07.04.2022; опубл. 20.09. 2022.

3. Пат. 2742563C1 РФ. Шнековый дозатор твердых минеральных удобрений / Сидорнин В.И., Новиков Н.Н., Гайборян М.А., Тетерин В.С., Пехнов С.А., Мельничук Д.С.; Заявитель и патентообладатель ФГБНУ ФНАУ ВИМ; заявл. 11.10.2020; опубл. 08.02.2021.

Научная статья
УДК 631.3

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ

***Доцент М.Л. Борисова***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. На основе анализа теоретического материала определены понятие и особенности применяемой технологии возделывания картофеля. В ходе исследований выявлены перспективные позиции для улучшения и усовершенствования существующего метода. Для увеличения производительности труда и снижении затрат времени операций предлагается производить обработку семян картофеля с помощью специального оборудования.

Ключевые слова: техника, методы, картофель, урожай

# ANALYSIS OF POTATO CULTIVATION TECHNOLOGY

***Docent M.L. Borisova***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. Based on the analysis of theoretical material, the concept and features of the applied potato cultivation technology are defined. In the course of the research, promising positions for improving and improving the existing method were identified. To increase labor productivity and reduce the time spent on operations, it is proposed to process potato seeds using special equipment.

Keywords: technique, methods, potatoes, harvest

## Введение

Большинство современных предприятий применяют собственную технологию возделывания картофеля, основанную на «Голландской» технологии. Данная технология включает следующие операции:

– внесение органических удобрений под предшествующую культуру или под зябь осенью;

– зяблевая вспашка;

– весеннее внесение минеральных удобрений;

– предпосадочное фрезерование почвы вертикально-фрезерными культиваторами;

– посадка на глубину 4…6 см с низким (до 12 см) гребнем; формирование полнообъемных гребней высотой до 27…30 см;

– обработка посадок гербицидами перед появлением всходов;

– обработка растений химикатами против болезней и вредителей по мере необходимости;

– предуборочное удаление ботвы и уборка;

– закладка клубней на хранение.

## Актуальность

Сельское хозяйство характеризуется выполнением ряда операций в определенные, кротчайшие сроки с соблюдением необходимых агротехнических требований. Некоторые операции занимают значительное количество времени, а некоторые операции требуют определенного количества обслуживающего персонала и единиц техники, поэтому, в настоящее время актуально совмещение нескольких агрегатов в одном с совмещением нескольких технических процессов.

## Цель и задачи

Цель исследования – выявить наиболее перспективные технологии возделывания картофеля. Для ее достижения необходимо выполнить следующий ряд задач:

– провести анализ существующих технологий;

– определить особенности данного производства;

– рассмотреть варианты совершенствования технологии возделывания картофеля.

Объект исследования: отдельные операции возделывания картофеля.

## Материалы и методы исследования

Нами были использованы: теоретические методы исследования, такие как поиск, анализ и синтез необходимого материала по теме.

Операции возделывания картофеля: подготовка почвы, посадка, выращивание, уборка, хранение.

## Результаты исследований

Одной из проблем, рассматриваемой технологии выращивания картофеля, является опрыскивание семян гербицидами при посадке. Опрыскивание семян проводится непосредственно при посадке. Доставка воды в поле осуществляется трактором МТЗ-82.1 с прицепом 2ПТС-4, далее происходит смешивание гербицидов с водой, затем жидкость заливается в опрыскиватель, установленный на картофелесажалке, форсунки распрыскивают жидкость на картофель, идущий по ложечной ленте в сошник.

Данный метод имеет ряд недостатков:

– потребность в дополнительной единице техники;

– необходимость в работнике, осуществляющем доставку;

– значительно увеличивается время загрузки картофелесажалки;

– снижается скорость движения посадочной машины.

Мы предлагаем разработку конструкции, в которой используется дополнительная очистка использованного ядохимиката, что обеспечивает непрерывную работу машины. Технический эффект достигается установкой короба с ящиком для сбора грубых примесей и выходными рукавами. На днище установлено верхнее решето, а внутри короба расположено нижнее решето, взаимодействующее с кареткой, снабженной подпружиненными скребками и связанной с кривошипным приводом. Этим достигается отделение посторонних примесей и постоянный отвод использованного ядохимиката.

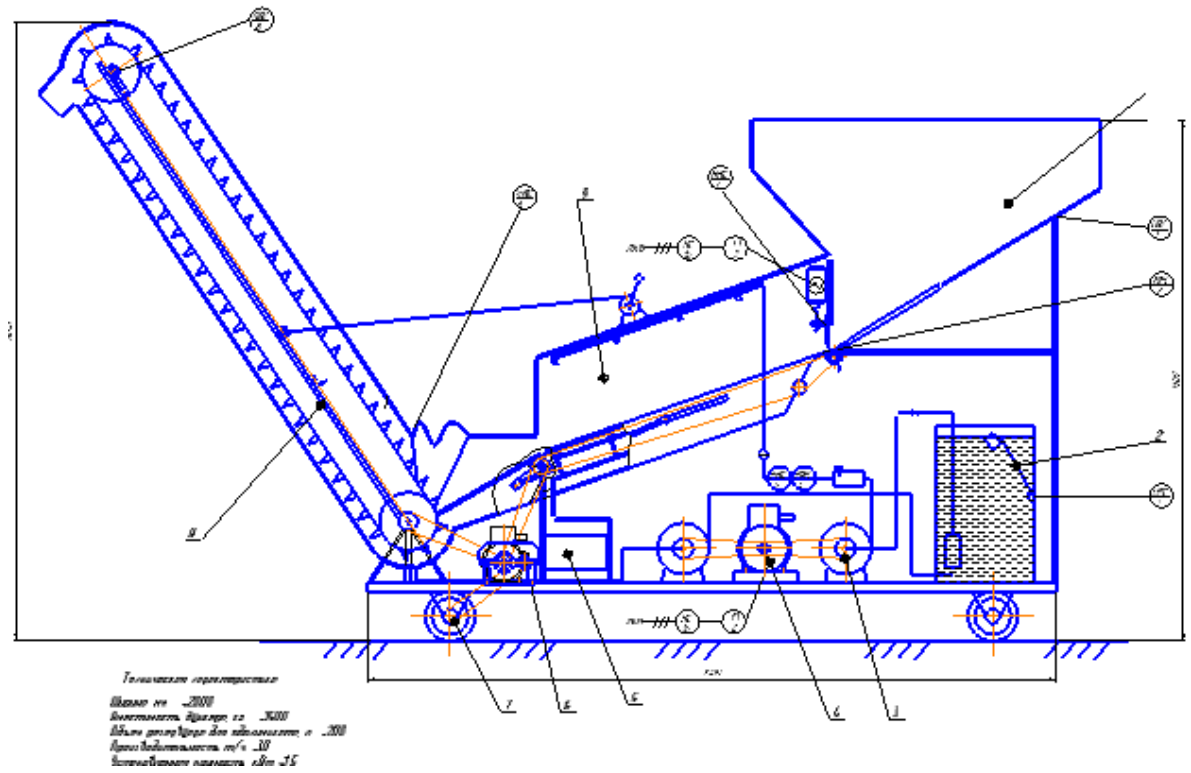


Рисунок 1 – Установка для протравливания картофеля

Протравливатель состоит из резервуара 2, центробежных насосов 3, всасывающей и напорной коммуникаций, регулятора давления, приемного бункера 1, камеры протравливания 9, разгрузочного скребкового транспортера 8, механизма передвижения, распылителя, электродвигателей и рамы.

В резервуаре установлена фильтрующая сетка, которая фильтрует использованный ядохимикат от грубых примесей. На передней стенке резервуара смонтирован уровнемер.

Регулятор давления состоит из корпуса, перегородки с седлом, позиционного и редукционно-предохранительного клапанов. Регулировочный винт клапана смонтирован на коромысле, которое поворотом рукоятки устанавливают на заданное давление.

Наклонное дно бункера снабжено встряхивающими створками и активными ворошителями, обеспечивающими непрерывное перемещение клубней из бункера в камеру протравливания. Выпускное окно в задней стенке бункера перекрыто заслонкой с винтовым механизмом, который приводится в действие при помощи электродвигателя.

Камера протравливания состоит из коллектора, на котором смонтированы распылители, верхнего и нижнего решета, скребкового механизма и днища, по которой стекает использованный ядохимикат.

Так же в машине, как разгрузочное устройство применяется скребковый транспортер. Транспортер регулируется в вертикальной плоскости на угол $90^0$, что не представляется возможным в других машинах.

Поток картофеля после камеры протравливания изолирован от внешней среды до выходного рукава скребкового транспортера.

Установка для жидкостной обработки корнеклубнеплодов работает следующим образом: семена картофеля загружаются в загрузочный бункер, оттуда клубни через заслонку при помощи встряхивающих створок и ворошителей поступают в камеру протравливания. Положение заслонки регулируют на норму производительности протравливателя. Насос засасывает из резервуара приготовленную суспензию и подает по трубопроводу на распылитель, который превращает ее в мелкодисперсное состояние. Давление потока жидкости ядохимикатов в питательной магистрали регулируют с помощью регулятора давления, на давление 1…1,5 мПа. Для контроля рабочего давления нагнетательные магистрали снабжены редукционными клапанами, которые отрегулированы на максимальное давление 2 мПа. Редукционный клапан снабжен включателем электродвигателя, который закрывает заслонку подачи картофеля из бункера в камеру протравливания. Пересекая факел распыленной суспензии, семена покрываются ею тонкой и равномерно нанесенной пленкой и по верхней решетке скатываются в выгрузной транспортер.

Скребковый транспортер выгружает протравленные клубни из накопительного бункера в мобильный транспорт или в бункер хранения. Транспортер можно наклонять в вертикальной плоскости на угол 90 в зависимости от высоты нагружаемого объекта. Использованный ядохимикат вместе с частично смытыми от клубней остатками почвы проходит через верхнее решето и через нижнюю решетку при этом, частично очищаясь от грубых примесей, стекает на поддон камеры протравливания. Из поддона насос засасывает отработанный ядохимикат и по гибкому шлангу подает в резервуар.

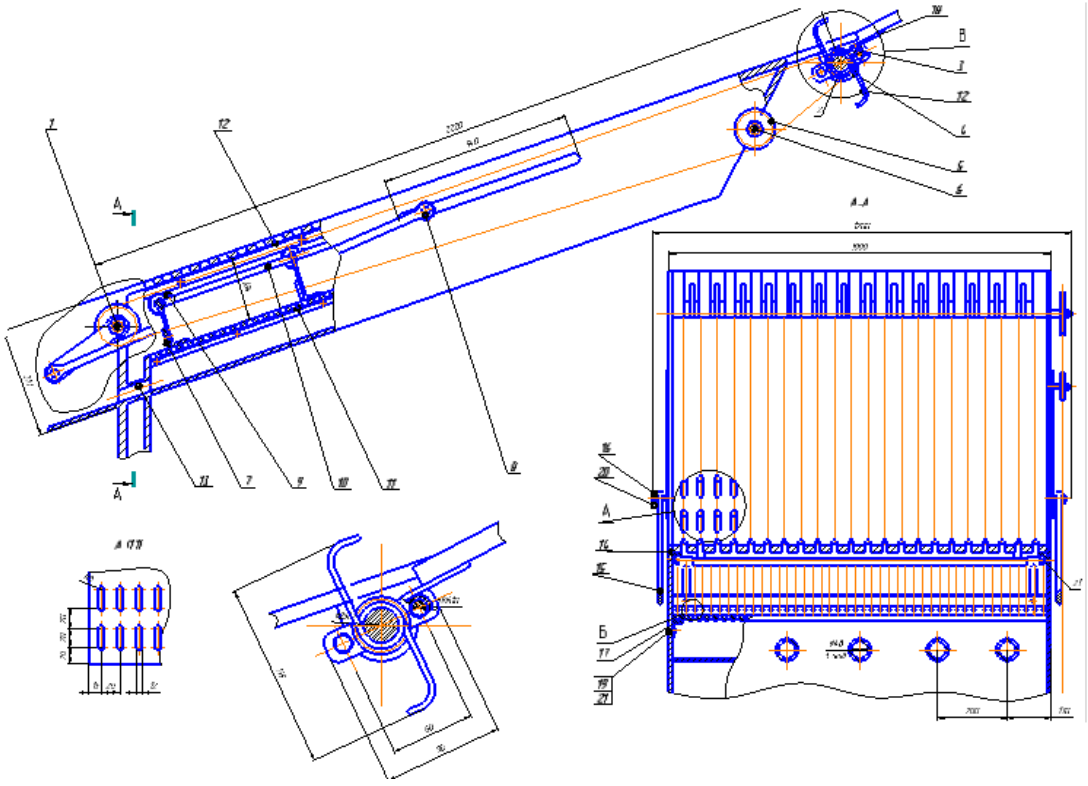


Рисунок 2 – Скребковый транспортер протравливателя

Грубые примеси накапливаются на нижней решетке. Каретка, с подпружиненными скребками, перемещаясь за счет кривошипного привода, сгребает с решетки грубые примеси в выдвижной ящик. После окончания работы вынимают выдвижной ящик и выливают содержимое в яму захоронения.

Рабочую жидкость приготавливают в зависимости от видового состава вредителей (инсектициды) и болезней (фунгициды). Пестициды имеют различное содержание действующего вещества, поэтому перед их использованием производят предварительный расчет внесения препарата, на единицу массы клубней картофеля.

Заправку резервуара производят водой и концентрированной жидкостью одновременно через горловину резервуара протравливателя.

После установки протравливателя на площадку протравливания, транспортное средство подъезжает в плотную к задней стенке бункера и заполняет его. При возможности бункер заполняют при помощи загрузочных транспортеров непосредственно из хранилища картофеля.

Технологические расчеты конструкции протравливателя:

– производительность за 1 час чистого времени:

$$W_ч = K \cdot Q, \text{ т/ч} \quad (1)$$

где $Q$ – количество переработанной продукции в расчете на один час работы;

$K$ – поправочный коэффициент,

$$K = \sum Tn / Timax \quad (2)$$

где $\sum Tn$ – сумма чистого времени работы машины;

$Timax$ – максимальное значение продолжительности чистого времени.

$$Q = \mu / \sum Tn \quad (3)$$

где $\mu$ – количество продукции, переработанной за смену.

– сменная производительность за 1 час:

$$W_{см} = Wч \cdot K_{см} \quad (4)$$

– эксплуатационная производительность:

$$W_{эксп} = Wч \cdot K_{эксп.} \quad (5)$$

Расчет транспортера. Физико-механические свойства груза:

1) плотность ρ = 700 кг/м;

2) коэффициент ремня – груза по резине в покое $f_0$ = 0,58;

3) коэффициент ремня – груза по резине в движении:

$$f = f_0 \cdot 0,8 = 0,58 \cdot 0,8 = 0,64$$

Угол естественного откоса слоя груза в покое $y_0 = 30^0$

в движении $y = (0,5…0,7) \cdot y_0$;

$$y = 0,6 \cdot y_0 = 0,6 \cdot 30 = 18^0.$$

Принимаем $y = 18^0$.

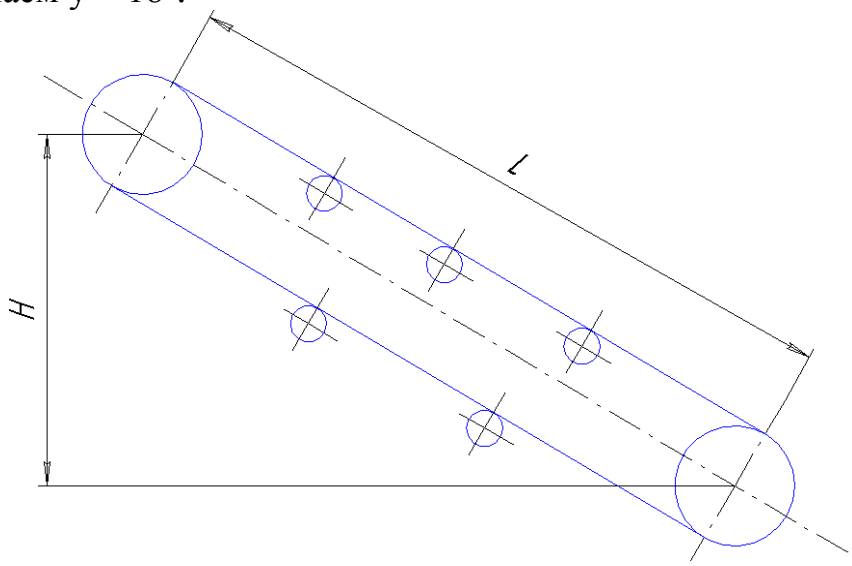



Рисунок 3 – Кинематическая схема ленточного транспортера

**Выводы**

В данную технологию предлагаем внести изменения. Производить обработку семян картофеля гербицидами с помощью протравливающего комплекса, до укладки на хранение. Протравливающий комплекс представляет комплект, состоящий из роликового инспекционного стола и подкатной установки мелкодисперсного распыления, которая устанавливается над рабочей поверхностью роликового полотна. В закрытой камере распыляется защитный препарат до состояния мелкодисперсного тумана. Картофель движется по полотну роликового стола многократно оборачивается и вся его поверхность покрывается защитным препаратом. Этот метод имеет ряд преимуществ и позволяет:

– трактор, задействованный на подвозе воды использовать в других операциях;

– уменьшить время загрузки картофелесажалки;

– увеличить скорость движения сажалки;

– увеличить производительность труда;

– обрабатывать картофель со всех сторон, в отличии от опрыскивания непосредственно в картофелесажалке;

– снизить расход гербицидов;

– сократить воздействие вредных факторов на работников, т.к. опрыскивание осуществляется в закрытой камере.

Список источников

1. Келер В.В. Технология производства продукции растениеводства. – М.: Юрайт, 2024. – 290 с.
2. Огарков С.А., Огарков А.П., Котеев С.В. Наукоемкие эффективные инновационные технологии производства, хранение и переработки сельскохозяйственной продукции. – М.: ВИАПИ имени А.А. Никонова, 2014. – 183 с.
3. Техника для закладки на хранение и выемки с хранения овощей и фруктов: https://klinmash.com/

Научная статья
УДК 631.37

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕСЕНИЯ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

***Магистрант И.Р. Волков; к.т.н., доцент И.В. Кряклина***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. Для повышения эффективности внесения твердых органических удобрений необходимо использовать современные машины, благодаря которым будет более точное дозирование и распределение удобрений. Представлена и проанализирована схема функциональной модели технологического процесса функционирования машины для внесения твердых органических удобрений. Для контроля качества дозирования твердых органических удобрений выбран метод, предложенный профессором А. Б. Лурье. Проведен патентный поиск и анализ эффективных конструкций машин для внесения твердых органических удобрений. Представлены конструкции двух устройств для внесения трвердых органических удобрений, позволяющие эффективно осуществлять дозирование и распределение твердых органических удобрений.

Ключевые слова: функциональная модель, твердые органические удобрения, машины для внесения удобрений, дозирующие и распределяющие устройства

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF SOLID ORGANIC FERTILIZERS

***Undergraduate student I.R. Volkov;***
***Candidate of Technical Sciences, Docent I.V. Kryaklina***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. To improve the efficiency of application of solid organic fertilizers, it is necessary to use modern machines, thanks to which there will be more accurate dosing and distribution of fertilizers. A diagram of a functional model of the technological

process of functioning of a machine for applying solid organic fertilizers is presented and analyzed. To control the quality of dosing of solid organic fertilizers, the method proposed by Professor A. B. Lurie was chosen. A patent search and analysis of effective designs of machines for applying solid organic fertilizers was carried out. Designs of two devices for application of solid organic fertilizers are presented, which allow for efficient dosing and distribution of solid organic fertilizers.

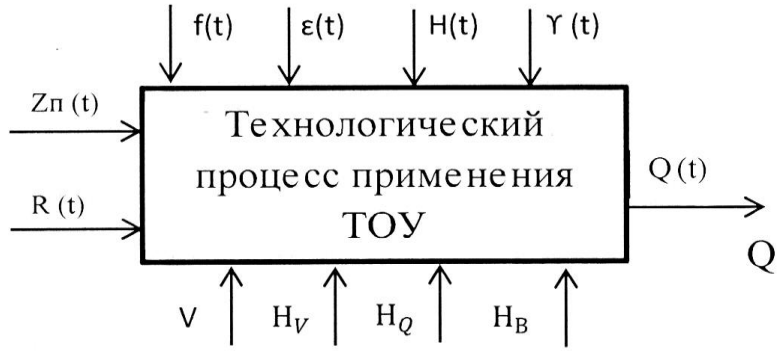
Keywords: functional model, solid organic fertilizers, fertilizer machines, dosing and dispensing devices

Систематическое применение органических удобрений способствует накоплению гумуса, улучшает физико-химические свойства почвы, увеличивает запас питательных веществ, понижает кислотность, повышает содержание поглощенных оснований, поглотительную способность и буферность, влагоемкость, скважность и водопроницаемость, уменьшает сопротивление почвы при механической обработке, повышает устойчивость растений при неблагоприятных условиях. Для повышения эффективности внесения твердых органических удобрений необходимо использовать современные машины, благодаря которым будет более точное дозирование и распределение удобрений.

## Методика

С цель решения вышеназванной проблемы осуществим теоретические исследования в виде анализа информационной модели машины для внесения твердых органических удобрений, патентного поиска и анализа эффективных конструкций машин.

Для рассмотрения технологического процеса дозирования твердых органических удобрений представляем блок-схему информационной модели процесса функционирования машины для внесения твердых органических удобрений, представленную на рисунке 1.




$Z_п(t)$ – профиль поверхности поля; $R(t)$ –сопротивление почвы; $f(t)$ – колебание рамы машины; $\varepsilon(t)$ – буксование колес; $H(t)$ – уровень материала в кузове; $\gamma(t)$ – физико-механические свойства; $\upsilon(t)$ – скорость машины; $H_\upsilon$, $H_Q$, $H_B$ – настроечные параметры скорости, дозы внесения материала, ширины захвата машины; $Q(t)$ – доза внесения удобрений.

Рисунок 1 – Функциональная модель технологического процесса функционирования машины для внесения твердых органических удобрений

Функциональная модель машины для внесения твердых органических удобрений представляет собой сложный модуль с входными $X$, выходными $Y$ и управляющими $U$ векторами. Функциональная модель показывает, какие факторы влияют на качественные показатели работы машины. К дозе внесения удобрений предъявляют жесткие требования технологического регламента, разработанные на основе рекомендаций агрохимической науки и практики.

Рассмотренную информационную модель можно конкретизировать и представить ее в виде функционально-связанных звеньев (рисунок 2). Первым звеном является трактор, входным воздействием которого будут неровности поверхности поля $Z_{\text{п}}(t)$, управляющим воздействием тракториста будет скорость $u(t)$. Выходом первого звена является частота вращения вала отбора мощности трактора $\omega(t)$ и поступательная скорость агрегата $\upsilon(t)$. Второе звено отражает связь бункера и подающего транспортера. Выходным воздействием этого звена является скорость подачи массы материала $\upsilon_{\text{м}}(t)$. Это звено находится под возмущающим воздействием схоластических процессов $Z_{\text{п}}(t)$ и $f(t)$ и детерминированного процесса $H(t)$. Третьим звеном будет площадь выходного отверстия дозирующей системы, на входе которой формируется расход материала $Q(t)$. Возмущающим воздействием третьего звена является схоластический процесс $\gamma(t)$. Четвертое звено модели функционирования машины отражает функцию формирования процесса $q(\ell)$.

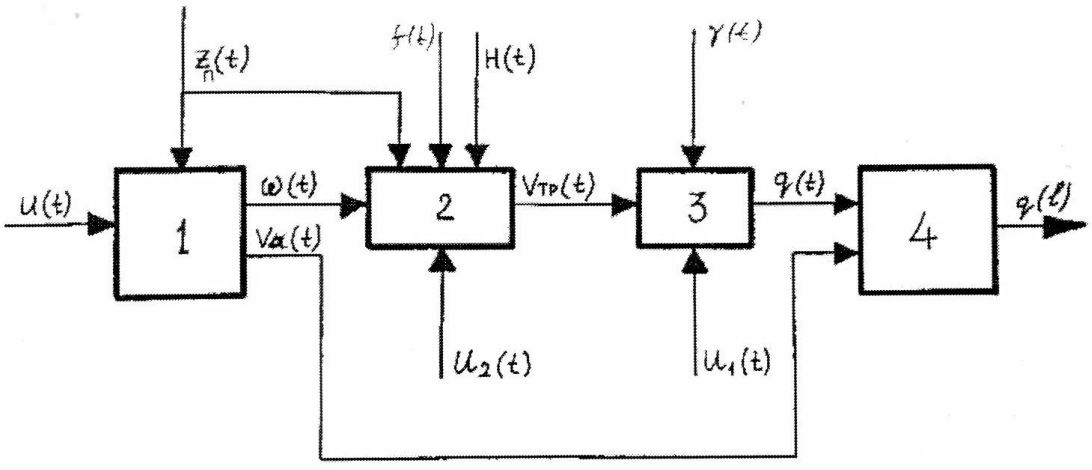



Рисунок 2 – Модель функционирования дозирующей системы

Для контроля качества дозирования твердых органических удобрений предлагаем использовать метод, предложенный профессором А. Б. Лурье [1]. В этом методе в качестве оценки принят параметр $P_{\Delta q}$, определяющий вероятность сохранения допуска $\Delta q$ на отклонение процесса от его настроечного значения. На рисунке 3 представлена реализация показателя $q(\ell)$, который оценивает равномерность дозирования удобрений. Агротехническими требованиями предусмотрен допуск $\Delta q$ на отклонение процесса от среднего значения $m_{\text{q}}$.

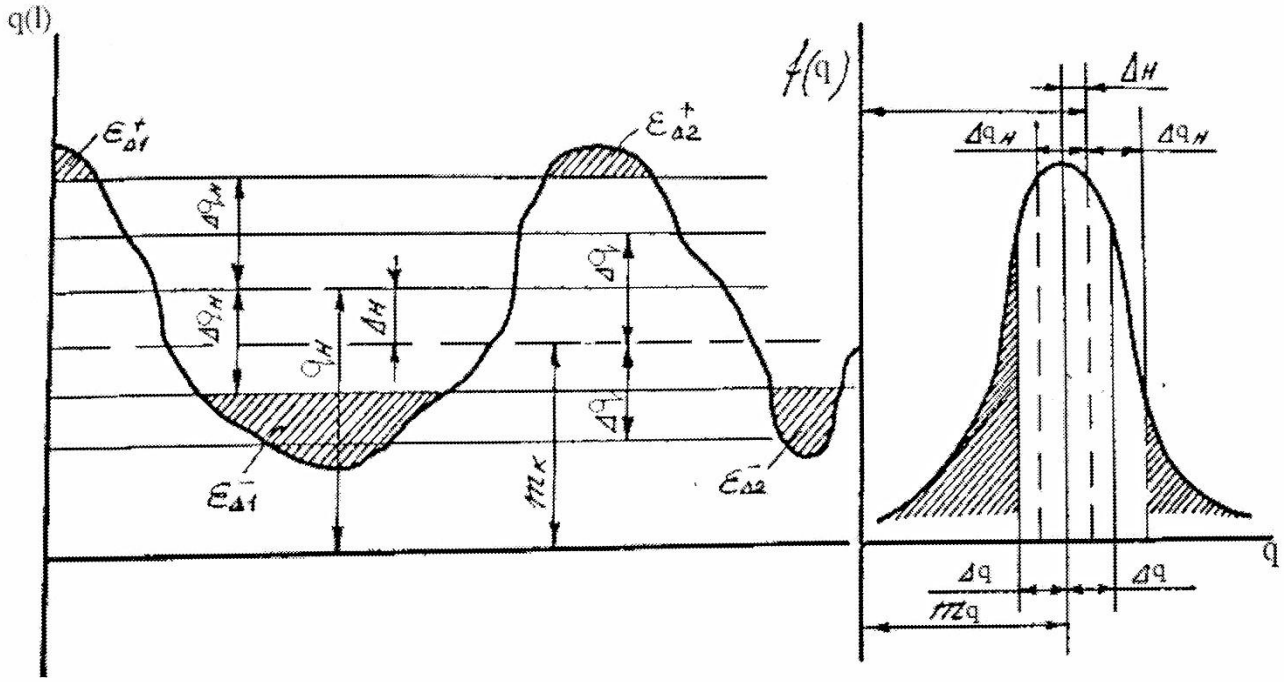
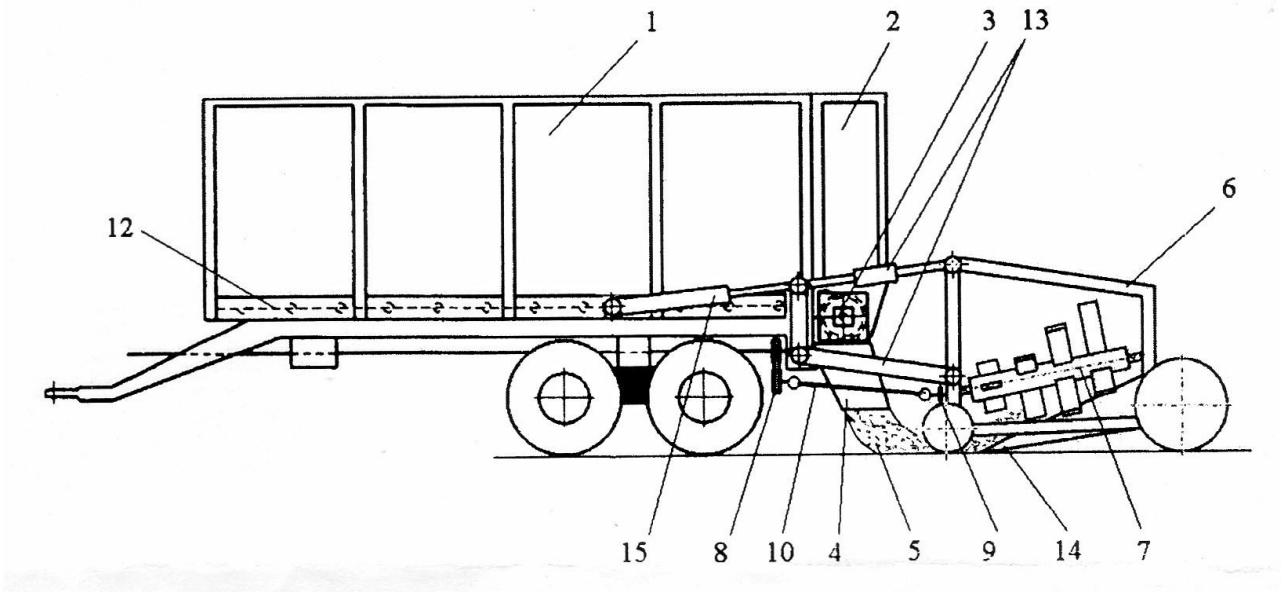



Рисунок 3 – Реализация процесса $q$ (ℓ),
характеризующая процесс дозирования удобрений

Анализируя взаимодействие входных и выходных факторов, возмущающих воздействий в представленной модели функционирования дозирующей системы, можно сделать вывод, что качество дозирования и распределения удобрений, во многом зависит от совершенства конструкции дозирующего и распределительного устройств, параметров и режимов их работы. В связи с этим задачами дальнейших исследований являются: проведение патентного поиска и обоснование улучшенной конструкции этих устройств; определение рациональных конструктивных и кинематических параметров их работы.

Патентный поиск и анализ применяемых конструкций машин для внесения твердых органических удобрений показал, что любая машина включает два основных рабочих органа – дозирующий и распределяющий. В качестве дозирующего органа используется транспортер, распределительным устройством могут быть рабочие органы с горизонтальной или вертикальной осью вращения. В результате патентного поиска выбраны два устройства для внесения твердых органических удобрений, позволяющие повысить эффективность и качество дозирования и распределения удобрений. На рисунке 4 представлена схема устройства для внесения твердых органических удобрений [2].



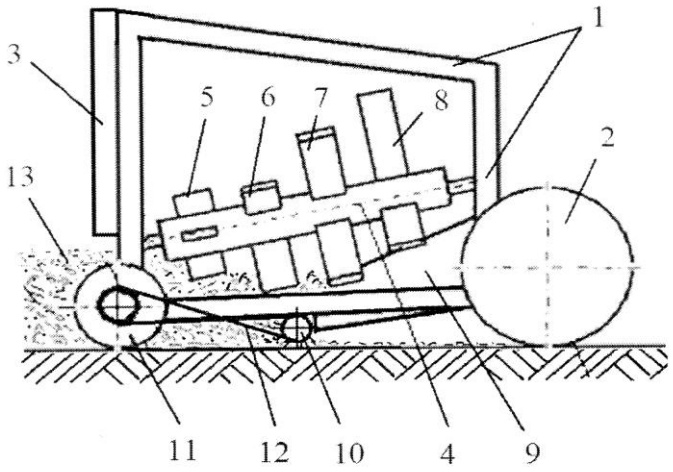

1 – кузов; 2 – приставка; 3 – подающий рабочий орган; 4 – регулируемый направитель потока; 5 – валок; 6 – разбрасыватель; 7 – многолопастные роторы; 8 – ременная передача; 9 – цепная передача; 10 – карданная передача; 12 – транспортер; 13 – гидрофицированная навеска; 14 – подъемный нож; 15 – гидроцилиндр.

Рисунок 4 – Схема устройства для внесения твердых органических удобрений

Это устройство для внесения твердых органических удобрений является кузовным разбрасывателем, оснащенным роторным разбрасывающим механизмом и приставкой со шнеком. Витки шнека выполнены с навивкой, обеспечивающей подачу удобрений к центральной части приставки. Под шнеком установлен направитель потока удобрений, выполненный в виде скатной доски с подвижными боковыми стенками. Роторный разбрасывающий механизм выполнен в виде навесного разбрасывателя с многоступенчатыми роторами, установленными в плоскости, перпендикулярной оси шнека, за приставкой, формирующей валок. Такое устройство позволяет увеличить ширину распределения вносимых удобрений, снизить энергоемкость процесса и затраты труда на внесение, повысить производительность агрегата при внесении удобрений большими дозами.

На рисунке 5 представлена схема навесного разбрасывателя твердых органических удобрений из валка [3].

Навесной разбрасыватель твердых органических удобрений из валка включает раму на опорных колесах с установленными на ней многолопастными приводными роторами, выполненными в виде четырех рядов разбрасывающих лопастей.




1 – рама; 2, 11 – опорные колеса; 3 – навесное устройство; 4 – многолопастные роторы; 5, 6, 7, 8 – разбрасывающие лопасти; 9 – делитель потока; 10 – битер; 11 – опорное колесо; 12 – ременная передача; 13 – валок удобрений.

Рисунок 5 – Разбрасыватель твердых органических удобрений из валка

Делитель потока, установлен под третьим и четвертым рядами лопастей. Подъемник валка выполнен в виде приводного битера, вращающегося в направлении противоположном направлению вращения опорных колес, и размещен перед делителем потока. Это позволяет полностью исключить сгруживание материала перед делителем потока, а, следовательно, повысить стабильность подачи разбрасываемого материала и эффективность работы разбрасывателя, качество дозирования и распределения удобрений.

## Выводы

1. Представлена и проанализирована схема функциональной модели технологического процесса функционирования машины для внесения твердых органических удобрений.

2. Для контроля качества дозирования твердых органических удобрений выбран метод, предложенный профессором А. Б. Лурье.

3. Проведен патентный поиск и анализ эффективных конструкций машин для внесения твердых органических удобрений.

4. Представлены конструкции двух устройств для внесения твердых органических удобрений, позволяющие эффективно осуществлять дозирование и распределение твердых органических удобрений.

Список источников

1. Лурье А.Б., Еникеев В.Г., Теплинский И.З., Смелик В.А. Сельскохозяйственные машины / А.Б. Лурье, В.Г. Еникеев, И.З. Теплинский, В.А. Смелик. – Санкт-Петербург: Изд-во СПБ ГАУ, 1998. 366 с.

2. Пат. 2738892 С1 РФ: МПК А01С 3/06. Способ внесения твердых органических удобрений и мелиорантов и устройство для его осуществления / Дьячков А.П., Колесников А.Д., Бровченко А.Д.; Заявитель и патентооблада-

тель ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ; № 2019140771/22; заявл. 09.12.2019; опубл. 18. 12. 2020 Бюл. № 35 (П ч.) 6 с.
3. Пат. 2787978 РФ: МПК A01C 15/00, A01C3/06. Навесной разбрасыватель твердых органических удобрений и мелиорантов из валка / Колесников Н.П. Дьячков А.П.; Заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО воронежский ГАУ; № 2022118527; заявл. 07.07.2022; опубл. 16. 01. 2023 Бюл. № 2 (П ч.) 12 с.

Научная статья
УДК 631.37

# ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МАШИН ЗА СЧЕТ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОЙ ОЧИСТКИ УЗЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

***Магистранты Ш.Н. Гусейнов, И.Р. Волков;***
***к.т.н., доцент Д.С. Карпов***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию повышения надежности машин за счет применения энергосберегающей технологии лазерной очистки металла при ремонте транспортных средств. В ней рассматриваются преимущества лазерной очистки перед традиционными методами удаления загрязнений, коррозии и старых покрытий с металлических деталей автомобилей. Особое внимание уделяется экономической эффективности метода, снижению срока простоя техники в ремонте, и как следствие, увеличению срока службы отремонтированных узлов и агрегатов. В статье представлены результаты теоретического сравнения, демонстрирующие эффективность лазерной очистки относительно иных способов очистки узлов ТС, а также положительное влияние на долговечность и надежность отремонтированных транспортных средств. Работа ориентирована на специалистов инженеров, кто заинтересован в повышении эффективности и качества ремонтных работ.

Ключевые слова: надежность, долговечность, методы очистки, энергосберегающие технологии ремонта, лазерная очистка, пескоструйная очистка

# INCREASING THE RELIABILITY OF MACHINES DUE TO ENERGY-SAVING TECHNOLOGY OF LASER CLEANING OF VEHICLE COMPONENTS

***Undergraduates students Sh.N. Guseynov, I.R. Volkov;***
***Candidate of Technical Sciences, Docent D.S. Karpov***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. This work is devoted to the study of increasing machine reliability through the use of energy-saving technology for laser metal cleaning when repairing

vehicles. It discusses the advantages of laser cleaning over traditional methods for removing dirt, corrosion and old coatings from metal parts of cars. Particular attention is paid to the economic efficiency of the method, reducing the downtime of equipment for repairs, and as a result, increasing the service life of repaired components and assemblies. The article presents the results of a theoretical comparison demonstrating the effectiveness of laser cleaning relative to other methods of cleaning vehicle components, as well as a positive effect on the durability and reliability of repaired vehicles. The work is aimed at engineering specialists who are interested in increasing the efficiency and quality of repair work.

Keywords: reliability, durability, cleaning methods, energy-saving repair technologies, laser cleaning, sandblasting

Надежность является комплексным свойством, характеризующим объект. В состав показателей надежности, наравне с другими, входит долговечность, характеризующая способность машины сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Время работы автомобилей и легковых, и грузовых, и автобусов до момента, когда появляется необходимость ремонта рамы, кузова, кабины из-за коррозии металла, может существенно отличаться. У некоторых автомобилей это может быть 8-10 лет, а у некоторых и менее [1]. Все зависит от степени защиты автомобиля от коррозии, качества используемых материалов и ряда иных факторов.

Рассмотрим основные способы очистки и определим самую энергоэффективную из используемых технологий.

## Методика

Методы очистки метала:

1. Очистка механическая. Она осуществляется с помощью щеток, изготовленных из проволок. Этот процесс осуществляется вручную. Он используется в местах, покрытых ржавчиной в большом количестве, а также при обработке сварных соединений и швов. Качество такой зачистки невысокое: остается окалина, а также присутствует много пыли. Обработка металлической поверхности металла с помощью абразивного инструмента. Как правило, используются шлифовальные диски. При применении инструмента высокого качества достигается практически 100%-ная эффективность. Однако и у этого метода имеются серьезные недостатки. К ним относятся: высокие требования к профессиональным качествам работника, а также большой расход материалов достаточно высокого качества.

2. Обработка коррозии металла с помощью пескоструйной обработки.

Этот метод предполагает нагнетание в зону поражения коррозионными процессами песка, выпущенного под напором. Установка, используемая в этих целях, имеет достаточно простую конструкцию и состоит из пистолета (пескоструйный), резервуара с песком и компрессора. Для устройства применяется речной или строительный песок, но обязательно в просушенном

виде. Иногда этот материал используется вторично, но необходимо учитывать, что эффективность антикоррозийной обработки в этом случае уменьшается в разы. При этом количество пыли во столько же раз увеличивается. Этот метод особенно эффективен для зачистки от ржавчины мест, которые невозможно обработать наждачным инструментом или абразивными дисками. Кроме того, после использования подобной технологии поверхность металла очищается практически от всего нагара, старой краски и окалин. В качестве расходного материала может использоваться и дробь, и купершлак, для наиболее эффективной очистки металла.

3. Водопескоструйная обработка металла (гидроабразивная).

Металлическая поверхность подвергается одновременному воздействию водной струи и абразивного инструмента. Этот метод является промышленным. Отсутствие мобильности является одним из его недостатков. Гидроабразивный способ удаления коррозионных проявлений на металле осуществляется в трех режимах, каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки. Они функционируют под сверхвысоким, высоким и низким давлением.

4. Химическая очистка от коррозии.

Это весьма эффективный способ избавления от ржавчины. Для этой цели применяют реактивные вещества, а именно: 5%-ный водный раствор соляной и серной кислоты. Разумеется, смесь сильнодействующих кислот. Но здесь обязательно использовать ингибитор – уротропин (0,5 г/литр готового раствора). Если этим пренебречь, то растворена будет не только ржавчина, но и сам металл (особенно, если он представляет собой тонкий стальной лист).

5. Лазерная очистка металла

Очистка металла от окислов и загрязнений крайне актуальна на производстве, особенно при сварке, покраске или ремонте. Зачастую для очистки листового металла или корпусных металлических изделий применяют пескоструйную или дробеметную обработку. Однако у данных методов есть и свои недостатки: сложность обработки углов, гофрированных изделий, неравномерность снятия материала при сложном рельефе, сложности при локальной обработке, громоздкость оборудования и необходимость наличия рабочей камеры. Альтернативой этим методом может служить лазерная очистка металла. Лазерная очистка позволяет без повреждения основного металла удалять такие поверхностные загрязнения, как ржавчину, масляные пленки, лакокрасочные покрытия, окалину, нагар, продукты нефтяных отложений, гальванические покрытия, адгезивные покрытия, органику [2]. Стоит отметить, что лазерная очистка применяется также и при работе с неметаллическими материалами, в частности при работе с резинами, деревом, камнем и т.д. [3]. В качестве источников лазерного излучения в таких установках выступают твердотельные (Nd:YAG-лазеры), углекислотные и эксимерные лазеры. Для очистки металла чаще всего используются твердотельные лазеры.

Лазерная микрообработка связана с очисткой проводов и прочих элементов микросхем от изоляции или напыления для последующей пайки. Также лазерная очистка применяется для снятия полиамидного покрытия на трубках тормозных или охладительных систем. Лазерная макрообработка

используется для очистки ювелирных изделий, изделий из драгметаллов, металлических произведений искусства, монет и т.п. Лазерная очистка металла в производстве применяется не только для удаления ржавчины и поверхностных загрязнений, но и для регулярной очистки форм для отливки резинотехнических изделий. Метод может быть автоматизирован и в ряде случаев не требует демонтажа пресс-формы.

Металл можно обработать от коррозии при помощи лазера двумя способами: лазерной абляцией и лазерной десорбцией.

**Сравнительный анализ методов очистки металла**

Широко популярны машины для лазерной очистки и пескоструйной обработки. Тем не менее, их принципы работы, эффект после чистки и бюджет различаются, анализ этих методов по основным критериям приведен ниже .

Лазерная очистка против пескоструйной обработки: точность. Как правило, лазерная очистка обеспечивает более высокую точность, чем метод пескоструйной обработки. Некоторые факторы влияют на этот уровень точности.

Лазерная очистка против пескоструйной обработки: эффект подложки

- Лазерная очистка оказывает минимальное термическое воздействие.
- Селективное поглощение гарантирует, что целевые загрязняющие вещества покинут подложку практически не затронутыми.
- Идеально подходит для очистки деликатных поверхностей, таких как электронные компоненты и мелкое оборудование.

Лазерная очистка против пескоструйной обработки: безопасность. При оценке аспектов безопасности лазерной очистки и пескоструйной обработки. Действительно, лазерная очистка безопаснее пескоструйного метода. Эти два метода различаются по своему воздействию как на операторов, так и на окружающую среду.

Лазерная очистка против пескоструйной обработки: воздействие на окружающую среду. Наблюдая за чистящим средством, мы можем непосредственно проверить его воздействие на окружающую среду. При лазерной чистке в качестве очищающего средства используется сфокусированный лазерный луч. Этот высокоэнергетический лазерный луч поражает и испаряет определенную часть загрязнений. В результате он производит минимальное количество пыли или не производит никаких частиц отходов.

Лазерная очистка против пескоструйной обработки: стоимость и эффективность. Машины для лазерной очистки требуют меньших эксплуатационных затрат, чем методы пескоструйной очистки. В частности, абразивные частицы могут повысить эксплуатационные расходы на пескоструйные устройства. В-третьих, машина для лазерной очистки требует минимального обслуживания. С другой стороны, пескоструйные аппараты нуждаются в регулярном обслуживании.

## Выводы

В ходе рассмотрения материала по исследуемой тематике было установлено, что лазерная очистка металла является эффективным и высокотехнологичным методом удаления загрязнений с поверхности материала. Благодаря использованию лазерного излучения, удаление окислов, жировых пятен и других загрязнений происходит более эффективно и без повреждения самого металла

В отличие от других методов, таких как химическое или механическое очищение, лазерная очистка подходит для обработки различных типов металлов и не требует применения абразивных материалов или опасных химических реагентов. Кроме того, данный метод обладает высокой точностью и контролем глубины обработки, что позволяет достичь идеального результата даже на сложных поверхностях.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что лазерная очистка металла является одним из наиболее эффективных и безопасных способов очистки поверхностей, обладающим рядом преимуществ перед другими методами. Ее использование позволяет значительно улучшить качество обработки металлических деталей и повысить производственную эффективность.

Список источников

1. Дмитренко В. П., Карпов Д. С. Пути снижения коррозионных повреждений автомобилей // Повышение эффективности и надежности техники и оборудования для АПК: сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции. Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2022. С. 19–30.
2. Бестек Т. Коррозия автомобилей и ее предотвращение. М.: Транспорт, 1985. 255 с., ил.
3.Тихомиров, А.В. Методы антикоррозийной очистки: Сравнительный анализ. Тула: Тульский политехнический университет, 2009. 220 с.
4.Борисов, С.А. Эффективность различных методов очистки металлов. Москва: Издательство МГТУ, 2008. 160 с.

Научная статья
УДК 631.37

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ДИСКОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

***Магистрант Ш.Н. Гусейнов; к.т.н., доцент И.В. Кряклина***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. Поверхностная обработка почвы является важной технологической операций, от которой зависит урожайность сельскохозяйственных культур. Дисковые рабочие органы должны обеспечить требуемое

качество обработки почвы и минимальные энергетические затраты на этот процесс. Представлена функциональная модель почвообрабатывающего агрегата с дисковыми рабочими органами. Рассмотрено влияние конструкции дискового рабочего органа на качество обработки почвы. Необходимо совместить в одном диске все необходимые параметры – хорошее заглубление, повышенную степень крошения почвы и устойчивость диска. На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что наилучшими качествами обладает конструкция диска с изменяющимся радиусом сферы от лезвия диска к его центру, которая обеспечивает хорошее заглубление, повышенную степень крошения почвы и устойчивость диска.

Ключевые слова: почвообрабатывающие машины, дисковые рабочие органы, функциональная модель, качество обработки почвы

## COMPARATIVE ANALYSIS OF STRUCTURES OF DISC WORKING ELEMENTS OF TILLAGE MACHINES

***Undergraduate student Sh.N. Guseinov;***
***Candidate of Technical Sciences, Docent I.V. Kryaklina***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

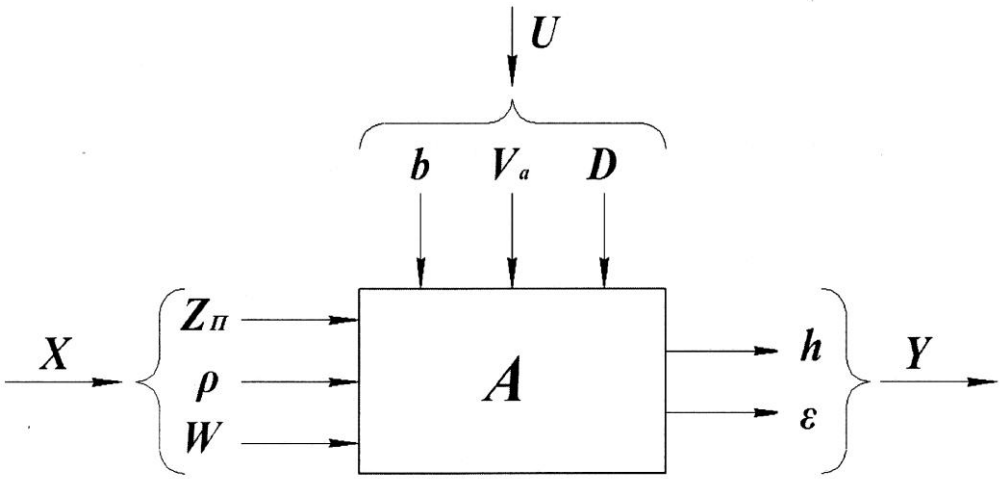
Abstract. Surface tillage is an important technological operation on which crop yields depend. Disk working bodies must ensure the required quality of soil cultivation and minimum energy costs for this process. Functional model of tillage unit with disk working members is presented. Influence of disk working member structure on soil treatment quality is considered. It is necessary to combine all the necessary parameters in one disk - good burial depth, increased degree of soil crumbling and disk stability. Based on the analysis, it can be concluded that the best qualities are the design of the disk with a changing radius of the sphere from the disk blade to its center, which provides good burial, an increased degree of soil crumbling and disk stability.

Keywords: tillage machines, disk working bodies, functional model, quality of tillage

Поверхностная обработка почвы является важной технологической операций, от которой зависит урожайность сельскохозяйственных культур. Поэтому проводятся многочисленные теоретические и экспериментальные исследования конструкций дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин [1-4].

### Методика

Дисковые рабочие органы должны обеспечить требуемое качество обработки почвы и минимальные энергетические затраты на этот процесс. Для сравнительного анализа конструкций дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин представим функциональную модель почвообрабатывающего агрегата с дисковыми рабочими органами.




$Z_п$ – профиль поверхности поля; $\rho$ – плотность почвы; $W$ – влажность почвы; $h$ – глубина обработки почвы; $V_a$ – скорость агрегата; $b$ – расстояние между рабочими органами; $D$ – геометрический параметр рабочего органа; $\varepsilon$ – качество крошения почвы.

Рисунок 1 – Схема функциональной модели почвообрабатывающего агрегата с дисковыми рабочими органами

Функциональная модель почвообрабатывающей машины представляет собой сложный модуль с входными $X$, выходными $Y$ и управляющими $U$ векторами. Функциональная модель показывает, какие факторы влияют на качественные показатели работы дискового орудия: профиль поверхности поля, влажность и плотность почвы, а также управляющие воздействия – скорость агрегата, конструкция и размеры диска, расстояние между дисками.

Рассмотрим влияние конструкции дискового рабочего органа на качество обработки почвы. Наиболее распространенными являются гладкие сферические диски со сплошным или вырезным лезвием. Применяются также диски конической формы и с гофрированной поверхностью на глубину погружения в почву. Все эти диски имеют свои преимущества и недостатки.

Гладкие сферические диски со сплошным лезвием увеличенного диаметра (550...700 мм) применяются при обработке почвы на глубину до 14 см и наличии на её поверхности крупностебельных пожнивных остатков. Диски меньшего диаметра используются при лущении почвы на глубину 4...6 см и наличии на поверхности почвы легких пожнивных остатков. Диски со сплошным лезвием наиболее полно перерезают пожнивные остатки, но такие диски при повышенной влажности и глубине обработки почвы легче забиваются из-за появления явления протаскивания с потерей оборотов.

Вырезные диски даже при относительно небольших диаметрах более надежно захватывают пожнивные остатки и перерезают их или переступают через них, легче заглубляются в почву и более постоянно находятся в зацеплении с плотным дном борозды, что способствует сохранению оборотов диска, следовательно, и исключению явления протаскивания и забивания борон почвой и пожнивными остатками. Форма и размеры вырезов дисков бывают

разные в зависимости от условий работы. Диски с вырезами по периферии получили название «ромашка». Первые диски типа «ромашка» устанавливались на боронах батарейного типа БДТ- 7, БДТ- 3 и имели вырезы трапецеидальной формы (рисунок 2).

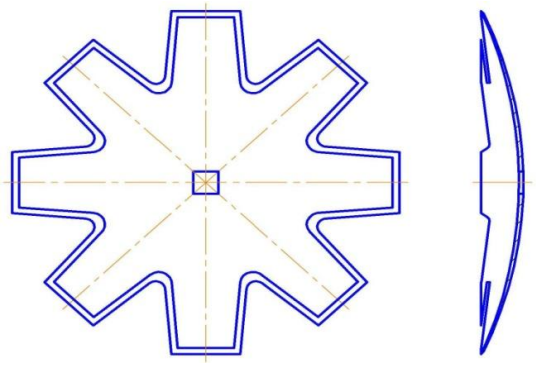
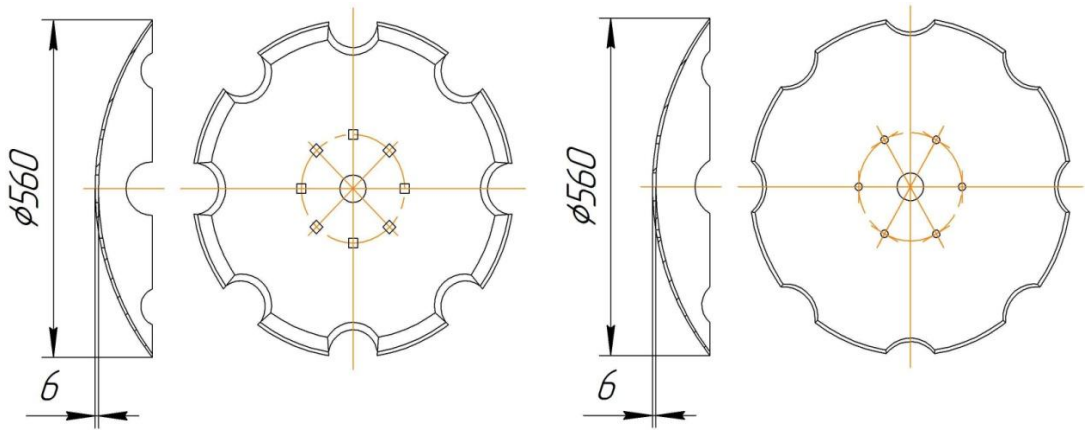


Рисунок 2 – Диск «ромашка» с трапецеидальным вырезом

Диски с вырезами полукруглой формы с вырезами радиусом до 30...60 мм предназначены одновременно для резания пожнивных остатков и для обеспечения более надежного сцепления с почвой. Диски с вырезами радиусом до 30 мм предназначены для обеспечения более надежного вращения диска (рисунок 3).




а) б)

а) диск с вырезами 30…60 мм; б) диск с вырезами до 30 мм.
Рисунок 3 – Диски с круглыми вырезами по периферии диска

В целях обеспечения более надежного вращения диска в соответствии с поступательной скоростью агрегата и резания крупностебельных пожнивных остатков диски должны иметь ассиметричные вырезы, обеспечивающие резание со скольжением [3]. На рисунке 4 показаны диски для измельчения крупностебельных пожнивных остатков и кустарниковых растений. Эти диски имеют вырезы, ориентированные в сторону центра диска. Одна сторона выреза до его вершины выполнена радиально по прямой линии, другая часть выреза, сопрягаясь с радиусом диска, образует линию, обеспечивающую резание со скольжением пожнивных остатков, попадающих в вырез. Таким образом,

наличие конструктивных элементов в виде вырезов диска позволяет захватить и зафиксировать стебель в почве, обеспечить резание пожнивных остатков.

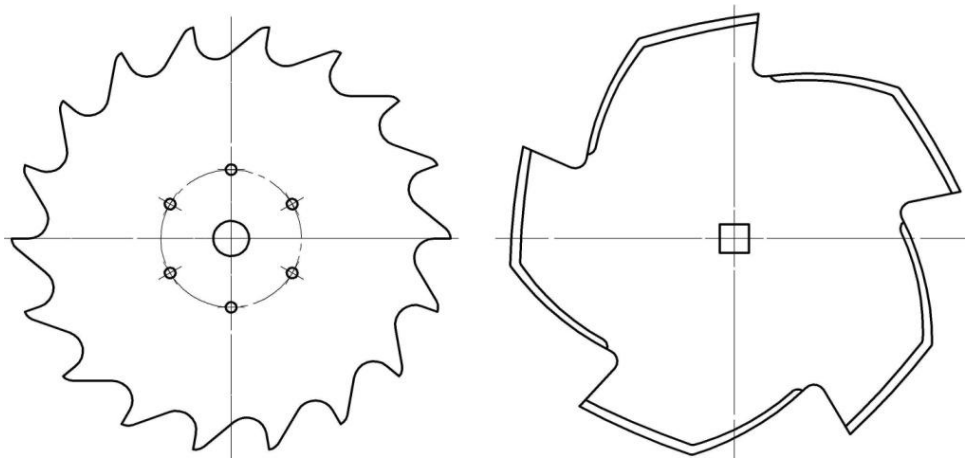


Рисунок 4 – Диски для обработки и измельчения
крупностебельных пропашных культур и кустарниковых растений

Используются также диски конической формы (рисунок 5). У этих дисков всегда сохраняется рабочий угол при износе, который представляет собой угол наклона к горизонтали касательной к поверхности диска. Диски легко заглубляются в почву, но плохо крошат почву по мере увеличения глубины её обработки. Поэтому конические диски в сочетании с другими рабочими органами с повышенными крошащими свойствами показывают хорошие результаты.

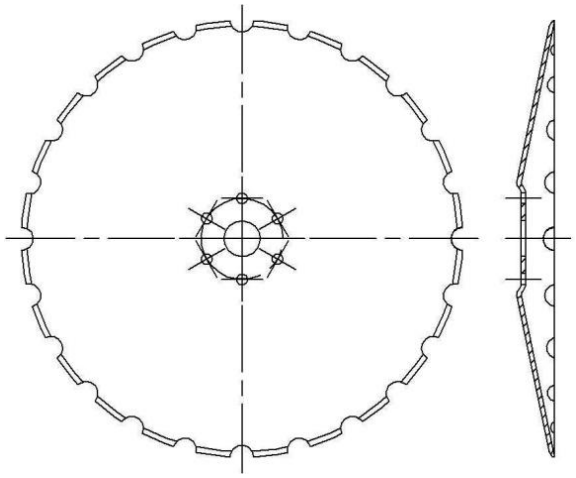


Рисунок 5 – Диск конической формы

Для более интенсивного измельчения пожнивных остатков, крошения почвы и их перемешивания на дисковых боронах также применяются сферические диски с рифленым лезвием (рисунок 6).

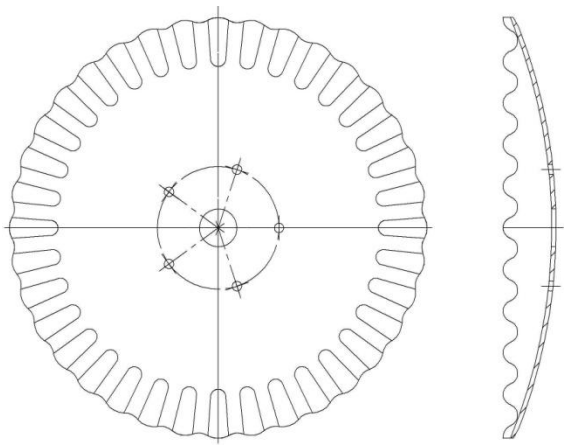


Рисунок 6 – Диск с рифленым лезвием

Известна также и отечественная разработка сферического дискового рабочего органа, периферийная часть поверхности которого выполнена волнистой для обеспечения плавно повторяющихся изменений угла атаки от его исходного значения (рисунок 7) [4]. Волнистая поверхность диска начинается с режущей кромки и убывает к центру диска с переходом в сферу. Обработка таким рабочим органом должна обеспечить повышение качества обработки почвы при снижении энергоемкости.

Общим недостатком всех сферических дисков является образование затылочного давления на лезвие при наружной заточке и выпуклой внешней сфере, особенно на малых и средних углах атаки. Это является одной из причин нарушения курсовой устойчивости дисковой бороны. В целях устранения этого недостатка предлагаются дисковые рабочие органы с более сложной внешней и внутренней поверхностью. При увеличении кривизны диска, то есть уменьшении радиуса сферы, почва лучше крошится и интенсивней перемешивается с измельченными пожнивными остатками. Но при этом заглубляемость ухудшается, снижается технологическая надежность. Увеличение же внутреннего радиуса сферы хотя и повышает заглубляемость, но при этом снижается крошение почвы.

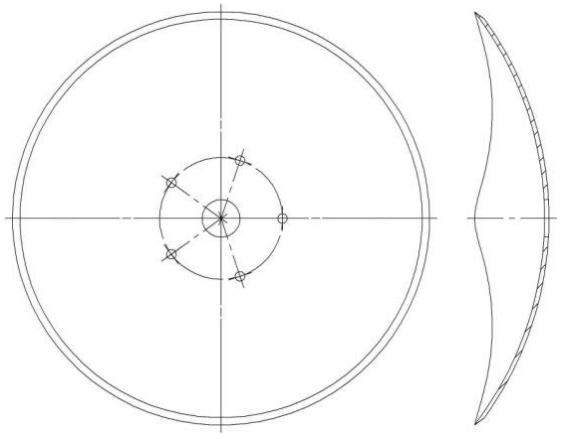
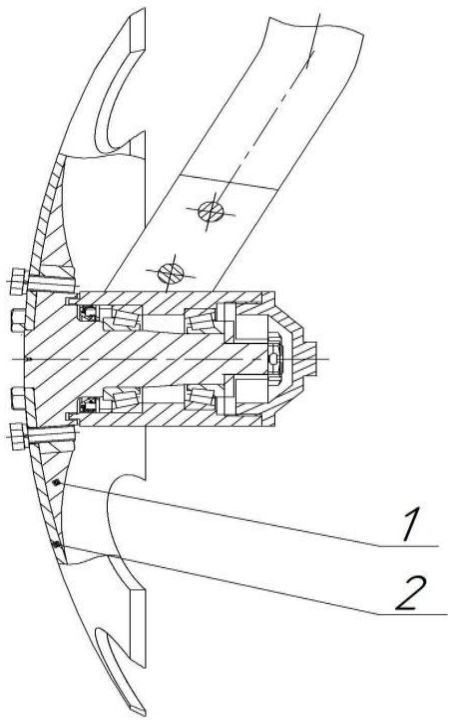


Рисунок 7 – Сферический диск с волнистой поверхностью
с изменяющимся углом атаки

Интерес представляет разработка диска с изменяющимся радиусом сферы от лезвия диска к его центру (рисунок 8). У такого диска периферийная часть сферы диска на участке максимального заглубления диска в почву выполнена по большому радиусу, а далее к центру уменьшается по спирали Архимеда. В центральной части диска предусмотрена площадка для крепления диска к корпусу подшипникового узла. Кольцо 1 в сопряжении с внутренней поверхностью сферы диска 2 обеспечивает получение новой поверхности, которая представляет собой кольцевой криволинейный желоб вокруг подшипникового узла при его установке на внутренней сфере диска.




1 – кольцо; 2 – внутренняя поверхность сферы диска
Рисунок 8 – Диск с изменяющимся радиусом сферы

**Выводы**

Необходимо совместить в одном диске все необходимые параметры – хорошее заглубление, повышенную степень крошения почвы и устойчивость диска. На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что наилучшими качествами обладает конструкция диска с изменяющимся радиусом сферы от лезвия диска к его центру, которая обеспечивает хорошее заглубление, повышенную степень крошения почвы и устойчивость диска.

Список источников

1. Кленин Н.И., Киселев С.Н., Левшин А.Г. Сельскохозяйственные машины / Н.И. Кленин, С.Н. Киселев, А.Г. Левшин. М.: КолосС, 2008. 816 с.
2. Новиков, М.А. Сельскохозяйственные машины. Технологические расчеты в примерах и задачах : учебное пособие / М.А. Новиков, В.А. Смелик, И.З. Теплинский [и др.] ; под ред. М.А. Новикова. – Санкт-Петербург: Проспект Науки, 2011. – 208 с.

3. Пат. 69695U РФ: МПК А01И 7/00. Сферический диск почвообрабатывающего орудия / Сохт К.А., Кумсаров А.А., Кириченко А.К., Ежов В.А., Пестов Д.Ю.; Заявитель и патентообладатель ГНУ КНИИСХ им. Лукьяненко; №12007133134/22; заявл. 03.09.2007; опубл. 10. 01. 2008 Бюл. № 1 (П ч.) 15 с.
4. Пат. 2375855С2 РФ: МПК А01В 7/00, А01В 15/16, А01В 23/06. Способ почвообработки и устройство для его осуществления/ Ежов В.А., Сохт К.А., Кириченко А.К.; Заявитель и патентообладатель ГНУ КНИИСХ им. Лукьяненко; №2008108115/12; заявл. 03.03.2008; опубл. 20. 12. 2009 Бюл. № 3 (П ч.) 10 с.

Научная статья
УДК 631.37

# ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ УЗЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ТЕХНОЛОГИИ ОКРАШИВАНИЯ ПОРОШКОВЫМИ КРАСКАМИ

***К.т.н., доцент Д.С. Карпов; магистрант М.А. Митичкин;***
***к.т.н., доцент В.П. Дмитренко***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. В современном мире, где экологические стандарты и требования к качеству продукции становятся все более актуальными, технологии окраски играют важную роль в производственных процессах. Порошковая окраска представляет собой более экологичную альтернативу традиционным жидкостным методам, так как не использует органические растворители, что способствует снижению вредных выбросов и отходов. Это особенно важно для обрабатывающих производств, стремящихся к минимизации своего негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: порошковая окраска, коррозионная стойкость

# IMPROVING THE CORROSION RESISTANCE OF VEHICLE COMPONENTS THROUGH THE APPLICATION OF POWDER COATING TECHNOLOGY IN REPAIR PRODUCTION

***Candidate of Technical Sciences, Docent D.S. Karpov;***
***Undergraduate student M.A. Mitichkin;***
***Candidate of Technical Sciences, Docent V.P. Dmitrenko***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. In today's world, where environmental standards and product quality requirements are becoming increasingly relevant, coating technologies play a crucial role in manufacturing processes. Powder coating represents a more environmentally friendly alternative to traditional liquid methods, as it does not use organic solvents,

which helps to reduce harmful emissions and waste. This is especially important for manufacturing industries that strive to minimize their negative impact on the environment.

Keywords: powder coating, corrosion resistance

Порошковая окраска находит широкое применение в различных отраслях, включая машиностроение, металлообработку и строительство, что делает её актуальной как для крупных, так и для малых и средних предприятий.

## Методика

Технологический процесс включает несколько ключевых этапов, начиная с подготовки поверхности и заканчивая проверкой качества готового покрытия. Уникальные характеристики порошковой краски делают её привлекательным выбором для создания долговечных и стойких покрытий, особенно для металлических изделий, подверженных агрессивным воздействиям.

Главные требования к окрашивающему составу: однородность, физическая и химическая стабильность, размер частиц – 50-100 мкм. Порошковые краски содержат: твердые частицы; пленкообразующие смолы – эпоксидные, полиэфирные, полиэтиленовые, поливинилхлоридные; отвердители; наполнители; специальные добавки.

В зависимости от наличия или отсутствия красящих пигментов, различают пигментированные и непигментированные системы. Материалы первого типа образуют поверхностный слой в выбранной цветовой гамме. Непигментированные композиции, часто называемые порошковым лаком, востребованы для покрытия токопроводящих изделий из металла.

Порошковые составы на основе полиэфиров подходят для окраски металлических изделий и конструкций, используемых на открытом воздухе. Такое покрытие не желтеет, имеет хороший глянец, удовлетворительную адгезию к металлоизделиям, хорошую химическую стойкость. Суперпрочные полиэфиры используются при высоких требованиях к механической прочности ЛКП. Один из существенных плюсов полиэфирных композиций – низкая температура отверждения, позволяющая наносить состав на материалы, плохо переносящие высокие температуры. Свойства, похожие на полиэфирные порошки, имеют уретановые материалы.

## Способы покраски металла порошковой краской

Существует несколько технологий окрашивания металлических изделий: электростатическая, трибостатическая, в псевдоожиженном слое, газопламенным напылением.

1. Электростатический способ

Электростатическим пистолетом коронного типа лучше всего создавать толстый ЛКП, наносить краски металлик, обрабатывать материалы с высокой проводимостью заряда. Популярные формы сопла – дефлекторная и плоская. В первом случае обеспечивается хорошее рассеивание красителя, во втором – оказывается четко направленное действие. Существуют и другие формы сопла, но они применяются гораздо реже.

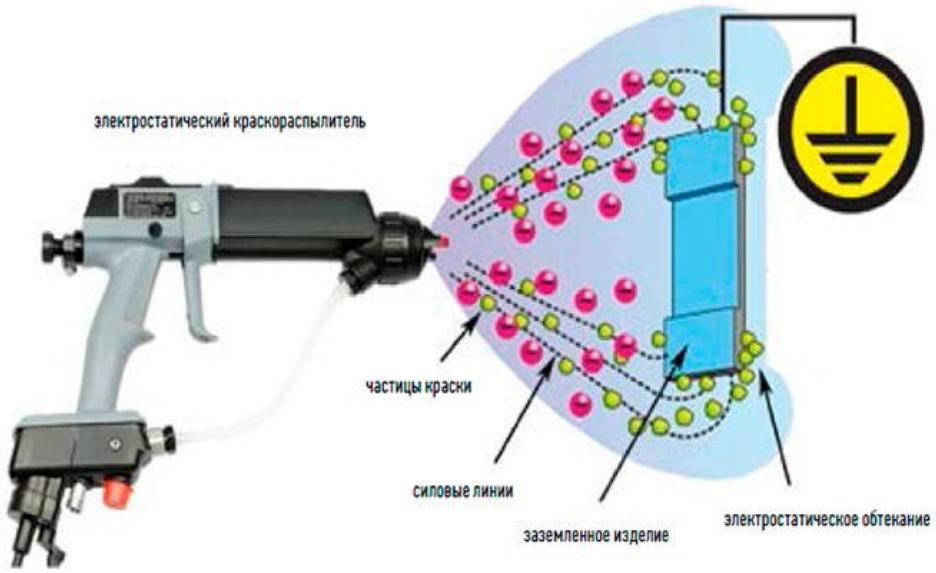



Рисунок 1 – Применение электростатического пистолета

2. Трибостатический способ

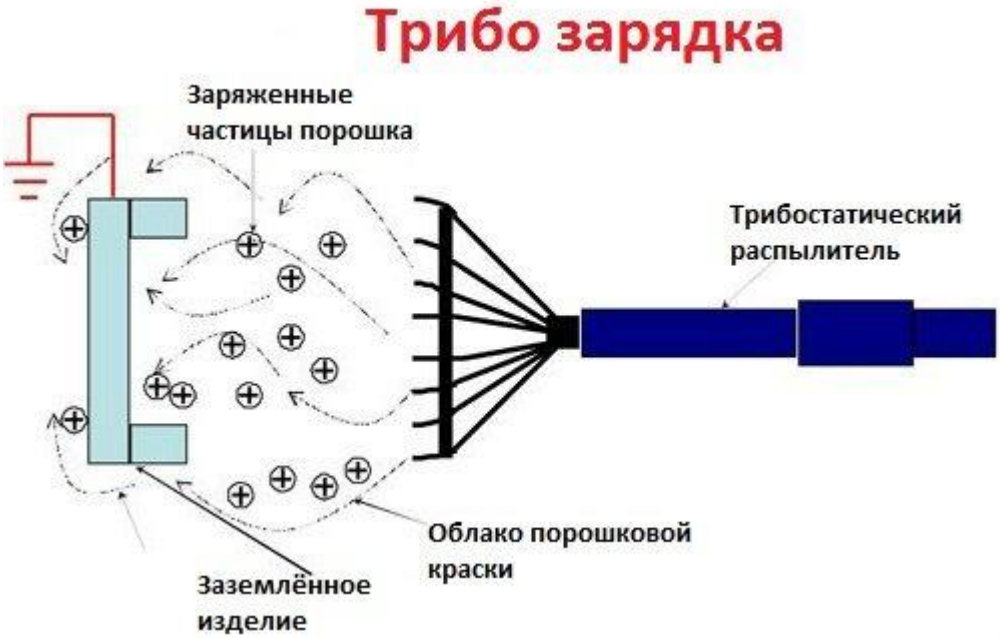



Рисунок 2 – Трибо зарядка

Пистолет для трибостатического порошкового покрытия металлических изделий имеет длинный ствол, на внутренней поверхности которого закреплен абразивный материал. Частицы краски, как и при электростатическом способе, движутся с помощью сжатого воздуха. Заряд они приобретают благодаря трению по абразиву. Плюсы такого решения – качественное окрашивание углублений, создание тонкослойного ЛКП, отсутствие высоковольтного источника электротока. Минусы – невысокая скорость процесса и ограниченное количество порошковых красок, для которых может использоваться эта технология.

3. В псевдоожиженном слое

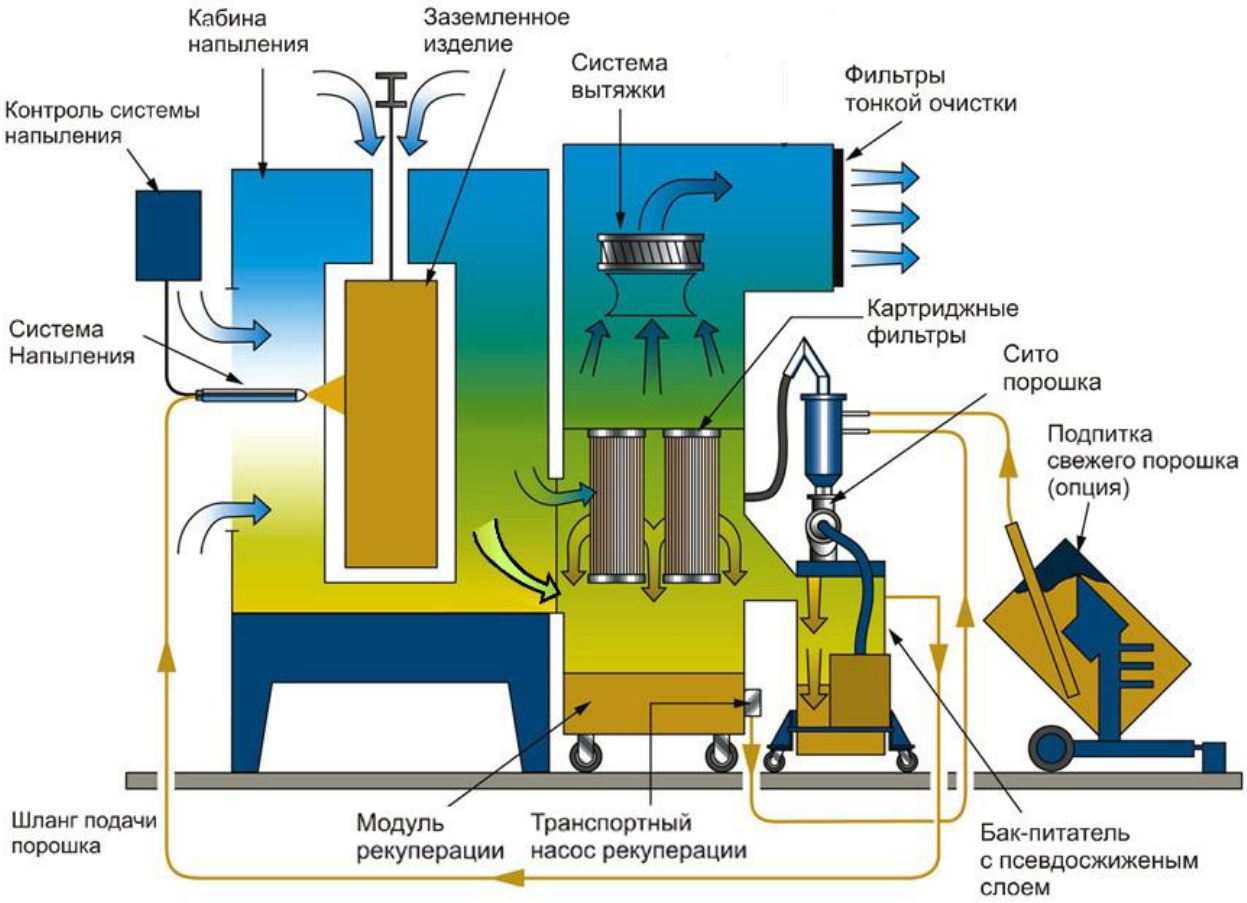



Рисунок 3 – Применение полимерно-порошкового покрытия металла

Этот способ полимерно-порошкового покрытия металла применяется для создания толстого, надежного и прочного, антикоррозионного ЛКП. Порошок переводится в аэрозольное состояние. При подаче заряда образуется облако заряженных частиц, в которое погружается заземленная вращающаяся деталь. На ее поверхности оседает толстый равномерный слой краски. Этот метод подходит для термопластичных и термореактивных порошков.

**Выводы**

Порошковая окраска зарекомендовала себя как эффективная и универсальная технология, находящая широкое применение в различных отраслях, таких как машиностроение, металлообработка и строительство. Ее актуальность для предприятий любого размера объясняется множеством факторов, включая высокое качество покрытий, долговечность и стойкость к агрессивным воздействиям. Технологический процесс, состоящий из нескольких ключевых этапов, обеспечивает надежное и равномерное нанесение покрытий, что критически важно для достижения требуемых эксплуатационных характеристик.

Список источников
1. Промышленная порошковая окраска: теория, технология, практика / Юдит Пичманн; пер. с немецкого под редакцией Бакалина А. П. – Ростов-на-Дону: Родес, 2022. 455 с.
2. Кухта, Т.Н. Порошковые полиэфирные краски: состав, технология получения / Т.Н. Кухта, Н.Р. Прокопчук // Материалы. Технологии. Инструменты. 2014. Т. 19. № 3. С. 21–28.

Научная статья
УДК 533.521

## ИЗМЕРЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ОЗОНА, ПРОИЗВОДИМОГО ЛАБОРАТОРНЫМ ОЗОНАТОРОМ

***Аспирант А.В. Кузин; д.т.н., профессор В.В. Шмигель***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. В статье описываются основные методы измерения концентрации озона и приводится собственная методика измерений на основе использования датчика MQ-131 двух типов, сопряженного с микроконтроллером Arduino Uno. Было выявлено, что датчик высокой концентрации способен производить корректные измерения, но нуждается в предварительном прогреве.

Ключевые слова: озон, концентрация, методика, измерители

## MEASUREMENT OF OZONE CONCENTRATION PRODUCED BY A LABORATORY OZONIZER

***Postgraduate student A.V. Cuzin;***
***Doctor of Technical Sciences, Professor V.V. Shmigel***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. The article describes the main methods for measuring ozone concentration and proposes its own measurement method based on the use of two types of MQ-131 sensor, coupled with an Arduino Uno microcontroller. The research found that the high-concentration sensor is capable of producing correct measurements, but requires preliminary warming up.

Keywords: ozone, concentration, method, measurer

Правильность получения данных и их корректная интерпретация являются решающими факторами при проведении эксперимента. Это влияет не только на результат, но и на интерпретацию, поэтому, нарушения в методах измерений могут привести к неправильным выводам, что, в свою очередь, снижает ценность и значимость проведенных испытаний. Работа с экспериментальными установками, действие которых только предстоит изучить, либо же доказать их эффективность, неразрывно связана с

проведением большого числа экспериментов. И здесь правильное получение результатов является еще более значимым.

Для измерения концентрации озона в воздухе существует некоторое количество методов и еще большее количество приборов, корректность работы которых ставится под сомнение. К тому же, порой, стоимость подобных приборов чрезмерно высока, и их доступность для ученого стремится к нулю. Методики также не являются панацеей при измерениях концентрации озона, так как слишком сложны и дают лишь приблизительный результат. Так, МУК 4.1.3824-22 «Методика измерения массовой концентрации озона в воздушной среде фотометрическим методом» описывает метод измерения массовой концентрации озона при помощи поглотительного прибора, содержащего 1%-ый раствор йодида калия. Метод является косвенным, в котором сначала измеряется масса йода, полученная в результате взаимодействия озона с йодидом калия, согласно реакции:

$$O_3 + 2KI + H_2O \rightarrow I_2 + O_2 + 2KOH \text{ [1]}$$

Затем производится пересчет установленной массы йода в массовую концентрацию озона. Однако, нижний предел измерений при использовании этого метода для воздушной среды – 0,024 мкг/м3, что делает невозможным измерения чрезвычайно низких концентраций озона. Вышеупомянутый метод был использован Х.Ф. Шенбейном в 1840 году при открытии озона и описании его свойств [2]. Поэтому, можно судить об устаревании методики.

Также в 1981 году Я.И. Коганом был предложен метод определения концентрации озона при помощи фотолиза паров ртути и их последующего растворения под действием озона [3]. Этот способ не только использует опасное вещество, но и сложен в технической реализации.

К еще более ранним методам относят газофазную этилен-хемилюминесценцию, заключающуюся в измерении интенсивности хемилюминесцентного свечения, возникающего при смешивании озона и этилена [4]. Однако, эта методика также связана с применением опасного для организма человека вещества, и дает сомнительные результаты, поскольку оценивание свечения происходит на глаз.

Существует большое количество приборов для измерения концентрации озона. Например, немецкий озонометр Trotec Oz-One использующий электрохимический метод и имеющий пределы чувствительности от 0 до 1996 мкг/м3. Прибор позволяет определять эталонное значение для краткосрочного воздействии (STEL) и средневзвешенного по времени (TWA) [5]. Цена на данный прибор на момент 2025 года составляет около 90 тыс. рублей, что делает его недоступным для большинства ученых. В России довольно популярным устройством для измерения концентрации озона является «Мегеон 08208», стоимостью около 40 тыс. рублей. Производитель не указывает, на какой методике основывается работа прибора, но утверждает, что он способен производить измерения до одной миллионной объемной доли (0,000001 ppm) с

погрешностью измерений в 15%, что звучит сомнительно при отсутствии лабораторных испытаний [6].

## Методика

Очевидно, что возникает необходимость в точном, но при этом дешевом и простом способе измерения концентрации озона в воздухе. Китайская промышленность уже продолжительное время выпускает широкую номенклатуру датчиков-анализаторов различных газов, среди которых можно встретить датчик MQ-131, предназначенный для измерения концентрации озона, существующий в двух разновидностях: измерения низких концентраций и измерения высоких концентраций. Причем, датчик измерения низкой концентрации также различается по используемому чувствительному материалу. Черный бакелитовый корпус указывает на ангидрид вольфрама, а синий – на диоксид олова [7]. Диапазон измерений датчика производителем заявляется от 10 до 1000 миллионных объемных долей [8]. Работа датчика основывается на некоем полупроводниковом оксиде металла, который обладает высокой проводимостью в чистом воздухе. Проводимость датчика снижается вместе с увеличением концентрации газа. Пользователь может преобразовать изменение проводимости в соответствующий выходной сигнал, который будет свидетельствовать о концентрации озона в воздухе. Сам MQ-131 является совместимым с платой микроконтроллера Arduino, таких серий как Uno и Nano.

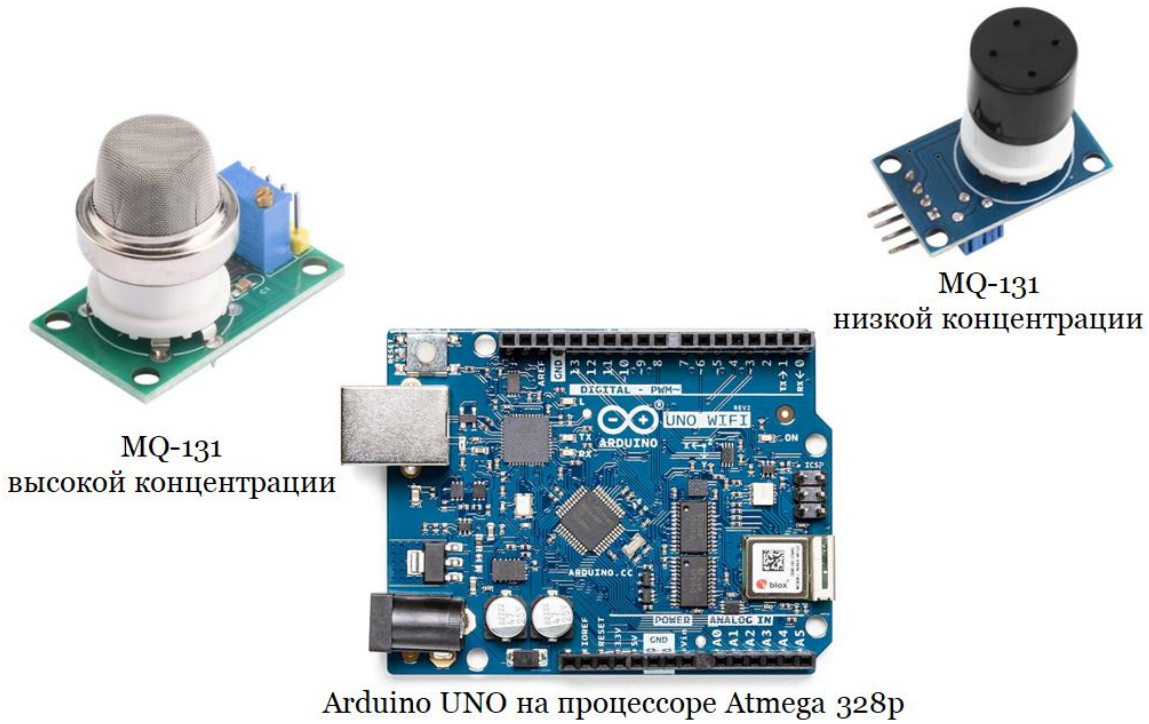



Рисунок 1 – Вид датчиков концентрации озона MQ-131
и плата Arduino Uno

Было решено проверить датчики в лабораторных условиях с использованием двух озонаторов разной мощности. Измерения проводились на

обеих разновидностях датчика с использованием схемы, выстроенной на контроллере Arduino Uno на базе процессора Atmega 328 p.

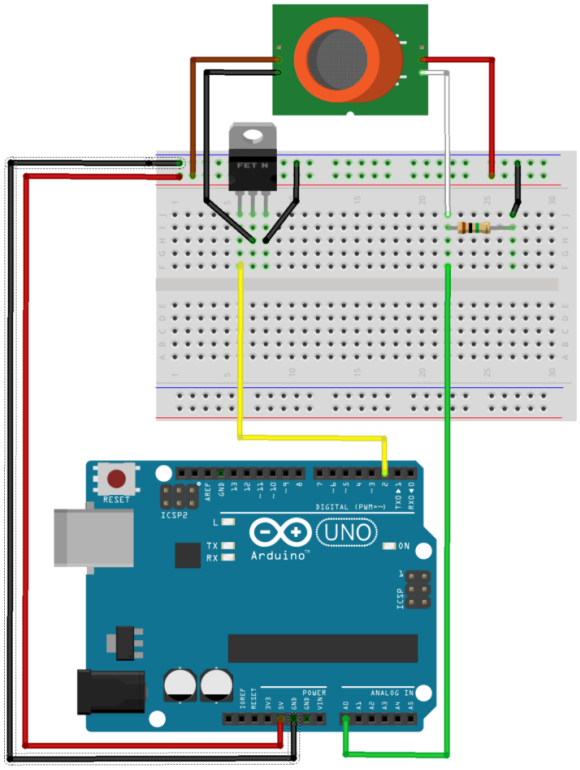


Рисунок 2 – Схема оборудования, использованного в эксперименте

Для корректной обработки данных, получаемых с датчика, был написан код программы на языке C++. Он адаптирован для работы с обеими разновидностями датчика: низкой концентрации, с чувствительным материалом вольфрамовым ангидридом, и высокой концентрации. Далее приведен код этой программы:

```
#include "MQ131.h"
void setup()
{
Serial.begin(115200);
// Init the sensor
// - Heater control on pin 2
// - Sensor analog read on pin A0
// - Model LOW_CONCENTRATION
//  - Load resistance RL of 1MOhms
(1000000 Ohms)
MQ131.begin(2,A0,  LOW_CONCENTRATION,
1000000);
Serial.println("Калибровка          в
процессе…");
MQ131.calibrate();
Serial.println("Калибровка
завершена!");
Serial.print("R0 = ");
Serial.print(MQ131.getR0());
Serial.println(" Ом");
Serial.print("Время нагрева = ");
Serial.print(MQ131.getTimeToRead());
Serial.println(" с");
}
void loop()
{
Serial.println("Происходит замер…");
MQ131.sample();
Serial.print("Концентрация O3 : ");
Serial.print(MQ131.getO3(PPM));
Serial.println(" миллионных частиц");
Serial.print("Концентрация O3 : ");
Serial.print(MQ131.getO3(PPB));
 Serial.println("          миллиардных
частиц");
Serial.print("Концентрация O3 : ");
 Serial.print(MQ131.getO3(MG_M3));
Serial.println(" мг/м3");
Serial.print("Концентрация O3 : ");
Serial.print(MQ131.getO3(UG_M3));
Serial.println(" мкг/м3");
delay(10000);
```

Первые измерения производились на лабораторном озонаторе в отапливаемом кабинете. Это важное замечание, так как в дальнейшем было выяснено, что температура окружающей среды серьезно влияет на работу датчика. Сам датчик также нуждается в предварительном прогреве. Программа была настроена таким образом, чтобы датчик производил замер каждые десять секунд и записывал значения концентрации в память контроллера в миллионных и миллиардных объемных долях, а также в миллиграммах и микрограммах. Были получены данные, представленные на рисунке 3.

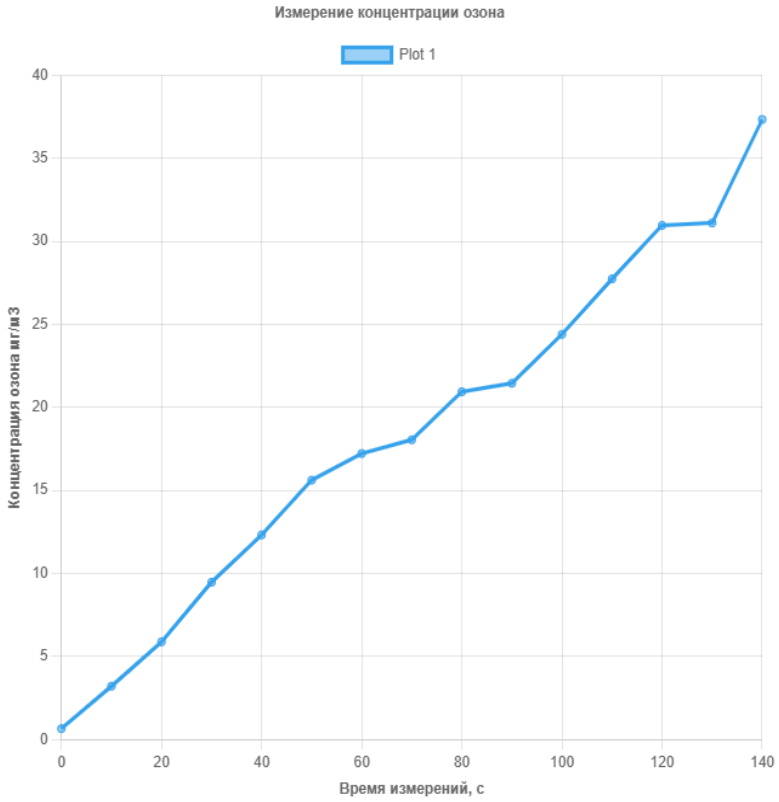



Рисунок 3 – График измерений концентрации озона датчиком низкой концентрации на основе ангидрида вольфрама

В результате было определено, что:

– Датчику необходимо некоторое время на нагрев и калибровку, в процессе которой он определяет собственное сопротивление. Само это время может значительно превышать время замера, и чем меньше установлен интервал измерений, тем меньше точность прибора, так как он не успевает нагреться должным образом;

– Концентрация озона повышается неравномерно и, достигнув определенного предела, перестает повышаться (что также будет подтверждено дальнейшими опытами). Озон стремиться занять полный объем помещения, но поскольку этот газ относится к группе летучих, при остановке озонатора концентрация озона будет стремительно падать;

– Точность датчика MQ-131 подвергается сомнениям.

Максимальное значение концентрации в проведенном эксперименте было равно 38,4 мкг/м3.

При использовании датчика высокой концентрации с лабораторным озонатором, значительных результатов получено не было. Точная причина этому остается неясной, однако, предполагается, что концентрация озона, вырабатываемого лабораторным озонатором недостаточна для ее регистрации датчиком высокой концентрации.

Далее был проведен опыт с использованием экспериментального промышленного озонатора высокой мощности. Сама установка находилась в помещении с высоким уровнем влажности и пониженной температурой. Перед проведением эксперимента были проведены замеры показателей окружающей среды в помещении:

– Температура: 14,09 °C;

– Атмосферное давление: 985,09 мм рт. столба;

– Влажность: 37,8%.

Также была измерена максимальная скорость потоков воздуха, вырабатываемых вентилятором озонатора – 6,7 м/с. Подобное значение способствовало быстрому охлаждению датчика, что сказалось на его работе при первичном измерении.

Для измерений был выбран датчик высокой концентрации с установленным временем замера в 10 секунд. При этом время прогрева датчика составляло в разные периоды от 40 до 120 секунд. Замеры производились в течение 6 минут, периодически (в случайные периоды времени), озонатор отключался для проверки того, как датчик будет измерять снижающуюся концентрацию. Были получены результаты, представленные на рисунке 4.

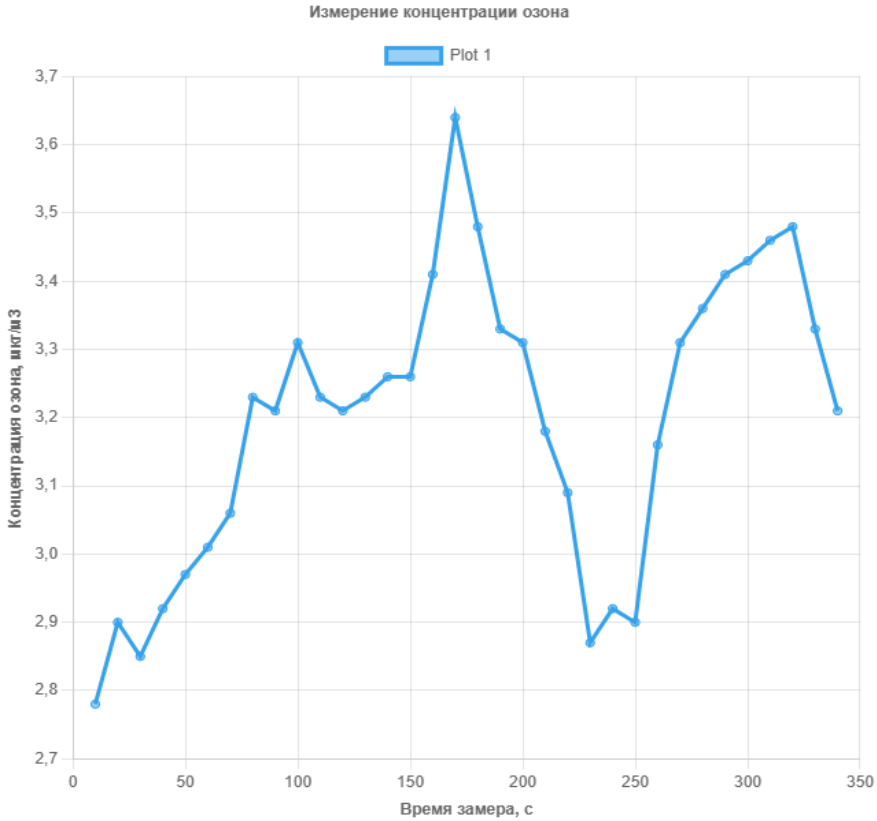



Рисунок 4 – График измерений концентрации озона, вырабатываемого промышленным озонатором датчиком высокой концентрации

Максимальная измеренная концентрация составила 3,64 мг/м3. Однако, полученные результаты явно не соответствовали мощности озонатора. На протяжении всего опыта наблюдались колебания концентрации лишь в пределах одного миллиграмма, что также является аномалией, ведь исходя из полученного результата можно говорить о том, что концентрация озона после остановки озонатора не снижалась в соответствие с нормальными физико-химическими процессами газообмена.

Было высказано предположение, что датчик неисправен, однако было решено повторить опыт предварительно прогрев датчик самостоятельно при помощи горелки. Производитель утверждает, что перед замерами необходимо предварительно дать датчику проработать 48 часов до достижения адекватных показателей измерений, но это условие было соблюдено. Датчики обоих разновидностей работали в помещении трое суток при полном отсутствии озона в воздухе. Нагрев, обеспечиваемый схемой подключения, оказался недостаточным для корректной работы прибора, что является недостатком производства. В виду массовости и дешевизны производства MQ-131 наблюдается высокое количество некачественных изделий, с дефектами сборки и большой погрешностью измерений.

После проведения предварительного прогрева горелкой, опыт был повторен и были получены результаты, представленные на рисунке 5.

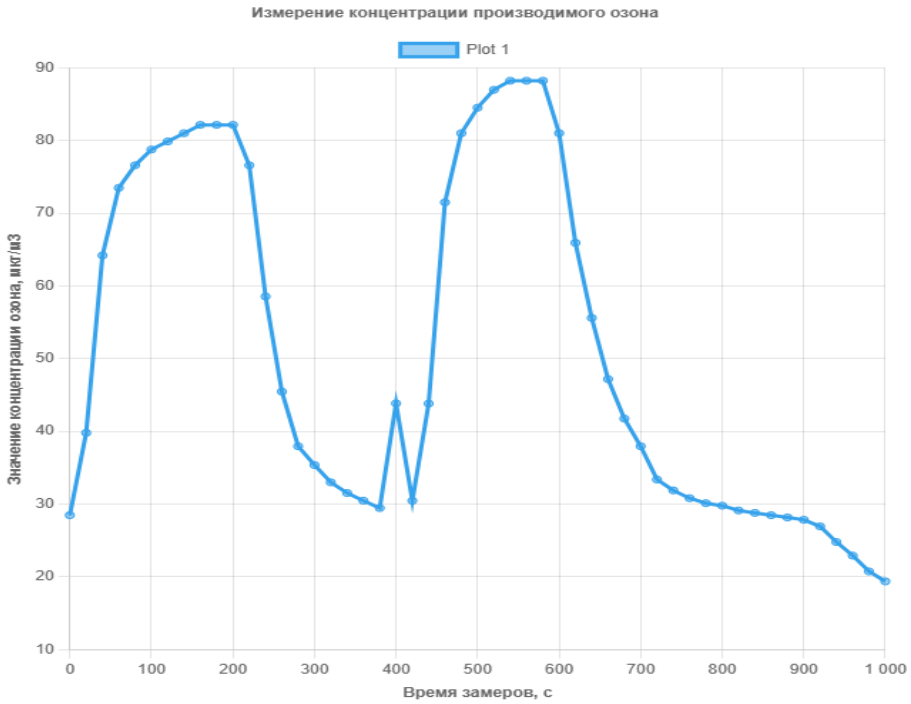



Рисунок 5 – График измерений концентрации озона, вырабатываемого промышленным озонатором прогретым датчиком высокой концентрации

При этом в определенные периоды озонатор также отключался и включался снова для исследования способности датчика измерять повышающуюся и снижающуюся концентрацию озона одновременно. Время эксперимента было увеличено до 15 минут, а интервал между замерами до 20 с.

График показал плавные повышения и снижения концентрации озона, за исключением некоего аномального скачка концентрации в середине эксперимента. Максимальное значение концентрации озона было определено как 88,24 мг/м3. При этом стоит учесть, что измерялась концентрация лишь на одном из девяти сопел для отвода вырабатываемого озона, что позволяет предположить, что полная мощность выработки озона данной установкой находится в пределах 800 мг/м3.

## Выводы

Таким образом, были установлены следующие факты:

– датчик высокой концентрации MQ-131 способен проводить измерения концентрации озона в динамике, но нуждается в предварительном прогреве. При этом точность датчика все еще остается под вопросом;

– работоспособность датчика зависит от температуры окружающей среды: чем выше температура, тем точнее измерения датчика;

– датчик низкой концентрации MQ-131 не эффективен при замерах на промышленных озонаторах;

– время прогрева влияет на скорость, с которой будет производиться измерение;

– скорость измерения непосредственно влияет на точность, оптимальные значения находятся в пределах 20-30 с.

Список источников

1. МУК 4.1.3824-22. 4.1. Методы контроля. Химические факторы. Методика измерения массовой концентрации озона в воздушной среде фотометрическим методом. Методические указания. [Электронный ресурс]. URL: https://meganorm.ru/mega_doc/norm/metodika/1/muk_4_1_3824-22_4_1_metody_kontrolya_khimicheskie_faktory.html (дата обращения: 10.10.2024);

2. Колотов С.С., Менделеев Д.И.. Озон // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). – СПб., 1890–1907.

3. Коган Я.И., Шалыт С.С., Ковченков В. И. Способ определения озона в воздухе. Патент № 823274 класс С 01 В 13/00, 1981.

4. Spicer, C. W., Joseph, D. W., & Ollison, W. M. (2010). A Re-Examination of Ambient Air Ozone Monitor Interferences. Journal of the Air & Waste Management Association, 60(11), 1353–1364. [Электронный ресурс]. URL: https://doi.org/10.3155/1047-3289.60.11.1353 (дата обращения 11.10.2024).

5. Trotec Oz-One [Электронный ресурс]. URL: https://trotec-russia.ru/catalog/trotec_oz_one.html?ysclid=m6qiqi2q8e711467417 (дата обращения: 10.01.2025).

6. Газоанализатор (измеритель концентрации озона) «Мегеон 08208» [Электронный ресурс]. URL: https://yaroslavl.megeon.store/catalog/izmeriteli-parametrov-okruzhayushchey-sredy/gazovyy-analiz/gazoanalizator-izmeritel-kontsentratsii-ozona-megeon-08208/ (дата обращения: 10.01.2025).

7. Arduino MQ-131 driver. [Электронный ресурс]. URL: https://github.com/ostaquet/Arduino-MQ131-driver (дата обращения: 12.10.2024).

8. MQ-131 Ozone gas sensor manual [Электронный ресурс]. URL: https://www.winsen-sensor.com/d/files/PDF/Semiconductor%20Gas%20Sensor/mq131(high-concentration)-ver1_4-manual.pdf?ysclid=m6qiz7lc62710114820 (дата обращения: 12.10.2024).

Научная статья
УДК 631.362.3

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ РАБОТЫ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ ДРАЖИРОВАННЫХ СЕМЯН

***Д.т.н., профессор В.А. Николаев; к.т.н., доцент И.В. Кряклина***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. Целью расчётов является определение допустимой скорости комбинированного агрегата обработки почвы и посева, в котором спроектирован высевающий аппарат для дражированных семян. Важным элементом устройства размещения семян является перфорированная труба. Путём моделирования и расчётов установлена корреляция скорости агрегата с диаметром перфорированной трубы при безударном и небезударном попадании драже в отверстие перфорированной трубы, когда драже начнёт движение, располагаясь выше уровня горизонтальной оси. Установлено, что если драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы более 50 градусов по углу её поворота, возможно размещение семян на третьей передаче первого диапазона трактора ХТЗ-17221 вне зависимости от наружного диаметра перфорированной трубы. Посев на второй передаче первого диапазона возможен, вне зависимости от момента начала движения драже, если диаметр перфорированной трубы 275 мм.

Ключевые слова: комбинированный агрегат обработки почвы и посева, оптимальное размещение семян в почве, устройство размещения семян, перфорированная труба

# DETERMINATION OF OPTIMAL OPERATING CONDITIONS OF SOWING APPARATUS FOR FERMENTED SEEDS

***Doctor of Technical Sciences, Professor V.A. Nikolaev;***
***Candidate of Technical Sciences, Docent I.V. Kryaklina***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. The purpose of the calculations is to determine the permissible speed of the combined tillage and sowing unit in which the sowing apparatus for fermented seeds is designed. An important element of the seed placement device is a perforated tube. By modeling and calculations, a correlation was established between the speed of the unit and the diameter of the perforated pipe when the dragee hit the hole of the perforated pipe unstressed and unstressed, when the dragee starts moving above the level of the horizontal axis. It was established that if the dragee starts moving into the

hole of the perforated pipe below the level of the horizontal axis of the perforated pipe more than 50 degrees along the angle of its rotation, it is possible to place seeds in the third gear of the first range of the tractor KhTZ-17221 regardless of the outer diameter of the perforated pipe. Sowing in the second gear of the first range is possible, regardless of the moment the dragee starts moving, if the diameter of the perforated pipe is 275 mm.

Keywords: combined unit of soil treatment and sowing, optimal placement of seeds in soil, device of seeds placement, perforated pipe

Оптимальный посев зерновых культур пока не достигнут, несмотря на большое количество научных исследований и конструкторских разработок посевных агрегатов [1, 2, 3, 4, 5]. Ранее предложен комбинированный агрегат обработки почвы и посева [6], осуществляющий посев дражированными семенами. Семена попадают во вращающуюся перфорированную трубу, установленную перпендикулярно ходу агрегата. В процессе вращения и от воздействия сбрасывателей семена попадают в отверстия перфорированной трубы, а оттуда в почву [7]. Целесообразным является безударное попадание драже в отверстие перфорированной трубы [8]. Однако это не всегда возможно. Семена в отверстие перфорированной трубы могут попасть небезударно, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы выше уровня её горизонтальной оси [9] и ниже уровня горизонтальной оси [10]. Оценим возможность попадания драже в отверстие перфорированной трубы, когда драже начнёт движение в отверстие ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы наружным диаметром от 225 мм до 275 мм. Целью расчётов является определение допустимой скорости комбинированного агрегата обработки почвы и посева.

## Методика

Методика расчётов была подробно изложена в статье [10]. Расчёты производим, изменяя начало движения драже в отверстие по углу поворота кромки отверстия перфорированной трубы на 10°, 20° и так далее относительно горизонтали, проходящей через её ось.

## Результаты

В таблицах 1 и 2 представлены расчёты параметров движения драже в отверстие перфорированной трубы с наружным диаметром 225 мм, в таблицах 3 и 4 – 250 мм, в таблицах 5 и 6 – 275 мм. Как видно из таблиц, чем ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы, тем больше может быть угловая скорость перфорированной трубы, но тем жёстче будет контакт драже со стенкой отверстия вне зависимости от диаметра перфорированной трубы.

Зависимости допустимой скорости агрегата, где наружный диаметр перфорированной трубы устройства размещения семян 225 мм, 250 мм, 275 мм, от угла её поворота в момент начала движения драже в отверстие перфорированной трубы показаны на рисунке 1.

Таблица 1 – Расчёт параметров, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы на уровне и ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы наружным диаметром 225 мм

| Начальный угол поворота перфорированной трубы, град. | Высота падения драже, м | Время падения драже, с | Конечная скорость, м/с | Окружная скорость драже, м/с | Угол φ, рад | Угловая скорость, рад/с | Окружная скорость внутренней поверхности трубы, м/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,0324 | 0,081 | 0,7938 | 0,754 | 0,546 | 6,74 | 0,69085 |
| 10 | 0,01932 | 0,063 | 0,6174 | 0,58 | 0,460209 | 7,304911 | 0,748753 |
| 20 | 0,01283 | 0,051 | 0,4998 | 0,445 | 0,391274 | 7,672039 | 0,786384 |
| 30 | 0,00966 | 0,044 | 0,4312 | 0,345 | 0,353578 | 8,035856 | 0,823675 |
| 40 | 0,00758 | 0,039 | 0,3822 | 0,28 | 0,330192 | 8,466461 | 0,867812 |
| 50 | 0,00642 | 0,036 | 0,3528 | 0,21 | 0,313264 | 8,701765 | 0,891931 |
| 60 | 0,00576 | 0,034 | 0,3332 | 0,16 | 0,301396 | 8,864593 | 0,908621 |
| 70 | 0,00536 | 0,033 | 0,3234 | 0,1 | 0,290925 | 8,815908 | 0,903631 |
| 80 | 0,00509 | 0,032 | 0,3136 | 0,05 | 0,281501 | 8,796902 | 0,901682 |

Таблица 2 – Расчёт скорости агрегата, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы на уровне и ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы наружным диаметром 225 мм

| Начальный угол поворота перфорированной трубы, град. | Время падения драже, с | Угол φ, рад | Угловая скорость, рад/с | Количество отверстий, шт. | Количество семян, шт. | Скорость агрегата, м/с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,081 | 0,546 | 6,74 | 23 | 24,687 | 0,987 |
| 10 | 0,063 | 0,460209 | 7,304911 | 23 | 26,75366 | 1,070146 |
| 20 | 0,051 | 0,391274 | 7,672039 | 23 | 28,09823 | 1,123929 |
| 30 | 0,044 | 0,353578 | 8,035856 | 23 | 29,43068 | 1,177227 |
| 40 | 0,039 | 0,330192 | 8,466461 | 23 | 31,00774 | 1,24031 |
| 50 | 0,036 | 0,313264 | 8,701765 | 23 | 31,86952 | 1,274781 |
| 60 | 0,034 | 0,301396 | 8,864593 | 23 | 32,46587 | 1,298635 |
| 70 | 0,033 | 0,290925 | 8,815908 | 23 | 32,28756 | 1,291502 |
| 80 | 0,032 | 0,281501 | 8,796902 | 23 | 32,21795 | 1,288718 |

С увеличением диаметра перфорированной трубы время падения драже незначительно увеличивается, если начало движения драже в отверстие произойдёт при малых углах поворота кромки этого отверстия относительно горизонтали, проходящей через ось перфорированной трубы, а при больших углах – почти не зависит от её диаметра. Конечная скорость драже и окружная его скорость в момент окончания падения в отверстие перфорированной трубы варьируются аналогично. Необходимая угловая скорость перфорированной трубы с увеличением её диаметра уменьшается. Если драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы до 50 градусов, чем ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы драже начнёт движение в отверстие, тем больше допустимая угловая скорость перфорированной трубы, следовательно, допустимая скорость агрегата.

Таблица 3 – Расчёт параметров, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы на уровне и ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы наружным диаметром 250 мм

| Начальный угол поворота перфорированной трубы, град. | Высота падения драже, м | Время падения драже, с | Конечная скорость, м/с | Окружная скорость драже, м/с | Угол φ, рад | Угловая скорость, рад/с | Окружная скорость внутренней поверхности трубы, м/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,03428 | 0,084 | 0,8232 | 0,786 | 0,475 | 5,655 | 0,650325 |
| 10 | 0,01927 | 0,063 | 0,6174 | 0,58 | 0,382199 | 6,06665 | 0,697665 |
| 20 | 0,01254 | 0,051 | 0,4998 | 0,45 | 0,319023 | 6,255347 | 0,719365 |
| 30 | 0,00898 | 0,043 | 0,4214 | 0,35 | 0,284119 | 6,607411 | 0,759852 |
| 40 | 0,00775 | 0,04 | 0,392 | 0,28 | 0,267888 | 6,697208 | 0,770179 |
| 50 | 0,00649 | 0,036 | 0,3528 | 0,21 | 0,252182 | 7,005042 | 0,80558 |
| 60 | 0,00578 | 0,034 | 0,3332 | 0,16 | 0,241361 | 7,09886 | 0,816369 |
| 70 | 0,00535 | 0,033 | 0,3234 | 0,1 | 0,232461 | 7,044265 | 0,81009 |
| 80 | 0,00507 | 0,032 | 0,3136 | 0,05 | 0,223909 | 6,997164 | 0,804674 |

Таблица 4 – Расчёт скорости агрегата, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы на уровне, и ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы наружным диаметром 250 мм

| Начальный угол поворота перфорированной трубы, град. | Время падения драже, с | Угол φ, рад | Угловая скорость, рад/с | Количество отверстий, шт. | Количество семян, шт. | Скорость агрегата, м/с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,084 | 0,475 | 5,655 | 29 | 26,11 | 1,04 |
| 10 | 0,063 | 0,382199 | 6,06665 | 29 | 28,01479 | 1,120591 |
| 20 | 0,051 | 0,319023 | 6,255347 | 29 | 28,88616 | 1,155446 |
| 30 | 0,043 | 0,284119 | 6,607411 | 29 | 30,51193 | 1,220477 |
| 40 | 0,04 | 0,267888 | 6,697208 | 29 | 30,9266 | 1,237064 |
| 50 | 0,036 | 0,252182 | 7,005042 | 29 | 32,34812 | 1,293925 |
| 60 | 0,034 | 0,241361 | 7,09886 | 29 | 32,78136 | 1,311254 |
| 70 | 0,033 | 0,232461 | 7,044265 | 29 | 32,52925 | 1,30117 |
| 80 | 0,032 | 0,223909 | 6,997164 | 29 | 32,31174 | 1,29247 |

Таблица 5 – Расчёт параметров, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы на уровне и ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы наружным диаметром 275 мм

| Начальный угол поворота перфорированной трубы, град. | Высота падения драже, м | Время падения драже, с | Конечная скорость, м/с | Окружная скорость драже, м/с | Угол φ, рад | Угловая скорость, рад/с | Окружная скорость внутренней поверхности трубы, м/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,036 | 0,086 | 0,8428 | 0,809 | 0,421 | 4,895 | 0,624113 |
| 10 | 0,02001 | 0,064 | 0,6272 | 0,6 | 0,329494 | 5,148342 | 0,656414 |
| 20 | 0,01289 | 0,051 | 0,4998 | 0,45 | 0,269634 | 5,286932 | 0,674084 |
| 30 | 0,00948 | 0,044 | 0,4312 | 0,36 | 0,239092 | 5,43392 | 0,692825 |
| 40 | 0,00753 | 0,039 | 0,3822 | 0,28 | 0,219895 | 5,638341 | 0,718888 |

Продолжение таблицы 5

| Начальный угол поворота перфорированной трубы, град. | Высота падения драже, м | Время падения драже, с | Конечная скорость, м/с | Окружная скорость драже, м/с | Угол φ, рад | Угловая скорость, рад/с | Окружная скорость внутренней поверхности трубы, м/с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 0,00663 | 0,037 | 0,3626 | 0,22 | 0,208028 | 5,622376 | 0,716853 |
| 60 | 0,00584 | 0,035 | 0,343 | 0,16 | 0,197557 | 5,644478 | 0,719671 |
| 70 | 0,00532 | 0,033 | 0,3234 | 0,1 | 0,188831 | 5,722143 | 0,729573 |
| 80 | 0,00503 | 0,032 | 0,3136 | 0,05 | 0,181501 | 5,671902 | 0,723168 |

Таблица 6 – Расчёт скорости агрегата, когда драже начнёт движение в отверстие перфорированной трубы на уровне и ниже уровня горизонтальной оси перфорированной трубы наружным диаметром 275 мм

| Начальный угол поворота перфорированной трубы, град. | Время падения драже, с | Угол φ, рад | Угловая скорость, рад/с | Количество отверстий, шт. | Количество семян, шт. | Скорость агрегата, м/с |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,086 | 0,421 | 4,895 | 36 | 28,06 | 1,12 |
| 10 | 0,064 | 0,329494 | 5,148342 | 36 | 29,51279 | 1,180512 |
| 20 | 0,051 | 0,269634 | 5,286932 | 36 | 30,30725 | 1,21229 |
| 30 | 0,044 | 0,239092 | 5,43392 | 36 | 31,14986 | 1,245994 |
| 40 | 0,039 | 0,219895 | 5,638341 | 36 | 32,3217 | 1,292868 |
| 50 | 0,037 | 0,208028 | 5,622376 | 36 | 32,23018 | 1,289207 |
| 60 | 0,035 | 0,197557 | 5,644478 | 36 | 32,35688 | 1,294275 |
| 70 | 0,033 | 0,188831 | 5,722143 | 36 | 32,80209 | 1,312084 |
| 80 | 0,032 | 0,181501 | 5,671902 | 36 | 32,51409 | 1,300564 |

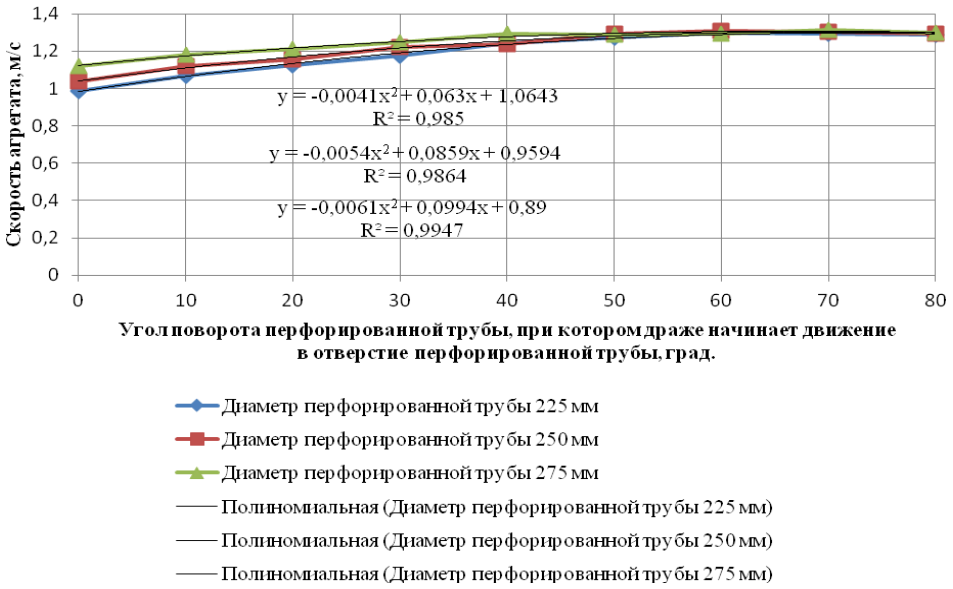



Рисунок 1 – Зависимости допустимой скорости агрегата, в котором наружный диаметр перфорированной трубы устройства размещения семян 225 мм, 250 мм, 275 мм, от угла её поворота в момент начала движения драже в отверстие перфорированной трубы

## Выводы

1. Установлено, что при диаметрах перфорированной трубы 225 мм, 250 мм и 275 мм возможно размещение семян на третьей передаче первого диапазона трактора ХТЗ-17221.

2. Посев на второй передаче первого диапазона возможен вне зависимости от момента начала движения драже, если диаметр перфорированной трубы 275 мм.

Список источников

1. Федоренко В.Ф., Петухов Д.А., Сердюк В.В. Формирование конструкций многофункциональных почвообрабатывающе-посевных агрегатов // Техника и оборудование для села. 2016. № 5. С. 35–41.
2. Бричагина А.А., Степанов Н.В., Пальвинский В.В. Комбинированный агрегат для посева семян рапса // Актуальные вопросы аграрной науки. 2023. № 46. С. 6–13.
3. Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х., Старовойтов С.И. [и др.] Многооперационная комбинированная машина // Техника и оборудование для села. 2022. № 10 (304). С. 14–17.
4. Скурятин Н.Ф., Мерецкий С.В., Бондарев А.В. Посевная секция зернотуковой сеялки // Достижения науки и техники. 2008. № 9. С. 48–50.
5. Альт В. В., Щукин С. Г., Вальков В. А. Концепция развития посевных машин // Достижения науки и техники АПК. 2008. № 9. С. 44–48.
6. Пат. 2407259 С1 Российская Федерация, МПК A01B 49/06 (2006.01), A01B 79/02 (2006.01). Устройство для обработки почвы и посева и способ обработки почвы / Николаев В.А.; патентообладатель ФГОУ ВПО «Ярославская государственная сельскохозяйственная академия». № 2009112969/21 ; заявл. 06.04.2009 ; опубл. 27.12.2010, Бюл. № 36. 16 с.
7. Николаев В.А., Кряклина И.В. Выбор диаметра перфорированной трубы устройства размещения семян в почве // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 1 (57). С. 62–67.
8. Николаев В. А., Кряклина И. В. Определение диаметра перфорированной трубы для безударного попадания драже в отверстие // Вестник АПК Верхневолжья. 2022. № 3 (59). С. 82–87.
9. Николаев В.А., Кряклина И.В. Расчёт возможности оптимального небезударного попадания драже в отверстие перфорированной трубы // Вестник АПК Верхневолжья. № 3 (63). 2023. С. 85–90. DOI
10. Николаев В.А., Кряклина И.В. Оценка возможности попадания драже в отверстия перфорированной трубы // Вестник АПК Верхневолжья. № 4 (64). 2023. С. 84–91.

Научная статья
УДК 631.171

# РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ КАЧЕСТВА ОСВЕЩЕНИЯ И ПРОГРАММНОГО КОДА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ДОСВЕЧИВАНИЕМ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛИЦАХ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

***Магистрант М.А. Ситчихин[1]; к.т.н., доцент А.В. Манин[1]; доцент Р.Д. Адакин[2]***
***([1]ФГБОУ ВО РГАТУ имени П. А. Соловьева, Рыбинск, Россия; [2]ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. В статье представлен материал повышения эффективности роста рассады различных культур, путем применения комбинированного освещения, необходимого для роста стеблей, листьев. Для этого были разработаны две программы, одна в программе Simulink, вторая в MasterScada 3D. Первая программа позволяет тестировать ПИД-регуляторы, применяемые в ней и устойчивость системы при постоянном изменении входящего сигнала света. Вторая программа реализует функционал через работу промышленного контроллера. Предлагаемая идея по освещению основывается на самом свойстве света – возможность суммировать спектры с разных источников, увеличивая их интенсивность свечения. Поэтому установив несколько светодиодных лент совместно с белым светом можно получить любой необходимый диапазон требуемого спектра света, в зависимости от входного источника света, с изменяющейся интенсивностью в течение дня.

Ключевые слова: автоматизация, освещение, ПИД-регулятор, Simulink, MasterScada 3D

# DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENCY CRITERIA FOR LIGHTING QUALITY AND SOFTWARE CODE FOR AUTOMATION OF ILLUMINATION CONTROL IN INDUSTRIAL GREENHOUSES FOR GROWING CROPS

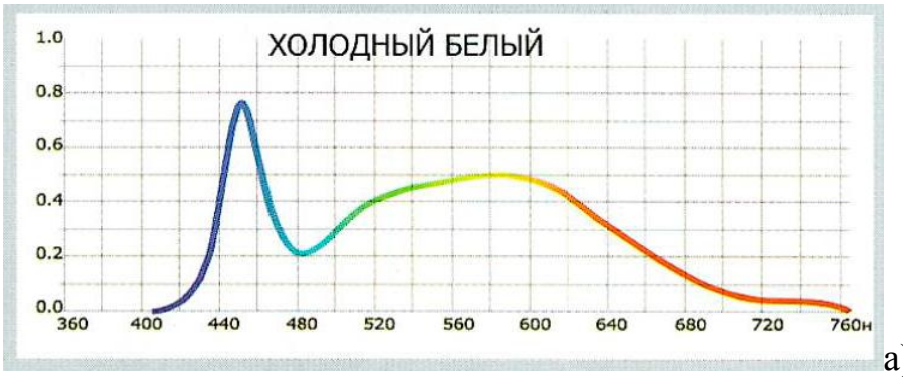
***Undergraduate student M.A. Sitchikhin[1]; Candidate of Technical Sciences, Docent A.V. Manin[1]; Docent R.D. Adakin[2]***
***([1]RSATU, Rybinsk, Russia; [2]FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. The article presents material on improving the efficiency of seedling growth, and using the example of other crops, by using combined lighting necessary for crop growth. Two programs have been developed for this purpose, one in the Simulink program, the second in MasterSCADA 3D. The first program allows you to test the PID controllers used in it and the stability of the system with constant changes in the incoming light signal. The second program implements the functionality through the

operation of an industrial controller. The proposed lighting idea is based on the very property of light – the ability to summarize the spectra from different sources, increasing their luminous intensity. Therefore, by installing several LED strips together with white light, you can get any desired range of the required light spectrum, depending on the input light source, with varying intensity throughout the day.

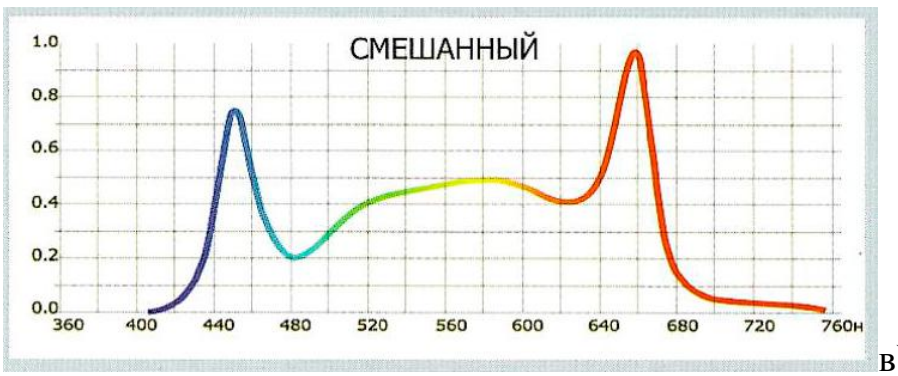
Keywords: automation, lighting, PID controller, Simulink, MasterSCADA 3D

Основой эффект, заключающийся в том, что при свечении нескольких ламп спектры соответствующих длин волн складываются, то есть увеличивается яркость или мощность данного спектра, позволил нам разработать программы, которые могут влиять на этот параметр света, подстраивая его под нужные значения, которые необходимы растениям. Иллюстрацией этого эффекта служат графики, на которых показаны спектры белого и красного от двух источников света, которые светят одновременно, рисунок 1 (а и б). Суммарный эффект сложенных спектров показан на рисунке 1 в, где красный спектр длинной 640-680 нм представлен увеличенным по интенсивности свечения [1-3].




а)


б)




в)

Рисунок 1 – Спектры света

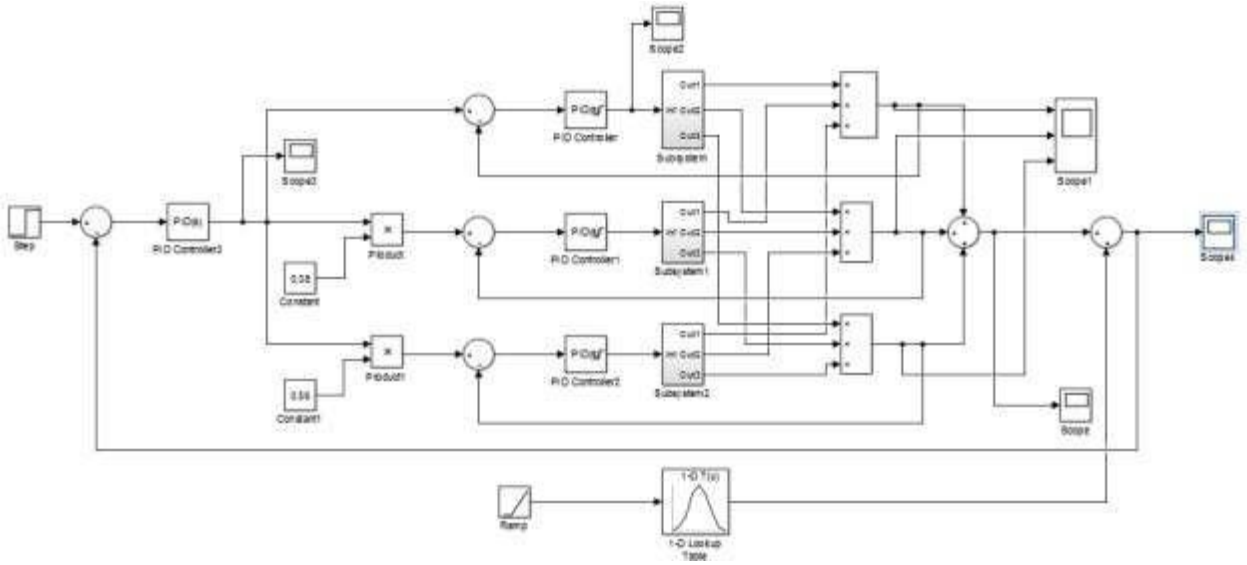


Рисунок 2 – Simulink-модель системы автоматического регулирования освещенности

Для управления настройкой требуемых оттенков спектра света была разработана программа в программе Simulink. Производится измерение входящего источника света, определяются величины отдельных спектров, входящих в белый свет и в зависимости от программы выращивания растений, добавляются требуемые спектры с соответствующими интенсивностями свечения. Данная программа интересна тем, что позволяет рассмотреть какие ПИД-регуляторы наилучшим образом подойдут данной системе. ПИД-регулятор – это отдельная программа, отличающиеся друг от друга алгоритмом исполнения. ПИД-регуляторы применяются для регулировки сигнала подачи спектра света. Когда в целом вся система начинает выполнять подстроечные алгоритмы при постоянно изменяющемся источнике света, возникают внутренние колебания сигнала в системе. Чем быстрее стабилизируется система, тем лучше. За стабилизацию системы отвечает настройка ПИД-регуляторов.

Для оценки качества работы системы освещения вводится критерий «К» качества освещения культур, при определенных значениях соответствующих симплексов (таблица 1). Критерий К является экспериментальной переменной, которую можно дополнять в процессе выращивания, обращая внимание на факторы, влияющие на рост культур.

Таблица 1 – Критерий «К» качества культур при определенных значениях соответствующих симплексов

| Культура | Критерий К качества | $Q_T$ симплекс времени свечения | $Q_F$ симплекс яркости свечения | $Q_{COL}$ симплекс цвета свечения |
|---|---|---|---|---|
| Томат | 1,4 | 0,4 | 0,5 | 0,5 |
| Капуста | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Розы | 1,7 | 0,6 | 0,6 | 0,5 |
| Огурцы | 1,3 | 0,5 | 0,4 | 0,4 |

Обозначим главные факторы, которые влияют на рост культур, которые следует учитывать одновременно при разработке программы:

- Время (длительность) освещения в течение дня;
- Яркость освещения;
- Цвет освещения.

Если обеспечить точную и необходимую вариацию этих трёх факторов в требуемых диапазонах для каждой культуры и растения в отдельности, то мы получим максимальные урожаи, поскольку будут удовлетворены физиологические потребности культур, при прочих выполненных агротехнических требованиях [4-7].

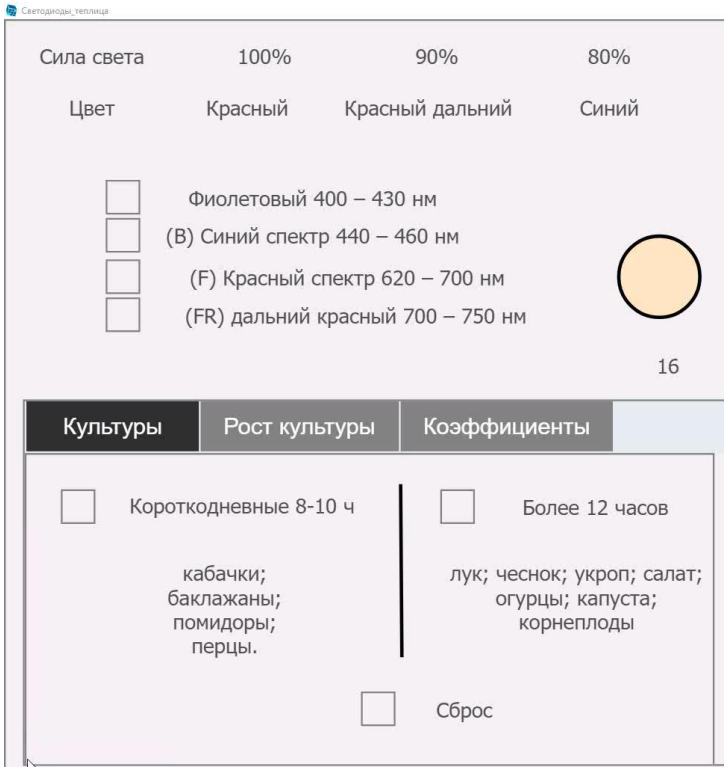



Рисунок 2 – Окно программы в MasterScada
с выбором длины светового дня

Разработана программа для промышленных контроллеров фирмы ОВЕН и многих других, использующих язык ST (рисунок 2). Программа позволяет выбрать группу культуры светового дня и настроить другие параметры света, для наилучшего роста культур, в зависимости от типа культуры и фазы её созревания.

Применение данных методов освещения реализованы при выращивании рассады с различными вариантами освещения (рисунок 3). Стандартные показатели роста показала рассада при варианте освещения белым цветом (рисунок 3 а). Хорошие результаты роста показала рассада при использовании RGB ленты с фиолетовым спектром освещения (рисунок 3 б). Наилучшие показатели роста показала рассада при использовании комбинированного освещения фиолетового и красного спектров (рисунок 3 в).

а)

б)

в)

а – белый цвет; б – фиолетовые спектр, в – комбинированное свечение фиолетового и красного спектров.

Рисунок 3 – Применение различных спектров цвета при выращивании рассады

## Вывод

Благодаря таким свойствам света, как возможность суммировать спектры от разных источников света, получая таким образом увеличение яркости свечения, становится возможным настроить освещение с различными спектрами требуемой яркости, что обеспечит наилучшие результаты роста культур. Для этого был разработан алгоритм выбора освещения в программе Simulink, который позволяет понять, какая комбинация ПИД-регуляторов приведет к эффективной и устойчивой работе системы. Также была разработана программа для промышленных контроллеров, позволяющая реализовать регулировку освещения на практике. Результаты применения различного освещения показаны на примерах выращивания рассады.

Список источников

1. Ситчихин, М.А. Разработка программы для автоматизированного управления освещением для фермерских теплиц / Ситчихин М.А., Адакин Р.Д., Соцкая И.М. // В сборнике: Актуальные вопросы развития науки и технологий. Сборник статей молодых учёных. Караваево, 2024. С. 982–992.
2. Рогатовских, Т.М. Сравнительный анализ технологии досвечивания тепличных культур, с применением натриевых ламп и комбинированной технологии (натриевые + светодиодные лампы) / Т.М. Рогатовских, В.А. Кирина // Аллея науки. 2019. Т. 3. № 12 (39). С. 255–259.
3. Кузин, А.В. Усовершенствование системы выращивания декоративных культур в закрытом грунте в ТК «ЯРОСЛАВСКИЙ» / Кузин А.В., Адакин Р.Д., Соцкая И.М. // В сборнике: Молодежь. Наука. Инновации. сборник научных трудов по материалам II Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Ярославль, 2024. С. 582–586.
4. Ключка Е.П. Применение энергосберегающих устройств и технологий в промышленном тепличном производстве / Е.П. Ключка // Инновации в сельском хозяйстве. 2017. № 3 (24). С. 83–90.
5. И. Силуянов Автоматизация для тепличного бизнеса / Силуянов И. // Автоматизация и производство №1 (20). С. 22–24.
6. Освещение теплицы светодиодными лампами. – URL: https://toolprokat43.ru/sistemy-osveshcheniya/led-osveshchenie-v-teplicy.html (дата обращения: 10.01.2025). – Режим доступа: свободный.
7. Освещение растений белыми светодиодами. – URL: https://habr.com/ru/post/406663/ (дата обращения 10.01.2025). – Режим доступа: свободный.

Научная статья
УДК 631.363.2: 51-74

# ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ОЦЕНКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ МАШИН ДЛЯ ПЛЮЩЕНИЯ ВЛАЖНОГО ФУРАЖНОГО ЗЕРНА

***Д.т.н., профессор В.А. Смелик[1];***
***к.т.н., доцент А.Н. Перекопский[2]***
***([1]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Санкт-Петербург, Россия;***
***[2]ИАЭП – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия)***

Аннотация. Рассмотрены вероятностные оценки технологической надежности машин для плющения зерна фуражного назначения: оценки средних относительных длительностей (вероятностей) нахождения показателей эффективности в поле заданного допуска. Для расчета вероятностных оценок, на основании требований к качеству плющенного зерна, установлены допускаемые значения на отклонения показателей эффективности от требуемых значений. Качество плющения зерна оценивается размером хлопьев (плющенных зерновок), значения которых должны находиться в пределах 1,1 – 1,6 мм. Указанные размеры плющенного зерна продифференцированы в зависимости от условий функционирования машин и приняты в качестве границ допусков для расчета их технологической надежности.

Ключевые слова: вероятностная оценка, плющилка зерна, технологическая надежность, допуск

# PROBABILISTIC ASSESSMENTS OF TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF MACHINES FOR CRUSHING WET FODDER GRAIN

***Doctor of Technical Sciences, Professor V.A. Smelik[1];***
***Candidate of Technical Sciences, Docent A.N. Perekopskiy[2]***
***([1]FSBEI HE «Saint-Petersburg SAU», Saint Petersburg, Russia;***
***[2]IAEP – branch of FSBSI FSC of VIM, Saint Petersburg, Russia)***

Abstract. Probabilistic estimates of the technological reliability of machines for flattening grain for feed purposes are considered: estimates of the average relative durations (probabilities) of finding efficiency indicators in the field of a given tolerance. To calculate probabilistic estimates based on the quality requirements of the flattened grain, acceptable values for deviations of performance indicators from the required values are established. The quality of the flattening of the grain is estimated by the size of the flakes (flattened grains), the values of which should be within 1.1 – 1.6 mm. The specified dimensions of the flattened grain are differentiated depending on the operating conditions of the machines and are accepted as tolerance limits for calculating their technological reliability.

Keywords: technological reliability, probabilistic assessment, grain crusher

## Актуальность

Дробление зерна как технологическая операция измельчения фуражного зерна перед скармливанием является наиболее энергозатратной операцией наряду с сушкой высоковлажного зерна на сельскохозяйственных предприятиях Европейского Севера РФ [1]. На технологический процесс дробления зерна тратиться порядка 25 кВт·ч энергозатрат. Процесс дробления возможно заменить процессом плющения фуражного зерна без сушки и внести консервант для предотвращения плесневения.

Преимуществами технологии плющения и консервирования фуражного зерна является расширение сроков уборки зерновых культур за счет более раннего начала уборки в фазу восковой и даже молочно-восковой спелости зерновых культур и снижения потребности в комбайнах [2, 3].

В отличие от измельчения сухого зерна дроблением, высоковлажное зерно не пылит, не попадает в верхние дыхательные пути животных и лучше усваивается жвачными животными. Для снижения металлоемкости плющилок в отличие от плющильных станков в первых применяются рифленые вальцы, наиболее эффективно захватывающие зерно [4, 5].

Плющилки обладают достаточно высокой технической надежностью, но срок службы плющильных вальцов составляет 2-3 года. Затем вальцы подлежат восстановлению в заводских условиях с формированием точечно-рифленой поверхности. Иначе не происходит «захват» зерен для плющения вальцами [2, 6] и машина не выполняет технологический процесс, т.е. происходит технологический отказ.

## Цель и задачи исследований

Цель исследований: разработать вероятностные оценки технологической надежности плющилок зерна фуражного назначения.

Задачи исследований: рассмотреть принципиальную схему плющилки зерна, как объекта исследования технологической надежности; определить показатели эффективности функционирования технологического процесса и влияющие на него внешние возмущающие факторы; на основе агротехнических требований установить вероятностные оценки технологической надежности машин для плющения влажного фуражного с учетом разных условий функционирования.

## Материалы и методы

Плющение высоковлажного зерна после уборки его комбайнами осуществляется машинами, выполненными по типовой схеме (рисунок 1). Как правило, это прицепная машина на колесном ходу и приводом рабочих органов от вала отбора мощности (ВОМ) трактора через карданную передачу и приводной редуктор 1. Для загрузки плющимого зерна служит приемный бункер 2 трапециевидной формы, сужающийся к низу, под которым установлено дозирующее устройство в виде питающего вальца 3, подающего зерно на вращающиеся плющильные рифлёные вальцы 4. В передней части машины устанавливают ёмкость 5 для жидкого консерванта с насосом 6 и

дозатором 7, подающим консервант в зону отгрузочного спирального шнека 8. Насос 6 и дозатор 7 с электроприводом от бортовой сети трактора через разъем (штекер) 9.

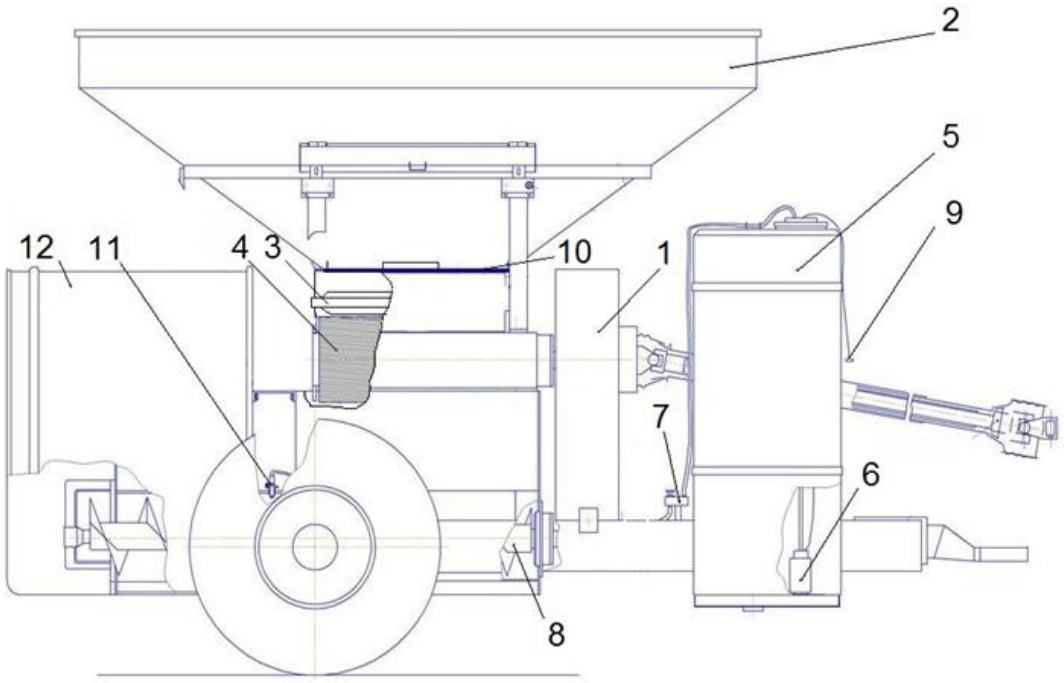



Рисунок 1 – Схема работы плющилки фуражного зерна

Шиберной заслонкой 10 осуществляется регулирование подачи зерна из приёмного бункера 2 в дозирующее устройство 3. Нанесение консерванта на плющенное зерно осуществляется форсунками 11, подключенными трубопроводом к дозатору 7 и установленными на пути движения плющенного зерна от плющильных вальцов 4 к шнеку 8, которым обеспечивается перемешивание зерна с консервантом и перемещение его в тоннель 12 формирования готового продукта с прессованием в полиэтиленовый рукав.

В виду случайного характера изменений физико-механических свойств поступающего на плющение зерна (влажность, спелость, размер и т.п.), для оценки эффективности технологического процесса целесообразно использовать вероятностные оценки, определяющие технологически надёжную работу машины [7]. Под технологически надежной работой машины следует понимать её свойство выполнять свои функции на заданном уровне в течение требуемого времени.

## Результаты исследований

В качестве вероятностной оценки эффективности функционирования технологического процесса, выполняемого плющилками высоковлажного зерна, предлагается использовать оценку средней длительности $P_{\Delta K_П}$ нахождения показателя эффективности $K_п(t)$ в поле заданного агротехнического допуска

$$P_{\Delta К п} = P\ \{К_п^н \le К_п(t) \le К_п^в\} \quad (1)$$

где $К_п^в$ и $К_п^н$ соответственно верхняя и нижняя границы размеров плющеного зерна.

Численные значения $К_п^в$ и $К_п^н$ могут быть назначены на основании агротехнических требований и продифференцированы в зависимости от исходного состояния плющимого материала следующим образом. Плющение влажных зёрен ячменя и овса восковой и молочно-восковой спелости возможно отнести к лёгким условиям функционирования технологического процесса со следующими допускаемыми границами: $К_п^н$ = 1,1 мм и $К_п^в$ = 1,3 мм. Средними условиями будут условия при плющении зерен ячменя и овса полной восковой спелости и пшеницы и тритикале в молочно-восковой спелости, для которых допуски будут $К_п^н$ = 1,2 мм и $К_п^в$ = 1,4 мм. И при плющении зёрен пшеницы и тритикале восковой и полной восковой спелости: $К_п^н$ = 1,3 мм и $К_п^в$ = 1,6 мм.

Расчет значений вероятностных оценок эффективности функционирования плющилок зерна осуществляется по реализациям случайного процесса $К_п(t)$. При нормальном законе распределения вероятностные оценки могут быть рассчитаны по известному выражению:

$$P_{\Delta К п} = 2Ф\{(К_п^в - К_п^н)/2\sigma_к\}, \quad (2)$$

где Ф – табулированная функция Лапласа; $2\sigma_к$ – среднее квадратическое отклонение значений оцениваемого процесса.

При этом, критерием эффективного функционирования технологического процесса будет условие, когда рассчитанные оценки $P_{\Delta К п}$ будут не ниже заданного порогового значения $|P_{\Delta у}|_{зад}$ а именно:

$$P_{\Delta К п} \ge |P_{\Delta у}|_{зад} \quad (3)$$

Пороговые значения установлены на основании исследований [7] и находятся в пределах $|P_{\Delta у}|_{зад}$= 0,7 – 0,8 причем нижние (меньшие) значения рекомендуют применять для более тяжелых условий работы, а верхние для легких условий работы.

## Выводы

В условиях регионов с климатом повышенной влажности плющение зерна на фуражные цели имеет преимущества перед другими технологиями получения зернового корма для животных, поскольку такая технология менее затратна в сравнении с сушкой и последующим дроблением. Она также позволяет начать уборку зерновых культур в более ранние, и, как правило, более благоприятные по погодным условиям, сроки.

В связи с тем, что функционирование машин для плющения зерна проходит в условиях в условиях случайного характера внешних возмущающих факторов, для оценки эффективности их технологического процесса

целесообразно использовать вероятностные характеристики в виде средних относительных длительностей $P_{\Delta Кп}$ нахождения показателей эффективности в поле заданного допуска. Допускаемые ограничения на колебания оцениваемого показателя эффективности установлены исходя из агротехнических требований к размерам плющенного зерна и варьируют в зависимости от состояния исходного материала и культуры от 1,1 мм до 1,6 мм и могут быть продифференцированы в зависимости от легких, средних или тяжелых условий выполнения технологического процесса.

Критерием эффективности функционирования машин для плющения влажного фуражного зерна будет условие, когда рассчитанные оценки средней относительной длительности (вероятности) $P_{\Delta Кп}$ будет не ниже заданного порогового значения $|P_{\Delta у}|_{зад} = 0,7 – 0,8$. Время, в течение которого соблюдается данное условие, характеризует технологическую надежность машин для плющения зерна.

Список источников

1. Смелик В.А., Новиков М.А., Перекопский А.Н., Ерошенко Л.И. Послеуборочная обработка зерна и семян в условиях регионов повышенного увлажнения. – СПб., 2023. – 162 с. – ISBN 978-5-85983-406-8.
2. Попов В.Д., Баранов Л.Н. Заготовка высоковлажного зерна // Комбикорма. – 2005. – № 3. – С. 37–38. EDN VGQCYZ.
3. Новиков М.А. К вопросу о перспективах производства плющеного зерна в Северо-Западном регионе РФ // Совершенствование технологических процессов и рабочих органов машин в растениеводстве и животноводстве. – СПб.: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. 2001. С. 114-117. EDN TZFRGR.
4. Савиных П.А., Турубанов Н.В. Технико-экономическая оценка применяемых технологий и технических средств при приготовлении сбалансированных комбикормов в условиях Евро-Северо-Востока России // Вестник НГИЭИ. 2024. № 5 (156). С. 46–58.
5. Валге А.М., Баранов Л. Н. Оптимизация параметров накопительной площадки для производства плющеного зерна с набивкой в полиэтиленовый рукав // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2005. – № 77. – С. 97–103. EDN SZTIRR.
6. Сысуев В.А., Савиных П.А., Казаков В.А., Сычугов Ю.В. Исследования и сравнительные испытания плющилки зерна с питающим устройством // Инженерные технологии и системы. – 2022. – Т. 32, № 2. – С. 207–221.
7. Смелик В.А. Технологическая надежность сельскохозяйственных агрегатов и средства ее обеспечения. – Ярославль, 1999. – 230 с.

Научная статья
УДК 656.13

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕКТРОБУСОВ

***К.т.н., доцент И.М. Соцкая; к.т.н., доцент А.С. Угловский***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. Развитие инновационной и комфортабельной техники, включая беспилотное вождение, повышение экологичности и бесшумности транспорта – эти задачи решает электрический транспорт. Появление на городских маршрутах электробусов обуславливает создание необходимой технической базы для их обслуживания и ремонта, внедрение системы мониторинга за их эксплуатацией.

Ключевые слова: электробус, техническое обслуживание, зарядка, рабочая платформа

# DEVELOPMENT OF ELECTRIC BUS MAINTENANCE SYSTEM

***Candidate of Technical Sciences, Docent I.M. Sotskaya;***
***Candidate of Technical Sciences, Docent A.S. Uglovskiy***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. Development of innovative and comfortable technology, including unmanned driving, increasing the environmental friendliness and noiselessness of transport - these problems are solved by electric transport. The appearance of electric buses on city routes determines the creation of the necessary technical base for their maintenance and repair, the introduction of a monitoring system for their operation.

Keywords: electric bus, maintenance, charging, working platform

## Введение

Благодаря национальному проекту «Безопасные качественные дороги» проходит модернизация пассажирского транспорта в городских агломерациях с целью повышения уровня жизни населения созданием безопасности перевозок. Обновление транспортной инфраструктуры проходит благодаря этому проекту и в городе Ярославле. В феврале 2024 года поступили в эксплуатацию 17 электробусов ЛиАЗ 6274.20, в июне – ещё 12 электробусов ЛиАЗ 6274.20.

Электробус – вид транспорта, использующий в качестве источника энергии электричество, а в качестве привода – тяговый электродвигатель. Электробус обладает преимуществами по сравнению с автобусом, оборудованным двигателем внутреннего сгорания, работающим на бензине, дизельном топливе или газе. Использование электробусов не загрязняет атмосферный воздух. Кроме того, эксплуатация электробуса обходится гораздо дешевле, чем эксплуатация обычного автобуса, работающего на топливе.

По сравнению с автобусами, работающими с двигателем внутреннего сгорания, эксплуатационные расходы для электробусов ниже, поскольку реже и

дешевле регулярное техническое обслуживание ввиду отсутствия необходимости использования моторных и трансмиссионных масел.

Электробус в отличие от троллейбуса и трамвая не привязан к контактной сети и обладает маневренностью автобуса, что позволяет использовать его на любых маршрутах [1].

Следующими преимуществами электробусов является бесшумность, количество деталей в них намного меньше, чем в бензиновых или дизельных автобусах. Также зарядка электробусов дешевле по сравнению с заправкой автобусов топливом. Хорошая управляемость электробусов, потому что они имеют достаточно резвый разгон, что позволяет преодолевать перекрёстки с большим комфортом. Конструкция электробуса позволяет устанавливать дополнительные системы и устройства: климат-контроль (система кондиционирования воздуха в салоне электробуса), системы диспетчерского контроля движения электробуса с использованием навигационной системы ГЛОНАСС, система учёта работы электробуса и водителей (тахограф) и другие. Возможность установки различных систем в будущем, таких как беспилотное или частично беспилотное вождение. Однако, в зимний период эксплуатации потребление электроэнергии возрастает в связи с отоплением салона электробуса, что безусловно является их недостатком.

Современные электробусы оснащены всевозможными техническими решениями. Основная проблема широкого внедрения электробусов в России – отсутствие зарядной инфраструктуры.

Заряжаются электробусы при помощи пантографа на зарядных станциях, расположенных на сегодняшний день в троллейбусном депо АО «Яргоэлектротранс» города. Для пополнения заряда батареи требуется от 15 до 25 минут. Заряда хватает на 1-2 круга по маршруту по городу. В троллейбусном депо работает 5 станций. Для ультрабыстрой зарядки электробусов планируется установить 12 станций на конечных остановках маршрутов электробусов в связи с увеличением количества автобусов до 38 единиц.

Технические характеристики электробуса ЛиАЗ 6274.20 представлены в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Технические характеристики электробуса ЛиАЗ 6274.20

| Габаритные размеры и масса | |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Длина, м | 18 |
| Ширина, м | 2,55 |
| Высота, м | 3,455 |
| Колесная база, м | 6,4 |
| Полная масса, т | 28 |
| Силовой агрегат | |
| Модель | Ситимакс |
| Тип | EL |
| Мощность, л.с. при об/мин | 30х2 кВт |
| Изготовитель двигателя | Ситимакс |
| Ходовая часть | |

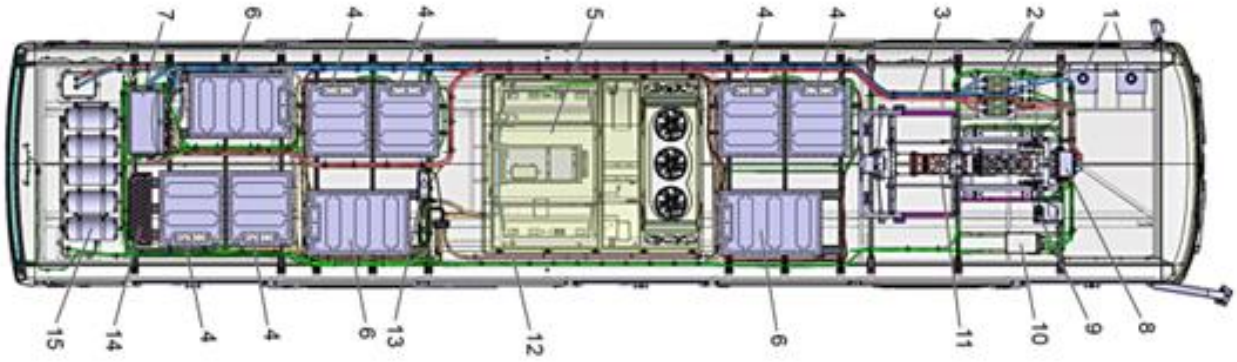
Таблица 1 – Технические характеристики электробуса ЛиАЗ 6274.20

| 1 | 2 |
|---|---|
| Колесная формула, привод | 6х2 |
| Подвеска передняя | зависимая |
| Подвеска задняя | пневматическая |
| Шины | 275/70R22,5 |
| Эксплуатационные характеристики | |
| Мест для сидения | 44 |
| Мест всего | 140 |
| Количество дверей | 4(2-2-2-2) |
| Уровень пола | 100% низкий |

## Материалы и методы исследования

Троллейбусное депо рассчитано на 160 троллейбусов. В депо необходима организация поста обслуживания электробусов, оснащенного оборудованием, для прохождения ТО-1, ТО-2 и ЕТО электробусами, поскольку электрооборудование, ходовая часть, кузов и иные системы обслуживаются в соответствии с регламентом завода-производителя. Батарея электробуса является электронно-управляемым накопителем энергии, требующим регулярного контроля в составе электрооборудования системы электродвижения транспорта, хотя и не нуждается в специальном техническом обслуживании.

Из соображений экономии места многие производители устанавливают различные модули на крышах электробусов (рисунок 1).




1 – антенна; 2 – коммутационная коробка; 3 – высоковольтные провода; 4 – субпак MicrovastLpTOMV–B; 5 – накрышный блок климатической установки; 6 – субпак MicrovastLpTOMV–C; 7 – коммутационная коробка (HV–Box); 8 – высоковольтная коммутационная коробка пантографа; 9 – коммутационная коробка; 10 – вспомогательный преобразователь; 11 – пантограф; 12 – трубопроводы системы термостатирования тяговых батарей; 13 – элементы системы термостатирования тяговых батарей (TMS); 14 – диэлектрическая дорожка; 15 – баллоны пневматической системы.

Рисунок 1 – Расположение оборудования на крыше электробуса

Для технического обслуживания, ремонта и замены техники необходима безопасная платформа для работ на крыше электробусов (рисунок 2) [3].

Рисунок 2 – Рабочая платформа KRAUSE

С вводом ее на предприятии значительно повысится не только безопасность подъёма и спуска на электробус, но и при помощи раскладных перил во много раз повысится безопасность во время пребывания на крыше электробуса. Удобная для транспортного средства регулировка контура, который может пристыковываться непосредственно к кузову электробуса с нулевым зазором, также повышает безопасность проводимых работ (рисунок 3).

Рисунок 3 – Рабочая платформа KRAUSE в работе

В начальный период эксплуатации электробуса выполняются: ежедневное техническое обслуживание (ЕТО); еженедельное техническое обслуживание (НТО); разовое техническое обслуживание ТО-2500.

Ежедневное техническое обслуживание электробуса выполняется водителем раз в сутки перед выездом (часть работ) и по возвращении с линии. Еженедельное техническое обслуживание (НТО) выполняется водителем 1 раз

в неделю. ТО-2500 выполняется сервисным центром один раз в начальный период эксплуатации в интервале первых 1000-5000 км пробега. Периодичность технического обслуживания 30000 км.

Ежедневное обслуживание электробусов заключается в проверке масла в гидроусилителе руля и компрессоре пневмосистемы, обязательном контроле уровня жидкостей в системе отопления салона и контуре охлаждения электродвигателей.

Расчетный срок эксплуатации одного комплекта литий-ионных аккумуляторов – до 500 тыс. км пробега. Электробус имеет увеличенный, по сравнению с традиционными видами транспорта, ресурс тормозных накладок, поскольку замедление в значительной части цикла торможения обеспечивается за счет электромагнитного торможения (в данном цикле обеспечивается рекуперация энергии) [4-7].

## Результаты

Программное обеспечение «Техническое обслуживание электробусов», разработанное на платформе WinForms язык C#, предназначено для комплексного управления и мониторинга электробусов ЛиАЗ 6274.20. В данной статье рассмотрим практические аспекты его использования, опираясь на функциональные возможности и отчеты.

### Мониторинг состояния электробусов в режиме реального времени

Главное окно программы (рисунок 4) отображает текущее состояние подключенных электробусов. Для каждого автобуса отображается ключевая информация:

1. Номер автобуса: Уникальный идентификатор транспортного средства.
2. Уровень заряда батареи: Процент заряда аккумуляторной батареи, отображаемый графически (например, шкалой или диаграммой). Критические уровни заряда могут быть выделены цветом для быстрого оповещения оператора.
3. Пробег: Общий пробег электробуса с момента последней перезагрузки или с начала эксплуатации.
4. Скорость: Текущая скорость движения электробуса.
5. Местоположение (GPS/ГЛОНАСС): Информация о текущем местоположении автобуса на карте, что позволяет отслеживать маршрут в реальном времени. Программа может также отображать расстояние до ближайшей остановки.
6. Температура ключевых компонентов: Температура двигателя, батареи и других важных компонентов. Превышение допустимых температурных значений сигнализируется предупреждающими сообщениями.
7. Другие эксплуатационные характеристики: В зависимости от комплектации электробуса и доступных датчиков, могут отображаться дополнительные данные, такие как потребляемый ток, напряжение в сети, состояние отдельных систем и т.д.

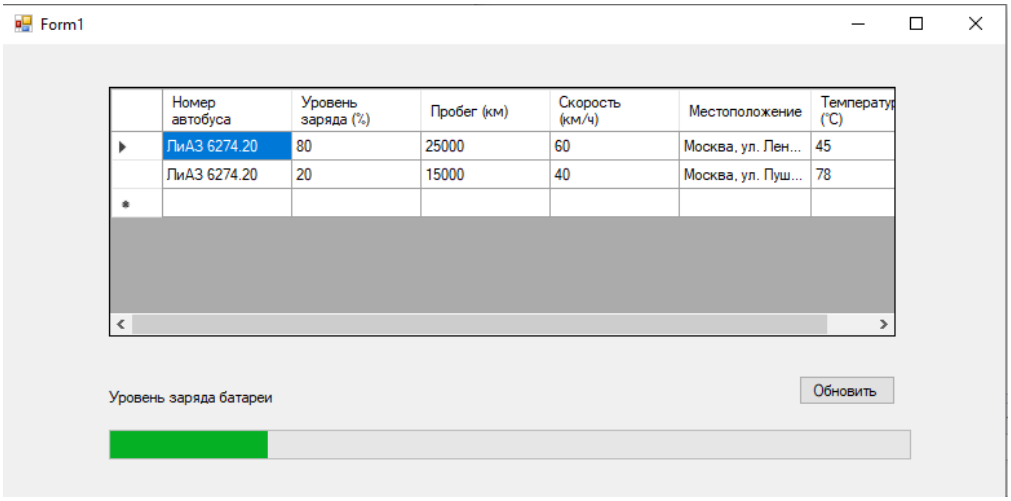



Рисунок 4 – Главное окно программы «Техническое обслуживание электробусов»

## Сбор и хранение данных

Программа автоматически собирает данные с электробусов и хранит их в базе данных MS SQL Server. Схема данных показана на рисунке 5. Это обеспечивает:

- Надежное хранение: Данные защищены от потерь и доступны для анализа в любое время.

- Быстрый доступ: Информация о каждом автобусе быстро находится и обрабатывается.

- Историю данных: Программа позволяет просмотреть историю изменений параметров для каждого электробуса за любой период времени.

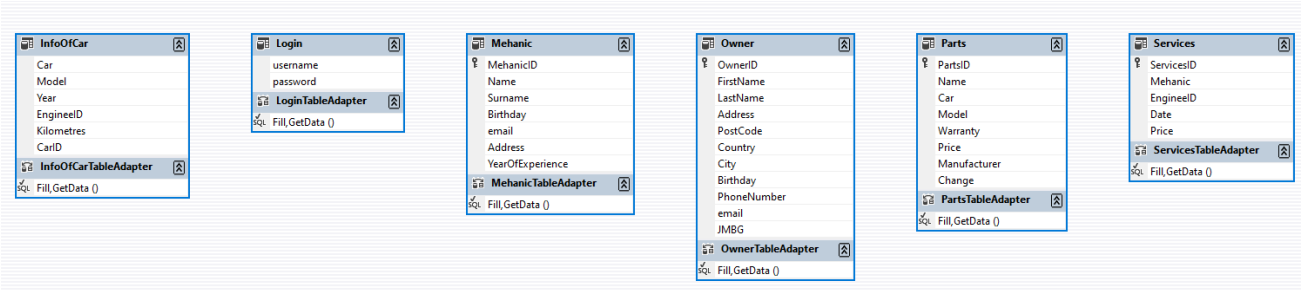



Рисунок 5 – Схема данных «Техническое обслуживание электробусов»

## Анализ эксплуатационных данных

Графическое представление данных: Пользователь может строить графики различных параметров (например, уровень заряда батареи во времени, расход электроэнергии на различных участках маршрута). Это позволяет визуально оценивать эффективность работы электробусов.

## Отчеты

Программа позволяет генерировать различные отчеты, в том числе:

1. Отчет о пробеге: Общий пробег каждого электробуса за выбранный период.

2. Отчет о расходе электроэнергии: Расход электроэнергии на единицу пробега для каждого электробуса, что позволяет выявлять неэффективные режимы работы.

3. Отчет о техническом обслуживании: Список всех выполненных работ по техническому обслуживанию, с указанием даты, типа работ, стоимости и т.д.

4. Отчет о неисправностях: Список всех зарегистрированных неисправностей, с указанием даты, типа неисправности, электробуса и статуса ремонта.

Планирование и проведение технического обслуживания показано на рисунках 6-10.

1. Проверка электробуса. Этот модуль (первый скриншот) позволяет ввести информацию об автобусе: номер, модель, пробег. Кнопка «Check» предположительно запускает проверку по введенным данным, возможно, с выводом результатов в нижней области формы. Кнопка «Load Table» загружает таблицу с данными об автобусах.

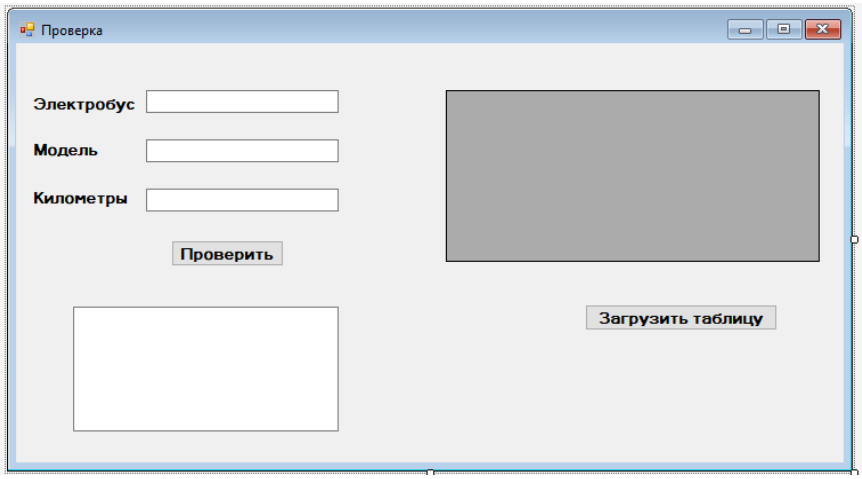



Рисунок 6 – Проверка электробуса

2. Информация об электробусе. Второй скриншот отображает более подробную информацию об автобусе: номер, модель, год выпуска, номер двигателя, пробег. Кнопки «Вставить», «Обновить», «Удалить» и «Загрузить» позволяют соответственно добавлять, изменять, удалять записи и загружать таблицу с данными.

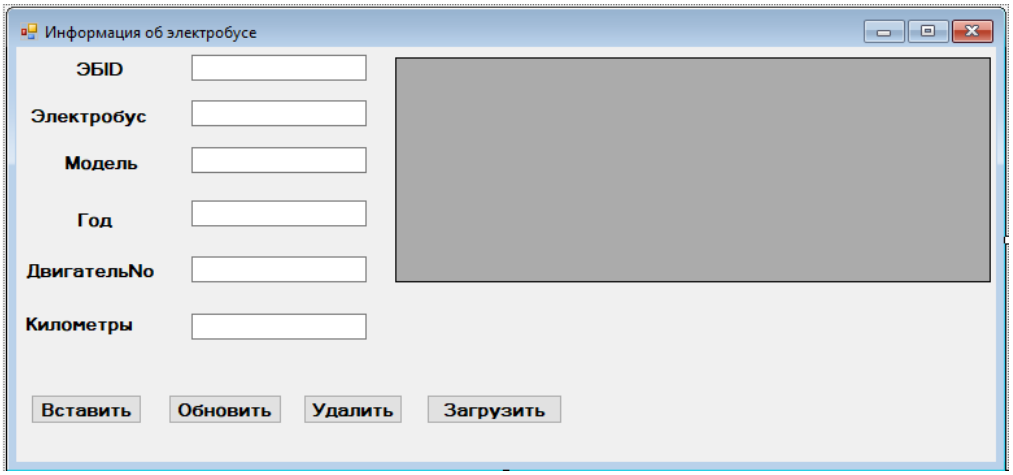



Рисунок 7 – Информация об электробусе

3. Информация о механике. Третий скриншот предназначен для управления данными о механиках: ID механика, имя, фамилия, электронная почта, дата рождения, адрес, стаж работы. Кнопки «Вставить», «Обновить», «Удалить» и «Загрузить» выполняют те же функции, что и в предыдущем модуле.

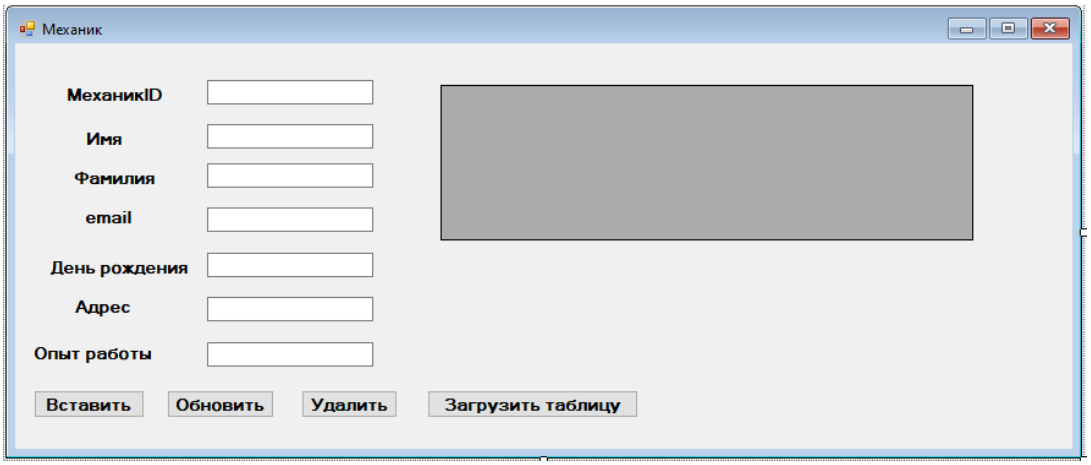



Рисунок 8 – Информация о механике

4. Запчасти. Четвёртый скриншот предназначен для работы с информацией о запчастях: ID запчасти, название, модель автобуса, к которому она относится, гарантия, цена, производитель. Кнопки «Вставить», «Обновить», «Удалить» и «Загрузить» имеют аналогичное назначение

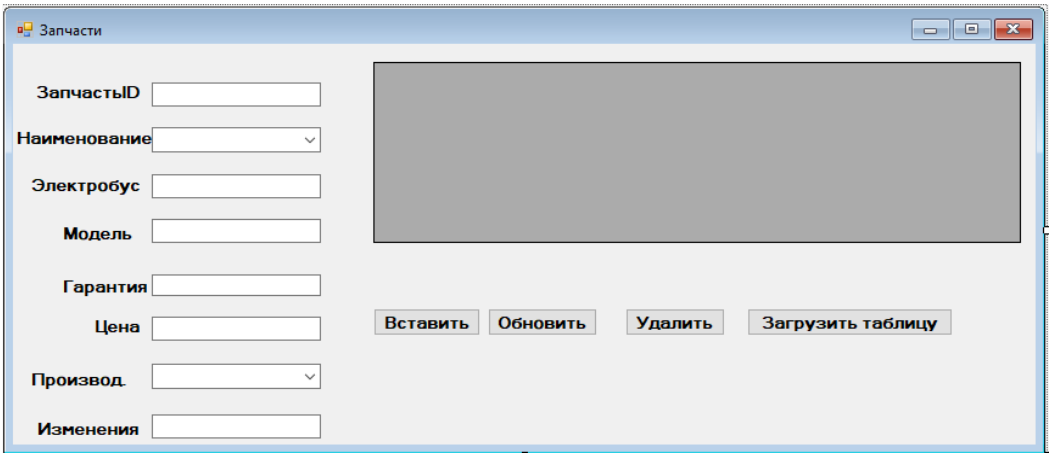



Рисунок 9 – Окно «Запчасти»

5. Обслуживание: Пятый скриншот, вероятно, предназначен для учета обслуживания: ID обслуживания, ID механика, ID автобуса, дата выполнения обслуживания. Кнопки «Вставить», «Обновить», «Удалить» и «Загрузить» выполняют стандартные функции управления данными.

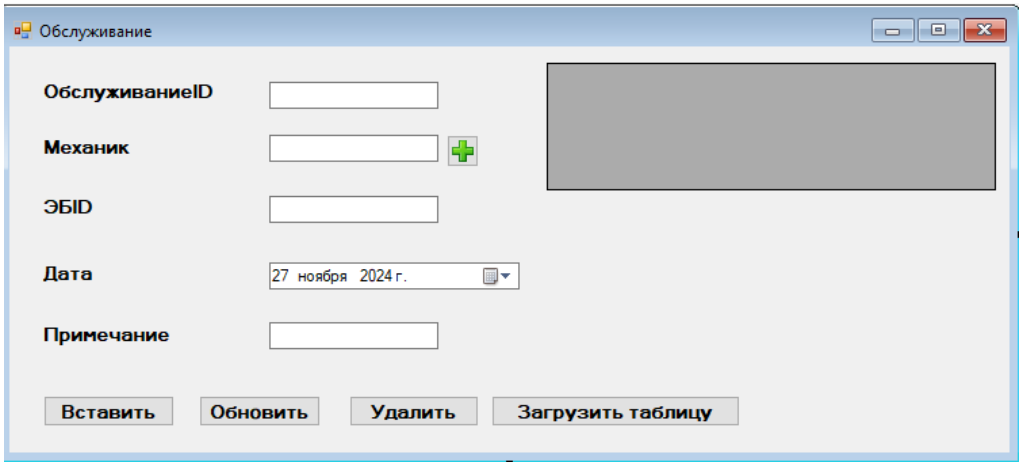


Рисунок 10 – Окно «Обслуживание»

## Выводы

Электробусы представляют собой экологически чистую и экономически эффективную альтернативу традиционным автобусам с двигателями внутреннего сгорания. Они снижают уровень вредных выбросов и шумового загрязнения, что делает их более привлекательными для городского общественного транспорта. Однако основным препятствием для их внедрения в России является недостаток зарядной инфраструктуры. Для успешной интеграции электробусов необходимо создать плотную сеть зарядных станций и обеспечить регулярное техническое обслуживание. Разработка программного обеспечения для мониторинга состояния электробусов также способствует повышению надежности и эффективности их эксплуатации. Электробусы имеют значительный потенциал для развития и внедрения новых технологий.

Список источников

1. Сервис энергоэффективных транспортных средств. Режим доступа: https://kpfu.ru/portal/docs/F_1488430729/Makarova_.Gabsalihova_.Muhametdinov.pdf
2. Устройство и техническое обслуживание электробуса. Режим доступа: https://sop.mosmetro.ru/wp-content/uploads/2022/03/TK-voditel-D-ustrojstvo-elektrobusa.pdf
3. Станция техобслуживания электробусов «In-der-City-Bus GmbH» во Франкфурте-на-Майне. Режим доступа: https://www.krause-systems.ru/speckonstrukcii/realizovannye-proekty-krause/sto-in-der-city-bus/
4. Атаманов, Ю.Е. Теория электрического и автономного транспорта. Общая характеристика : учебно-методическое пособие / Ю.Е. Атаманов, В. Н. Плищ. Минск : БНТУ, 2022. – 180 с.
5. Яньков, О.С. Колёсные транспортные средства с электрическим и гибридным приводом : учебное пособие / О.С. Яньков. – Иркутск : ИРНИТУ, 2022. – 246 с.
6. Пугачев, И.Н. Планирование устойчивой городской мобильности : монография / И.Н. Пугачев, А.О. Лобашов, С.С. Семченков ; под редакцией И. Н. Пугачева. – Хабаровск : ДВГУПС, 2023. – 147 с. – ISBN 978-5-262-00939-8

7. Хмелев, Р.Н. Силовые агрегаты автомобилей. Теория рабочих процессов : учебное пособие / Р. Н. Хмелев. – Тула : ТулГУ, 2024. – 101 с.

Научная статья
УДК 629.064.5

# ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

***Главный специалист А.С. Степанов[1]; д.т.н., доцент П.С. Орлов[2]; к.п.н. Г.Е. Ананьин[2]; руководитель ЦДК – ответственный секретарь приемной комиссии О.Н. Круду[2]***
***([1]ООО ПО «Гипродвигатель»,***
***[2]ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. Рассмотрены возможные пути совершенствования систем электроснабжения предприятий агропромышленного комплекса с указанием их специфики и границ применимости.

Ключевые слова: надежность, электроснабжение, совершенствование, подключение, потребители, перерыв, потери

# POSSIBLE WAYS TO IMPROVE THE SYSTEMS POWER SUPPLY TO ENTERPRISES OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

***Main expert A.S. Stepanov[1]; Doctor of Technical Sciences, Docent P.S. Orlov[2]; Candidate of Pedagogical Sciences G.E. Ananjin[2]; The head of CDK, the executive secretary of the admissions committee O.N. Krudu[2]***
***([1]OOO PO «Hyprodvigatel»;***
***[2]FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. Possible ways of improving the power supply systems of agro-industrial enterprises are considered, indicating their specifics and limits of applicability.

Keywords: reliability, power supply, improvement, connection, consumers, interruption, losses

Совершенствование систем электроснабжения предприятий агропромышленного комплекса может осуществляться в разных направлениях в зависимости от того оборудования, на которое обращено первоочередное внимание. Если брать трансформаторные подстанции, то те из них, напряжение которых составляет 6, 10, 20, 35 кВ, устанавливают на предприятиях, где электрическая нагрузка невелика. Напряжения 35, 10, 6, 3 кВ, 660, 389, 220, 127 В переменного тока и 110 В постоянного тока считаются стандартными, когда речь заходит о снабжении потребителей электроэнергией. Крупные энергоемкие предприятия питаются от напряжения 110 кВ. Напряжение 35 кВ не имеет экономических преимуществ, если передаваемая мощность превышает

10 МВА. Однако его целесообразно применять для удаленных насосных станций водозаборных сооружений промышленных предприятий, распределения электроэнергии на больших предприятиях с глубоким вводом.

Напряжение 10(6) кВ используется:

- если источником питания служит собственная электростанция;
- если расстояние от предприятия до подстанции и потребляемая мощность малы.

Распределительная сеть энергоемкого производства, когда сооружаются несколько подстанций глубокого ввода, запитанные от УРП, целесообразно выполнять в две ступени: на напряжении 110 кВ и на 10 кВ. Для городских сетей нагрузка для РП должна быть равной на шинах 10 кВ не менее 7 МВт, на шинах 6 кВ – не менее 4 МВт: этим определяется сама целесообразность РП.

Трансформаторы цеховых подстанций мощностью 400–2500 кВА выпускаются:

- со схемами соединения обмоток «звезда–звезда» (допустимый ток нулевого вывода равен 25 % номинального тока);
- со схемой «треугольник–звезда» (допустимый ток нулевого вывода равен 75 % номинального тока).

Что касается сельских трансформаторов мощностью до 400 кВА, то они выполняются по другой схеме, а именно «треугольник–звезда». Она же предпочтительна для защиты от однофазных коротких замыканий в сетях напряжением до 1 кВ и подключения несимметричных нагрузок.

Если на предприятии наличествует большое число двигателей напряжением 6 кВ, на главной понизительной подстанции целесообразна установка трансформаторов с расщепленной обмоткой 110/10 (6) кВ. В этом случае на территории предприятия монтируются сети двух напряжений: 10 кВ – для питания трансформаторов 10/0,4 кВ и 6 кВ для питания электродвигателей. При напряжении 660 В может возникнуть необходимость установки дополнительных трансформаторов 0,66/0,22 кВ для электрических сетей на напряжение 220 В, от которого питаются светодиодные лампы, лампы накаливания и прочие устройства мощностью до 0,4 кВт и др.

Выбор напряжения электрических сетей постоянного тока определяется требованиями технологического процесса и величиной тока. Для питания электроприводов постоянного тока применяются напряжения 220 и 440 В, при этом устанавливается отдельный преобразователь для каждого напряжения. Более высокие напряжения (750 и 850 В) используются для электроприводов постоянного тока и для электролиза (450 и 850 В).

Возможны четыре режима работы цеховых электрических сетей:

- нормальные (отклонения параметров не выходят за пределы длительно допустимых);
- временно допустимые (отклонения параметров допустимы на ограниченное время без существенного ущерба для сети и питаемых от нее приемников);
- аварийные (наличествуют опасные для элементов сети сверхтоки или другие недопустимые явления вроде обрыва проводов);

- послеаварийные (переходные процессы и установившиеся режимы в новых условиях работы).

Чтобы обеспечить надежное электроснабжение, необходимо принимать во внимание режимы кратковременных перегрузок электрооборудования, которые могут составлять от нескольких часов до нескольких суток. Такие режимы возникают вследствие повреждения или отключения электрооборудования. Также необходимость перегрузки электрооборудования возникает для обеспечения постоянно растущей электрической нагрузки промышленного предприятия в целом или его отдельных цехов. Перегрузка на 30–35% допустима для воздушных и кабельных линий; у силовых трансформаторов систематическая перегрузка может составлять 30 %, а аварийная – 40 % и более в зависимости от ее продолжительности.

Если брать повышение надежности систем цехового электроснабжения, то оно связано с дополнительными затратами. Однако не всегда более дорогостоящая система электроснабжения одновременно является и самой надежной. Для воздушных линий перегрузка возможна практически всегда, когда сохраняется нормальный габарит до земли, и равна 30…35 %. Перегрузка кабельных линий зависит от значения и длительности максимума нагрузки в нормальном режиме и от способа прокладки линий (таблица 1).

Таблица 1 – Допустимая перегрузка кабелей напряжением до 10 кВ

| Коэффициент загрузки Нормальный режим | Вид прокладки | Допустимая перегрузка в зависимости от длительности максимума нагрузки (длительность в часах) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 1 час | 2 часа | 6 часов |
| 0,6 | В земле | 1,50 | 1,35 | 1,25 |
| | В воздухе | 1,35 | 1,25 | 1,25 |
| | В трубах в земле | 1,30 | 1,20 | 1,15 |
| 0,8 | В земле | 1,35 | 1,25 | 1,20 |
| | В воздухе | 1,30 | 1,25 | 1,25 |
| | В трубах в земле | 1,20 | 1,15 | 1,10 |

Перегрузка цеховых трансформаторов доходит до 30 %, аварийная перегрузка – до 40 % и даже до 60 % в зависимости от конкретных условий. В таблице 2 приведены коэффициенты допустимой перегрузки трансформаторов в послеаварийном режиме и коэффициенты загрузки трансформаторов в нормальном режиме для различных трансформаторных подстанций.

Выбор переключателей надо осуществлять из соображения, что к числу их важнейших параметров, кроме номинальных токов, напряжений, отключающей способности к нагрузочным токам и токам короткого замыкания, относятся отключающая способность от ТКЗ, время отключения, коммутационный ресурс, взрыво- и пожаробезопасность. При этом два последних параметра обнаруживают себя только в процессе эксплуатации.

Таблица 2 – Коэффициенты допустимой перегрузки трансформаторов в послеаварийном режиме подстанций

| Коэффициент послеаварийной перегрузки | Коэффициент загрузки трансформатора в нормальном режиме | |
|---|---|---|
| | Подстанция 2 трансформатора | Подстанция 3 трансформатора |
| 1,0 | 0,5 | 0,666 |
| 1,1 | 0,55 | 0,734 |
| 1,2 | 0,6 | 0,8 |
| 1,3 | 0,65 | 0,86 |
| 1,4 | 0,7 | 0,93 |
| 1,5 | 0,75 | 1,0 |

Сухие трансформаторы мощностью 630–1000 кВА применяют в административных и общественных зданиях с большим количеством находящихся людей, а также на испытательных станциях и в лабораториях. Сухие трансформаторы меньшей мощности используют для питания освещения, если питание силовой и осветительной нагрузки разделено.

Чтобы облегчить взаимозаменяемость и резервирование, на одном предприятии не нужно использовать слишком большое число типов трансформаторов. Здесь надо иметь в виду, что однотрансформаторные цеховые подстанции могут быть использованы для питания электроприемников I категории в том случае, когда мощность последних не превышает 20 % мощности трансформатора, а также есть возможность произвести резервирование подстанций на низком напряжении перемычками с АВР. В пожароопасных цехах и цехах с химически активной средой целесообразно применять радиальные схемы.

Роль распределительного устройства со стороны высокого напряжения подстанции для КТП промышленного типа играет, как правило, высоковольтный шкаф. При этом при магистральной схеме питания перед цеховым трансформатором непременно устанавливается отключающий аппарат. Для систем электроснабжения, питающих электроприемники, критичные ко времени действия устройств АВР, можно посоветовать применять быстродействующие АВР, которые обеспечивают устойчивость синхронной нагрузки. Например, МЭИ (ТУ) разработал и внедрил быстродействующие АВР с суммарным временем переключения аварийной секции на резервную не более 0,06 с.

Самопуск электродвигателей применим, если напряжение питания обеспечивает такой вращающий момент электродвигателей, который был бы больше статического момента сопротивления механизмов. В этом случае при кратковременных перерывах питания двигатели от сети не отключаются. При этом безразлично, установлен ли синхронный или асинхронный двигатель. В противном случае электродвигатель отключается защитой минимального напряжения. После прекращения питания двигателю еще требуется некоторое

время, чтобы его ротор остановился окончательно. При автоматизации могут применяться различные устройства, в том числе микропроцессорные, которые обладают рядом преимуществ (меньшие трудозатраты, более высокая надежность и пр.). При неправильной установке трансформатора и попадании воздуха в бак возможны ложные срабатывания, которых надлежит избегать.

Пожарная безопасность обеспечивается внедрением устройств телесигнализации и локализации пожаров. Также применяются конденсаторы для компенсации реактивной мощности. Статическая и динамическая устойчивость системы могут быть повышены внедрением быстродействующих устройств АВР и микропроцессорной защиты. Следует заметить, что последнее не всегда дает эффект. Причина заключается в том, что электромагнитные устройства являются аналоговыми и работают в реальном времени в двоичном коде, в то время как микропроцессорные устройства вынуждены, как минимум, дважды преобразовывать сигнал, на что тратится время.

Для снижения несинусоидальности напряжений (уменьшения высших гармоник) или увеличивают число фаз выпрямления, или используют раздельное питание приемников электроэнергии с нелинейной и линейной вольтамперной характеристиками.

На изменение показателей качества электроэнергии электроприемники, и в первую очередь синхронные машины, реагируют различно. Синхронные машины являются малочувствительными к изменению несинусоидальности напряжения и потому могут использоваться в качестве источника реактивной мощности в электрических сетях, от которых запитаны мощные вентильные преобразователи. При колебаниях напряжения меняется реактивная мощность, причем так, что ее колебания совершаются в противофазе с изменением реактивной мощности потребителей. В итоге синхронные машины сглаживают график реактивной мощности и способствуют уменьшению колебаний напряжении, и в этом заключается их преимущество перед синхронными машинами.

Широкое применение в цеховых сетях получили комплектные распределительные устройства (КРУ) напряжением 6 (10) кВ. Опыт эксплуатации КРУ, показал: практически любое двухфазное короткое замыкание внутри КРУ перерастает в трехфазное и может привести к повреждению соседних шкафов. Решением проблемы взрыво- и пожаробезопасности шкафов КРУ, является оснащение их быстродействующими дугогасительными защитами.

Снижение несимметрии напряжения в системах электроснабжения можно достичь рациональным пофазным распределением однофазных нагрузок и применением симметрирующих устройств, выпускаемых отечественной промышленностью, полностью устраняющих несимметрию. В Белоруссии выпускается трансформатор, имеющий дополнительную обмотку, наматываемую поверх стандартных для трансформатора обмоток в целях уменьшения несимметрии питающих напряжений, но это устройство не может полностью устранить несимметрию питающих напряжений.

В Ярославском аграрном университете на кафедре «Электрификация» разработан способ восстановления полнофазного напряжения при обрывах одной питающей фазы, используя неразрывность электромагнитных потоков трехфазного трансформатора. Для его внедрения требуется установка по высокому напряжению пофазных выключателей нагрузки перед трансформатором по высокой стороне. Это обеспечит устранение 90 % отказов систем электроснабжения потребителя при пропадании любой одной фазы сети без перерыва синусоиды.

Список источников

1. Орлов П.С., Шкрабак В.С., Морозов В.В., Шешунова Е.В., Бобков С.А., Круду О.Н. Устройство восстановления полнофазного напряжения в 4-проводной сети 0,4/0,23 кВ. Патент РФ на изобретение № 2761430 от. 08.12.2021 г. Бюл. № 34 22.09.2001 г. по заявке на патент 2021100104/07(000159) от 11.01.2021 г. 8 с.

Научная статья
УДК 537.86

## ЛАМПОВАЯ КАТУШКА ТЕСЛА НА ГУ-50

***Обучающиеся М.А. Супрун, М.Д. Лупашко, Р.В. Потехин, Д.С. Загородний, А.Н. Макаров; д.т.н., профессор В.В. Шмигель,***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. В данной работе рассматривается конструкция и принцип работы ламповой катушки Теслы на основе радиолампы ГУ-50. Описаны особенности использования генераторных ламп для создания высоковольтного импульсного напряжения, необходимого для функционирования катушки Теслы. Проведён анализ электрических характеристик лампы ГУ-50, включая её способность работать при высоких напряжениях и токах. Возможные применения ламповых катушек Теслы в научных исследованиях, а также, в образовательных целях.

Ключевые слова: катушка Теслы, Гу-50, радиолампа, резонанс, высокочастотные электрические импульсы, блютуз модуль

## TESLA TUBE COIL ON GU-50

***Students M.A. Suprun, M.D. Lupashko, R.V. Poteckin, D.S. Zagorodny, A.N. Makarov;***
***Doctor of Technical Sciences, Professor V.V. Shmigel***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. This paper discusses the design and operating principle of a Tesla tube coil based on a GU-50 radio tube. The features of using powerful generator

lamps to create a high-voltage pulse voltage necessary for the operation of a Tesla coil are described. An analysis of the electrical characteristics of the GU-50 lamp, including its ability to operate at high voltages and currents, has been carried out. The issues of safety of operation of such devices, as well as possible applications of Tesla tube coils in scientific research and educational purposes are considered.

Keywords: Tesla coil, Gu-50, radio tube, resonance, high-frequency electrical pulses, Bluetooth module

Катушка Теслы, также известная как трансформатор Теслы, является устройством, изобретённым Николой Тесла, которое производит высокое напряжение высокой частоты. Оно основано на использовании резонансных стоячих электромагнитных волн в катушках. Первичная обмотка катушки Теслы содержит небольшое число витков и является частью искрового колебательного контура, включающего в себя также конденсатор и искровой промежуток. Вторичной обмоткой служит прямая катушка провода. При совпадении частоты колебаний колебательного контура первичной обмотки с частотой одного из собственных колебаний (стоячих волн) вторичной обмотки возникает явление резонанса, что приводит к значительному увеличению напряжения на выходе устройства [4].

## Актуальность работы

Актуальность исследования ламповой катушки Теслы обусловлена её широким применением в различных областях науки и техники. В частности, такие устройства находят применение в демонстрационных экспериментах по физике, а также в научных исследованиях, связанных с изучением электромагнитных полей и высокочастотных колебаний. Использование генераторных ламп, таких как ГУ-50, позволяет создавать высоковольтные импульсы, необходимые для генерации сильных электрических разрядов. Это делает возможным исследование физических процессов, происходящих при взаимодействии электрического поля с различными материалами и средами. Кроме того, изучение особенностей работы ламповых катушек Теслы способствует развитию новых технологий в области электроэнергетики и электроники.

**Объект исследования:** ламповая катушка Теслы, построенная на базе генераторной лампы ГУ-50.

**Предмет исследования:** электрические характеристики и принципы работы ламповой катушки Теслы на радиолампе ГУ-50, а также возможности её применения в научных и образовательных целях.

**Цель:** разработка и тестирование ламповой катушки Теслы на основе радиолампы ГУ-50, а также анализ её рабочих параметров и возможностей применения в научных экспериментах и демонстрациях.

**Задачи:**

1. Разработка схемы и конструкции ламповой катушки Теслы на основе радиолампы ГУ-50.

2. Анализ электрических характеристик лампы ГУ-50 и определение оптимальных режимов её работы в составе катушки Теслы.

3. Исследование процесса генерации высоковольтных импульсов и оценка эффективности работы катушки.

4. Оценка безопасности эксплуатации ламповой катушки Теслы и разработка рекомендаций по её использованию.

**Научная новизна:** научная новизна представленного исследования заключается в разработке оригинальной конструкции ламповой катушки Теслы на основе радиолампы ГУ-50, которая ранее не была подробно рассмотрена в литературе. В отличие от традиционных схем, использующих транзисторные каскады или тиристоры, предложенное решение демонстрирует возможность эффективного преобразования энергии за счёт уникальных свойств генераторной лампы ГУ-50.

**Практическая значимость:** Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанная ламповая катушка Теслы на основе радиолампы ГУ-50 может быть использована в различных прикладных областях:

- Во-первых, она представляет собой эффективный инструмент для проведения демонстраций и лабораторных работ по физике, позволяя наглядно показывать процессы, связанные с генерацией и распространением электромагнитных волн.

- Во-вторых, данная конструкция может применяться в научных исследованиях, направленных на изучение высокочастотных колебаний и взаимодействий электрического поля с различными материалами.

## Устройство катушки Теслы

Одним из наиболее доступных способов в исследовании однопроводного резонансного способа передачи электроэнергии является система с передатчиком на радиолампах. Доступность определилась ценой и наличием деталей. Первое упоминание о генераторе (трансформаторе) Теслы на радиолампах было найдено в нескольких книгах, старейшая из которых – «Техническое творчество» 1955 г. [3].

При постройке генератора первоначально были выбраны типовые номиналы радиодеталей. Принципиальная схема имела вид, представленный на рисунке 2.

По принципиальной схеме построена структурная схема, которая представлена на рисунке 3 [3].

Устройство является автогенератором и его можно разделить на 3 составные части:

БП – Блок питания; АЭ – Активный элемент – радиолампы; ТТ – Резонансный трансформатор Теслы с катушкой ОС [3].

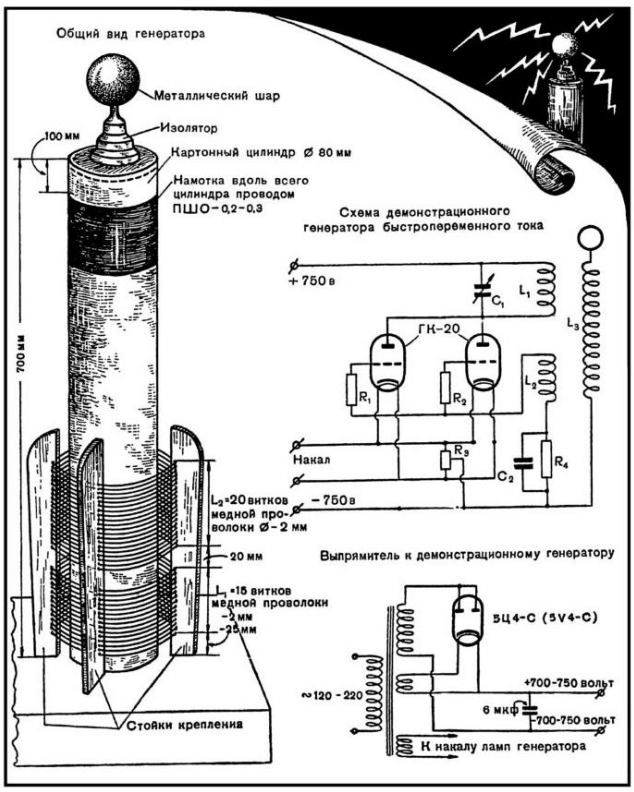



Рисунок 1 – Схема и конструкция трансформатора Теслы

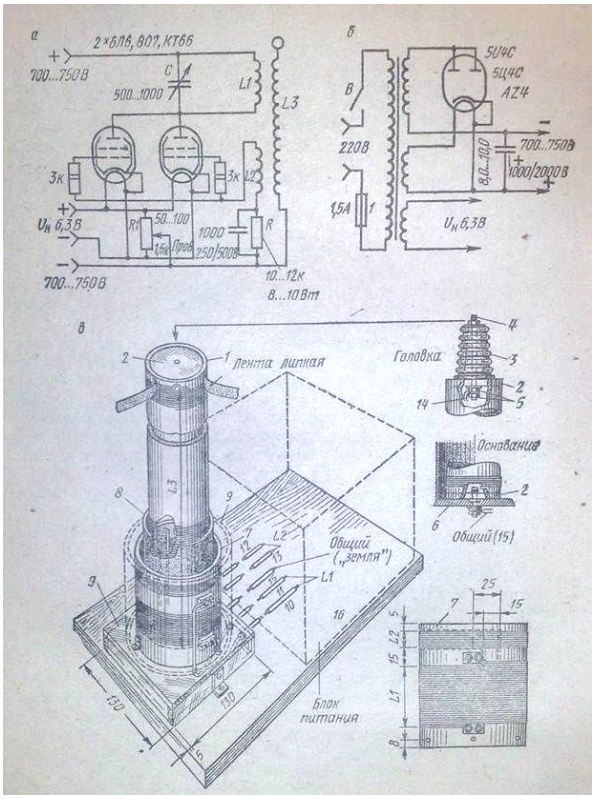



Рисунок 2 – Принципиальная схема ВЧ-генератора (трансформатора Теслы)

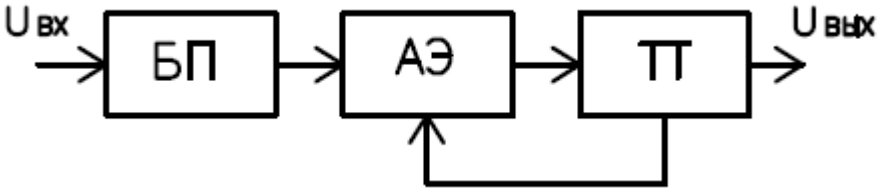
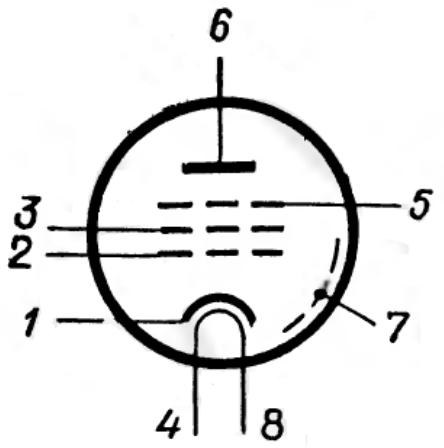



Рисунок 3 – Структурная схема ВЧ генератора

Входное напряжение от сети 220 В преобразуется в напряжение 900 В и выпрямляется полупроводниковыми диодами. С помощью активного элемента энергия подаётся на повышающий трансформатор Теслы состоящий из двух резонансных контуров. На выходе такого резонансного трансформатора получается переменное напряжение 60 кВ с частотой 600 кГц. В нашем случае к выходу подключается однопроводная линия и приёмник [3].

**Подбор радиолампы**

В результате испытания нескольких радиоламп, различающихся по мощности, был выбран пентод ГУ-50. Википедия говорит, что коэффициент полезного действия усилителя мощности на пентодах (около 35 %) существенно выше, чем у усилителя на триодах (15 % – 25 %). К сожалению КПД ламповых устройств, действительно мал. Рабочий анодный ток лампы ГУ-50 составляет всего 100 мА. Лампа предназначена для передачи радиосигналов и не предназначена для передачи электроэнергии [1].




1 – катод оксидный, косвенного накала;
4, 8 – подогреватель;
6 – анод; 7 – экран.
Рисунок 4 – Схема выводов радиолампы ГУ-50

**Выводы**

Лампы имеют следующие назначения: 2 – Сетка первая, управляющая — при изменении напряжения на которой можно регулировать силу анодного тока лампы. 3 – Сетка вторая, экранирующая — устраняет паразитную связь между управляющей сеткой лампы и анодом. Эту сетку соединяют с положительным полюсом источника анодного питания. Если вывод анода случайно отойдёт, то через эту сетку может потечь ток значительной силы, что приведёт к повреждению лампы. Для предотвращения этого явления последовательно с экранирующей сеткой включают резистор сопротивлением в несколько кОм. 5 – Сетка третья, антидинатронная – устраняет динатронный эффект, возникающий при ускорении электронов полем экранирующей сетки. Противодинатронную сетку соединяют с катодом лампы, иногда такое соединение сделано внутри баллона лампы [4].

Таблица 1 – Номинальные электрические данные

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Напряжение на аноде, В | 1000 |
| Напряжение сетки третьей, В (=) | 0 |
| ТНапряжение сетки второй, В | 300 |
| Напряжение смещения на первой сетке, В | -80 |
| Амплитуда напряжения возбуждения, В | 100 |
| Ток в цепи анода, мА | 120 |
| Ток в цепи второй сетки, мА | не более 10 |
| Крутизна характеристики, мА/В | 5 |
| Полезная колебательная мощность, Вт | 50 |
| Выходная мощность при напряжении накала 12.8 В, Вт | 60 |
| Допустимая мощность, рассеиваемая на аноде, Вт | 40 |
| Коэффициент усиления в триодной части: катод-первая сетка-вторая сетка | 5 |
| Эквивалентное сопротивление контура, Ом | 4750 |
| Предельная допустимая частота колебаний, МГц | 60 |

Таблица 2 – Рекомендуемый режим эксплуатации

| Параметр | Значение |
|---|---|
| Ток накала, А | 0,705±0,065 |
| Напряжение на аноде, В (=) | 800 |
| Ток анода, мА | 50 |
| Напряжение сетки третьей, В (=) | 0 |
| Напряжение сетки второй, В (=) | 250 |
| Напряжение сетки первой, В (=) | -40±10 |
| Ток сетки второй, мА | не более 5 |
| Ток сетки первой,мА | около 8 |
| Крутизна характеристики при токе анода 50 мА, мА/В | 4±1 |
| Выходная мощность, Вт | 60 |
| Выходная мощность при напряжении накала 12.8 В, Вт | 60 |
| Междуэлектродная емкость входная, пФ | 14±1 |
| Междуэлектродная емкость выходная, пФ | 9,15±115 |
| Междуэлектродная емкость проходная, пФ | 0,1 |
| Наименьшее время готовности, сек | 50 |

*Наибольшее напряжение анода 1 кВ, при анодной модуляции 3 кВ.

В режиме усиления мощности: ток в цепи анода 150 мА, напряжение смещения на первой сетке – (минус) 100 В, ток в цепи первой сетки 8 мА, амплитуда напряжения возбуждения 135 В, рабочая частота 66 МГц [4].

**Сборка и настройка катушки Теслы**

После настроек и пробных запусков принципиальная схема генератора приняла вид, представленный на рисунке 5. Схема работает следующим образом:

- Напряжение питания от сети 220 В, проходя через понижающий трансформатор Т1 (ТС-180), выпрямляется составным диодом VD1 и поступает в первичный колебательный контур L1C2. Использование двух трансформаторов вызвано необходимостью обеспечить оптимальное питающее напряжение радиолампы, которое находится в пределах 1000 В [3].

Через индуктивную связь первичный контур передаёт энергию во вторичный, где происходят такие же колебания и с такой же частотой. Катушки L1 и L3 образуют повышающий резонансный трансформатор Тесла (без сердечника). При совпадении частот контуров напряжение возрастает не только за счёт разности количества витков обмоток, а также за счёт возникающего резонанса. Во вторичном контуре накапливается большое количество энергии, которая разряжается в Землю в виде короны или длинных искр. В случае подключения к вторичному контуру линии передачи, энергия будет направляться к приемнику по одиночному проводнику [3].

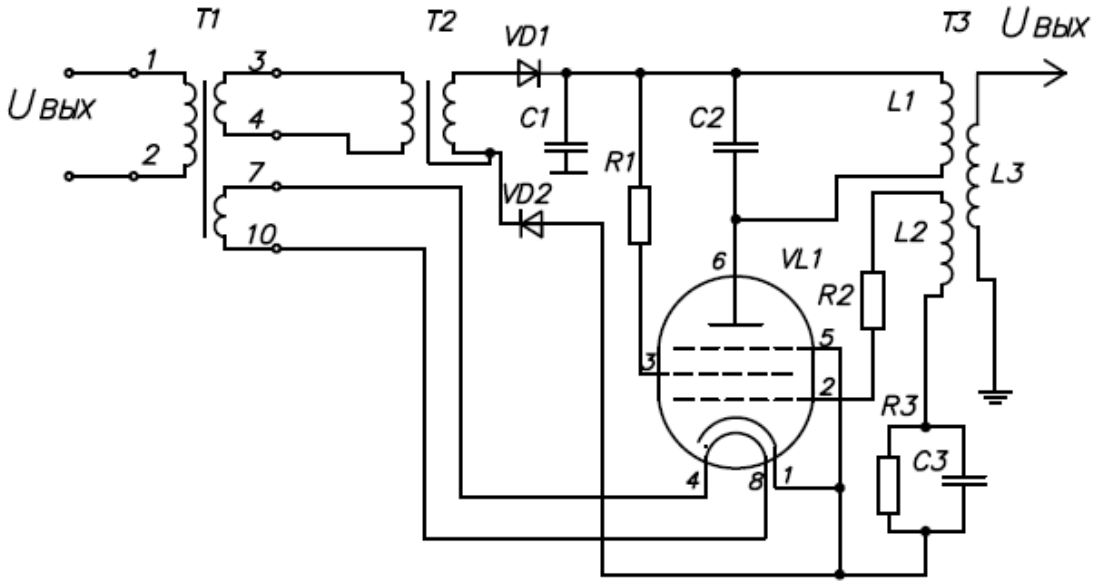



Рисунок 5 – Принципиальная электрическая схема ВЧ автогенератора с радиолампой ГУ-50

Обратная связь организована с помощью катушки L2, к нижнему выводу которой подключён гридлик (grid leak — утечка сетки) – цепь автоматического смещения, состоящая из параллельно соединённого конденсатора и резистора.

Работает ламповая катушка Теслы следующим образом:

Импульсы сеточного тока заряжают конденсатор С3, на нем устанавливается некоторое отрицательное напряжение, которое запирает лампу. При этом конденсатор тут же начинает разряжаться через резистор, устанавливая равновесие между током заряда конденсатора (импульсами сеточного тока) и током разряда через резистор. Резистор R3 может быть переменным, что позволит регулировать напряжение смещения. Мощность всех резисторов схемы не менее 5 Ватт. Конденсатор С1 служит для замыкания ВЧ токов, проникающих из колебательного контура [3].

Вторая сетка пентода ГУ-50 подключается к анодной цепи через резистор R1. Резистор рассчитан таким образом, чтобы напряжение на сетке составляло 250 В. Его значение 30-35 кОм. Питающее напряжение может быть разным, поэтому и номинал резистора будет меняться [3].

Выбор резистора R2 осуществлён опытным путём замера напряжения на первой сетке. Это напряжение не должно превышать 80-100 Вольт (см. таблицы 1 и 2) и зависит от числа витков обмотки ОС (L2), положения этой обмотки относительно L1 и L3 и величины резистора R2. 3,3 к оказалось оптимальным значением в данном случае [3].

Частота работы всего устройства зависит от ёмкости и собственной индуктивности катушки L3, длины подключенной линии или дополнительной сферической ёмкости (на рисунке 5 не показана). Она составляет 500-800 кГц при выходном напряжении 60 кВ. Однако, оптимальная работа однопроводной линии возможна при частоте до 150 кГц. Это определил сам Н. Тесла. При такой частоте линия не излучает радиоволны, и почти вся энергия передатчика доходит в приёмник. В нашем же случае будут потери на излучение [3].

Катушка L1 состоит из 27 витков. Провод обмотки Ø 1.4 мм в ПВХ изоляции. В разных режимах используется разное количество витков. Эта катушка подстраивает работу генератора в соответствии с вторичной обмоткой. Катушка L2 намотана на том же каркасе, что и L1 проводом Ø 0,35 мм, 18 витков. Диаметр каркаса 110 мм [3].

Катушка L3 намотана проводом 0,21 мм, 1000 витков «виток к витку» на каркасе Ø 50 мм. Собственная резонансная частота катушки 546 кГц [3].

Данный генератор строился довольно давно и в то время ещё не было сведений о том, как нужно правильно строить катушки для достижения наибольшего КПД [3].

Также на базе данной катушки Теслы реализовано подключение музыки через блютуз модуль, который формирует сигнал для модуляции на сетке лампы ГУ-50. Для этого между источником сигнала и управляющей сеткой устанавливается резистор, задающий необходимое смещение. Модуляционная схема должна обеспечивать амплитуду сигнала, соответствующую допустимому диапазону напряжений сетки лампы.

**Опыт 1. Демонстрация дугового разряда**

**Оборудование:** катушка Теслы, электод.

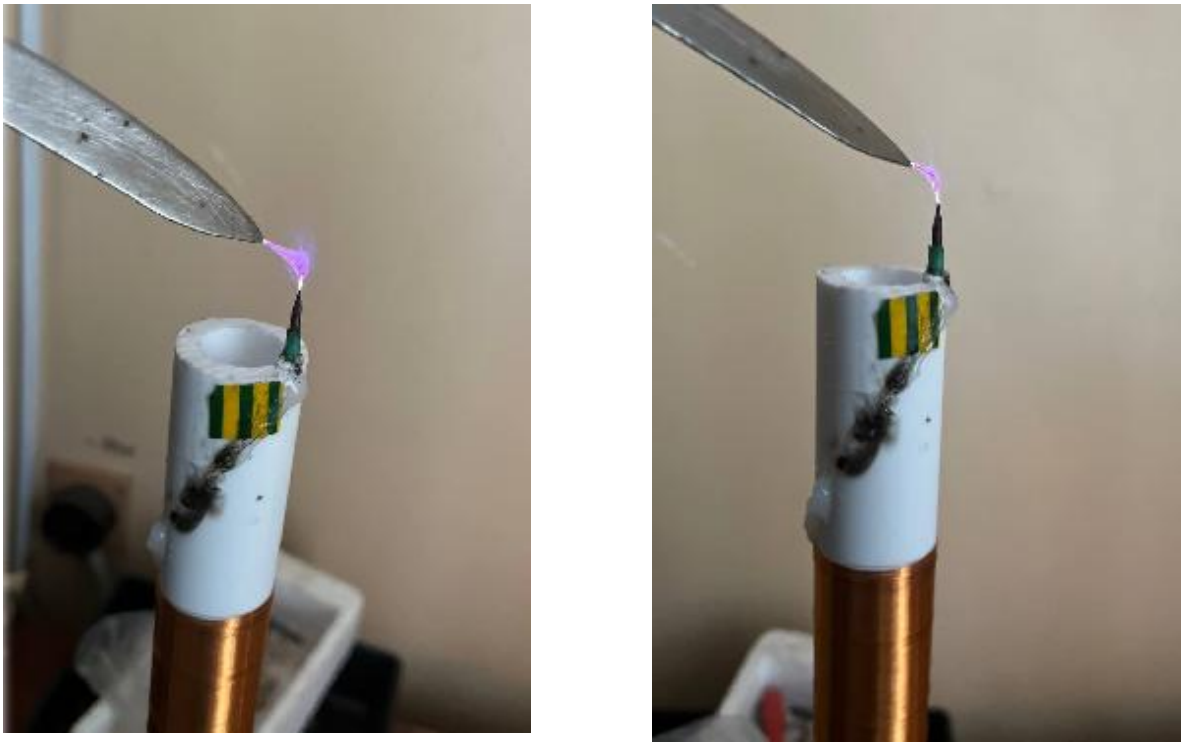


Рисунок 6 – Электрический разряд

При работе катушки начинает выходить разряд, который достигает в длину около 1,5…2 см.

Также были проведены опыты на катушке Теслы В.В. Шмигеля, д.т.н., профессора.

Рисунок 7 – Опыт на катушке Теслы

**Опыт 2. Свечение ламп дневного света (ЛДС)**

**Оборудование:** катушка Теслы, ЛДС.

При поднесении лампы к катушке, лампа начинает светиться.

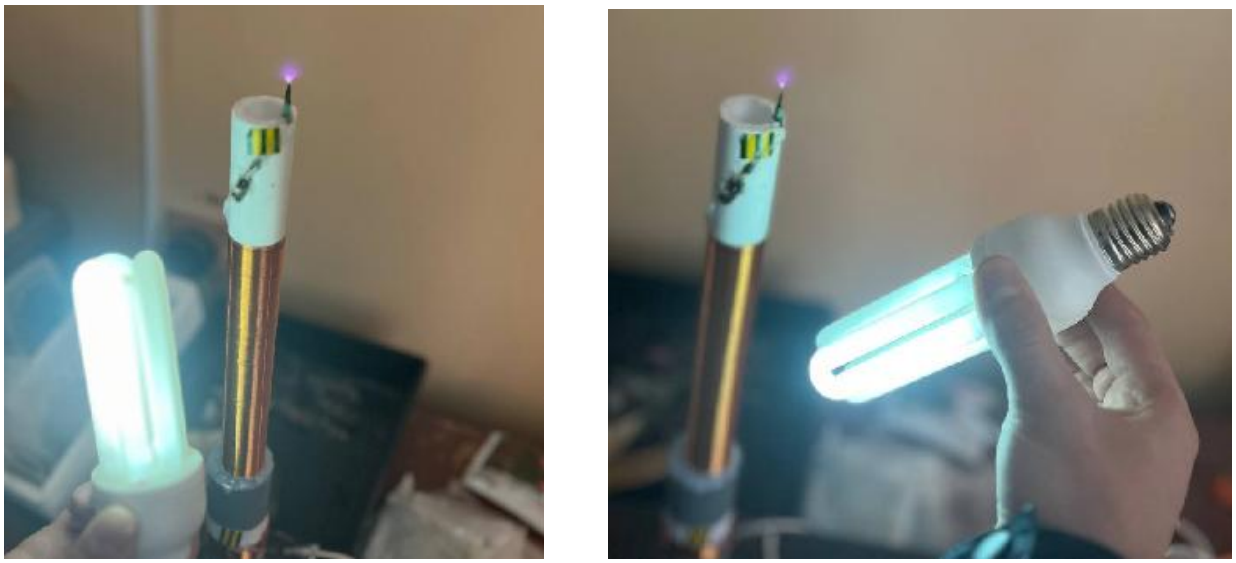


Рисунок 8 – Свечение ламп дневного света

**Выводы**

В ходе проведения научно-исследовательской работы была разработана и успешно протестирована ламповая катушка Теслы на основе радиолампы ГУ-50, продемонстрировавшая высокую эффективность в генерации высоковольтных импульсов.

Также были установлены оптимальные режимы работы лампы ГУ-50 в составе катушки Теслы, обеспечивающие стабильность и надёжность системы.

Проведённый анализ показал, что использование генераторной лампы ГУ-50 позволяет достигать значительных уровней выходной мощности и

напряжения, что делает данную конструкцию перспективной для применения в научных экспериментах и демонстрациях.

Список источников

1. Пятая научно-техническая конференция студентов и аспирантов МИРЭА - Российского технологического университета: Сборник трудов, 25-30 мая 2020 г : материалы конференции. Москва : РТУ МИРЭА, 2020. 1077 с.
2. Даминов, Р. В. Опыты с электричеством и магнетизмом / Р. В. Даминов. Казань : КФУ, 2016. 184 с.
3. https://technoattic.by/vttc-gu50/?ysclid=m6p7lvktzf819911466
4. https://ru.wikipedia.org/wiki/ГУ-50

Научная статья
УДК 621.311.6

## АВТОНОМНАЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УНИЧТОЖЕНИЯ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО РАЗРЯДА И МЕХАНИЗМА ОБРАТНОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ТОКА

***К.т.н., доцент А.С. Угловский;***
***старший преподаватель Н.Ю. Семеренко***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. Данная статья описывает разработку и тестирование автономной роботизированной системы, предназначенной для борьбы с сорными растениями с использованием высоковольтного разряда. Принцип функционирования системы заключается в том, что при соприкосновении высоковольтного электрода с сорным растением наблюдается увеличение тока. По завершении процесса ток заметно снижается. Исследования показали, что предложенная схема управления значительно увеличивает эффективность робототехнических систем, обеспечивая их высокую точность и надежность в автоматизации агрономических процессов.

Ключевые слова: уничтожение сорных растений, высоковольтный разряд, механизм обратной связи, багги, автономная платформа

## AUTONOMOUS ROBOTIC SYSTEM FOR WEED CONTROL USING HIGH-VOLTAGE DISCHARGE AND A FEEDBACK MECHANISM BASED ON A CURRENT SENSOR

***Candidate of Technical Sciences, Docent A.S. Uglovskiy;***
***Senior Lecturer N.Yu. Semerenko***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. This article describes the development and testing of an autonomous robotic system designed for weed control using high-voltage discharge. The operating

principle of the system is that when the high-voltage electrode comes into contact with the weed, an increase in current is observed. Once the process is complete, the current decreases significantly. Research has shown that the proposed control circuit significantly increases the efficiency of robotic systems, ensuring their high accuracy and reliability in the automation of agronomic processes.

Keywords: weed control, high-voltage discharge, feedback mechanism, buggy, autonomous platform

## Введение

Борьба с сорными растениями представляет собой важнейшую задачу в аграрном секторе. Традиционные методы, такие как использование гербицидов и механическая прополка, имеют свои недостатки: они могут негативно влиять на окружающую среду, требуют больших временных затрат и не всегда эффективны против всех сорных растений.

С каждым годом повышается интерес к инновационным решениям, таким как применение электрического тока в борьбе с сорняками. Электрический метод уничтожения сорных растений предлагает экологически чистую и безопасную альтернативу. Сегодня электрическая энергия активно используется в различных отраслях, и идея ее применения для уничтожения сорняков обсуждается уже несколько десятилетий. Некоторые исследователи рассматривают этот подход как идеальный и безвредный способ борьбы с нежелательной растительностью. Высоковольтный ток воздействует на корни растений, значительно ограничивая возможность их повторного роста, при этом не загрязняя почву и пищевые цепочки.

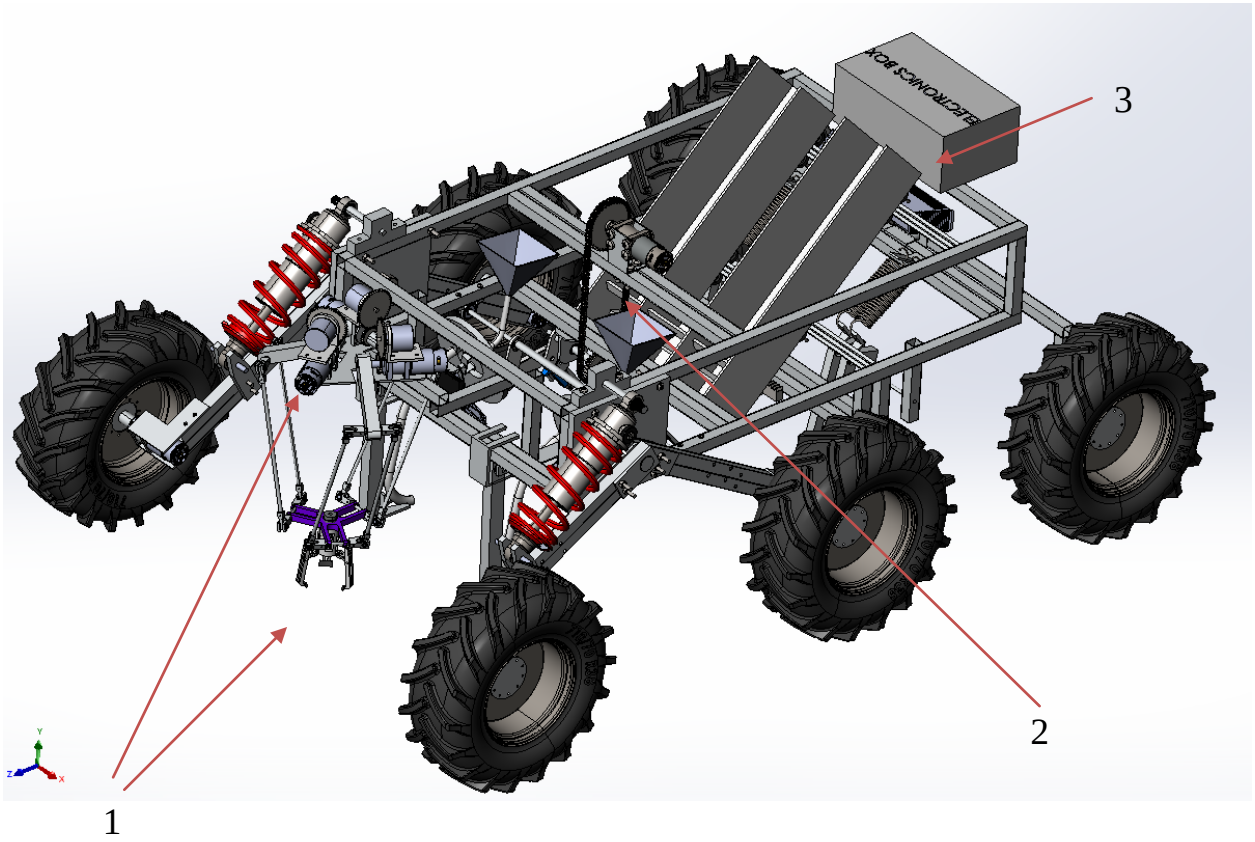
В ряде исследований иллюстрировалось успешное применение электрической энергии для уничтожения сорняков. Например, в одном из первых экспериментов использовались высоковольтные разряды (от 2 до 30 кВ) для борьбы с сорными растениями. Результаты показали, что более высокое напряжение приводит к большей интенсивности и скорости уничтожения. Это подтверждает, что электрический метод является быстрым и эффективным средством, которое может составить конкуренцию химическим методам.

Целью данного исследования является создание автоматизированной системы с механизмом обратной связи, основанным на мониторинге потребляемого электрического тока, для точечного уничтожения сорных растений в агрономической практике.

## Материалы и методы исследований

В данном исследовании была разработана автоматизированная система уничтожения сорных растений, включающая в себя мобильную платформу, высоковольтный источник, манипулятор и систему управления.

Конструкция мобильного робота спроектирована с использованием шестиколесного привода и подвески типа «Багги» (рисунок 1). Такая конструкция обеспечивает высокую проходимость и устойчивость на неровных поверхностях.




1 – манипулятор с электродвигателями, 2 – электропривод механизма подачи семян, 3 – блок системы управления

Рисунок 1 – Схема мобильной платформы робота

Приведем основные элементы конструкции. В нее входят:

1) Электропривод. Шесть электромоторов постоянного тока, расположенные на колесах, обеспечивают движение робота. Три серводвигателя обеспечивают позиционирование манипулятора. Два электропривода механизма подачи семян и посадки саженцев.

2) Колеса. Шесть колес с глубоким протектором для лучшего сцепления с грунтом.

3) Подвеска «Багги» – система подвески, позволяющая колесам независимо качаться, улучшая проходимость по неровным поверхностям.

4) Амортизаторы. Установлены на передних колесах для смягчения ударов и вибраций при движении по неровностям.

5) Блок системы управления, позволяющий выполнять все операции мобильного робота.

**Система управления электроприводами мобильного робота**

Управление мобильным роботом осуществляет плата Raspberry Pi, которая обеспечивает следующие функции [1-4]:

1) Сбор данных с датчиков: Raspberry Pi получает информацию от датчика тока, видеокамеры, обнаруживающей сорные растения.

2) Raspberry Pi анализирует полученные данные и принимает решения о действиях робота.

3) Raspberry Pi отправляет управляющие сигналы к электроприводам, отвечающим за движение колес, перемещение манипулятора и подачу высоковольтного напряжения.

**Характеристики электроприводов**

Двигатели колес: Тип: Электромоторы постоянного тока, Напряжение: 12 В, Мощность: ~100 Вт, Момент вращения: ~0,5 Н·м, Скорость вращения: ~1000 об/мин. Сервоприводы дельта-робота: Тип: Сервоприводы, обеспечивающие вращение на 180 градусов, Мощность: ~10 Вт, Скорость: ~0,5 об/с, Момент вращения: ~0,1 Н·м.

Электрическая схема (рисунок 2) представляет собой драйвер для управления четырьмя серводвигателями манипулятора и устройством посадки саженцев.

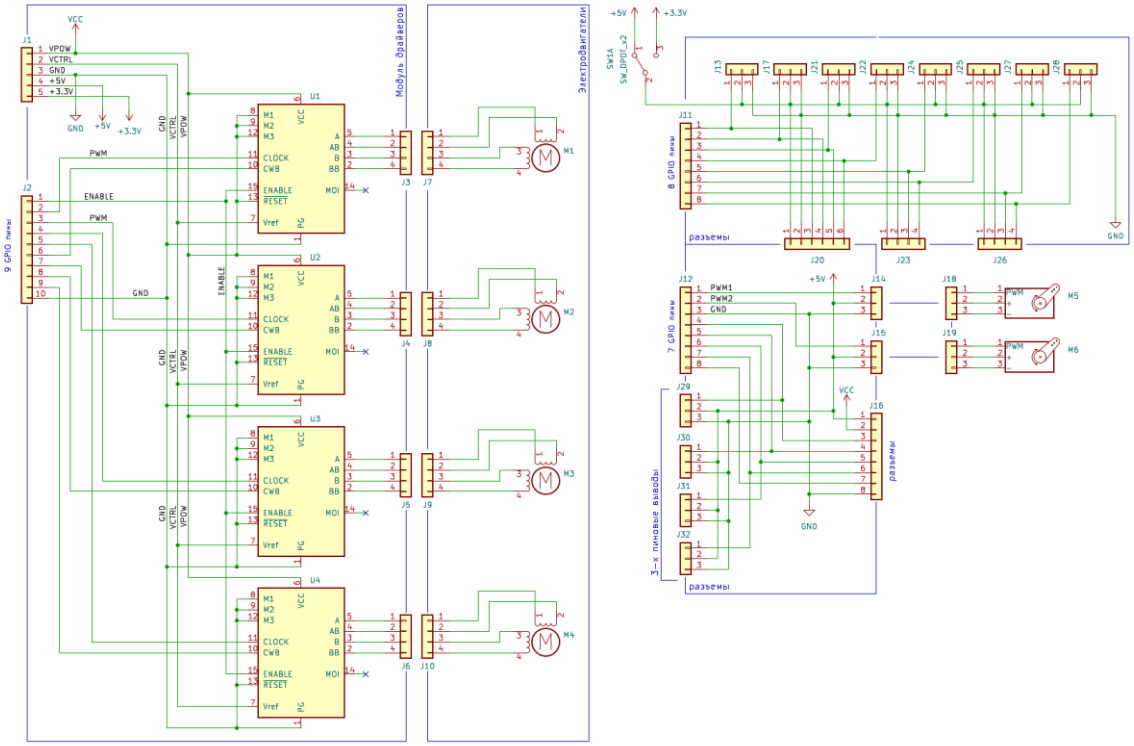


Рисунок 2 – Электрическая схема драйверов для управления серводвигателями манипулятора (M1-M3), устройством посадки саженцев (M4) и позиционированием видеокамеры (M5-M6)

На схеме показаны четыре драйвера STK672-080-E (U1 - U4), которые отвечают за управление двигателями. Разъем J2 имеет 10 контактов, 9 из которых GPIO (общий контакт - GND), которые используются для управления двигателем.

Сигналы управления двигателями передаются на контроллер через контакты 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 и 15. Сигнал «Enable», который отвечает за включение и выключение двигателя, передается на общий контакт 1.

Драйвер требует два различных источника питания: контрольное напряжение 5 В и рабочее напряжение в диапазоне от 12 до 48 В.

Контроллер является основной частью системы, отвечающей за точные движения механизмов мобильного робота.

Используя сигналы от разъемов (например, J3, J4 и т.д.), драйвер STK672-080-E управляет несколькими шаговыми моторами (M1, M2 и т.д.). В зависимости от выбранного метода возбуждения и сигнала CLK, драйвер обеспечивает плавный ход и необходимую скорость для всех моторов. В зависимости от состояния пинов M1, M2 и M3 можно переключать методы управления моторами, что позволяет адаптировать систему под текущие задачи (движение, удержание, ускорение и замедление).

Предложенная схема может быть применима для колесных пар мобильного робота и устройством подачи семян.

Механизм уничтожения сорных растений включает в себя следующие компоненты:

1) Высоковольтный источник преобразующий 24 В постоянного тока от аккумуляторов в 15 кВ переменный ток. Для этого используется высоковольтный преобразователь на основе импульсного трансформатора, управляемый Raspberry Pi.

2) Система позиционирования. Дельта-робот, состоящий из трех сервоприводов, обеспечивает точное позиционирование манипулятора для контакта с сорным растением.

3) Манипулятор. Дельта-робот оснащен 3D-печатным захватом с винтовым механизмом и тремя пальцами, который захватывает сорное растение.

4) Электроды. На манипуляторе расположены электроды, которые подают высоковольтный разряд на сорное растение.

Механизм обратной связи в данной системе основан на измерении потребляемого тока от высоковольтного источника (рисунок 3). Данный механизм включает в себя:

1) Датчик тока ACS712 измеряет ток, проходящий через электроды.

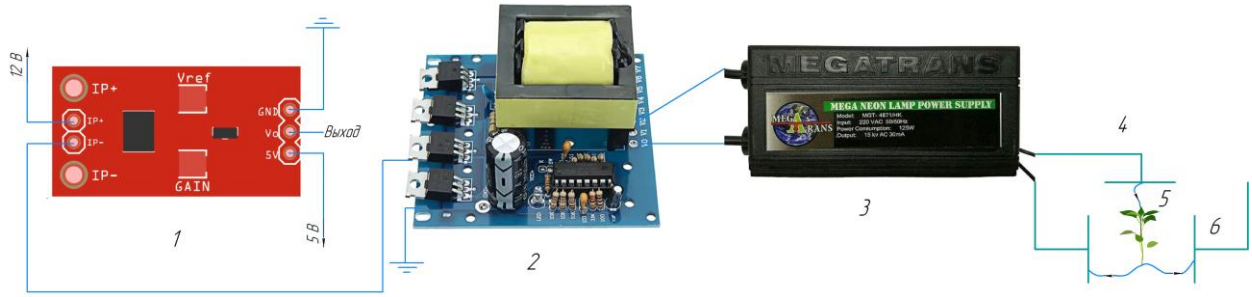
2) Raspberry Pi анализирует данные с датчика тока, определяет момент контакта электродов с сорным растением (значительное увеличение тока) и момент уничтожения сорного растения (уменьшение тока).

3) На основе полученной информации Raspberry Pi управляет работой электроприводов, чтобы переместить манипулятор к следующему сорному растению или, если сорное растение не было уничтожено за отведенное время, перейти к другому.

Модуль повышения напряжения 200 В (2) преобразует 12 В постоянного тока в 200 В переменного тока, повышающий трансформатор (3) увеличивает это напряжение до 15 кВ переменного тока.

Высоковольтный электрод (4) подключен к выходу трансформатора подает высокое напряжение на сорное растение (5). Второй электрод – электрод заземления (6) – обеспечивает замыкание электрической цепи через почву.

Когда высоковольтный электрод касается сорного растения, через него начинает протекать электрический ток, величина которого измеряется датчиком тока (1). Ток зависит от сопротивлений сорного растения, почвы и воздуха.




1 – датчик электрического тока; 2 – модуль повышения напряжения 200 В; 3 – повышающий трансформатор 15 кВ; 4 – высоковольтный электрод; 5 – сорное растение; 6 – заземляющий электрод.

Рисунок 3 – Основная схема высоковольтного источника с механизмом обратной связи

Манипулятор состоит из двух электродов, закрепленных на конце дельта-робота (рисунок 4). Один электрод используется для механического удаления сорных растений, а второй – для электрического разряда.

При приложении высокой электрической энергии почва и воздух, благодаря высокой электрической прочности, остаются невредимыми, но куст сорного растения, из-за ограниченной электрической прочности, нагревается, что приводит к испарению биомассы и разрушению ткани сорного растения. В конечном итоге внутренняя структура куста сорного растения разрушается и выходит из цепи, и электрический ток в датчике снижается до незначительного значения.

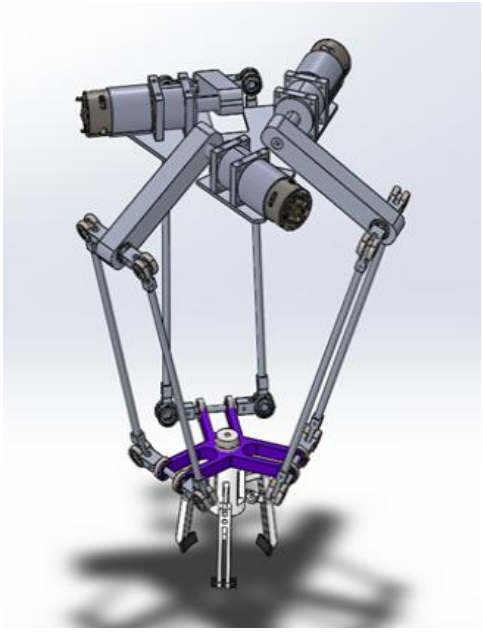


Рисунок 4 – Схема манипулятора робота

Система управления основана на микроконтроллере, который получает данные от датчика тока и управляет работой высоковольтного источника и манипулятора. Используется датчик тока ACS712, измеряющий потребляемый электрический ток. Механизм обратной связи основан на мониторинге потребляемого электрического тока. При контакте электрода с сорным

растением ток резко возрастает, а после уничтожения сорного растения ток снижается. Это решение позволяет системе определить, какие кусты были уничтожены, и оптимизировать работу платформы.

## Результаты

Для оценки эффективности системы с обратной связью по сравнению с системой без обратной связи было проведено сравнительное исследование. Результаты, представленные в таблицах 1 и 2, показывают, что система с обратной связью (20,5 ± 1,15 кустов) значительно эффективнее системы без обратной связи (19,0 ± 1,20 кустов) в уничтожении сорных растений ($p<0,05$, $t(8)=3,86$). Сорные растения выбирались по размеру.

Таблица 1 – Сравнение эффективности уничтожения сорных растений в режимах работы с обратной связью и без нее

| № | Количество уничтоженных сорных растений | |
|---|---|---|
| | Состояние с обратной связью | Состояние без обратной связи |
| 1 | 27 | 19 |
| 2 | 24 | 23 |
| 3 | 23 | 17 |
| 4 | 28 | 18 |
| 5 | 24 | 21 |

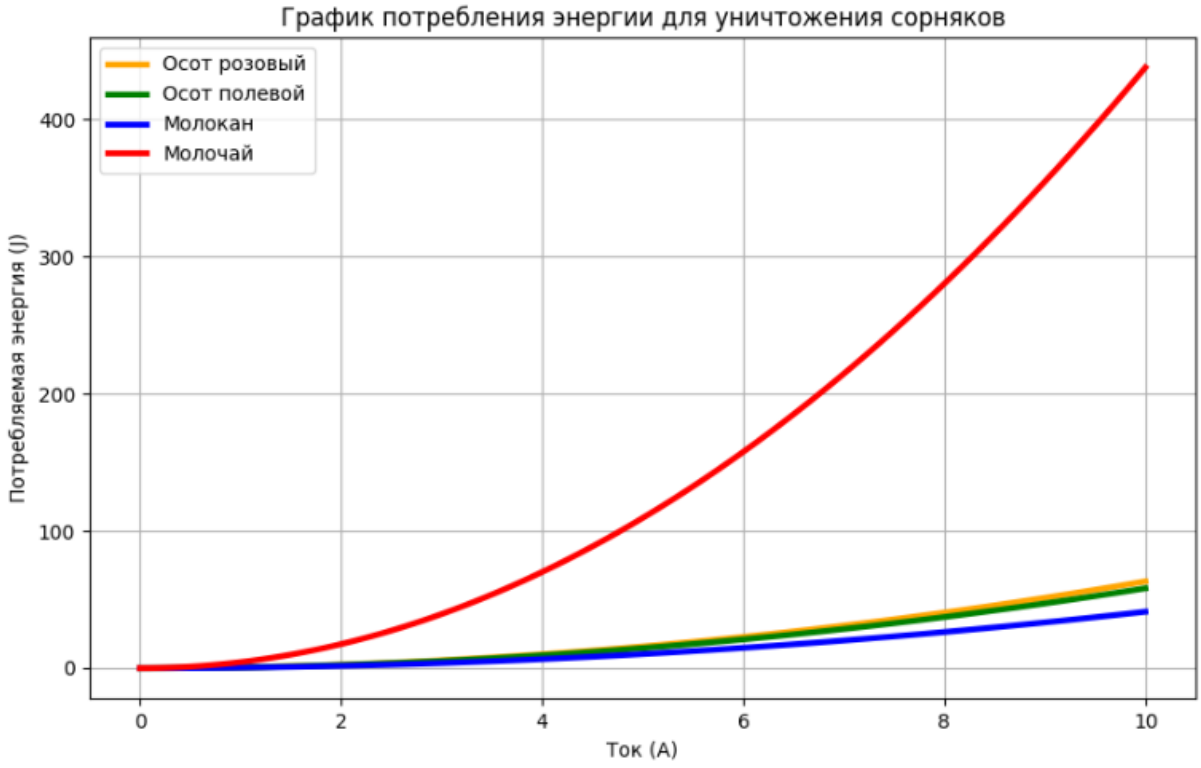



Рисунок 5 – График расхода энергии на уничтожение сорных растений с механизмом обратной связи

Таблица 2 – Сравнение режимов работы системы уничтожения сорных растений с механизмом обратной связи

| Параметры | Без обратной связи | С обратной связью |
|---|---|---|
| Среднее значение | 19,6 | 25,2 |
| Стандартное отклонение (SD) | 2,41 | 2,17 |
| t-критерий Стьюдента (t) | 3,86 | - |
| Степени свободы (df) | 8 | - |
| Достигнутый уровень значимости (Sig (2-tailed)) | 0,005 | - |

В таблице 2 среднее значение для режима работы без обратной связи составляет 19,6, что значительно ниже среднего значения с обратной связью (25,2). Это свидетельствует о том, что механизм обратной связи позволяет более точно настраивать параметры в системе управления.

Меньшее стандартное отклонение в системе с обратной связью (2,17) указывает на более стабильные и предсказуемые результаты по сравнению с системой без обратной связи (2,41).

Значение t (3,86) указывает на статистически значимую разницу между двумя режимами, что подтверждается низким уровнем значимости (0,005) - указывает на то, что разница между двумя группами статистически значима. То есть, вероятность того, что наблюдаемая разница произошла случайно, очень мала.

Значение степени свободы, равное 8, говорит о том, что в анализе используется 9 наблюдений (10-1), что также подтверждает корректность расчетов.

## Выводы

Сравнительный анализ, проведенный в таблице 1, показал, что система с механизмом обратной связи значительно превосходит систему без него, уничтожая в среднем 27 кустов сорных растений против 20. Статистический анализ подтвердил значимость этих различий ($p<0,05$), что указывает на положительное влияние обратной связи на эффективность системы.

Также была проведена оценка различных методов борьбы с сорными растениями. Высоковольтные системы, особенно с обратной связью, оказались единственными, которые не имели побочных эффектов и демонстрировали высокую эффективность в работе.

Таким образом, полученные результаты открывают новые возможности для автоматизации борьбы с сорными растениями и подчеркивают необходимость дальнейших исследований в этой области для оптимизации системы и её применения в реальных агрономических практиках.

Список источников

1. Угловский, А. С. Классификация болезней растений с использованием алгоритма глубокого обучения / А. С. Угловский, Н. Ю. Семеренко // Автоматизация. Современные технологии. – 2024. – Т. 78, № 8. – С. 343–349.

2. Угловский, А. С. Компьютерное моделирование системы управления четырёхколёсным мобильным роботом в пакете Simulink / А. С. Угловский, Н. Ю. Семеренко // Вестник АПК Верхневолжья. – 2024. – № 1(65). – С. 128–135.
3. Угловский, А. С. Система управления движением мобильного робота / А. С. Угловский // Вестник АПК Верхневолжья. – 2024. – № 2(66). – С. 98–108.
4. Угловский, А. С. Моделирование работы мобильного робота для обоснования его функциональных параметров и алгоритма управления / А. С. Угловский, Н. Ю. Семеренко // АгроЭкоИнженерия. – 2023. – № 4(117). – С. 57–72.
5. Юдаев И.В. Электроимпульсная энергосберегающая технология борьбы с сорной растительностью: автореферат докт. техн. наук. – М., 2012. – 36 с.
6. Топорков, В.Н. Энергоэффективные электроимпульсные технологии в агротехнологических системах / В.Н. Топорков, В.А. Королев // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – № 2 (31). – С. 85–89.
7. Юдаев, И. В. Энергетическая оценка технологии электроимпульсного уничтожения сорных растений / И. В. Юдаев, В. С. Шкрабак // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2013. – № 33. – С. 243–246.
8. Akiyama, H. Streamer discharges in liquids and their applications / H. Akiyama // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. – 2000. – Vol. 7. – No 5. –P. 646–653.
9. Sun A.B., Teunissen J., and Ebert U. ‘The inception of pulsed discharges in air: simulations in background fields above and below breakdown’, J. Phys. D, Appl. Phys., 2014, 47, p. 445205 (10.1088/0022–3727/47/44/445205)
10. Influence of Factors Determining Weeds' Plant Tissuereaction to the Electric Pulse Damage Impact / I. V. Yudaev, Yu. V. Daus, V. A. Panchenko, V. E. Bolshev // Agriculture. – 2023. – Vol. 13, No. 5. – P. 1099.

Научная статья
УДК 656.02

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ

***К.т.н., доцент Е.Ю. Франтова; к.т.н., доцент И.М. Соцкая***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. В статье рассматриваются и анализируются возможности совершенствования управления материальными потоками, внедрение специализированных информационных систем, таких, как система планирования потребности в материалах или система планирования и управления материалами, трекинг – это возможность отслеживать местоположение конкретных объектов и контролировать их перемещение в реальном времени. Мониторинг осуществляется при помощи аппаратного и программного обеспечения, которое предоставляет информацию об

отслеживаемых предметах с акцентом на их физическом положении. Использование блокчейна в логистике сделает все процессы быстрыми, прозрачными и безопасными.

Ключевые слова: транспорт, груз, перевозка, поток, логистика, система «Канбан», процесс, цикл, трекинг, блокчейн, компания, предприятие

## IMPROVING THE MONITORING SYSTEM FOR MATERIAL FLOW MANAGEMENT

***Candidate of Technical Sciences, Docent E.Yu. Frantova;***
***Candidate of Technical Sciences, Docent I.M. Sotskaya***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. The article examines and analyzes the possibilities of improving the management of material flows, the implementation of specialized information systems, such as a material requirements planning system or a material planning and management system, tracking is the ability to track the location of specific objects and control their movement in real time. Monitoring is carried out using hardware and software that provides information about the tracked items with an emphasis on their physical location. The use of blockchain in logistics will make all processes fast, transparent and secure.

Keywords: transport, cargo, transportation, flow, logistics, «Kanban» system, process, cycle, tracking, blockchain, company, enterprise

Цель исследования – рассмотреть и проанализировать возможности совершенствования управления материальными потоками за счет внедрения специализированных информационных систем, таких, как система планирования потребности в материалах или система планирования и управления материалами, трекинга – возможности отслеживать местоположение конкретных объектов и контролировать их перемещение в реальном времени. Мониторинг осуществляется при помощи аппаратного и программного обеспечения, которое предоставляет информацию об отслеживаемых предметах с акцентом на их физическом положении. Использование блокчейна – цепочки блоков в логистике – сделает все процессы быстрыми, прозрачными и безопасными.

Технология представляет общедоступную и неизменяемую учетную книгу, которая сохраняет всю информацию о клиентах, товарах и заказчиках.

### Задачи

– рассмотреть возможности совершенствования управления материальными потоками;

– совершенствование системы формирования и установления всех необходимых пространственно-временных связей между участвующими в товаропотоке;

– установить способы ускорения движения материальных потоков за счет внедрения специализированных информационных систем;

– проанализировать новые технологии с введением трекинга и блокчейна в транспортный процесс.

## Методы исследования

Анализ информации и рекомендации по совершенствованию организации управления материальными потоками.

В экономической жизни страны отношения, связанные с деятельностью транспорта, имеют ключевое значение. Транспорт является интегрирующим звеном экономики, тем межотраслевым комплексом, который охватывает все виды общественного производства, распределения и обмена. Система управления материальными потоками создается с целью обеспечения более рационального управления имуществом, снижения затрат деятельности предприятия, ведение бизнеса без посредников, сокращения транспортных расходов.

В последние годы шел активный процесс реформирования железнодорожной отрасли. На третьем его этапе созданы Федеральная пассажирская компания и Вторая грузовая компания, а также выделены такие функциональные вертикали, как дирекция сбыта, дирекция управления движением, дирекция тяги, дирекция по ремонту подвижного состава, дирекция инфраструктуры и др.

Правительством одобрена целевая модель рынка грузовых железнодорожных перевозок, определяющая перспективы преобразований в сегменте грузовых перевозок.

Целевая модель рынка фиксирует стратегические задачи, приоритеты и направления развития сегмента, основные аспекты государственной политики в отношении грузовых перевозок (степень государственной поддержки, объемы и инструменты государственного регулирования, включая тарифное регулирование), структуру рынка и принципы взаимодействия его участников, а также критерии и ориентиры совершенствования нормативной правовой базы деятельности железнодорожного транспорта.

Материальный поток в виде сырья, материалов, полуфабрикатов, готовой продукции является объектом рынка для логистики, связывающей производство и потребление товарных ресурсов.

Основным критерием эффективности применения логистики следует считать минимизацию цены реализации товара на рынке, обусловленную снижением транспортных расходов.

Основными прогнозными показателями для железнодорожного транспорта являются объем перевозок грузов, грузооборот, а также средняя дальность перевозок.

В настоящее время прогнозирование рациональнее всего осуществлять на основе прогнозов развития грузообразующих отраслей экономики, а также динамики валового внутреннего продукта.

Наиболее точным представляется макроэкономическое прогнозирование перевозок грузов с учетом изучения динамики валового внутреннего продукта [1].

Современные реалии настойчиво требуют смены подхода к управлению производством. Возникают новые динамичные отношения между производителем и потребителем продукции, становится актуальным вопрос продвижения сырья на всех стадиях производства, начиная от закупки и заканчивая сбытом готовой продукции. В подобных условиях от производителя требуется высокая степень готовности к изменениям. При этом необходимо сохранять требуемое качество продукции и учитывать требования рынка, прогнозировать их тенденции.

Для совершенствования работы производства необходимо осуществлять непрерывный контроль деятельности всех его функциональных подразделений. Особенно важно контролировать аспекты, касающиеся обеспечения производства материальными, трудовыми, информационными и финансовыми ресурсами [2].

Путь материального потока проходит все производственные звенья предприятия, начиная от начальных источников сырья и заканчивая уже конечным потребителем готовой продукции. Комплексное управление всем этим потоком называется производственной логистикой.

Основными задачами производственной логистики являются:

– своевременное обеспечение производства всем необходимым для организации бесперебойного производства (сырьем, комплектующим и т.д.);

– максимальное сокращение цикла производства продукции;

– оптимизация логистических затрат и, соответственно, снижение общих производственных затрат.

Функции материального потока в логистике. Для управления материальными потоками в логистике выполняются эти функции:

– координируются действия всех участников логистической цепочки;

– организовываются движение потока на производстве;

– планируются материальные потоки;

– контролируется весь товаропоток в рамках предприятия;

– регулируется ход всех выполняемых работ.

Задача координации действий – это формирование и доведение до каждого внутреннего подразделения предприятия поставленных задач по управлению материальным потоком. Эти задачи вытекают из общих целей компании. Соответственно, этим достигается взаимодействие всех участников логистической цепочки предприятия.

Организация движения материального потока – формирование и установление всех необходимых пространственно-временных связей между участвующими в товаропотоке, создает целостную систему управления логистикой в компании.

Планирование заключается в разработке прогнозов, и, естественно, конкретных и детализированных планов.

Контроль – постоянное наблюдение при помощи установленных индикаторов за движением потока. Если возникают какие-либо отклонения, они регулируются при помощи регулирующих воздействий.

Звенья логистической цепочки предприятия могут быть различных размеров, соответственно они могут подразделяться на разные уровни:

– Материальный поток первого порядка – самый верхний уровень – включает в себя товаропоток между компанией и ее поставщиками и клиентами.

– Второго порядка – включает в себя товаропоток уже на территории самой компании между ее цехами.

– Третьего порядка – обеспечивает товаропоток внутри одного цеха, между его участками.

Четвертого порядка – уже уровень одного рабочего места.

Системы материального потока являются частью рабочих систем, в соответствии с чем описываются аналогично рабочим системам с помощью семи понятий, какими являются: рабочее задание, рабочий процесс, вход, выход, человек, средство производства или труда, а также влияние окружающей среды.

Процессы, связанные с материальным потоком, включают следующие виды рабочего процесса:

– транспортировка;

– манипулирование;

– складирование.

**Средства производства**

Соответствующими средствами производства являются:

– транспортные средства или средства транспортировки

– приспособления для манипулирования;

– средства складирования.

Организация материального потока (рисунок 1). Если транспортные средства и приспособления для манипулирования в значительной мере автоматизированы, так что материальный поток в логистике протекает самостоятельно, то в соответствии с основной целью использования говорят о: транспортных системах или системах транспортировки системах манипулирования и системах складирования. Предпосылку для автоматизации процессов образует непосредственная связь между организацией потока информации и материального потока. При введении сквозной логистики на предприятии весь материальный поток включается в систему согласованности с внешними партнерами по логистике и согласованным с этой информацией, что решающим образом способствует ориентации на процесс. Сложные потоки зачастую затрудняют работу людей и использование средств производства. Кроме того, большая общая продолжительность процесса изготовления является соответственно и причиной высокой степени связанности капитала. Таким образом, большие резервы экономии затрат кроются в первую очередь в сфере складирования и хранения, а также при транспортировке.

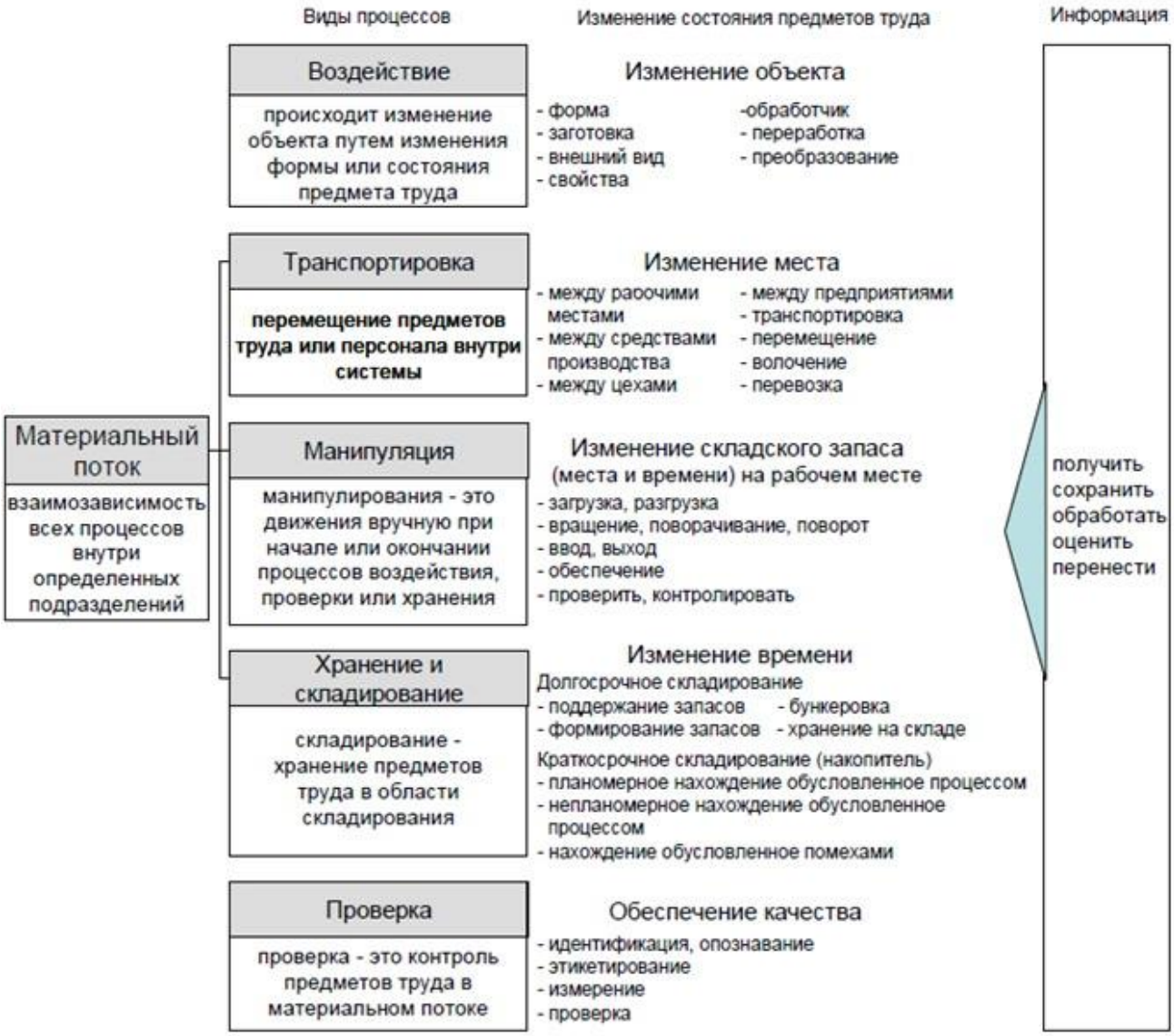



Рисунок 1 – Схема материального потока

В отношении материального потока в условиях возрастающего многообразия продуктов, характерными являются следующие тенденции:

– На первое место выступает будущий процесс переосмысления, который должен привести к уменьшению процессов, связанных с материальным потоком, и устранить связанные с ним затраты, например в конструкторских бюро (на изготовление автомобиля весом в 1 тонну требуется 23 тонны материала) или в сфере проектирования технологических процессов производства.

– В сферах, где осуществляется материальный поток, возрастает использование комплексных систем.

– Техника манипулирования в значительной степени требует решений, связанных с техникой транспортировки и складирования.

– Возрастает использование стабильных или мобильных роботов с системами смены захватывающих движений или с гибкими захватывающими устройствами, снабженными сенсорами.

– Технология «точно в срок», т.е. все в большей мере применяется технология производства при малых запасах.

Отсюда в отношении планирования и организации систем материального потока вытекают следующие цели:

– ускорение общего прохождения предметов труда благодаря значительному сокращению процессов и времени складирования, транспортировки, а также проверки;

– оптимальное использование существующей системы;

– снижение себестоимости при одновременном повышении качества товаров;

– улучшение производительности с учетом условий труда, отвечающих интересам человека.

Признаки классификации (рисунок 2).


Рисунок 2 – Признаки классификации [3]

В современных условиях можно выделить три направления совершенствования системы управления материальными потоками на предприятии.

Первое – усиление взаимодействия различных функциональных звеньев за счет улучшения использования экономических механизмов.

Второе – достижение необходимого уровня координации через организационные преобразования в структуре управления предприятием.

Третье – совершенствование управления материальными потоками на основе использования ЭВМ и специализированных информационных систем, таких, как система планирования потребности в материалах или система планирования и управления материалами [4].

Логистический подход к управлению материальными потоками на предприятии позволяет максимально оптимизировать выполнение комплекса логистических операций.

Совокупный эффект от применения логистического подхода к управлению материальным потоком на предприятии складывается из следующих элементов:

во-первых, производство ориентировано на рынок, становится возможным эффективный переход на малосерийное и индивидуальное производство;

во-вторых, налаживаются партнерские отношения с поставщиками;

в-третьих, сокращаются простои оборудования (так как на рабочих местах постоянно имеются необходимые для работы материалы);

в-четвертых, оптимизируются запасы – одна из центральных проблем логистики. Анализ опыта ряда фирм Западной Европы, использующих современные логистические методы организаций производства (систему «Канбан»), показывает, что применение логистики позволяет уменьшить производственные запасы на 50%;

в-пятых, сокращается численность вспомогательных рабочих (чем меньше уровень системности, тем неопределеннее трудовой процесс и тем выше потребность во вспомогательном персонале для выполнения пиковых объемов работ);

в-шестых, улучшается качество выпускаемой продукции;

в-седьмых, снижаются потери материалов (любые логистические операции – это потенциальные потери, а оптимизация логистических операций – сокращение потерь);

в-восьмых, улучшается использование производственных и складских площадей (неопределенность потоковых процессов заставляет резервировать большие добавочные площади);

в-девятых, снижается травматизм (логистический подход предусматривает систему безопасности труда) [5].

Трекинг активов – это возможность отслеживать местоположение конкретных объектов и контролировать их перемещение в реальном времени. Мониторинг осуществляется при помощи аппаратного и программного обеспечения, которое предоставляет информацию об отслеживаемых предметах с акцентом на их физическом положении.

Основная цель внедрения трекинга заключается в повышении эффективности управления запасами, логистикой и цепочками поставок, но в действительности возможности системы выходят далеко за пределы указанных задач. Помимо непосредственно отслеживания, технология позволяет:

– контролировать приход и расход товаров, оборудования и других предметов;

– соблюдать условия хранения скоропортящейся продукции;

– определять местоположение техники или транспортных средств, требующих текущего ремонта и обслуживания;

– своевременно обнаруживать и сообщать о чрезвычайных ситуациях.

Цифровая платформа трекинга (рисунок 3). Система мониторинга и позиционирования персонала и активов, представляющая собой веб-сервис на базе RTLS-технологий.

Рисунок 3 – Цифровая платформа трекинга

При внедрении системы используются специальные датчики или метки, которые устанавливаются в различных местах склада и рассылают радиочастотные импульсы. Как только актив попадает в зону их действия, информация о перемещении предмета направляется на сервер, где проходит обработку и передается на ПК или смартфон пользователя.

Как показывают недавние исследования IBM, использование трекинга на складах на 28% повышает производительность труда и на 17% снижает трудозатраты на ремонт и обслуживание инвентаря.

Внедрение системы трекинга активов можно выполнять с помощью множества технологий. Наиболее распространенными на сегодня являются:

– Bluetooth® Low Energy – одна из наиболее эффективных систем, применяемых во многих сферах хозяйствования. Предусматривает установку специальных маков, которые отслеживают местоположение и перемещение объектов с точностью до 1 метра.

– UWB (Ultra-Wide Band) – самая точная технология, определяющая местоположение объектов с точностью до 10–30 см. Базируется на передаче высокочастотных импульсов, отличается помехоустойчивостью и спектральной гибкостью, однако требует высоких затрат на внедрение.

– GPS – система глобального позиционирования, позволяющая определять местоположение посредством данных со спутников. Поскольку

спутниковые сигналы с трудом проникают сквозь стены, технология чаще используется на открытых территориях складских центров.

Ни одну из перечисленных технологий нельзя назвать идеальной, поэтому выбор подходящих решений следует осуществлять с учетом целей, задач и материальных возможностей. Так, Bluetooth® Low Energy можно использовать для управления и логистикой на крупных складах, а сверхширокополосную UWB – для отслеживания мелких и дорогостоящих предметов [7].

Современные поставочные процессы включают десятки, а иногда и сотни стадий. За перемещение товара отвечают тысячи людей, которые обрабатывают большие объемы документации. В результате логистические процессы занимают продолжительное время.

Цепи поставок постоянно улучшаются и усложняются. При этом отношение между перевозчиками, производителями и заказчиками становятся менее прозрачными. Обнаружить нарушение или попытку обмана в длинной цепи сложно и долго. Использование блокчейна в логистике сделает все процессы быстрыми, прозрачными и безопасными.

В дословном переводе Blockchain – цепочка блоков. Технология представляет общедоступную и неизменяемую учетную книгу, которая сохраняет всю информацию о клиентах, товарах и заказчиках. В отличие от традиционных баз данных, изменить или удалить записи нельзя, можно только добавлять новые.

Вся информация хранится на компьютерах всех участников отношений. Если одна или несколько машин повредятся, данные не потеряются. Каждая новая запись сохраняется и добавляется в цепочку сортировочной базы данных как отдельный фрагмент. Выстраивается связь со старой информацией, которая никуда не пропадает.

Чтобы внедрить блокчейн в транспортную логистику, компании должны преодолеть множество проблем.

1. Различные виды хранения информации. Не все компании, которые занимаются разработкой блокчейна, применяют единые модели баз данных.
2. Внедрение Blockchain в существующую информационную систему. Имеющиеся IT-алгоритмы не оборудованы программным обеспечением для внедрения нового метода.
3. Развитие технологии. Блокчейн постоянно изменяется и улучшается. Если внедрить метод немедленно, могут возникнуть новые проблемы.
4. Информационный поток. Когда речь заходит о международной логистике, управлять данными от такого количества участников становится сложно.

Чтобы эффективно интегрировать Blockchain, компании должны проявлять инициативу и постоянно работать с инновационной технологией. Все должны контактировать и сотрудничать друг с другом, выявлять недостатки системы и делиться информацией [8].

Рисунок 4 – Блокчейн в логистике [9]

**Выводы**

Рассмотрены возможности совершенствования управления материальными потоками, внедрение специализированных информационных систем, таких, как система планирования потребности в материалах или система планирования и управления материалами, трекинг активов – это возможность отслеживать местоположение конкретных объектов и контролировать их перемещение в реальном времени. Мониторинг осуществляется при помощи аппаратного и программного обеспечения, которое предоставляет информацию об отслеживаемых предметах с акцентом на их физическом положении.

Использование блокчейна в логистике сделает все процессы быстрыми, прозрачными и безопасными.

Список источников

1. Совершенствование управления материальными потоками. – Режим доступа: https://core.ac.uk/download/pdf/230940896.pdf
2. Влияние системы управления материальными потоками на эффективность деятельности предприятия. – Режим доступа: https://1economic.ru/lib/112076
3. Материальный поток. – Режим доступа: https://up-pro.ru/encyclopedia/materialnyj-potok-logistika/
4. Пути совершенствования системы управления материальными потоками предприятия. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/puti-sovershenstvovaniya-sistemy-upravleniya-materialnymi-potokami-predpriyatiya
5. Майкл Л. Джордж. Бережливое производство + шесть сигм в сфере услуг. Как скорость бережливого производства и качество шести сигм помогают совершенствованию бизнеса. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2014. – 359 с.
6. Отслеживание активов в логистике и ее влияние на бизнес-результаты. – Режим доступа: https://nvgn.ru/blog/monitoring-aktivov-v-logistike-i-skladirovanii-vliyanie-na-bisnes/
7. Blockchain – прорыв для современной логистики. – Режим доступа: https://www.4logist.com/novosti/blockcha -breakthrough-for-modern-logistics/
8. Блокчейн в логистике. Крупные игроки и новаторы. – Режим доступа: https://cargotime.ru/useful/primenenie-blokchejna-v-logistike

Научная статья
УДК 631.9

# РАЗРАБОТКА ИСКУССТВЕННОЙ ИОНИЗАЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ КОРОВНИКОВ

***К.т.н., доцент Е.В. Шешунова; д.т.н., профессор В.В. Шмигель; аспирант А.В. Кузин***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. Науке сегодня известно, что воздух, обогащенный отрицательными аэроионами, способствует здоровому долголетию не только людей, но и животных. В 1959 г. метод лечения заболеваний ионизированным воздухом, аэроионотерапия, предложенная А. Л. Чижевским, приказом № 100 Минздрава СССР был рекомендован к применению. В США, Японии, Германии, Израиле ведутся такие же исследования. Физические сдвиги вызывают не сами аэроионы, а те реакции организма, которыми он пытается нормализовать свою жизнедеятельность. В природе ионизированный кислород исходит от деревьев хвойных пород. Во время грозы, у водопадов, на улице до 700-1000 ионов, в горах до 3000. В патентном изобретении до 160 различных видов ионизаторов.

Ключевые слова: ионизация, установка, аэроионы, хозяйства

# DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL IONIZATION OF COWSHED PREMISES

***Candidate of Technical Sciences, Docent E.V. Sheshunova; Doctor of Technical Sciences, Professor V.V. Shmigel; postgraduate student A.V. Cuzin***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. Science today knows that air enriched with negative aeroions promotes healthy longevity not only for humans, but also for animals. In 1959, the method of treating diseases with ionized air, aeroionotherapy, proposed by A. L. Chizhevsky, was recommended for use by Order No. 100 of the Ministry of Health of the USSR. Similar studies are being conducted in the USA, Japan, Germany, and Israel. Physical shifts are caused not by the aeroions themselves, but by those reactions of the body with which it tries to normalize its vital activity. In nature, ionized oxygen comes from coniferous trees. During thunderstorms, at waterfalls, on the street up to 700…1000 ions, in the mountains up to 3000. There are up to 160 different types of ionizers in the patent invention.

Keywords: onization, installation, aeroions, economy

## Методы и материалы

Для телят (до 50 дней) необходимо 200…300 тысяч аэроионов в 1 $см^3$ в течение 6…8 часов в сутки, стельных коров – 200 тысяч аэроионов в 1 $см^3$ по

6…8 часов в сутки, быков-производителей – 250 тысяч аэроионов в 1 $см^3$ в течение двух месяцев по 8…10 часов в сутки с перерывами по 20…30 дней.

При заземлении положительного полюса высоковольтной установки и соединении групп острий с отрицательным полюсом с концов острий возникает тихий электрический разряд. Это явление заложено в принципе работы электроэффлювиальной люстры, в которой используется именно тихий разряд. Он предшествует остальным формам разряда, для суждения о свойствах газового разряда необходимо знать его вольт-амперную характеристику, то есть зависимость величины тока, протекающего через газ, от напряжения на электродах.

**Результаты**

На базе СПК (колхоз) «Прогресс», ООО «Красный Октябрь» в помещении, содержащем 200 голов, был применен ионизатор воздуха (люстра Чижевского).

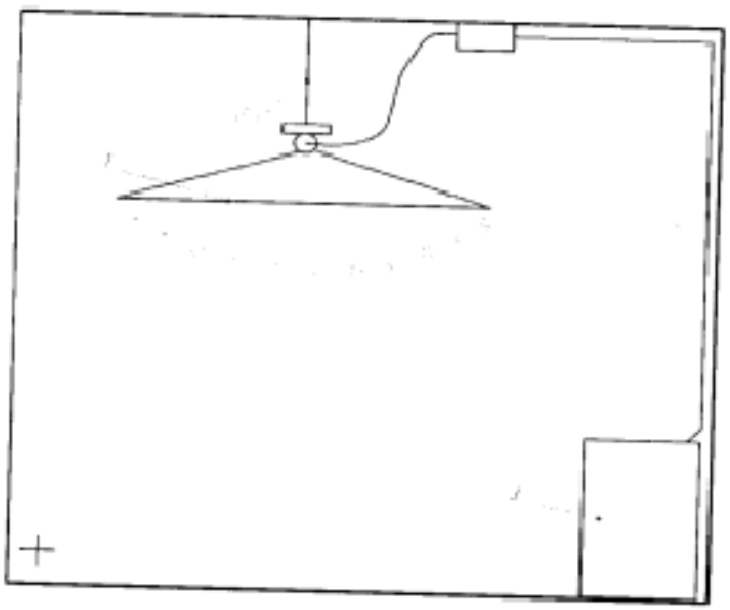


Рисунок 1 – Установка ионизатора воздуха

Для этих целей был проведен опыт по определению числа аэроионов, образующихся при работе люстры. Схема опыта включает следующие элементы:

а) высоковольтный источник питания (до 60 кВ);

б) люстра Чижевского 1;

в) ограничивающий резистор, сопротивлением 2 кОм;

г) металлический диск, стоящий на изоляторе и соединенный с землей через чувствительный гальванометр М273/1.

Схема подключения представлена на рисунке 2.

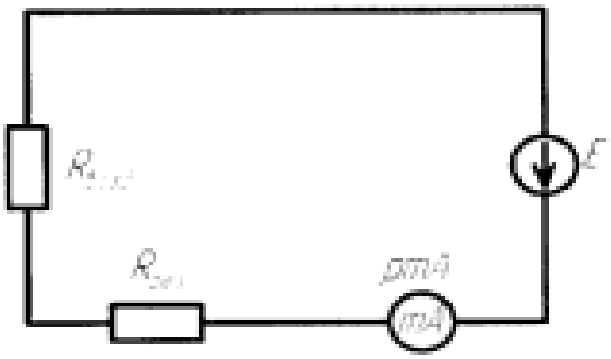


Рисунок 2 – Схема подключения

Показания гальванометра берутся при различных напряжениях на люстре. Число легких аэроионов в 1 секунду на 1 см$^2$ определяется по формуле:

$$n = \frac{I}{e \cdot A} \quad (1)$$

где I – ток люстры; e – заряд одного электрона, $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ Кл; A – площадь диска, см$^2$.

Результаты опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты опыта

| На расстоянии 130 см | | | На расстоянии 90 см | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Напряжение, кВ | Ток, А | Число аэроионов, в см$^3$ | Напряжение, кВ | Ток, А | Число аэроионов, в см$^3$ |
| 30 | $2{,}5 \cdot 10^{-8}$ | $7{,}71 \cdot 10^{12}$ | 30 | $3{,}5 \cdot 10^{-8}$ | $1{,}28 \cdot 10^{13}$ |
| 40 | $5 \cdot 10^{-8}$ | $2{,}18 \cdot 10^{13}$ | 35 | $5 \cdot 10^{-8}$ | $2{,}18 \cdot 10^{13}$ |
| 45 | $6 \cdot 10^{-8}$ | $2{,}86 \cdot 10^{13}$ | 40 | $10 \cdot 10^{-8}$ | $6{,}17 \cdot 10^{13}$ |
| 47 | $10 \cdot 10^{-8}$ | $6{,}17 \cdot 10^{13}$ | 45 | $15 \cdot 10^{-8}$ | $1{,}13 \cdot 10^{14}$ |
| 49 | $15 \cdot 10^{-8}$ | $1{,}13 \cdot 10^{14}$ | 48 | $25 \cdot 10^{-8}$ | $2{,}44 \cdot 10^{14}$ |
| 50 | $20 \cdot 10^{-8}$ | $1{,}74 \cdot 10^{14}$ | 49 | $35 \cdot 10^{-8}$ | $4{,}04 \cdot 10^{14}$ |
| 60 | $25 \cdot 10^{-8}$ | $2{,}44 \cdot 10^{14}$ | 50 | $40 \cdot 10^{-8}$ | $4{,}94 \cdot 10^{14}$ |
| 58 | $30 \cdot 10^{-8}$ | $3{,}21 \cdot 10^{14}$ | - | - | - |
| 59 | $35 \cdot 10^{-8}$ | $4{,}04 \cdot 10^{14}$ | - | - | - |

**Расчет ионизации воздуха в помещении коровника**

В заданном коровнике устанавливаются люстры в двух помещениях, которые имеют размеры:

- первый двор – 62х11 м;
- второй двор – 38,5х13 м.

Количество люстр в помещении определяется по формуле:

$$N = \frac{S_{\text{пом}}}{S_{\text{эффек.}}} \quad (2)$$

где $S_{пом}$ – площадь помещения, м$^2$; $S_{эффек.}$ – эффективная площадь ионизации, м$^2$.

На основании литературных источников принимаем эффективную площадь для ионизации люстрой Чижевского – 110 м$^2$.

По результатам расчета в первом коровнике устанавливаем 6 шт., электроэффлювиальных люстр, во втором – 4 шт.

Источник питания располагаем в помещении электрощитовой, в целях электробезопасности.

Полагаясь на результаты проведенных опытов с электроэффлювиальной люстрой, определим концентрацию аэроионов:

$$N_1 = \frac{S_{пом1}}{S_{эффек.}} = \frac{682}{110} = 6{,}2.$$

$$N_2 = \frac{S_{пом2}}{S_{эффек.}} = \frac{500{,}5}{110} = 4{,}5.$$

Объем помещения $2{,}18 \cdot 10^{13}$ см$^3$, отсюда

$$n_{пом} = \frac{n \cdot N}{V_{пом}}, \quad (3)$$

где N – число люстр в помещении; $V_{пом}$ – объем помещения, см$^3$.

Концентрация аэроионов в первом дворе:

$$n_{пом1} = \frac{2{,}18 \cdot 10^{13} \cdot 6}{2{,}18 \cdot 10^{9}} = 6 \cdot 10^5 \text{ аэроионов 1 см}^3\text{/сек.}$$

**Выводы**

В результате расчетов было определено необходимое количество люстр в помещениях коровника, а также концентрация аэроионов, создаваемая ими.

Список источников

1. Озонирование. https://ru.wikipedia.org/.
2. Озон, физико-химические свойства, применение. https://www.proektm.ru/
3. Шешунова, Е.В. Необходимость ионизации воздуха в животноводческих помещениях / Е.В. Шешунова, В.В. Шмигель, Н.С. Борисов // Инновационные инженерно-технические решения в АПК: Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. - Ярославль: ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2018. – С. 73–82.
4. Чижевский, А.Л. Аэроионификация в сельском хозяйстве / А.Л. Чижевский. – М.: Госпланиздат, 1960. – 762 с.

Научная статья
УДК 631.3.06:631.101.1

# ЭРГОНОМИКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО АГРЕГАТА

***Д.т.н., профессор М.М. Юрков***
***(ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ», Ярославль, Россия)***

Аннотация. Приводятся методы проектирования технологических операций при возделывании сельскохозяйственных культур учетом составляющих таких, как производительность агрегата, качество работы, эффективность, условия труда, экология.

Ключевые слова: инженерное обеспечение полеводства, условия труда оператора, эргономика агрегата, методы проектирования технологических операций

# ERGONOMICS OF THE AGRICULTURAL UNIT

***Doctor of Technical Sciences, Professor M.M. Yurkov***
***(FSBEI HE «Yaroslavl SAU», Yaroslavl, Russia)***

Abstract. The methods of designing technological operations in the cultivation of crops are given, taking into account components such as unit productivity, quality of work, efficiency, working conditions, ecology.

Keywords: field management engineering, working conditions of the operator, ergonomics of the unit, methods of designing technological operations

## Введение

Современная технология производства сельскохозяйственной продукции характеризуется высокой оснащенностью сельскохозяйственной техникой, позволяющей выполнять все основные операции возделывания и уборки. Затраты труда оператора мобильного агрегата не всегда эффективны, что связано с невысокими эргономическими показателями современной сельскохозяйственной техники и чрезмерным утомлением в процессе труда [1], вследствие воздействия различных, вредных факторов. Предлагаемая методика оценки условий труда оператора МТА дает новые возможности в создании эффективной защиты от вредных воздействий. Целью исследования является процесс проектирования инженерного обеспечения возделывания сельскохозяйственных культур с учетом составляющих факторов.

## Материалы и методы исследований

Эксплуатация машинно-тракторных агрегатов (МТА предполагает эффективное и безопасное их использование при возделывании сельскохозяйственных культур. Для выбора МТА необходимо знать его свойства. Производительность – показатель, который определяет количество необходимых МТА.

Часовая производительность посевного агрегата:

$$W_ч = 0,1 \cdot B \cdot \xi_в \cdot V \cdot \xi_v \cdot \tau = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 1 \cdot 8 \cdot 1 \cdot 0,86 = 2,5 \text{ га/ч}$$

где $W_ч$ – часовая производительность, га/ч;
B – ширина захвата, м;
$\xi_в$ – коэффициент использования ширины захвата;
V – скорость агрегата, км/ч;
$\xi_v$ –коэффициент использования скорости;
$\tau$ – коэффициент использования времени смены.
Количество посевных агрегатов:

$$n_a = \frac{F}{Wч \cdot Тн \cdot Др \cdot Кг \cdot Кпу \cdot Кс} = \frac{300}{2,5 \cdot 7 \cdot 5 \cdot 0,9 \cdot 0,95 \cdot 2} = 2 \text{ а}$$

где $n_a$ – количество агрегатов га/ч;
$W_ч$ – часовая производительность агрегата, га/ч;
$Т_н$ – продолжительность нормативной рабочей смены, ч;
$Д_р$ – количество дней, отведенных на операцию;
$К_г$ – коэффициент готовности агрегата;
$К_{пу}$ – коэффициент погодных условий;
$К_с$ – коэффициент сменности.

Определяя количество техники, можно сформировать состав машинно-тракторного парка для производства культуры. Оценивая МТА и парк, в целом, необходимо определить себестоимость механизированных работ, долю затрат их в общей ожидаемой прибыли от реализации продукта.

Необходимо учитывать условия труда оператора, в частности, приспособленность рабочего места, кабины, технологии, что можно вложить в понятие «Эргономика машинно-тракторного агрегата». Вместе с тем учитываются экология и качество работ.

Приспособленность рабочего места и агрегата к деятельности оператора необходимо оценить с целью выявления недостатков. Важным звеном в интегральной оценке условий труда [2] является показатель «веса» каждого из факторов по отношению друг к другу. Однако при предлагаемой классификации факторов и параметров, а также опираясь на конкретные данные при оценке в баллах, зафиксированных в таблице, такой показатель будет учитываться автоматически при оценке каждого из факторов. При суммировании всех факторов и выражения через интегральный показатель каждый из факторов может быть снабжен собственным коэффициентом веса в зависимости от величины значений [3]. Можно оценивать и без показателя «веса», так как, имея таблицу, где каждый из факторов отображен в реальном значении, что позволит легко определить адрес причин, снижающих общий показатель. Такой подход значительно упростит процедуру оценки и исключит возможность проведения мероприятий улучшения условий труда, когда улучшается один показатель за счет другого.

Для проведения исследований потребуется разработка новых измерительных инструментов, которые еще не использовались ранее, по причине отсутствия необходимости заложенной в существующих требованиях к методам оценки условий труда. Факторы могут оцениваться субъективно.

Полное число факторов, которые формируют условия труда включает: организационный, эргономичность, информативность, динамический, звуковой, температурный, загрязненность воздуха, эстетический и световой, а также группу потенциально-опасных факторов (ПОФ).

Организационный фактор включает параметры обслуживания машины и оператора: заправка, техническое обслуживание, доставка технологического материала, ремонт, охрана, заключение договора сторон, медобслуживание, доставка на работу, питание, спецодежда и бытовое обслуживание.

Информативность включает параметры визуальной информации: обзорность, контрастность объекта наблюдения на фоне, читаемость объекта наблюдения, его относительная скорость перемещения и стеклопроницаемость, которая содержит несколько составляющих характеристик (светопроницаемость, угол плоскости стекла к лучу обзора, средства очистки внешней поверхности и другие).

Эргономичность включает параметры нагрузки, досягаемости, ориентации органов управления, которые включают составляющие усилий на органах управления, частоты использования, зональности расположения точек приложения усилий и ориентация их траекторий по отношению к опорному суставу оператора.

Таблица 1 – Оценочная таблица вредности факторов, в баллах

| ФАКТОРЫ | НОРМАЛЬНО | | | ВРЕДНО | | | ОПАСНО | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ | | | X | | | | | | |
| ИНФОРМАТИВНОСТЬ | | | | X | | | | | |
| ЭРГОНОМИЧНОСТЬ | | | | | X | | | | |
| ТЕМПЕРАТУРНЫЙ | | | | X | | | | | |
| ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ВОЗД. | | | | | | | | X | |
| ЗВУКОВОЙ | | | | | | | X | | |
| ДИНАМИЧЕСКИЙ | | | | | | X | | | |
| СВЕТОВОЙ | | X | | | | | | | |
| ЭСТЕТИЧЕСКИЙ | | | | | X | | | | |
| ПОФ | | | | X | | | | | |

Группа факторов воздействия включает факторы: динамический, звуковой, температурный, эстетический, световой и загрязнения воздуха. Эти факторы имеют сходные параметры, такие как режим воздействия и технологический уровень воздействия, т.е. определенный уровень, характерный конкретным условиям. Могут участвовать и другие параметры, которые в тех или иных условиях принимают участие в процессе формирования

производственной среды. ПОФ постоянно не действуют, например, опрокидывание.

Каждый из факторов оценивается по среднему баллу значений от суммы параметров и заносится в оценочную таблицу. выраженная в баллах, соответствовать они могут нормальным, вредным или опасным значениям. Таблица практически и есть результат оценки условий труда оператора, однако каждая ситуация требует отображения ее через обобщенный, общий или интегральный показатель. Такой показатель можно получить путем подстановки подученных данных в следующую формулу [4]:

$$Z = \frac{1}{mn}\sum_{i=1}^{n}(m - F_i)\cdot 100\% = (10 \cdot 9)^{-1}\cdot[(9\text{-}3)+(9\text{-}4)+(9\text{-}5)+(9\text{-}4)+(9\text{-}8)+(9\text{-}7)+(9\text{-}6)+(9\text{-}2)+(9\text{-}5)+(9\text{-}4)]\cdot 100\% = 47\%$$

где Z – уровень условий труда %,

m – количество баллов оценки;

n – количество факторов;

$F_i$ – текущее значение i-го фактора в баллах.

В выражении числитель представляет суммарное число слагаемых, каждое из которых представляет разницу между наивысшим показателем и фактическим значением i-того фактора. Это позволяет перевернуть шкалу оценки таким образом, что оказывается, чем выше значение интегрального показателя уровня условий труда, тем лучше условия труда.

Оценка в 100% – максимум, к которому необходимо стремиться разработчикам МТА, агрономам и руководителям хозяйств при планировании и совершенствовании организации производственного процесса. К этой оценке должны стремиться все, кто связан с состоянием окружающей среды и экологической безопасностью.

## Результаты

В результате суммирования значений факторов, определяющих условия труда, получено значение уровня условий труда в 47%, что ниже нормы (67%) на 20%. При этом, все факторы, снижающие результирующий показатель, обозначены в таблице.

Предлагаемая структура предусматривает набор составляющих процесса инженерного обеспечения технологического процесса возделывания сельскохозяйственных культур. Данная структура внедрена в учебный процесс и используется при курсовом проектировании в режиме опробования и в перспективе в выпускной квалификационной работе учащихся инженерного факультета.

## Выводы

Приведенные результаты показывают, что разрабатываемое направление «Эффективная и безопасная эксплуатация машинно-тракторного парка»

предлагаемыми методами может существенно улучшить условия труда оператора сельскохозяйственного агрегата за счет совершенствования его эргономических показателей.

Список источников

1. Русак О.Н. Теоретическое начало безопасности деятельности. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций (Введение в безопасность деятельности). С.-Петербург, 1993. 85 с.
2. Шкрабак В.С., Копылов Г.Н. Краткосрочное прогнозирование травматизма в с.х. производстве и пути его профилактики. Рекомендации. – М.: Россельхозиздат, 1975. 25 с.
3. Юрков М.М. Схема факторов производственной среды оператора машинно-тракторного агрегата // Вестник ОрелГАУ. 2009. С. 51–53.
4. Юрков М.М. Оценка уровня условий труда оператора машинно-тракторного агрегата. – Ярославль: Изд-во ФГБОУ ВО Ярославская ГСХА, 2003. 190 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

Научное издание

# ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ В АПК

## Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции

28 ноября 2024 г., Ярославль

**Текстовое электронное сетевое издание**

Статьи публикуются в авторской редакции.
Авторы несут ответственность за содержание публикаций.

Подписано к использованию 21.02.2025 г.

Минимальные системные требования: процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше; оперативная память 256 Мб и более; операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024x768 и выше; привод CD-ROM, мышь; дополнительные программные средства: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше.

Издательство ФГБОУ ВО «Ярославский ГАУ».
150042, г. Ярославль, Тутаевское шоссе, 58.
http://www.yaragrovuz.ru/