

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

НАУЧНЫЕ ИННОВАЦИИ В РАЗВИТИИ ОТРАСЛЕЙ АПК

Материалы Международной
научно-практической конференции

*18–21 февраля 2020 года
г. Ижевск*

Том III

Ижевск
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА
2020

УДК 631.145:001.895(06)

ББК 65.32-55я43

Н 34

Н 34 **Научные** инновации в развитии отраслей АПК: материалы Международной научно-практической конференции 18–21 февраля 2020 года, г. Ижевск. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020. – Т. 3. – 199 с.

ISBN 978-5-9620-0356-6 (общий)

ISBN 978-5-9620-0359-7 (3 том)

В сборнике представлены статьи российских и зарубежных ученых, отражающие результаты научных исследований в различных отраслях сельского хозяйства, лесном хозяйстве и экологии, экономических, гуманитарных и педагогических науках.

Предназначен для студентов, аспирантов, преподавателей сельскохозяйственных вузов, работников научно-исследовательских учреждений и специалистов агропромышленного комплекса.

УДК 631.145:001.895(06)

ББК 65.32-55я43

ISBN 978-5-9620-0359-7 (Т. 3)

ISBN 978-5-9620-0356-6

© ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2020

© Авторы постатейно, 2020

МЕХАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 631.332.5

А. Л. Беляев

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ПОСАДКИ РАССАДЫ И КОНСТРУКЦИЙ ПОСАДОЧНЫХ МАШИН

Рассмотрены применяемые конструкции машин для посадки рассады капусты и способы для ее осуществления.

Анализ применяемых способов посадки рассады и конструкций посадочных машин позволит выявить наиболее перспективные направления развития в данной сфере АПК.

Известны решения по авторским свидетельствам СССР № 79957, № 128676, № 212646 (рис. 1), в которых клубни картофеля высаживаются ложечковым аппаратом непосредственно в подготовленную борозду [1].

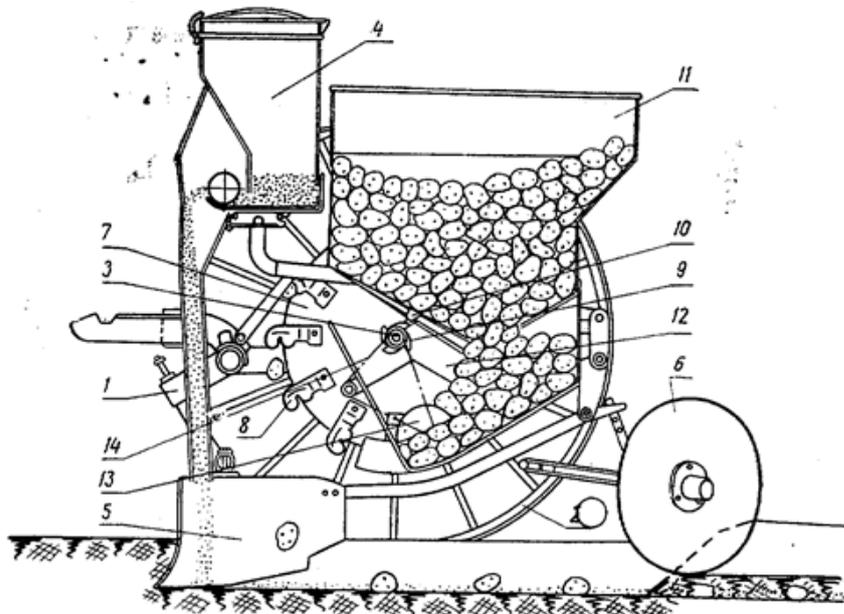


Рисунок 1 – Посадочная машина по А.С. № 128676

При этом перемещение аппарата и собственно посадка выполняются вдоль ряда (борозды). К недостаткам решений следует отнести необходимость установки высаживающих аппаратов на каждый ряд, отсутствие синхронности посадки клубней и, соответственно,

нарушение схемы размещения растений на поле, а также значительная высота сброса клубней на почву [2–5].

Имеется также решение по патенту РФ № 2357396 от 27.10.2006, в котором высадка клубней выполняется из транспортной ленты (рис. 2).

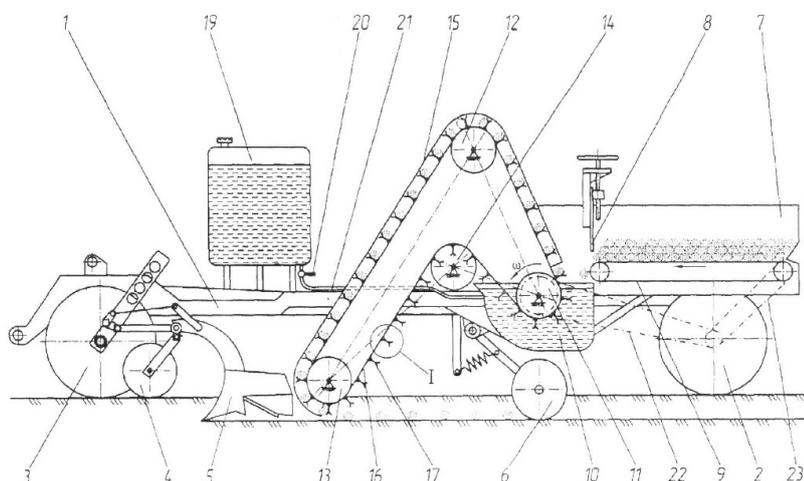


Рисунок 2 – Посадочная машина по патенту РФ № 2357396

При этом существенно уменьшена высота сброса клубней. Однако, как и в описанных выше решениях, требуется установка высаживающих аппаратов на каждый ряд растений. При этом также отсутствует синхронность посадки клубней [6–11].

Известен способ посадки растений по авторскому свидетельству СССР № 207511 от 02.10.1964 г. (рис.3), в котором рассада подаётся в разрыхлённую сошником, имеющим вертикальный и горизонтальный ножи, посадочную щель, а затем корневая система саженцев заделывается опусканием пластов под собственным весом [1].

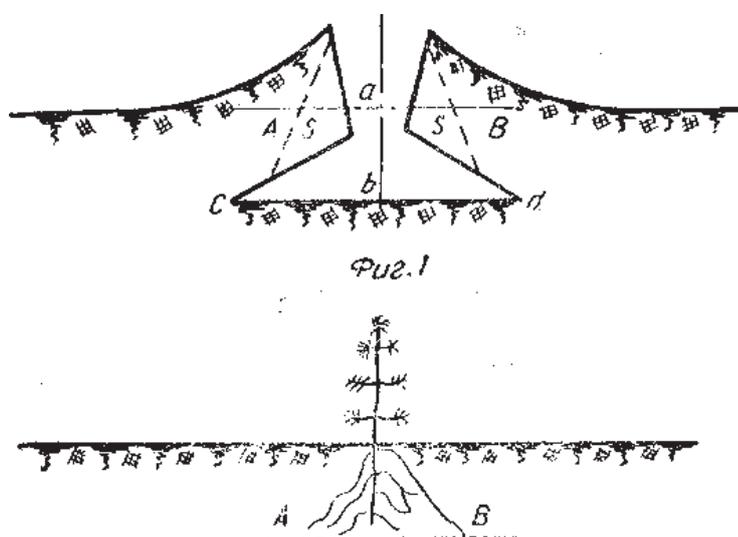


Рисунок 3 – Способ посадки растений АС № 207511

К недостаткам названного способа следует отнести возможность его использования лишь на связанных почвах. При этом почвенная подложка под корневой системой рассады оказывается сильно уплотнённой, что снижает приживаемость растений и, соответственно, урожайность культур.

В способе по авторскому свидетельству СССР № 1782405 от 06.08.90 г. рассада, выращенная в горшочках, сбрасывается по наклонному желобу в борозду, образованную сошником. Момент высадки горшочка на грунт из желоба при этом определяется мерным колесом. Существенным недостатком способа является высокая скорость, приобретаемая горшочками при движении по желобу. При этом сложно исключить повреждение рассады, следующей по желобу друг за другом, что приводит к повреждаемости рассады, снижению ее приживаемости и урожайности.

Недостатки решения по авторскому свидетельству СССР № 1782405 устранены в предложении по АС СССР № 1724057, в котором поддоны с зарядными лентами устанавливаются на поворотные столики, при этом ячейки для рассады и торфоминеральной смеси образованы путем склеивания двух лент через равные интервалы. Далее лента через специальный механизм протягивается по наклонному желобу и удаляется. Горшочки с растениями из желоба устанавливаются в борозду, формируемую бороздоделателем. К недостаткам данного решения следует отнести наличие весьма сложного механизма подачи на желоб горшочков с рассадой и удаления зарядной ленты. Одновременно такой механизм отличается низкой надежностью работы [1].

Известна посадочная машина по патенту РФ № 2606792 от 08.12.2014 г. (рис. 4), принятая за прототип, содержащая раму, рассадопосадочные секции, сиденье сажальщика, привод, посадочные стаканы, цепной транспортер, в которой посадка рассады выполняется из посадочных стаканов, перемещающихся горизонтально.

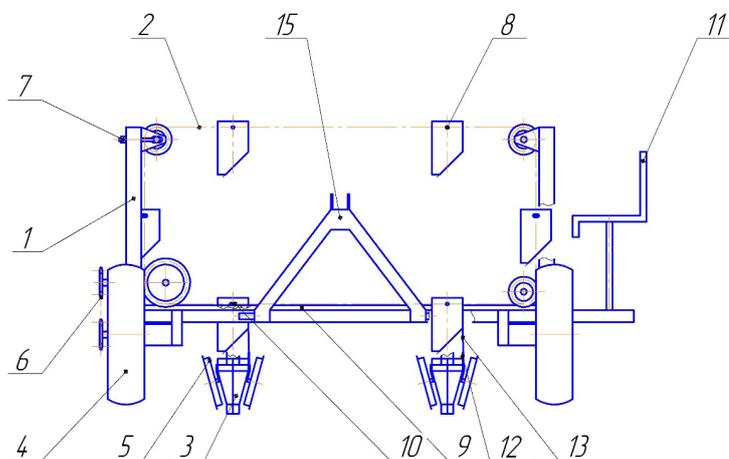


Рисунок 4 – Посадочная машина по патенту РФ № 2606792 от 08.12.2014 г.

При этом в звене транспортёра установлено два и более стаканов с рассадой. Недостатками известного устройства является отсутствие синхронизации продольного (вдоль высаживаемых рядков) перемещения машины и поперечного (относительно рядков) движения звеньев транспортёра с посадочными стаканами, что приводит к пропускам необходимых точек посадки рассады, изменению площади питания, снижению приживаемости и урожайности растений.

Список литературы

1. Патент на изобретение № 2647857 РФ, МПК 01/02. Способ посадки клубней и рассады овощных культур / Н. Г. Касимов, О. Н. Крылов; заявитель и патентообладатель Касимов Н. Г. – № 2017112237/13; заявл. 10.04.2017; опубл. 21.03.2018. Бюл. № 9.
2. Касимов, Н. Г. Анализ рабочих органов для ухода за посадками картофеля / Н. Г. Касимов, О. В. Данилов, Ф. З. Минагулов // Наука Удмуртии, 2009. – № 9. – С. 80–84.
3. Касимов, Н. Г. Влияние рабочих органов пропашных культиваторов на создание условий для благоприятного роста картофеля / Н. Г. Касимов // Устойчивому развитию АПК – научное обеспечение: м-лы Всероссийской науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2004. – С. 393–396.
4. Касимов, Н. Г. Обоснование конструкции экспериментального культиватора / Н. Г. Касимов // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы: м-лы Всероссийской науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2003. – С. 171–173.
5. Касимов, Н. Г. Обоснование основных параметров и режимов работы ротационного рабочего органа для ухода за растениями картофеля / Н. Г. Касимов: дисс. ... канд. техн. наук. – Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого РАСХН, 2005.
6. Касимов, Н. Г. Обоснование основных параметров и режимов работы ротационного рабочего органа для ухода за растениями картофеля / Н. Г. Касимов: автореф. дисс. ... ученой степени канд. техн. наук. – Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого, 2005.
7. Касимов, Н. Г. Ротационный культиватор-гребнеобразователь – основа внедрения энергосберегающей технологии возделывания картофеля / Н. Г. Касимов // Адаптивные технологии в растениеводстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию кафедры растениеводства Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2003. – С. 162–164.
8. Салимзянов, М. З. Выбор средств малой механизации для возделывания картофеля в личных хозяйствах / М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, В. П. Чукавин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 6. – С. 25–26.
9. Касимов, Н. Г. Основы к методике экспериментальных исследований технологического процесса уничтожения сорняков ротационным рабочим органом / Н. Г. Касимов, В. Ф. Первушин // Молодые ученые – агропромышленно-

му комплексу: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. молодых ученых. Отв. за вып. Р. З. Набиуллин. – 2004. – С. 81–85.

10. Касимов, Н. Г. К вопросу о проведении лабораторных исследований ротационного рабочего органа по уходу за растениями картофеля / Н. Г. Касимов // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2005. – С. 425–428.

11. Касимов, Н. Г. Совершенствование способа посадки овощных культур / Н. Г. Касимов // Современному АПК – эффективные технологии: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию д-ра с-х. наук, профессора, заслуж. деят. науки РФ, почет. раб. ВПО РФ В. М. Макаровой. – Ижевск, 2019. – С. 32–34.

УДК 631.362.3: 635.21

Ю. Д. Боднарчук, А. В. Костин, Р. Р. Шакиров
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДИСКОВОГО СОРТИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА

Рассматриваются принципы калибрования картофеля и параметры, по которым производится калибрование клубней картофеля. Приведен анализ функционирования рабочих органов устройств.

В России производство картофеля является одной из трудоемких отраслей агропромышленного комплекса, так как затраты труда при производстве тонны продукта достигают порядка 30 чел./ч. Высокая часть затрат ручного труда приходится на подготовку семенного материала и послеуборочную обработку картофеля [1]. Основная часть затрат связана с тем, что в регионах постепенно увеличилось количество частных ферм и малых хозяйств, в которых отсутствуют высокие технологии и современные устройства.

В технологическом процессе уборки картофеля эффективно используют картофелекопатели с последующей ручной уборкой. Применение картофелеуборочных комбайнов существенно снижает уровень затрат труда [2]. Как показывает опыт, при эксплуатации картофелеуборочных комбайнов существует ряд недостатков. При эксплуатации картофелеуборочного комбайна в картофельном ворохе присутствует примесь с содержанием органических, растительных и почвенных остатков, поэтому возникает необходимость сортировать клубни картофеля, чтобы они соответствовали требо-

ваниям ГОСТа [3, 4]. Для калибрования применяют сортировальные машины и пункты. Передвижные пункты менее эффективны, чем стационарные, так как они не обеспечивают высокий уровень качества технологии [5].

К сортировальным машинам относятся:

- устройство роликового типа;
- устройство барабанного типа;
- устройство транспортерного типа;
- устройство плоско-решетного типа;
- устройство комбинированного типа;
- устройство дискового типа.

К картофелесортировальным пунктам относятся:

- Передвижные
- Стационарные

При проведении послеуборочного процесса клубни картофеля должны быть откалиброваны в соответствии с агротехническими требованиями, а также без внешних и внутренних повреждений.

Сортирование клубней картофеля представляет собой процесс разделения массы картофельного вороха на следующие фракции:

- более 80 г – крупные,
- 50...80 г – средние,
- 30...50 г – мелкие
- менее 30 г – некондиционные клубни, примеси.

Механические повреждения клубней рабочими органами устройств не допускается более 5 % от общей массы картофеля в каждой фракции.

Самым простым и в то же время эффективным способом является калибрование по размерному признаку. Его применяют при фракционировании практически любых однородных материалов, состоящих из отдельных компонентов. Принцип разделения состоит в сравнении какого-либо размера элемента смеси с установленным размером. Если элемент по размеру больше калибра, то он относится к крупной фракции, иначе он уходит в следующую наименьшую фракцию.

В технологическом процессе рационально применять дисковые рабочие органы со щелевыми отверстиями, так как их уровень повреждаемости клубней минимальный, а точность калибрования высокая.

В настоящее время усовершенствованы и запатентованы дисковые сортирующие устройства с разными диаметрами дисков и дополнительными элементами, которые улучшают процесс калибрования клубней картофеля на фракции (рис. 1) [6, 7, 8].

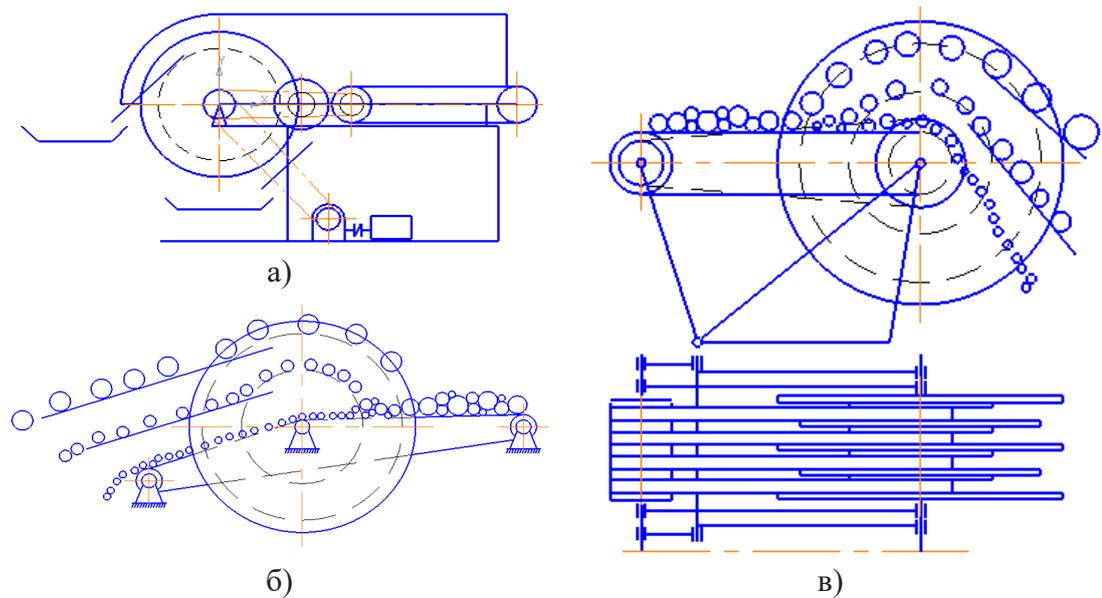


Рисунок 1 – Запатентованные дисковые сортирующие устройства:
 а) – дисково-роликовое; б) – дисково-ленточное; в) – дисково-ленточное

В дисково-калибрующих устройствах клубни картофеля калибруются в щелевые отверстия, образованные плоскими вращающимися дисками, расположенными параллельно друг другу на общем валу. Разделение клубней происходит по толщине в основном на три фракции. При эксплуатации дисково-ленточного устройства был выявлен недостаток. Наблюдается налипание почвенных и растительных остатков на шкивы, вследствие чего происходит изнашивание ремней ленточного транспортера. В данном случае требуется установка дополнительного оборудования для очистки от примесей, чем усложняет конструкцию устройства. Применение в технологии дисково-роликового устройства решает проблему налипания почвенной примеси на шкивы за счет внедрения роликов в конструкцию, но в процессе калибровки клубней картофеля на фракции возможны незначительные внешние повреждения кожуры клубней.

В сортирующем устройстве диски, установленные на валу, имеют равный диаметр, в результате упрощается конструкция устройства (рис. 2).

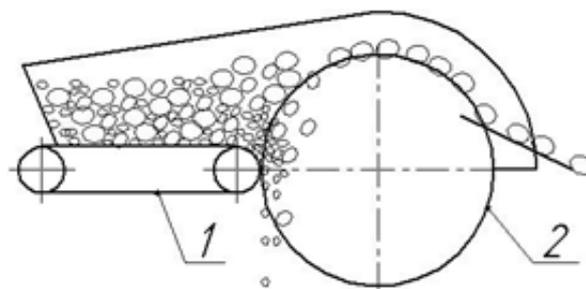


Рисунок 2 – Схема дискового калибрующего устройства:
 1 – питающий транспортер, 2 – дисковой барабан

Использование данной конструкции в технологическом процессе приводит к незначительному уменьшению точности калибровки за счет того, что ухудшается ориентирование клубней в щелевые отверстия. В момент перемещения массы вороха с транспортера по ребрам дисков клубни эллипсной формы прокручиваются вокруг большей оси на двух дисках, что затрудняет их разворот в щель между дисками. С целью улучшения процесса ориентирования нужно исследовать влияние различных коэффициентов трения на процесс разворота клубней в момент соприкосновения их с ободом дисков.

Список литературы

1. Боднарчук, Ю. Д. Исследование процесса послеуборочной доработки картофеля / Ю. Д. Боднарчук // Сборник научных трудов конференции ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 1024–1028.
2. Костин, А. В. Энергоемкость процесса сортирования / А. В. Костин, Р. И. Останин, Н. Г. Касимов // Научный потенциал – аграрному производству: м-лы Всерос. научно-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2008. – Т. IV. – С. 32–36.
3. ГОСТ 7176–8 Картофель свежий продовольственный, заготавливаемый и поставляемый. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 5 с.
4. ГОСТ 7001–91. Картофель семенной. – М.: Изд-во стандартов, 1998. – 17 с.
5. Костин, А. В. Результаты производственных испытаний дискового калибрующего устройства / А. В. Костин // Наука Удмуртии. – 2009. – № 9. – С. 146–150.
6. Патент 1565544 СССР, М.Кл.3 В07В 1 // Сортирующее устройство / В. В. Пузанов, Н. В. Шабуров, Р. И. Останин. – № 4374062/30–03; заявл. 01.02.88; опубл. 23.05.90, Бюл. № 19.
7. Патент 799833 СССР, М.Кл.3 В07В 1 // Сортирующее устройство / Р. И. Останин, В. И. Гиммельфарб, Н. В. Шабуров и др. – № 2502708/29–03; заявл. 05.05.77; опубл. 30.01.80, Бюл. № 4.
8. Патент на полезную модель RUS 78702 14.07.2008 // Сортирующее устройство / Р. И. Останин, А. В. Костин.

Н. А. Буранов

ФГОУ ВО Ижевская ГСХА

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН

Приведены основные способы предпосевной обработки посадочного материала.

На современном этапе развития агропромышленного комплекса разработано множество технологий предпосевной обработки посадочного материала. Эти технологии основаны на принципе заимствования изысканий различных отраслей научно-технического направления. Типы воздействия, применяемые для обработки семян, разнообразны по своим свойствам и принципам. Основные методы, применяемые на сегодняшний день, основаны на использовании электроэнергии, газов и световых волн различных спектров.

Методы воздействия на посевной материал сводятся к воздействию на биологический потенциал посевного материала, а именно на активизацию и ускорение процесса прорастания. Это позволяет получать равномерную всхожесть на всем посевном участке за счет контроля энергии прорастания.

Воздействие на основе использования электроэнергии как активатора производится при помощи косвенного фактора, чаще всего методы базируются на ионизаторах воздушной массы, посредством которой происходит обработка. Для данных методов свойственны большие затраты электроэнергии, необходимость крупных площадей и потенциальная опасность для здоровья оператора [1–4].

Зачастую используются и методы воздействия на основе обработки материала газом. В зависимости от требуемого параметра применяются различные среды смеси газов. Такие методы требовательны к герметизации камер обработки, технический процесс сложен, контролировать процесс необходимо постоянно. Оборудование потребляет много энергии, необходимы дополнительные операции по извлечению газовой смеси из камер для выполнения обработки [5–6].

Наиболее безопасными мерами воздействия являются методы на основе применения к посадочному материалу разнообразных направленных световых потоков. Более частыми излучателями при данной обработке служат ИК-лампы, УФ-лампы и лазерные головки. В связи с их широким распространением они получили наибольшие приоритеты в исследовательской деятельности. Из всех вышеперечис-

ленных наиболее актуален лазерный излучатель. Длина волны излучения такого излучателя наиболее стабильна и, как следствие, показатели при исследованиях получать намного проще, как и контролировать технологический процесс обработки. ИК- и УФ-излучатели наиболее подвержены изменению длин волн под воздействием внешних факторов, что приводит к искажениям данных [7–8].

Таким образом, можно сделать вывод, что рассмотренные выше излучатели более требовательны к качеству измерительного оборудования, контроль процессов обработки более трудозатратен, а контроль постоянства процесса достигается при материальных вложениях в устранение внешних факторов.

Список литературы

1. Патент на изобретение № 2647857 РФ, МПК 01/02. Способ посадки клубней и рассады овощных культур / Н. Г. Касимов, О. Н. Крылов; заявитель и патентообладатель Н. Г. Касимов. – № 2017112237/13; заявл. 10.04.2017; опубл. 21.03.2018. Бюл. № 9.

2. Касимов, Н. Г. Анализ рабочих органов для ухода за посадками картофеля / Н. Г. Касимов, О. В. Данилов, Ф. З. Минагулов // Наука Удмуртии. – 2009. – № 9. – С. 80–84.

3. Касимов, Н. Г. Влияние рабочих органов пропашных культиваторов на создание условий для благоприятного роста картофеля / Н. Г. Касимов // Устойчивому развитию АПК – научное обеспечение: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2004. – С. 393–396.

4. Касимов, Н. Г. К вопросу о проведении лабораторных исследований ротационного рабочего органа по уходу за растениями картофеля / Н. Г. Касимов // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2005. – С. 425–428.

5. Касимов, Н. Г. Обоснование конструкции экспериментального культиватора / Н. Г. Касимов // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск, 2003. – С. 171–173.

6. Касимов, Н. Г. Обоснование основных параметров и режимов работы ротационного рабочего органа для ухода за растениями картофеля / Н. Г. Касимов: дисс. ... канд. техн. наук. – Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого РАСХН. – 2005.

Касимов, Н. Г. Ротационный культиватор-гребнеобразователь – основа внедрения энергосберегающей технологии возделывания картофеля / Н. Г. Касимов // Итоги и перспективы: материалы Всероссийской науч.-практ. конф., посвященной 60-летию кафедры растениеводства Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2003. – С. 162–164.

7. Основы к методике экспериментальных исследований технологического процесса уничтожения сорняков ротационным рабочим органом / Н. Г. Ка-

симов, В. Ф. Первушин // Молодые ученые – агропромышленному комплексу: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. молодых ученых. Отв. за вып. Р. З. Набиуллин. – Ижевск, 2004. – С. 81–85.

УДК 621.928 – 868

М. А. Витвинова

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИБРАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Очитска зерна очень важна в сельском хозяйстве. Она влияет на дельнейшую работу дробилки и на качество готовой продукции. Существуют ГОСТы, которых нужно придерживаться.

Актуальность. При измельчении зерна в сельскохозяйственном производстве используются молотковые дробилки. Одним из требований к качеству готового продукта является наличие в нём неорганических примесей [1].

Результаты теоретических и экспериментальных исследований показывают возможность и эффективность удаления неорганических примесей из зернового вороха перед измельчением с использованием вибрации самой дробилки.

Преыдыущими исследованиями определена минимальная длина вибрационного лотка в зависимости от параметров вибрации самой дробилки [2].

Однако не в полной мере проведены исследования по изучению процесса удаления неорганических примесей из зернового вороха в зависимости от величины амплитуды колебаний.

Цель и задачи. Целью работы является экспериментальное обоснование конструктивно-технологических параметров вибрлотка.

Задачи исследований:

- нахождение вертикальной составляющей скорости погружения примесей;
- нахождение горизонтально составляющей скорости погружения примесей;
- определение конструктивно-технологических параметров вибрлотка.

Для проведения исследований ранее была разработана лабораторная установка, максимально приближённая к условиям работы

производственной дробилки (рис. 1). Установка состоит из массивных основания и опор, на которых при помощи пластин толщиной 1 мм установлен лоток. На нижней стороне лотка закреплён вибратор с приводом от электродвигателя постоянного тока с возможностью регулирования частоты вращения. Для подачи зерна на лоток имеется бункер с заслонкой [2, 5].



Рисунок 1 – Лабораторная установка



Рисунок 2 – Вибратор

Данная установка позволяет исследовать различные параметры вибрации: изменять угол наклона лотка; менять частоту, амплитуду и направление вращения вибратора; толщину зерна в лотке [4].

Для проведения экспериментов нам понадобится следующее оборудование:

1. Установка выходного напряжения Б 5–7
2. Весы лабораторные ВЛКТ-500Г-М
3. Тахометр ДТ-2234А
4. Секундомер СДС_{пр.1}
5. Цифровой фотоаппарат LUMIX
6. Угломер Семёнова
7. Весы платформенные
8. Шумоанализатор спектра, виброметр портативный ОКТА-ВА 110А

Данное оборудование позволит нам измерить следующие данные: частоту вращения вала вибратора; угол наклона вибrolотка; один вид зерна – рожь. Определялись: – вертикальные и горизонтальные составляющие скорости погружения; – замерить интенсивность колебаний вибrolотка при помощи вибromетра ОКТАВА 110А; замерить подачу и толщину зерна на вибrolотке.

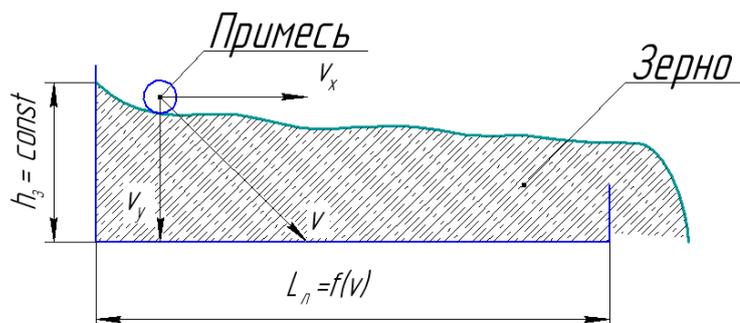


Рисунок 3 – Скорость погружения примесей в зерновой ворох

На рисунке 3 показаны исследования скорости погружения примесей в зерновой ворох относительно осей X и Y [3].

$$V_y = \frac{h_{\text{зер.}}}{t_{\text{погр}}} \quad (1)$$

где V_y – скорость погружения примеси по оси Y (экспериментально известно);

$h_{\text{зер.}}$ – высота зернового слоя в вибrolотке;

$t_{\text{погр.}}$ – время погружения примеси до дна лотка;

Из формулы 1 находим время погружения примеси :

$$t_{\text{погр.}} = \frac{h_{\text{зер.}}}{V_y} \quad (2)$$

Находим минимальную длину лотка из формулы[3]:

$$L_{\text{л}} \geq V_x \cdot t_{\text{погр.}} \quad (3)$$

где V_x – скорость погружения примеси по оси X (экспериментально известно);

$$V_x = \frac{l_{\text{прим.}}}{t'_{\text{погр}}} \quad (4)$$

где $t_{\text{погр.}}$ – время погружения примеси;

$l_{\text{прим.}}$ – расстояние, пройденное примесью до полного погружения.

Список литературы

1. Байтуков, Р. С. Исследование вибрационного уловителя примесей для дробилок зерна / Р. С. Байтуков, В. И. Широбоков, А. А. Мякишев, В. А. Баженов // Студенческая наука – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: м-лы Всеросс. студ. науч. конф., 17–20 марта 2015 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2015.
2. Широбоков, В. И. Вибрационный уловитель примесей для молотковых дробилок зерна / В. И. Широбоков, А. М. Григорьев // Вестник Ижевской ГСХА. – 2013. – № 2 (35).
3. Витвинова, М. А. Зависимость скорости погружения неорганических примесей от плотности зернового вороха / М. А. Витвинова, В. А. Петров // м-лы Всероссийской студ. науч. конф., 5–8 декабря 2019 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019.
4. Федоров, О. С. Совершенствование конструкции зерновых молотковых дробилок / О. С. Федоров // Интеллектуальные системы в производстве. – 2008. – № 2. – С. 110 – 113.
5. Широбоков, В. И. Вибрационный уловитель примесей для молотковых дробилок зерна / В. И. Широбоков, А. М. Григорьев // Вестник Ижевской ГСХА. – 2013. – № 2 (35).

УДК 664.3

С. В. Владимиров, В. Г. Корнийчук

ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского»

ИССЛЕДОВАНИЕ ИСТЕЧЕНИЯ ГРЕЧНЕВОЙ КРУПЫ ЧЕРЕЗ ВИБРИРУЮЩЕЕ ОТВЕРСТИЕ

Описывается конструкция стенда, позволяющая определить факторы, влияющие на истечение гречки через вибрирующее отверстие. Описывается методика проведения экс-перимента и обработка полученных данных. На основании полученных данных представ-лена поверхность отклика, на основании которой можно понять процесс истечения крупы через вибрирующее отверстие.

Гречневая крупа пользуется повышенным спросом у населения. В настоящий момент промышленность не имеет для данного вида крупы высокопроизводительных, надёжных дозаторов, обладающих повышенной точностью отмеривания доз. Особый интерес вызывают трубчатые дозаторы, которые позволяют устранить отмеченные недостатки. Однако для их создания требуется скрупулезное изучение процесса истечения гречки через вибрирующее отверстие круглой формы [1, 2].

Процесс истечения крупы проводили на стенде, принципиальная схема которого представлена на рисунке 1. Он содержит неподвижный бункер 1, соединённый эластичным рукавом 2 с заслонкой 6. В центре заслонки имеется отверстие, которое перекрывается затвором 3. Посредством опор заслонка связана с конусом 4, совершаемым горизонтальные круговые колебания. Под конусом размещён сток 5.

Подготовку к работе стенда проводили следующим образом. Выбирали заслонку 6 определённого диаметра (рассматриваемые диаметры 50; 40; 30; 20; 10×10^{-2} м). Прикрепляли её с одной стороны к рукаву 2, а с другой через опоры к конусу 4. Перекрывали отверстие затвором 3. В бункер 1 помещали испытуемое тело. Включали вибратор и устанавливали заданную частоту и амплитуду. Конус 4, заслонка 6 и затвор 3 совершали горизонтальные круговые колебания.

Воздействовали на затвор 3. Отверстие заслонки 6 открывалось. Крупа под действием гравитационных сил через отверстие высыпалась и попадала на конус 4, который сбрасывал её в сток 5. По истечении определённого времени перекрывали отверстие. Продукт взвешивали на весах.

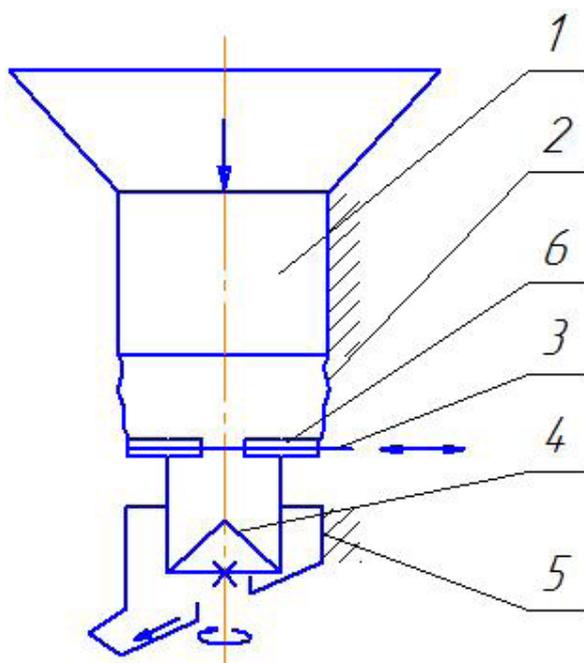


Рисунок 1 – Принципиальная схема стенда:

1 – бункер; 2 – рукав; 3 – затвор; 4 – конус; 5 – сток; 6 – заслонка

Зная время (τ) истечения и массу (M) высыпавшегося продукта, находили объёмный расход продукта по формуле:

$$G = \frac{M}{\tau}, \text{ кг/с.} \quad (1)$$

Повторность эксперимента – 10. Обработку экспериментальных данных проводили методом наименьших квадратов на персональном компьютере с использованием компьютерной программы MatCAD14.

Результаты измерений представлены на рисунке 2.

Полученные поверхности можно описать зависимостью:

$$G = a + bq + cq^2 + d \ln d + e(\ln d)^2, \quad (2)$$

где G – расход продукта через отверстие заслонки, кг/с;
 a, b, c, d, e – коэффициенты уравнения, значение которых приведено в таблице 1;

q – ускорение виброперемещения, м/с²;

d – диаметр отверстия заслонки, м.

Коэффициенты уравнения, корреляция и критерий Фишера для исследуемого продукта приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Коэффициенты уравнения 2

Наименование продукта	Коэффициенты					Коэффициент корреляции	Критерий Фишера
	a	b	c	d	e		
Гречка	0,18	-11,78	447,67	-0,068	$-9,85 \times 10^{-6}$	0,98	334,31

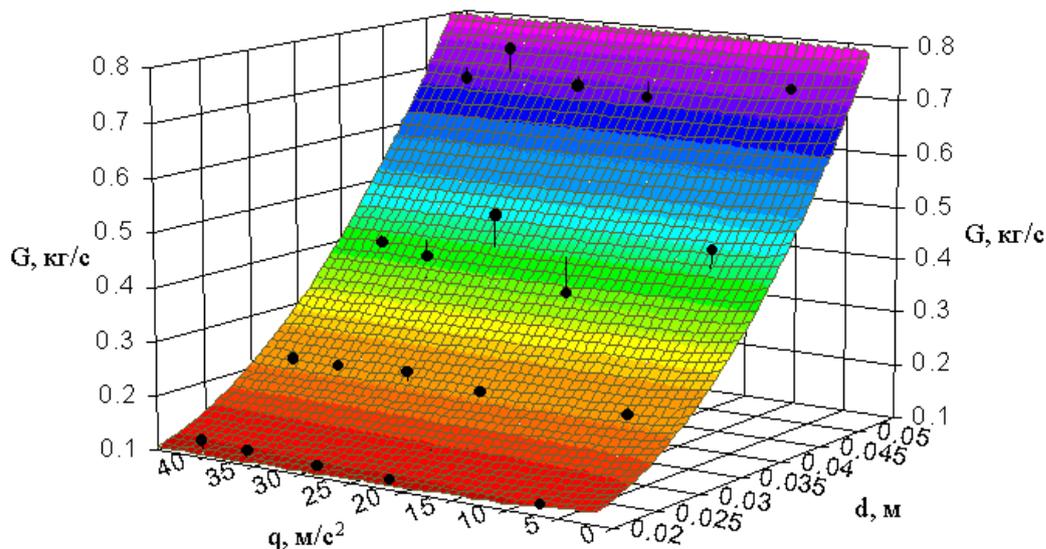


Рисунок 2 – Влияние ускорения вибратора (q) и диаметра отверстия заслонки (d) на объёмный расход гречки

Анализ полученных графиков позволяет утверждать, что на скорость истечения продукта из отверстия влияет, в первую очередь,

его размер. Отмечена параболическая зависимость между диаметром отверстия и скоростью истечения сыпучего тела. Первым делом это связано с увеличением площади отверстия ($S = \pi R_{om}^2$). Площадь прямо пропорциональна квадрату радиуса отверстия. Ускорение вибрации в рассмотренных границах незначительно влияет на скорость истечения.

Зная пропускную способность отверстия, можно найти скорость истечения продукта:

$$v_3 = \frac{G}{\gamma_n S_{om}}, \frac{м}{с}, \quad (3)$$

где G – расход продукта через отверстие, кг/с;

S_{om} – площадь отверстия, $м^2$;

γ_n – насыпная масса, $кг/м^3$.

Площадь круглого отверстия определяют по формуле:

$$S_{om} = \frac{\pi(D-a)^2}{4}, м^2 \quad (4)$$

где D – диаметр отверстия, $м$;

a – эквивалентный диаметр крупинки, $м$.

При больших диаметрах отверстия размерами крупинки можно пренебречь.

Удельный расход находили по зависимости:

$$G_{отв.}^{уд.} = \frac{G}{F_{отв.}}, \frac{кг}{с \times м^2} \quad (5)$$

Анализ наблюдений позволяет утверждать, что струя продукта, вытекающая из неподвижного отверстия под действием гравитационных сил, имеет форму цилиндра, диаметр которого соответствует диаметру отверстия. Причём при длине струи до 0,2 м влияние воздуха на её форму не отмечено.

При круговых колебаниях отверстия отмечено отклонение струи от вертикальной оси. С увеличением виброускорения угол отклонения струи возрастает, а её плотность уменьшается. Ряд крупинок мигрируют из неё. Это, безусловно, связано с дополнительным ускорением, которое придаёт вибратор крупинкам продукта. Чем ближе крупинки прилегают к периметру отверстия, тем ускорение их выше.

Полученные данные необходимы для расчёта рациональной конструкции вибратора круговых колебаний и геометрических размеров мерной ёмкости трубчатых дозаторов круп и бункеров.

В дальнейшем работы будут направлены на исследование других видов круп.

Список литературы

1. Пат. 4880 Україна МПК⁷ G65B 1/32, G01F11/34. Пристрій для дозування сипких тіл / І. М. Заплетніков, С. В. Владіміров. – № 20040503585 ; заявл. 13.05.2004 ; опубл. в 15.02.2005, Бюл. № 2. - 2 с.

2. Пат. 7636 Україна МПК⁷ G 65 B 1/00. Спосіб порціонного дозування сипучих тіл / І. М. Заплетніков, С. В. Владіміров. – № 20040402757 ; заявл. 15.07.2005 ; опубл. 15.07.2005, Бюл. № 7. – 2 с.

УДК 631.319:635.21

Р. Н. Востриков

ФГОУ ВО Ижевская ГСХА

ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ГРЕБНЕЙ ПРИ УХОДЕ ЗА ПОСАДКАМИ КАРТОФЕЛЯ

Рассмотрены вопросы формирования гребня с целью механизированного ухода и уборки посадок картофеля.

При возделывании картофеля наиболее ответственной и трудоёмкой операцией является уборка. Главным условием высокоэффективной уборки картофеля является создание и поддержание в процессе ухода за растениями объёмного гребня с мелкокомковатой структурой почвы с минимальным содержанием сорной растительности на его поверхности. Комбайновая уборка картофеля может быть обеспечена только при формировании урожая в гребне, а гребень должен соответствовать следующим требованиям [1, 2]:

– сечение гребня должно вмещать весь урожай картофеля и защищать от внешних воздействий, с тем чтобы при уборке не затрагивать более плотное междурядье и подошву;

– почва в гребне должна иметь плотность не более рекомендованной агротехническими требованиями для картофеля. Агрегатный состав почвы в основном должен состоять из комков толщиной не менее 25 мм; на поверхности гребня комков не должно быть;

– содержание сорняков в гребне на 1 м² должно быть в количестве, не превышающем порога вредоносности;

– устойчивость гребня к атмосферным воздействиям.

Общий вид экспериментального культиватора, ротационный рабочий орган и схема расстановки рабочих органов показана на рисунке 1 [3, 4].

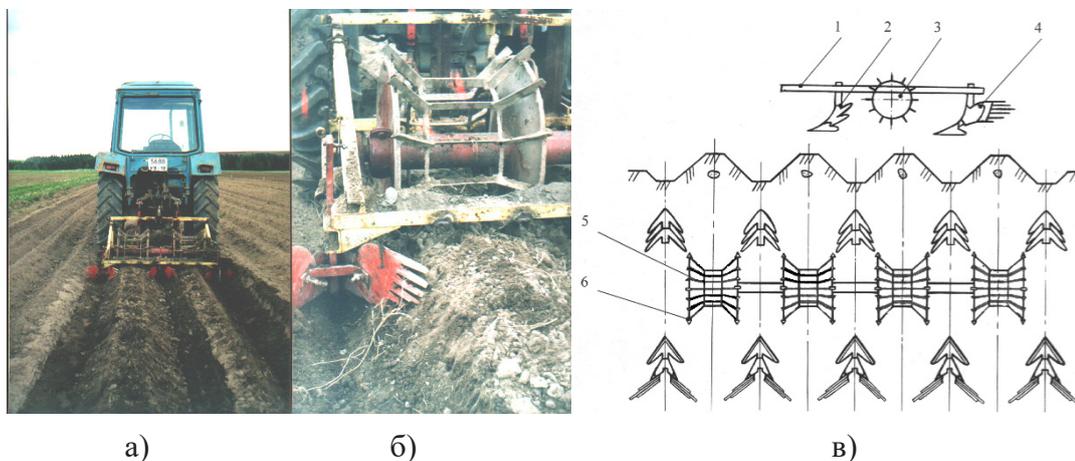


Рисунок 1 – Экспериментальный культиватор:

- а) экспериментальный культиватор-гребнеобразователь, б) ротационный рабочий орган, в) схема расположения рабочих органов экспериментального ротационного культиватора-гребнеобразователя в плане: 1 – рама; 2 – трёхъярусная лапа; 3 – ротационный рыхлитель; 4 – орудие отвальной; 5 – скребки-планки; 6 – почвозащепы

Культиватор состоит из рамы 1 и рабочих органов: трёхъярусных лап 2, ротационных почвообрабатывающих рыхлителей 3 и орудий отвальной 4. При движении культиватора в междурядье осуществляется рыхление и подрезание сорняков, а на гребне кроме рыхления – вычёсывание сорной растительности, которая находится в стадии «белой ниточки». Предварительный анализ исследуемого процесса показал, что на значение выходных параметров технологического процесса уничтожения сорняков и процесс создания и формирования гребня при уходе за посадками картофеля могут влиять следующие факторы: глубина хода ярусных орудий отвальной; поступательная скорость агрегата; расположение лап по ходу движения; геометрические параметры барабана; влажность почвы; тип почвы, на котором проводится эксперимент; предшественник в севообороте и др.

Таким образом, можно сделать вывод, что на процесс формирования гребней влияет множество факторов как природных: параметры гребня перед обработкой, так и конструктивных: вид и последовательность компоновки рабочих органов.

В результате проведённых исследований установлено, что наиболее эффективная компоновка рабочих органов для создания и формирования гребня – это ярусные орудия отвальной, стрельчатые лапы и ротационные рыхлители-гребнеобразователи [5, 6].

Влияние каждого из этих факторов различное и учитывать их вместе было невозможно.

При определении группы основных факторов, которые включены в модель параметров, исходили из следующих соображений:

- глубина хода ярусных окучников. Этот фактор управляется нами и играет важную роль в процессе создания гребня и влияет на его высоту, поэтому его необходимо включить в число рассматриваемых факторов;

- поступательная скорость агрегата. Этот фактор также играет важную роль в исследуемом процессе и управляется нами, поэтому его необходимо включить в число рассматриваемых факторов;

- число планок-скребков барабана. Этот фактор также играет важную роль в исследуемом процессе по формированию гребня с мелкокомковатой структурой и уничтожению сорняков. Он управляется нами, поэтому его необходимо включить в число рассматриваемых факторов;

- конструктивные параметры, определяющие форму ротационного барабана (наружная ширина барабана, внутренняя ширина по вершине гребня). Этот фактор, безусловно, играет важную роль в исследуемом процессе по формированию гребня. Но мы его изучили на действующем экспериментальном культиваторе и поэтому этот фактор не включили в число рассматриваемых факторов. Установили, что оптимальная форма барабана – это фигура, состоящая из цилиндрической и двух конических частей, соединенных между собой образующими;

- влажность почвы. Этот фактор не управляется нами. Влажность почвы влияет на процесс формирования гребня, но нами не управляем, поэтому мы включили его в число рассматриваемых факторов;

- вид почвы влияет на процесс, но мы взяли почвы, которые являются типичными для республики. Таким образом, мы этот фактор не включили в число рассматриваемых факторов;

- расположение лап по ходу движения. Этот фактор управляется нами, но мы его изучили на действующем экспериментальном культиваторе и не включили в число рассматриваемых факторов. Установили, что последние две лапы должны стоять на одной линии.

Исходя из вышесказанного, экспериментальные исследования культиватора с использованием ротационного почвообрабатывающего барабана необходимо проводить при изменении следующих входных факторов: глубина хода ярусных окучников – h , м; поступательная скорость агрегата – V , м/с; число скребков планок – n ; наружный радиус ротационного барабана – R , м; внутренний радиус барабана – r , м [7–10].

Список литературы

1. Основы к методике экспериментальных исследований технологического процесса уничтожения сорняков ротационным рабочим органом / Н. Г. Касимов, В. Ф. Первушин // Молодые ученые – агропромышленному комплексу: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. молодых ученых. Отв. за вып. Р. З. Набиуллин. – Ижевск, 2004. – С. 81–85.
2. Касимов, Н. Г. Анализ рабочих органов для ухода за посадками картофеля / Н. Г. Касимов, О. В. Данилов, Ф. З. Минагулов // Наука Удмуртии. – 2009. – № 9. – С. 80–84.
3. Первушин, В. Ф. Особенности усовершенствованной технологии возделывания картофеля в Удмуртии / В. Ф. Первушин, В. Г. Медведев, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов // Картофель и овощи. – 2004. – № 1. – С. 19–21.
4. Касимов, Н. Г. Ротационный культиватор-гребнеобразователь – основа внедрения энергосберегающей технологии возделывания картофеля / Н. Г. Касимов // Адаптивные технологии в растениеводстве. Итоги и перспективы: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., посвящ. 60-летию кафедры растениеводства Ижевской ГСХА. – Ижевск, 2003. – С. 162–164.
5. Касимов, Н. Г. К вопросу о проведении лабораторных исследований ротационного рабочего органа по уходу за растениями картофеля / Н. Г. Касимов // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2005. – С. 425–428.
6. К вопросу об оптимизации параметров, характеризующих технологический процесс междурядной обработки ротационным почвообрабатывающим барабаном / Н. Г. Касимов, В. Ф. Первушин // Молодые ученые в XXI веке: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2005. – С. 192–196.
7. Результаты исследования коэффициента буксования ротационного барабана культиватора для ухода за растениями картофеля в плоскости обода почвозацепов / В. Ф. Первушин, Н. Г. Касимов // Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2006. – С. 237–239.
8. Касимов, Н. Г. Обоснование основных параметров и режимов работы ротационного рабочего органа для ухода за растениями картофеля / Н. Г. Касимов: дисс. ... канд. техн. наук. – Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого РАСХН, 2005.
9. Первушин, В. Ф. Теоретические предпосылки к обоснованию конструкции ротационной бороны для ухода за посадками картофеля / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов // Техника в сельском хозяйстве. – 2006. – № 1. – С. 4–6.
10. Салимзянов, М. З. Выбор средств малой механизации для возделывания картофеля в личных хозяйствах / М. З. Салимзянов, Н. Г. Касимов, В. П. Чукавин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 6. – С. 25–26.

Е. И. Гавшина

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

АНТИОКСИДАНТНАЯ ЗАЩИТА ОРГАНИЗМА РАБОТНИКОВ СЛУЖБ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Негативное воздействие свободных радикалов на организм человека. Возможные способы защиты организма работника, занятого в службе чрезвычайных ситуаций, с помощью употребления в пищу натуральных антиоксидантов и витаминов, в особенности облепихи.

К сотрудникам служб чрезвычайных ситуаций относится категория работников, осуществляющая противопожарную службу и ведущая аварийно-спасательные работы.

По классификации групп интенсивности труда данная категория работников относится к работникам тяжелого и особо тяжелого физического труда. Служба, которую несут люди, занятые в сфере противопожарной безопасности, представляет серьезную угрозу здоровью и жизни человека.

Работники, занятые в сфере аварийно-спасательной работы и противопожарной безопасности, ежедневно сталкиваются с тяжелыми и неблагоприятными для осуществления не только работы, но и жизни, условиями труда. Чрезвычайно повышенная температура воздуха, загрязненный токсическими и отравляющими веществами воздух, повышенная влажность и осуществление в такой неблагоприятной среде тяжелого физического труда приводит к различным нарушениям в организме, появлению различных заболеваний, нарушению терморегуляции организма, появлению болей, нарушению содержания полезных веществ, а также увеличению содержания свободных радикалов в организме.

Свободные радикалы, с точки зрения химии, это неустойчивые атомы, способные повредить клетки, вызывая развитие различных серьезных заболеваний и преждевременное старение организма.

Свободные радикалы разрушают клетки здорового организма с течением времени. Различные исследования связывают это с окислительным стрессом из-за свободных радикалов и развитием различных заболеваний, таких, как заболевания центральной нервной системы, сердечнососудистые заболевания, аутоиммунные заболевания, воспалительные заболевания, ухудшение зрения, болезни костно-мышечной ткани и органов дыхания.

Болезни органов дыхания и костно-мышечной ткани – это как раз одни из тех заболеваний, которым в большей степени подвержены сотрудники служб чрезвычайных ситуаций, ежедневно выполняющие тяжелую физическую работу в неблагоприятных условиях труда.

В первую очередь появление свободных радикалов в организме человека, а в особенности сотрудника службы чрезвычайных ситуаций, провоцируют: атмосферные загрязнения, радиация, избыток ультрафиолета, токсическое загрязнение атмосферы, курение (пассивное в том числе), стрессы. Стрессовые ситуации и инфекции также способствуют появлению свободных радикалов.

Безусловно, полностью предотвратить появление свободных радикалов в организме человека практически невозможно, но можно максимально минимизировать взаимодействие с ними.

Источником свободных радикалов для любого человека становится практически любое чужеродное явление или воздействие, нарушающее нормальное функционирование и баланс внутренних систем организма. Основное повреждающее действие свободных радикалов – это окислительный стресс.

Легкие, в отличие от других органов, непосредственно подвержены действию кислорода – инициатора окисления, а также оксидантов, содержащихся в загрязненном воздухе, в той среде, в которой в основном работают сотрудники пожарной безопасности. Ткань легких в избытке содержит ненасыщенные жирные кислоты, которые оказываются жертвами свободных радикалов. Легкие подвергаются воздействию микроорганизмов, содержащихся в загрязненном токсичными веществами воздухе.

В умеренных дозах, которые мы получаем из чистого воздуха, свободные радикалы нам необходимы – в частности, они участвуют в обеспечении когнитивных функций мозга. Но серьезной проблемой становится их избыток. Чем больше токсинов – тем больше свободных радикалов в организме.

А сотрудники служб чрезвычайных ситуаций, как известно, максимально подвергаются интоксикации организма, а также воздействию токсичных и отравляющих веществ.

Чем больше свободных радикалов в организме человека, тем интенсивнее окислительный стресс. Чем интенсивнее окислительный стресс – тем хуже чувствует себя человек.

Полностью избавиться от свободных радикалов в организме невозможно, да и незачем. Они выполняют разрушительную работу, направленную на уничтожение вредных веществ и микроорганизмов, защищая нас от них.

У свободных радикалов в организме есть строго определенные функции, и природа предусмотрела защиту от их избытка – антиоксидация. Естественный уровень антиоксидации рассчитан на то, чтобы справляться с природным оксидативным стрессом. Но естественная человеческая антиоксидантная защита не рассчитана на оксидативный стресс, многократно увеличивающийся при неблагоприятных условиях труда и жизни. Поэтому любой современный человек, а в особенности человек, подверженный ежедневной тяжелой физической работе в неблагоприятных условиях труда, нуждается в дополнительных антиоксидантах.

Противоядие свободных радикалов – антиоксиданты. Именно антиоксиданты нейтрализуют повышенную активность свободных радикалов. Это вещества, которые способны замедлить или предотвратить процесс окисления органических соединений.

Антиоксиданты – это в большинстве своем витамины, которые очищают организм от повреждающих молекул, называемых свободными радикалами, которые постоянно образуются в теле человека в результате многочисленных окислительно-восстановительных процессов, направленных на поддержание нормального функционирования всех органов и систем. Антиоксиданты бывают эндогенными и экзогенными.

Эндогенные антиоксиданты вырабатываются в самом организме человека, а экзогенные поступают в организм человека с пищей [1].

Основными четырьмя оксидантами в борьбе со свободными радикалами, которые также поддерживают здоровье всех клеток организма, являются витамины А, Е, С и селен.

Для того чтобы справиться с негативным воздействием на организм сотрудника служб чрезвычайных ситуаций, увеличением количества свободных радикалов в организме, необходимо поддерживать организм различными витаминизированными добавками на основе свежих ягод и фруктов, таких, в которых в большей степени содержится витамин С.

Одним из ярчайших представителей природного источника витамина С и мощнейшего антиоксиданта является облепиха. Именно благодаря высокому содержанию витамина С в плодах и даже листьях облепихи – она является антиоксидантом, способным нейтрализовать избыток свободных радикалов в организме. Также стоит заметить, что плоды облепихи восстанавливают работу дыхательных путей – болезням, которым подвержены в первую очередь сотрудники служб чрезвычайных ситуаций.

Ягоды облепихи эффективны также при лечении ожогов, в том числе при радиационном облучении. Облепиха содержит в себе

не только витамин С, но и витамины группы В, А, Е, К, Р. Но еще важно отметить, что именно витамин С, который необходим организму человека как мощный антиоксидант, не разрушается в облепихе даже после термической обработки [2].

Положительное влияние витамина С на организм человека одинаково при употреблении облепихи в различном виде.

В плодах облепихи высока концентрация сератонина, который еще именуется гормоном радости. Это важный и весомый аргумент в пользу облепихи как основного источника антиоксидантной защиты организма работника служб чрезвычайных ситуаций. Поскольку сотрудники подвержены эмоциональному истощению и психоэмоциональному выгоранию. Помимо антиоксидантой защиты витамин С необходим для восстановления мышц, нормализации процесса кроветворения, поддержания общего иммунитета и повышения работоспособности человека.

Не существует как такового единого лекарственного препарата или пищевого продукта, употребив который, человек полностью защитит организм от негативного влияния, который оказывают на него свободные радикалы. Для минимизации негативных последствий и нейтрализации действия свободных радикалов сотрудники служб чрезвычайных ситуаций должны ежедневно насыщать свой организм антиоксидантами. Но так как в организме работника служб чрезвычайных ситуаций количество свободных радикалов превышает норму, то эндогенных антиоксидантов недостаточно для нормального функционирования организма. В таком случае работникам необходимо употреблять в пищу неферментные антиоксиданты. Основными источниками неферментных антиоксидантов являются витамин С, витамин Е, провитамин А, флавины и флавоноиды, танины, антоцианы.

Почему именно облепиха является мощнейшим антиоксидантом? Именно потому, что это одна из немногих культур, которая содержит все эти вещества в своем составе. Если регулярно употреблять ее в пищу, то можно защитить организм от радиационного облучения. В каждой ягоде есть пектины – до 0,8 % веса плода. Они способствуют выведению из организма солей радиоактивных и тяжёлых металлов, которые накапливаются в организме сотрудников служб чрезвычайных ситуаций.

Антиоксиданты являются самыми сильными противниками свободных радикалов, разрушающих клетки, а облепиха – один из самых сильных из известных антиоксидантов, благодаря содержанию большого количества натуральных антиоксидантов – витаминов С, Р, Е, А, К, бетакаротина, а также различных микроэлементов, включающих в себя магний и железо.

Весь этот комплекс витаминов, который присутствует в составе облепихи и есть мощный антиоксидант в борьбе с избытком свободных радикалов в организме человека.

Людям, которые живут или работают в неблагоприятной загрязненной окружающей среде, необходимо придерживаться здоровой и сбалансированной диеты, богатой натуральными антиоксидантами для поддержания здоровья организма.

Список литературы

1. Пудова, Е. И. Функциональное питание в современном мире / Е. И. Пудова // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2018. – С. 695–699.

2. Пудова, Е. И. Использование плодов облепихи крушиновидной в функциональном питании [Электронный ресурс] / Е. И. Пудова // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – 2018. – С. 197–202. – Режим доступа: <http://nts-izhgsha.ru/выпуски.html> (дата обращения: 05.02.2020).

УДК 531.1

Н. В. Гусева

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ТИПА ЛЕЗВИЯ СЕГМЕНТА РЕЖУЩИХ АППАРАТОВ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ МАШИН

Теоретически обоснован выбор формы режущей кромки ножа косилок в виде насеченного лезвия.

В сегментно-палицевых режущих аппаратах косилок используются гладкие и насеченные ножи [1]. Рассмотрим процесс резания гладким ножом. Процесс срезания стебля можно разбить на две фазы: 1) не вполне упругий удар; 2) колебания стебля под действием упругих сил, возникающих при отклонении стебля от положения равновесия.

Обозначим: m_n – масса ножа, m – приведенная к месту удара масса стебля, V_n – скорость ножа. Тогда скорость стебля после удара:

$$V_0 = m_n (1+k) V_n / (m_n + m), \quad (1)$$

где k – коэффициент восстановления.

Так как масса стебля много меньше массы ножа, то выражение (1) для определения скорости стебля можно записать:

$$V_0 = (1+k) V_n. \quad (2)$$

Скорость стебля сразу после удара больше скорости ножа, поэтому стебель начинает отклоняться от первоначального положения. Дифференциальное уравнение движения стебля имеет вид:

$$\ddot{x} + w^2x = 0, \quad (3)$$

где w –циклическая частота колебаний стебля.

При начальных условиях $t = 0, x = 0, \dot{x} = V_0$, решение уравнения (3) имеет вид:

$$X = \frac{V_0}{w} \text{Sin } wt \quad (4)$$

Скорость стебля изменяется по закону:

$$\dot{x} = V_0 \text{Cos } wt. \quad (5)$$

Оценим время, в течение которого скорость стебля станет равна скорости ножа, используя выражения (2) и (5):

$$T = \frac{1}{w} \text{arkCos } \frac{1}{1+k}$$

Чем меньше время T , тем выше вероятность того, что стебель будет срезан при прямом ходе ножа. Анализируя полученное выражение, можно сделать вывод, что время уменьшается при уменьшении значения коэффициента восстановления. Коэффициент восстановления зависит от вида режущей кромки ножа. При гладкой режущей кромке коэффициент восстановления больше. Наименьшее значение коэффициент восстановления имеет при абсолютно неупругом ударе, когда скорости тел после удара равны. Таким образом, при уборке зерновых культур целесообразно применять сегменты с насеченным лезвием.

Список литературы

1. Ларюшин, Н. П. Сельскохозяйственные машины (раздел Зерноуборочные комбайны) [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. П. Ларюшин. – ФГОУ ВПО Пензенская ГСХА. – Электрон. дан. – Пенза: ПГСХА, 2011.

Н. В. Гусева, В. А. Петров, Р. А. Жуйков
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ СТУПЕНЧАТЫХ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ДЕПЛАНАЦИИ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ

Приведены результаты экспериментальных исследований напряженного состояния возле переходной поверхности ступенчатой модели элемента конструкции с различными радиусами закругления галтелей. Полученные данные могут быть использованы при практических расчетах в условиях сложного сопротивления деталей машин.

Экспериментальные методы играют существенную роль при определении напряжений или деформаций в деталях машин и механизмов. В одних случаях они используются как единственно возможный способ исследования напряженно-деформированного состояния, а в других – для проверки результатов теоретических расчетов или уточнения принятых математических моделей [1–5].

На рисунке 1 представлена расчетная схема модели ступенчатой детали с опорами на краях основания.

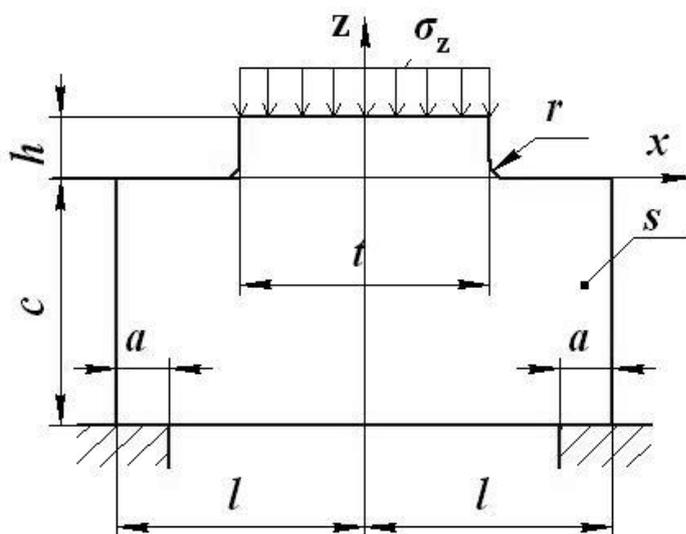


Рисунок 1 – Расчетная схема плоской модели элемента ступенчатой детали, опёртой на краях основания:

$$t = 27 \text{ мм}; s = 7,17 \text{ мм}; c/t = 1,2; h/t = 0,7; l/t = 2,2; a/t = 0,45, \\ r/t = 0,02 \dots 0,2, \sigma_z = 5,01 \text{ МПа}$$

При данной расчетной схеме сечения параллельные оси x до деформации под действием внешней нагрузки искривляются. Такое

явление называется депланацией поперечных сечений. Депланация существенно влияет на распределение деформаций, особенно возле различных концентраторов напряжений, например, в местах резкого изменения формы. Теоретическое исследование напряженного состояния представляет собой сложную задачу, поэтому в работе представлены экспериментальные данные, полученные на лазерном полярископе-интерферометре [6, 7].

Для исследования напряженного состояния возле различных концентраторов используется функция распределения максимальных касательных напряжений τ_{max}

$$g_{\tau} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_n} = \frac{2\tau_{max}}{\sigma_n},$$

где σ_n – номинальное напряжение внутри тела без концентратора напряжений и депланации поперечных сечений.

Коэффициент концентрации напряжений будет определяться как максимальное значение функции распределения напряжений

$$\alpha_{\tau} = |g_{\tau}|_{max}.$$

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунках 2–5. Здесь за номинальные напряжения принято значение $\sigma_n = 5,01$ МПа.

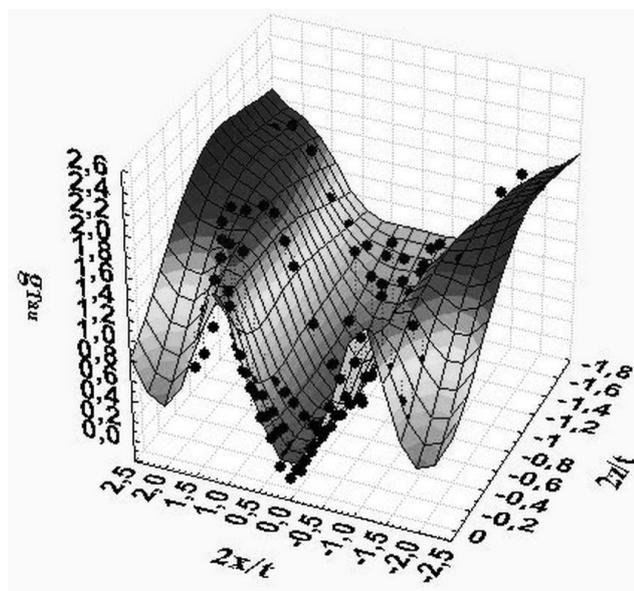


Рисунок 2 – Эпюра функции g_{τ} при $r/t = 0,02$,
 $\sigma_n = 5,01$ МПа, $t = 27$ мм

Эмпирический коэффициент концентрации максимальных касательных напряжений $\alpha_{\tau} = 2,31$ при $2z/t = 0,077$.

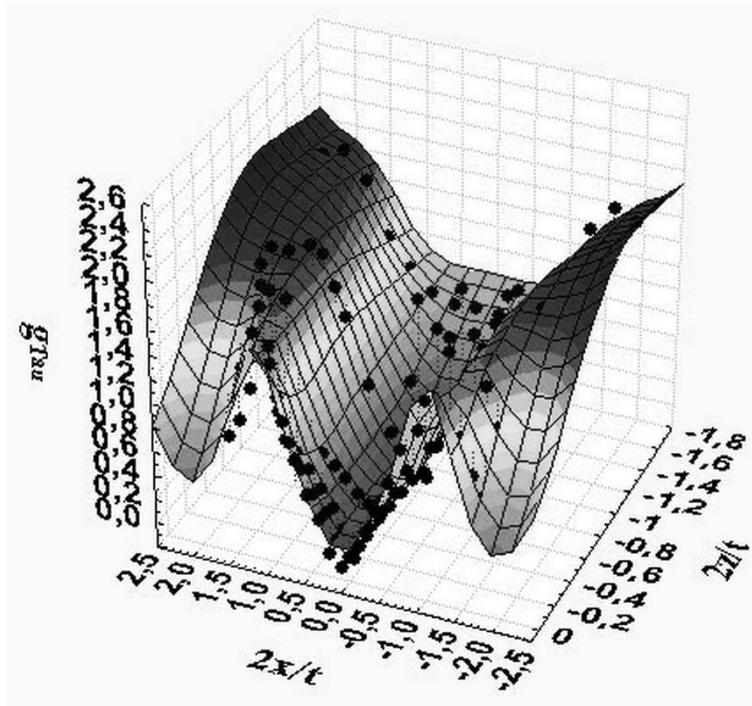


Рисунок 3 – Эпюра функции g_τ при $r/t = 0,07$,
 $\sigma_H = 5,01$ МПа, $t = 27$ мм

Эмпирический коэффициент концентрации максимальных касательных напряжений $\alpha_\tau = 2,37$ при $2z/t = -0,077$.

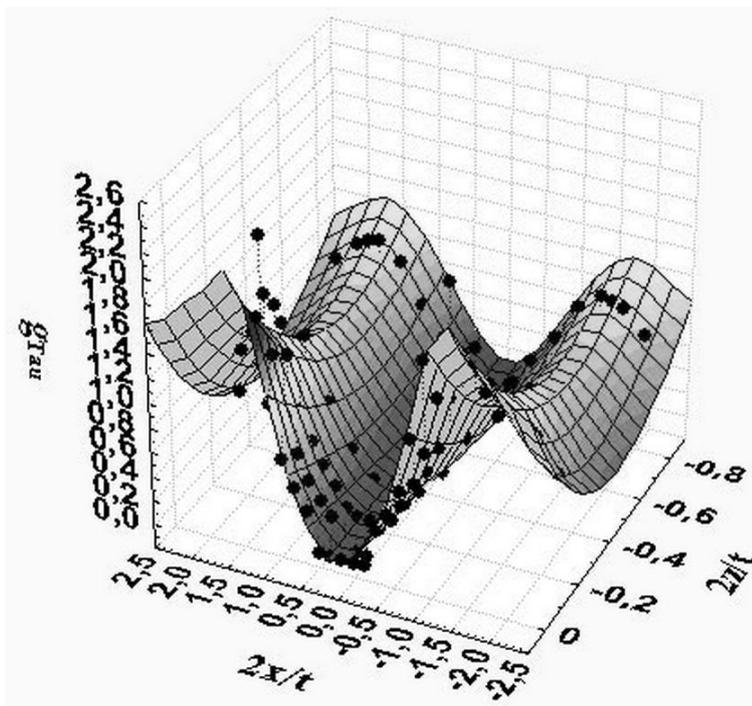


Рисунок 4 – Эпюра функции g_τ при $r/t = 0,2$, $\sigma_H = 5,01$ МПа, $t = 27$ мм

Эмпирический коэффициент концентрации максимальных касательных напряжений $\alpha_\tau = 2,37$ при $z = 0$.

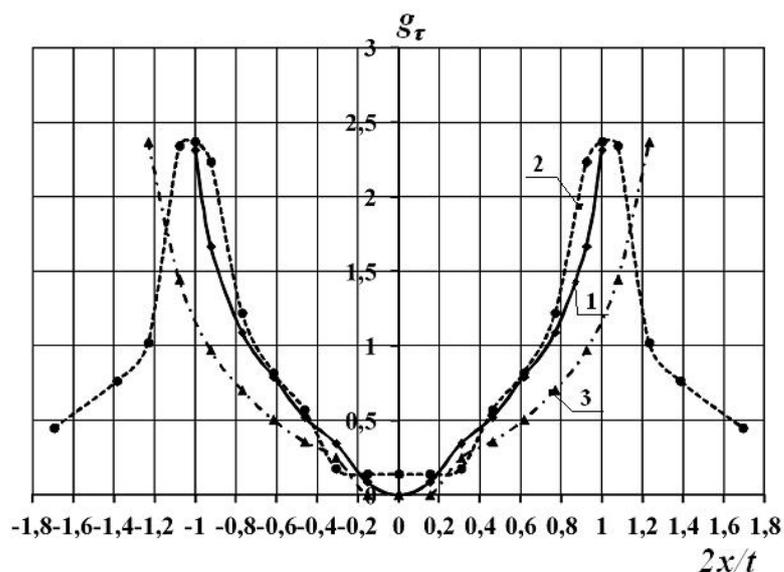


Рисунок 5 – Эпюры функции g_{τ} при различных радиусах закругления углов ($\sigma_{н} = 5,01$ МПа, $t = 27$ мм):
 1 – при $r/t = 0,02$, $2z/t = 0,077$, $\alpha_{\tau} = 2,31$; 2 – при $r/t = 0,07$, $2z/t = -0,077$, $\alpha_{\tau} = 2,37$; 3 – при $r/t = 0,2$ и $z = 0$, $\alpha_{\tau} = 2,37$

Из анализа эпюр на рисунке 5 можно заключить, что закругление углов переходной поверхности при данном виде сопротивления практически не влияет на концентрацию напряжений (относительное отклонение коэффициентов концентрации α_{τ} не превышает 3 %). Это связано с искривлением сечений (депланацией), нормальных к внешней нагрузке и, соответственно, увеличением податливости (уменьшением жесткости) детали.

Список литературы

1. Дородов, П. В. Концентрация напряжений возле горизонтального выреза / П. В. Дородов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2012. – № 1 (30) – С. 55–58.
2. Дородов, П. В. Исследование напряженного состояния в пластине, ослабленной концентратором напряжений / П. В. Дородов, А. Г. Поспелова // Достижения науки и техники АПК. – 2013. – № 8. – С. 67–70.
3. Дородов, П. В. Комплексный метод расчета и оптимального проектирования деталей машин с концентраторами напряжений: моногр. / П. В. Дородов. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – 316 с.
4. Ерохин, М. Н. Уточненный расчет и определение коэффициента концентрации напряжений в деталях машин, ослабленных боковыми вырезами / М. Н. Ерохин, П. В. Дородов // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – № 4. – С. 77–83.
5. Дородов, П. В. Повышение надежности сельскохозяйственных машин путем оптимизации формы их деталей: дисс.... док. техн. наук: 05.20.03 / Дородов Павел Владимирович. – М., 2015 – 327 с.

6. Дородов, П. В. Совершенствование установки для исследования напряженно-деформированного состояния в плоских прозрачных моделях деталей сельскохозяйственной техники / П. В. Дородов, Н. В. Гусева // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 4. – С. 10–13.

7. Дородов, П. В. Разработка и применение лазерного полярископа-интерферометра для исследования напряжений в моделях деталей машин / П. В. Дородов, Н. В. Гусева, М. М. Киселев. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – 142 с.

УДК 621.1–1/-9 +62–25

А. Г. Иванов¹, Р. Ф. Валеев²

¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

²АСПЕК-Центр Тойота

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОМЕНТА ТРЕНИЯ В ПОДШИПНИКАХ

Описана методика лабораторного определения момента трения в подшипниках вращающихся валов, представлены результаты определения момента трения в подшипниках скольжения вала турбокомпрессора до восстановления и после восстановления.

Эффективность и качество работы узлов трения различных вращающихся деталей принято оценивать по величине потерь энергии на трение или по коэффициенту полезного действия. Современные подшипниковые узлы обладают высокой эффективностью и практически сопоставимы по величине коэффициента полезного действия, поэтому наиболее достоверным показателем остается величина момента трения в подшипниковых узлах.

Рассматриваемая методика опирается на закон динамики вращательного движения [1–3]:

$$M = I \cdot \varepsilon = I \cdot \frac{\omega_0 - \omega_1}{t}, \quad (1)$$

где M – момент трения в подшипниковых узлах вращающейся детали, Н·м;

I – момент инерции вращающейся детали относительно оси вращения, кг·м²;

ε – угловое ускорение вращающейся детали, рад/с²;

ω_0, ω_1 – угловая скорость в начальный и конечный моменты времени соответственно, рад/с;

t – время проведения измерений, с.

При проведении опытов исследуемую конструкцию в сборе фиксируют и раскручивают сторонним приводом вал до некоторой частоты вращения n_0 (об./мин.), причем известно соотношение $\omega = \pi \cdot n / 30$. Затем отсоединяют привод и обеспечивают свободный выбег вала под действием момента трения в подшипниковых узлах. Одновременно с этим фиксируется время и частота вращения. По окончании опыта определяется момент трения:

$$M = I \cdot \frac{\pi \cdot (n_0 - n_1)}{30 \cdot t}, \quad (2)$$

где n_0, n_1 – угловая скорость в начальный и конечный момент времени соответственно, об./мин.

В рассматриваемой методике предполагается, что момент инерции вращающегося узла в сборе I известен. На современном этапе его можно определить, построив и собрав 3D сборку узла в любом программном продукте (КОМПАС, SolidWorks и пр.), определив размерно-массовые характеристики изделия [4, 5].

В случае, если существует сборочная единица, то её момент инерции можно найти известным способом, используя маятник Обербека [2].

В формулах (1) и (2) предполагается, что момент трения в подшипниковых узлах постоянен в заданном диапазоне скоростей и не зависит от момента трогания. Это характерно для подшипниковых опор на подшипниках качения. Для таких конструкций можно рекомендовать оценивать время до полной остановки вала ($n_1 = 0$). В случае использования опор с подшипниками скольжения, работающими в гидродинамических условиях смазки, следует принять, что момент страгивания больше собственного момента трения в подшипниковых узлах. Для определения последнего следует оценивать время не до полной остановки, а до некоторой конечной частоты вращения ($n_1 \neq 0$). При этом в подшипниковые узлы необходимо обеспечить подачу смазки, соответствующей условиям эксплуатации [3, 6].

Если рассматривать подшипниковые узлы турбокомпрессоров автомобильных двигателей, то мы говорим о частоте вращения 1000...1500 об./мин. в режиме раскрутки вала. Однако этого недостаточно, чтобы обеспечить рабочие условия в узлах трения, номинальные скорости которых достигают десятков тысяч оборотов в минуту. Но данный режим позволяет исследовать переходные процессы граничного трения при недостаточных условиях смазки, характер-

ные для частичных нагрузок ДВС с нестационарными режимами [7]. Именно в этих режимах обеспечивается повышенный износ узлов трения и их уплотнений. Данная методика позволяет оценить износостойкость посадочных мест валов и втулок подшипников не зависимо от температурного режима, опираясь только на трибологические свойства функциональных покрытий валов. Также не исследуется вопрос о моменте страгивания, так как он наблюдается в очень короткий промежуток времени запуска двигателей, составляющий менее 1 % от срока службы машины. Основной износ происходит при работе именно в переходных режимах.

Исследования проводились на турбокомпрессоре ТКР 7С-6, используемой в двигателях КамАЗ Евро2 740.30; 740.51; 740.13; 740.14 автомобилями КамАЗ 740.11–240; 740.13–260; 740.51–320; 740.50–360; 740.30–260 (рис. 1). Момент инерции вала с крыльчатками составляет $I = 4,23 \cdot 10^{-5}$ кг·м².

После установки турбокомпрессора в тиски лабораторного стенда и подключения к внешнему двигателю производится настройка системы управления на отключение счетчика времени в момент достижения частоты вращения $n_1 = 500$ об./мин. при свободном выбеге вала. Затем проводят измерения в 10-кратной повторности для получения достоверных и значимых результатов. При вращении вала в канал системы смазки обеспечивают подачу масла КАМАЗ SAE 15W40 API CI-4/SL K10–40.50, которое соответствует спецификации завода-изготовителя.



а



б

Рисунок 1 – Установка турбокомпрессора на лабораторный стенд (а) и его маркировка (б)

В таблице 1 приведены результаты определения момента трения в изношенных подшипниках вала турбокомпрессора. В таблице 2 приведены результаты определения момента трения в восстановленных подшипниковых узлах (новые втулки и функциональ-

ное самовосстанавливающееся покрытие вала) турбокомпрессора [6, 8–14].

Таблица 1 – Результаты измерения времени выбега и расчета момента трения в изношенных подшипниках турбокомпрессора ТКР 7С-6

№ п/п	Начальная частота n_0 , об./мин.	Конечная частота n_1 , об./мин.	Время выбега t , с	Момент трения M , Н·м	Квадрат разности $M_i - M_{cp}$
1	1401	500	1,68	2,3690	0,0001
2	1393	500	1,69	2,3465	0,0002
3	1390	500	1,47	2,6774	0,1015
4	1391	500	1,81	2,1775	0,0329
5	1388	500	1,57	2,4997	0,0198
6	1384	500	1,59	2,4624	0,0107
7	1394	500	1,79	2,2135	0,0211
8	1395	500	1,66	2,3862	0,0007
9	1398	500	1,89	2,1066	0,0636
10	1400	500	1,70	2,3494	0,0001
Сред. знач	1393,4	500	1,69	2,3588	0,0251

Таблица 2 – Результаты измерения времени выбега и расчета момента трения в восстановленных подшипниковых узлах турбокомпрессора ТКР 7С-6

№ п/п	Начальная частота n_0 , об./мин.	Конечная частота n_1 , об./мин.	Время выбега t , с	Момент трения M , Н·м	Квадрат разности $M_i - M_{cp}$
1	1347	500	2,16	1,7398	0,0002
2	1350	500	2,29	1,6476	0,0061
3	1348	500	2,00	1,8780	0,0232
4	1347	500	2,22	1,6905	0,0012
5	1356	500	2,18	1,7362	0,0001
6	1373	500	2,24	1,7231	0,0000
7	1376	500	2,45	1,5834	0,0202
8	1348	500	2,64	1,4219	0,0922
9	1370	500	1,92	2,0097	0,0807
10	1368	500	2,11	1,8255	0,0100
Сред. знач.	1358,3	500	2,22	1,7256	0,0234

Установим величину доверительного интервала, который позволяет с вероятностью $\gamma = 95\%$ указать диапазон, в который попадают значения момента трения M [15]:

$$\bar{M}_B - t_\gamma \cdot \frac{S}{\sqrt{m}} < M < \bar{M}_B + t_\gamma \cdot \frac{S}{\sqrt{m}}, \quad (3)$$

где \bar{M}_B – выборочное среднее значение момента трения в данном диапазоне значений, Н·м;

t_γ – значение аргумента функции Лапласа $\Phi(t)$, выбирается по таблице с заданной надежностью $\gamma = 0,95$ и числом измерений m ;

S – корень из дисперсии или среднеквадратичное отклонение, Н·м.

Среднеквадратичное отклонение S определяют по формуле математической статистики:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_1^m (M_i - \bar{M}_B)^2}{m}},$$

где M_i – значение момента трения в подшипнике в i -том измерении, Н·м.

По данным из справочника [15], нашим расчетам имеем: для таблицы 1 – $\bar{M}_B = 2,36$ Н·м, $S = 0,1583$ Н·м, $t_\gamma = 2,26$, тогда

$$t_\gamma \cdot \frac{S}{\sqrt{m}} = 2,26 \cdot \frac{0,1583}{\sqrt{10}} = 0,1131 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

для таблицы 2 – $\bar{M}_B = 1,73$ Н·м, $S = 0,15830$ Н·м, $t_\gamma = 2,26$, тогда

$$t_\gamma \cdot \frac{S}{\sqrt{m}} = 2,26 \cdot \frac{0,1530}{\sqrt{10}} = 0,1093 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Значения моментов трения в подшипниковых узлах турбокомпрессора с вероятностью 95% находится в диапазонах $M = 2,3588 \pm 0,1131$ Н·м до обработки вала и $M = 1,7256 \pm 0,1093$ Н·м после обработки вала. Таким образом, используя указанное функциональное покрытие вала произошло снижение момент трения в подшипниковых узлах турбокомпрессора ТКР 7С-6 в 1,37 раза или на 37%.

Снижение величины момента сопротивления должно положительно сказаться на чувствительности турбокомпрессора, то есть его способности повышать частоту вращения вала во время увеличения подачи топлива.

Указанное обстоятельство позволяет снизить время действия так называемой «турбоямы» во время набора скорости транспортного средства.

После определения момента трения в подшипниках в режиме свободного выбега следует наиболее перспективные варианты покрытий валов проверить в реальных условиях эксплуатации.

Список литературы

1. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для вузов.– 12-е изд., стер. / С. М. Тарг. – М.: Высшая школа, 2002. – 416 с.
2. Лабораторные работы по теории механизмов и машин: электр. учеб. пособ. / Сост. Ю. А. Боровиков [и др.]. – Ижевск, 2014.
3. Детали машин и основы конструирования: учеб. пособ. / Сост. Л. Я. Лебедев [и др.]. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2014.
4. Применение компьютерных и автоматизированных систем в образовательном процессе / А. В. Костин [и др.] // Материалы Междунар. науч.-практ. конф.: 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 214–218.
5. Дородов, П. В. Определение несущей способности полурамы на базе трактора ЛТИ / П. В. Дородов, А. В. Костин, Р. Р. Шакиров // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. – Белгород, 2018. – С. 65–69.
6. Ипатов, А. Г. Повышение износостойкости подшипников скольжения сверхтвердыми материалами / А. Г. Ипатов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2019. – № 10. – С. 16–20.
7. Вахрамеев, Д. А. Улучшение технико-экономических показателей двигателя машинно-тракторного агрегата путем совершенствования динамических характеристик двигателя / Д. А. Вахрамеев, Е. А. Потапов, Ф. Р. Арсланов // Динамика механических систем: м-лы I Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти профессора А. К. Юлдашева. Казанский ГАУ; Ижевская ГСХА. – 2018. – С. 53–59.
8. Ипатов, А. Г. Реализация технологии ФАБО при нанесении антифрикционных покрытий / А. Г. Ипатов, В. И. Широбоков, С. Н. Шмыков // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 30-летию кафедры технической механики конструирования машин. – Белгород, 2018. – С. 314–318.
9. Ипатов, А. Г. Особенности модификации трибообъектов геомодификаторами на основе серпентинита / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2018. – № 1 (54). – С. 52–58.
10. Ипатов, А. Г. Модификация антифрикционных покрытий на основе оловянистой бронзы короткоимпульсной лазерной обработкой / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский // Технический сервис машин. – 2018. – Т. 133. – С. 220–226.

11. Стрелков, С. М. Некоторые проблемы восстановления подшипниковых сопряжений турбокомпрессоров / С. М. Стрелков, А. Г. Ипатов, А. Н. Давыдов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – № 1 (38). – С. 32–34.

12. Шмыков, С. Н. Экономическая оценка способов восстановления вала турбокомпрессора / С. Н. Шмыков, А. Г. Ипатов, С. М. Стрелков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – № 2 (39). – С. 44–46.

13. Ипатов, А. Г. Триботехнические свойства сверхтвердых функциональных покрытий на основе карбида и нитрида бора / А. Г. Ипатов, Е. В. Харанжевский // Трение и износ. – 2019. – Т. 40. – № 6. – С. 776–782.

14. Ипатов, А. Г. Перспективы реализации тонкопленочных покрытий в ремонтном производстве / А. Г. Ипатов, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевской ГСХА. – 2019. – № 3 (59). – С. 54–58.

15. Гмурман, В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятности и математической статистике / В. Е. Гмурман. – М.: Высшая школа, 2004. – 404 с.

УДК 621.91

А. Г. Иванов¹, А. А. Мохов², Л. А. Торопов², Е. Е. Шпаков²

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА¹

ООО ПКБ Горизонт²

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОШИБОК УСТАНОВКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ДЕТАЛЕЙ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ПРИ ТОЧЕНИИ

Рассмотрены вопросы влияния погрешностей установки крупногабаритных деталей на точность обработки при точении

Обработка крупногабаритных деталей вращения на токарных станках может быть затруднена вследствие массогабаритных параметров самих деталей. Их сложно разместить на токарном станке обычной конструкции и закрепить в шпинделе. Существуют станки, которые выполняют токарные операции без жесткой фиксации детали в шпинделе. Деталь приводится во вращение внешним приводом посредством фрикционной передачи (один из возможных способов) [1, 2].

Вследствие отсутствия жесткой привязки базовых поверхностей детали к базовым поверхностям и осям станка могут возникнуть установочные или монтажные перекосы (рис. 1).

На рисунке штриховыми линиями показано идеальное положение детали по отношению к базовым поверхностям и осям станка. Для общего случая определения ошибок выбрана коническая поверхность вращения. С ней связана декартова система координат $Oxuz$.

Считаем, что начало отчета O является базовой точкой для начального положения резца. В этом случае возможно отклонение детали в виде перекосов: поворот вокруг оси Oz на угол α , поворот вокруг оси Oy на угол β [3, 4].

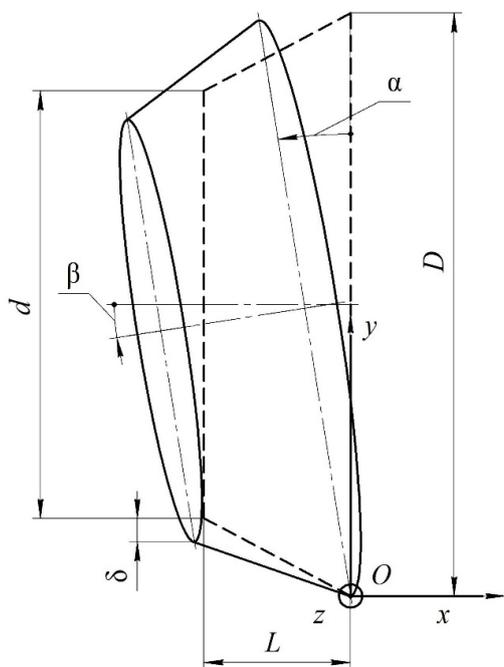


Рисунок 1 – Ошибки расположения детали

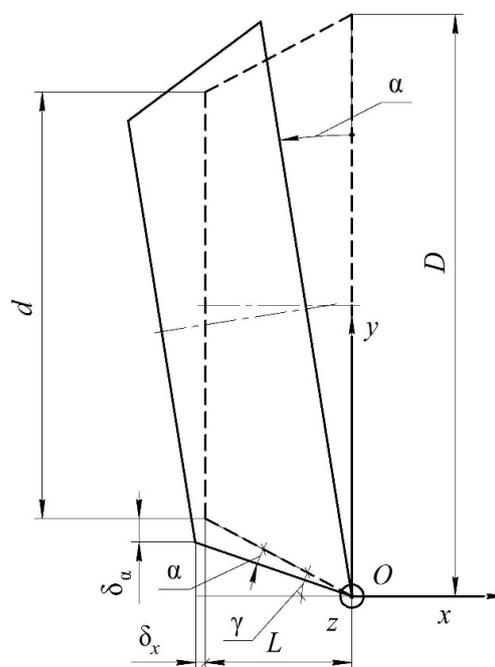


Рисунок 2 – Влияние угла поворота α на ошибку при точении

Если резец при обработке будет двигаться вдоль идеальной поверхности детали, строго заданной уравнениями в системе отчета станка, то реальная деталь будет обтачиваться с ошибкой, которая будет увеличиваться в направлении вдоль оси Ox (в области отрицательных координат оси Ox). Суммарная ошибка на рисунке 1 обозначена δ . Как видно, эта ошибка обеспечивает уменьшение радиуса обточки детали при выбранных направлениях погрешностей установки [5–10].

Определим ошибку радиуса и диаметра обточки в зависимости от погрешностей установки. Если имеется только поворот вокруг оси Oz на угол α (рис. 2), то имеем только одну ошибку δ_α .

Если деталь имеет толщину L , диаметры большего и меньшего оснований усеченного конуса соответственно D и d , тогда угол наклона образующей равен

$$\gamma = \operatorname{arctg}\left(\frac{D-d}{2L}\right). \quad (1)$$

Максимальная погрешность радиуса будет находится на меньшем основании усеченного конуса и определяться

$$\delta_{\alpha} = L(\tan \gamma - \tan(\gamma - \alpha)). \quad (2)$$

Однако мы видим, что имеется еще и смещение δ_x вдоль оси Ox :

$$\delta_x = L(\cos \gamma - \cos(\gamma - \alpha)). \quad (3)$$

Тогда подставляем (3) в выражение (2), и фактическая ошибка радиуса сечения кругового конуса составляет:

$$\delta_{\alpha}^{\phi} = L(\tan \gamma - (1 - (\cos \gamma - \cos(\gamma - \alpha))) \tan(\gamma - \alpha)). \quad (4)$$

Для произвольного сечения, определяемого координатой x (берем по модулю).

$$\delta_{\alpha x}^{\phi} = x(\tan \gamma - (1 - (\cos \gamma - \cos(\gamma - \alpha))) \tan(\gamma - \alpha)). \quad (5)$$

Оценим погрешность $\delta_{\alpha x}^{\phi}$ при следующих параметрах: $D = 600$ мм, $d = 500$ мм, $L = 150$ мм, $\alpha = 2^{\circ}$. Получаем

$$\gamma = \operatorname{arctg}\left(\frac{600 - 500}{2 \cdot 150}\right) = 18,4^{\circ},$$

$$\delta_{\alpha}^{\phi} = 150(\tan 18,4^{\circ} - (1 - (\cos 18,4^{\circ} - \cos(18,4^{\circ} - 2^{\circ}))) \tan(18,4^{\circ} - 2^{\circ})) = 5,29 \text{ мм.}$$

Максимальная ошибка радиуса составляет $-5,29$ мм, а ошибка диаметра $-10,58$ мм.

Аналогично определяется ошибка при погрешности установки с поворотом вокруг оси Oz на угол β . Указанные ошибки могут складываться и вычитаться.

Таким образом, отмеченные погрешности установки крупногабаритных деталей по отношению к базовым поверхностям и осям станка имеют существенное значение на точность обработки. Если обработка производится на станках под управлением опытного станочника, то он может в процессе точения нивелировать эту погрешность. Для станков с ЧПУ необходимо устранять начальные погрешности или вносить поправки на эти погрешности в программу обработки.

Список литературы

1. Патент 2675329 Российская Федерация, МПК В23В 5/32(2006.01). Мобильный станок для обточки колесных пар : № 2017141901 : опубл. 18.12.2018 ; заявитель и патентообладатель Шпаков Е. Е., Мохов А. А.. – 1 с.: ил. 3

2. Мохов, А. А. Обточка с «Прогрессом» / А. А. Мохов, Е. Е. Шпаков // РСП ЭКСПЕРТ. – 2015. – 54 с.
3. Плотников, А. Л. Управление режимами резания на токарных станках с ЧПУ: монография / А. Л. Плотников, А. О. Таубе. – Волгоград: Волгоградский ГТУ, 2003.
4. Переверзев, П. П. Оптимизация режимов резания для станков с автоматическим циклом управления: Учеб. пособие / П. П. Переверзев, И. А. Кулыгина. – Челябинск: Южно-Уральский госуниверситет, 2003.
5. Математическая модель уточнения режимов резания для обеспечения точности токарной обработки нежестких валов на станках с ЧПУ / А. А. Жданов, А. Л. Плотников, Ю. Л. Чигиринский, И. В. Фирсов / Научные труды SWorld. – 2015. – Т. 3. – № 4 (41). – С. 41–47.
6. Леонтьева, А. С. Повышение точности обработки на станках с ЧПУ при учёте погрешностей возникающих при обработке резанием / А. С. Леонтьева, М. Д. Ильинский // Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике (МНТК ФТИ-2017): м-лы Междунар. науч.-техн. конф. – 2017. – С. 195–197.
7. Кондрашов, А. Г. Прогнозирование точности при обработке резанием / А. Г. Кондрашов, Д. Т. Сафаров // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2014. – № 12 (657). – С. 63–69.
8. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Формообразование: учеб. пособ. / Под общей ред. П. В. Сенина. – Саранск, 2018.
9. Проблемы обеспечения точности расчета скорости резания и силы резания при проектировании технологического процесса токарной обработки сталей и пути их решения / А. Л. Плотников, А. С. Сергеев, Т. В. Уварова, И. И. Бровкин // Известия Волгоградского ГТУ. – 2016. – № 8 (187). – С. 41–46.
10. Технология конструкционных материалов: учеб. пособ. / А. Г. Схиртладзе [и др.]. – 4-е изд., стер. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 359 с.

УДК 631.332.5:635.33

В. И. Константинов

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ САПР В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ МАШИНЫ ДЛЯ ПОСАДКИ КАПУСТЫ

Рассматривается возможность применения системы автоматизации твердотельного моделирования на этапе проектно-конструкторских работ, способствующих снижению материальных затрат и сокращению сроков проектирования рассадопосадочных машин

Анализ машин, которые применяются для посадки рассады овощных культур, показывает, что процесс посадки проходит с нарушениями, рабочие органы машин нередко наносят повреждения неокрепшей рассаде, тем самым вызывая её гибель [2].

Таким образом, разработка машины для посадки рассады капусты является актуальной задачей.

В настоящее время, в век IT-технологий, применение систем автоматизированного программирования является важным звеном в промышленном конструировании. Особенно это справедливо для стадии рабочего проектирования как наиболее трудоемкой, содержащей наибольшее число частных технических решений и, пожалуй, рассматриваемой как единственная автоматизируемая. Основная цель внедрения таких систем – снижение материальных затрат, сокращение сроков проектирования. Явное преимущество автоматизированного проектирования – возможность заменить математическим моделированием дорогостоящее и продолжительное физическое моделирование. Однако стоит отметить, что работоспособность САПР возможна лишь при непосредственном участии человека на этапах проектирования. Параметры такие, как габаритные размеры машины, размеры основных рабочих органов задает именно человек (проектировщик) [7].

Геометрические параметры конструкции рассадопосадочной машины определяются шириной междурядья, высотой рамы машины от нижнего основания рамы до верхнего и шириной рамы машины, исходя из эргономики рабочего места оператора [3, 12, 13]. Теоретически длину рассадопосадочной машины можно принять равной максимально возможной ширине междурядья – 900 мм из учета высадки рассады на два рядка одновременно, при этом необходимо выделить место для компонентов распределительно-высаживающего аппарата.

Таким образом, ширину рассадопосадочной машины принимаем 1400 мм. Такой габаритный размер машины позволит охватить весь доступный диапазон известных технологий по высадке рассады в поле при ширине междурядий от 200 до 900 мм и шаге посадки от 300 до 700 мм.

Следующими, наиболее значимыми геометрическими параметрами являются высота и ширина рамы машины. Их необходимо принять таким образом, чтобы обеспечить эргономику рабочего места оператора для снижения его утомляемости и, как следствие, повышения производительности машины. Таким образом, принимаем высоту рамы машины 700 мм, без учета геометрических параметров колес. Ширину рамы машины – 500...700 мм. После принятия раз-

меров рассадопосадочной машины создается её схема (рис. 1) и выполняется предварительная компоновка.

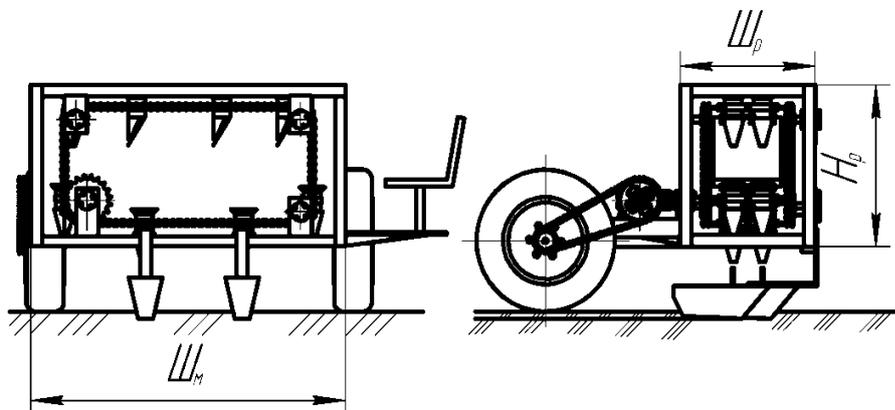


Рисунок 1 – Схема параметров рассадопосадочной машины:
 Π_M – ширина рассадопосадочной машины, Π_T – ширина транспортера,
 H – высота рамы машины

Полученная схема машины позволяет перейти к созданию её 3D-модели (рис. 2).

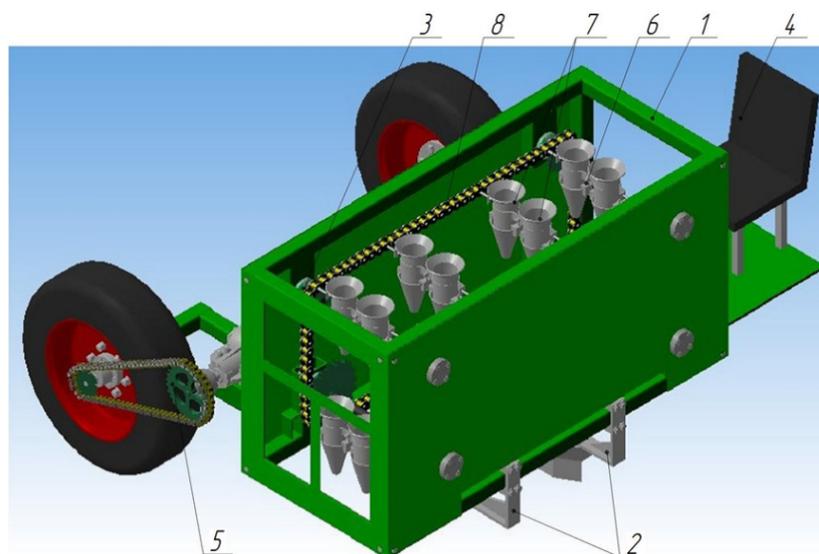


Рисунок 2 – 3D-модель конструкции рассадопосадочной машины:
 1 – рама, 2 – посадочные секции, 3 – распределительно-высаживающий
 аппарат, 4 – место оператора, 5 – привод, 6 – звено стаканов,
 7 – посадочные стаканы, 8 – цепь

Созданная 3D-модель является идеализированным представлением реальной конструкции рассадопосадочной машины и позволяет провести компоновку основных узлов на стадии эскизов. Это, в свою очередь, упрощает составление и ведение конструкторской документации, а также позволяет сократить энерго- и трудозатраты на изготовление лабораторных и опытных образцов.

Применение системы САПР в процессе разработки машины для посадки капусты является важной составляющей на этапе проектно-конструкторских работ.

Список литературы

1. Касимов, Н. Г. Совершенствование способа посадки овощных культур / Н. Г. Касимов // Современному АПК – эффективные технологии: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию д-ра с.-х. наук, профессора, заслуж. деят. науки РФ, почет. раб. ВПО РФ В. М. Макаровой. – Ижевск, 2019. – С. 32–34.
2. Касимов, Н. Г. К вопросу о применении рассадопосадочных машин в условиях УР / Н. Г. Касимов, А. В. Ботин // Наука, инновации и оборудование в современном АПК: м-лы Междунар. науч. – практ. конф. в 3 т. – 11 – 14 февраля 2014 г. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – Т. 3. – 240 с.
3. Касимов, Н. Г. Классификация рассадопосадочных машин по основным признакам функционирования / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, А. С. Кутявин // Вестник Ижевской ГСХА. – 2015. – № 3 (44). – С. 20–25.
4. Касимов, Н. Г. Основные закономерности взаимодействия ротационного рабочего органа / Н. Г. Касимов, А. Г. Иванов // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. 28 февр.–03 марта 2006 г. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2006. – 324 с.
5. Касимов, Н. Г. Технические измерения и метрологическое обеспечение научных исследований ротационной бороны при взаимодействии с почвой / Н. Г. Касимов, В. Ф. Первушин // Динамика механических систем: м-лы I Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. памяти профессора А. К. Юлдашева. – Казанский ГАУ; Ижевская ГСХА, 2018. – С. 263–267.
6. Касимов, Н. Г. К вопросу о проведении лабораторных исследований ротационного рабочего органа по уходу за растениями картофеля / Н. Г. Касимов // Материалы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – С. 425–428.
7. Костин, А. В. Использование систем автоматизированного проектирования при конструировании элементов машин на примере Компас 3D / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов // Теория и практика – устойчивому развитию агропромышленного комплекса: м-лы Всероссийской науч.-практ. конф., 17–20 февраля 2015 г. – Ижевск, 2015. – С. 170–174.
8. К вопросу импортозамещения рассадопосадочных машин для посадки капусты открытого грунта / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, А. М. Митрошин // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. 16 – 19 февраля 2016 г. В 3-х т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – Т. 3. – С.26–29.
9. Обоснование конструкции экспериментального культиватора / Н. Г. Касимов // Научное обеспечение АПК. Итоги и перспективы: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск, 2003. – С. 171–173.

10. Применение компьютерных и автоматизированных систем в образовательном процессе / А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов, А. Л. Шкляев, В. И. Константинов // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 214–218.*

11. Применение компьютерных и автоматизированных систем при конструировании новой техники / П. В. Дородов, А. В. Костин, Р. Р. Шакиров, А. Л. Шкляев // *Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 134–136.*

12. Применение новой техники и технологий – основа конкурентоспособности в сельскохозяйственном производстве / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, П. Л. Максимов // *Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 143–145.*

13. Пат. № 2606792 Российская Федерация, МПК 01/02 Рассадопосадочная машина / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, А. В. Ботин, О. Н. Крылов, А. Г. Иванов, В. Ф. Первушин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – № 2014149532/13; заявл. 08.12.2014; опубл. 10.01.20. Бюл. № 1.

14. Патент 2647857 Российская Федерация, МПК A01C 11/02, A01C 7/00 Способ посадки клубней и рассады овощных культур / Н. Г. Касимов, О. Н. Крылов; заявитель и патентообладатель Касимов Н. Г.- № 2017112237; заявл. 04.10.2017; опубл. 03.21.20. Бюл. № 9.

15. Разработка функционально-морфологической модели машины для посадки рассады капусты / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, Р. Р. Шакиров, А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев, И. А. Дерюшев, А. В. Костин // *Вестник НГИ-ЭИ. – 2019. – № 8 (99). – С. 5–17.*

УДК 664.7.05:631.374

Л. Я. Лебедев

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ПНЕВМОТРАНСПОРТ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПОГРУЗОЧНО-РАЗГРУЗОЧНЫХ РАБОТ С СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ СЫПУЧИМИ ГРУЗАМИ

Рассмотрена технология пневматического транспортирования в зерноперерабатывающем предприятии. Представлены схема, технология и расчёт пневмотранспорта.

Современное производство и переработка с/х продукции выполняется поточным способом с использованием механизированных линий, которые основаны на передаче сырьевых ресурсов от одной технологической операции к другой.

Процесс перемещения исходного сырья-солода для безалкогольной и слабоалкогольной продукции рассмотрим на примере Сарапульского дрожжепивзавода. Предприятие закупает солод, который поступает железнодорожным транспортом. По прибытии вагона к нему подают передвижной ленточный транспортер, на который высыпается солод. Далее он подается к ковшовому элеватору и поднимается вверх, а затем по желобу самотеком поступает в бункер-накопитель (силос). Подача солода в производственный цех осуществляется выгрузным шнеком в тележку трактора, который везут в приемный бункер дробильной камеры. Этот кропотливый труд занимает много времени, используется трактор и грузчики, при этом неизбежны потери сырья и запыленность территории предприятия.

В целях сокращения потерь продукции, уменьшения запыленности и снижения себестоимости доставки сырья предлагается использовать пневмосистемы для разгрузки и транспортирования его в цех изготовления готовой продукции.

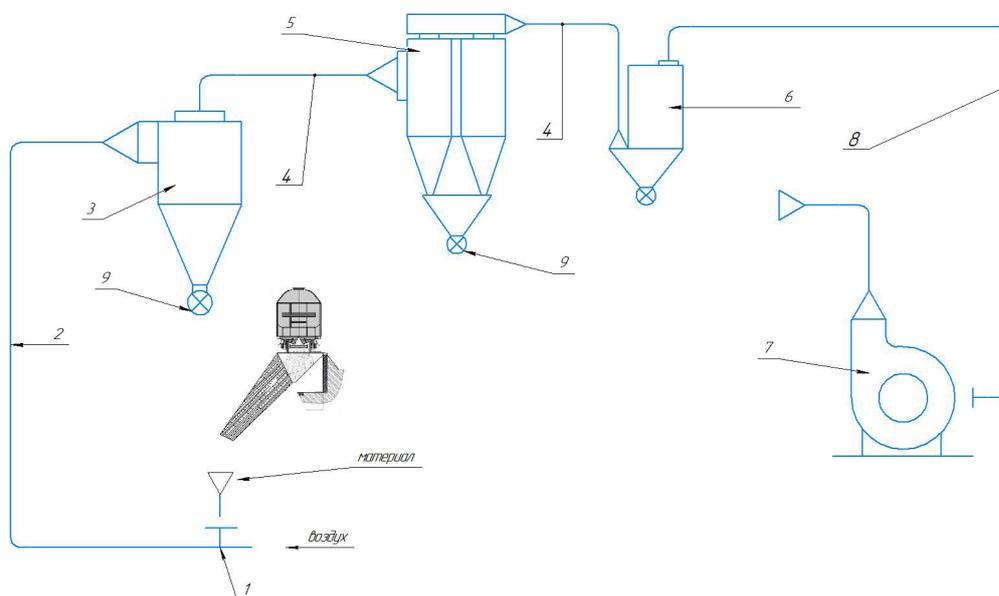


Рисунок 1 – Схема всасывающей пневмотранспортной установки:

1. Пневмоприёмник. 2. Материалопровод (продуктопровод). 3. Отделитель груза (циклон-разгрузитель) 4. Воздухопровод (пылевоздуховод).
5. Циклон – первая ступень очистки запылённого воздуха. 6. Фильтр – вторая ступень для окончательной очистки воздуха. 7. Вентилятор (воздуходувная машина). 8. Соединительные воздуховоды. 9. Шлюзовые затворы

Пневматическое транспортирование – это процесс перемещения двухкомпонентной среды, состоящей из твердых частиц и воз-

духа по трубопроводу. Транспортирование осуществляется в результате аэродинамического воздействия воздушного потока на твердые частицы. Этот режим характеризуется высокими скоростями несущей среды, значительно превышающими скорость «витания» твердых частиц. Это скорость воздуха, при которой частицы груза находятся в состоянии «витания», т.е. около некоторого положения, или равномерно движутся в восходящем вертикальном потоке. Она экспериментально определена для различных видов груза, в частности, для зерна $V_{вит} = 9...12$ м/с.

Для забора груза из ж/д вагона необходимо использовать трубопровод диаметром 100 мм с горизонтальным и вертикальным направлениями до производственного цеха, в котором устанавливается циклон для отделения груза и очистки запылённого воздуха. Движение материала по трубопроводу создаётся с помощью вентилятора, который удаляет воздух из пневмосистемы, обеспечивая понижение давления (разряжение) для перемещения аэросмеси.

Последовательность расчета всасывающей пневмотранспортной установки представлена ниже.

Расчётная нагрузка пневмоустановки G зависит от производительности транспортирования G_{mp} , но с запасом, коэффициент которого зависит от физико-механических свойств материала.

$$G = k_3 \cdot G_{mp} \text{ (кг/час)}, \quad (1)$$

где $k_3 = 1,2...1,5$ коэффициент запаса для скорости пневмотранспортирования.

Расчётная скорость воздуха в материалопроводе, м/сек:

$$V = k_3 (10,5 + 0,57 \cdot V_{вит}), \quad (2)$$

где $V_{вит}$ – средняя скорость витания частиц перемещаемого продукта. $V_{вит} = 9...12$ м/с.

Массовая расходная концентрация твердого компонента аэросмеси:

$$\mu = G/\rho \cdot Q, \quad (3)$$

где ρ – плотность воздуха, при нормальных условиях $\rho = 1,2$ кг/м³.

Q – Расход воздуха в трубе материалопровода, м³/час.

$$Q = 3600 \cdot F \cdot V \quad (4)$$

Площадь сечения трубопровода, м²:

$$F = \pi \cdot D^2/4. \quad (5)$$

В качестве расчётного диаметра D принимается внутренний диаметр материалопровода. Расчёт сводится к определению итоговых потерь давления для данного диаметра и подбору вентилятора соответствующего давления.

Потери давления в материалопроводе складываются из нескольких показателей:

1. Потери давления в приёмном устройстве, Па:

$$H_{np} = \zeta_{np} \cdot \rho \cdot (V_{np})^2/2, \quad (6)$$

где ζ_{np} – коэффициент сопротивления приёмного устройства для зерна, $\zeta_{np} = 1,5$

V_{np} – скорость воздуха в приёмном устройстве, м/с.

$$V_{np} = V \cdot F/F_{np}, \quad (7)$$

где F_{np} – площадь проходного сечения пневмоприёмника м².

2. Потери давления на сообщение перемещаемому продукту необходимой скорости, т. е. на «разгон» продукта, Па:

$$H_{разг} = i \cdot G, \quad (8)$$

где i – потери на разгон при производительности транспортирования 1 т/час., (Па):

$$i = z \cdot V/D^2 \quad (9)$$

где z – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства продукта. Для грубых продуктов: целое и дроблёное зерно, продукты переработки зерна крупяных культур, коэффициент $z = 0,324 \dots 0,35$.

3. Потери давления на трение аэросмеси в прямых вертикальных участках, Па:

$$H_{тр} = H_{\text{ч}} \cdot (1 + K_{\text{г}} \mu), \quad (10)$$

где $H_{\text{ч}}$ – потери давления от трения при движении чистого воздуха, Па:

$$H_{\text{ч}} = R \cdot L_{\text{г}}, \quad (11)$$

где $L_{\text{г}}$ – длина участка, м;

R – потери на трение в 1 метре длины, Па/м:

$$R = (\lambda/D) \cdot \rho \cdot (V^2/2) \quad (12)$$

где λ – коэффициент трения, $\lambda = 0,15...0,22$.

4. Потери давления на трение аэросмеси в прямых горизонтальных участках, Па:

$$H_{трз} = H_q \cdot (1 + K_z \cdot \mu), \quad (13)$$

где H_q определяется как в п.3: $H_q = R \cdot L_z$, где L_z – длина горизонтального участка, м.

5. Потери давления на подъём продукта по вертикали, Па:

$$H_{под} = 1,2 \cdot \mu \cdot S \cdot 9,806, \quad (14)$$

где S высота подъёма (м) – расстояние по вертикали от точки приёма продукта до входа в циклон-разгрузитель.

Общие потери давления в материалопроводе складываются, Па:

$$H_{мп} = H_{пр} + H_{разг} + H_{трв} + H_{мрз} + H_{под}. \quad (15)$$

6. Подбор отделителя груза. Площадь сечения входного патрубка циклона-разгрузителя:

$$F_{уп} = Q_{уп} / 3600 \cdot V_{вх}, \text{ м}^2, \quad (16)$$

где $Q_{уп}$ – количество входящего в разгрузитель воздуха, м³/час:

$$Q_{уп} = Q \cdot \rho \text{ м}^3/\text{час}, \quad (17)$$

где $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$ – плотность воздуха; Скорость воздуха $V_{вх}$ во входном патрубке циклона-разгрузителя следует принимать по рекомендуемой входной скорости в циклон $V_{вх} = 8-10 \text{ м/сек.}$ для зерна, $V_{вх} = 14-20 \text{ м/сек.}$ для продуктов размола.

Потери давления в разгрузителе, Па:

$$H_{уп} = \xi_{уп} \cdot \rho_{уп} \cdot (V_{вх}^2 / 2), \quad (18)$$

где $\xi_{уп} = 3,7...4,5$ – коэффициент сопротивления циклона-разгрузителя;
 ρ – плотность входящего в разгрузитель воздуха, кг/м³

7. Для очистки воздуха после разгрузителя применяют установки циклонов, фильтры, фильтры-циклоны. Циклоны подбирают по количеству входящего воздуха $Q_{ц}$ и скорости воздуха $V_{ц}$ во вход-

ном патрубке. Матерчатый фильтр подбирают по количеству проходящего воздуха $Q\phi$ (м³/час.) и удельно-допустимой нагрузке на ткань q (м³/мин. м²). Рассчитывается необходимая площадь фильтрации (м²): Удельную нагрузку на ткань фильтра принимают по технической характеристике оборудования и фильтрующего материала, в зависимости от содержания и вида пыли. В размольном процессе $q = 1,0-1,25$; в зерноочистительном отделении $q = 1,25-1,5$ (м³/мин. м²).

8. Расчёт вентилятора (воздуходувной машины).

Вентилятор или воздуходувную машину подбирают по аэродинамической характеристике по расчётному расходу воздуха $Q_{расч}$ и по давлению $P_{расч}$.

Расчётное давление воздуходувки или вентилятора, Па:

$$P_{расч} = H_{расч} \cdot 1,2 / \rho, \quad (19)$$

где ρ – плотность воздуха, входящего в вентилятор, кг/м³,

$H_{расч}$ – потери давления пневмотранспортёра, Па:

$$H_{расч} = H_{мпр} + H_{возд} + H_{неучт}, \quad (20)$$

где $H_{возд}$ – потери давления в соединительных воздуховодах (после разгрузителя и пылеотделителя) принять $H_{возд} = 500-1000$ Па, в зависимости от их длины и сложности, или уточнить расчётом.

$H_{неучт}$ – неучтённые потери давления: при $H_{мпр}$ менее 6 кПа принять $H_{неучт} = 800$ Па; при $H_{мпр}$ выше 6 кПа принять $H_{неучт} = 1500$ Па.

Мощность электродвигателя воздуходувки, кВт:

$$N_{расч} = (Q_{расч} \cdot H_{расч}) / (3600 \cdot 1000 \cdot \eta_v \cdot \eta_{прив} \cdot \eta_{подш}), \quad (21)$$

где η_v – КПД вентилятора по аэродинамической характеристике;

$\eta_{прив}$ – КПД привода вентилятора: КПД = 0,98 при соединении вала вентилятора и двигателя через муфту; КПД = 0,95 при использовании клиноремённой передачи;

$\eta_{подш}$ = 0,98–0,99 – КПД подшипников.

Установленную мощность электродвигателя принимают с коэффициентом запаса:

$$N_y = 1,2 \cdot N_{расч}, \text{ кВт.} \quad (22)$$

Метод расчёта применим для пневмотранспорта сырья и продуктов зерноперерабатывающих предприятий в соответствии с отраслевыми рекомендациями.

Список литературы

1. Ерохин, М. Н. Проектирование и расчет подъемно-транспортирующих машин сельскохозяйственного назначения / М. Н. Ерохин, А. В. Карп, Н. А. Выскребенцев; под ред. М. Н. Ерохина, А. В. Карпа. – М.: Колос, 1999. – 228 с.
2. Лебедев, Л. Я. Проектирование, расчет и основы конструирования деталей машин в приводах технологического оборудования АПК: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев. – Ижевск, 2018. – 185 с.
3. Лебедев, Л. Я. Проектирование механизмов грузоподъемных и транспортирующих машин: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев, А. Л. Шкляев, Р. Р. Шакиров. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2017. – 92 с.
4. Л. Я. Лебедев. Проектирование и расчет приводов технологического оборудования: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев, А. Л. Шкляев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. – 216 с.
5. Лебедев, Л. Я. Детали машин и основы конструирования: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев, А. В. Костин, А. Г. Иванов. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2014. – 204 с.
6. Лебедев, Л. Я. Проектирование и расчет приводов технологического оборудования: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2012. – 76 с.
7. Лебедев, Л. Я. Проектирование подъемно-транспортных машин: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2010. – 68 с.

УДК 631.363.5

И. А. Охотникова, З. В. Горшков, Л. Я. Лебедев
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КИНЕТИКИ ПРОЦЕССА НАГРЕВА СЫПУЧИХ ВЕЩЕСТВ В ШНЕКОВОМ СМЕСИТЕЛЕ

Рассмотрена математическая модель кинетики процесса нагрева в шнековом смесителе. Приведен расчет теплового баланса рабочего барабана смесителя и рассчитана оптимальная мощность ТЭНов.

Для построения математической модели процесса нагрева сыпучих веществ «ТЭН-воздух» приведем следующие предположения и обозначения.

1. Температура есть функция $U(t, x)$ переменных t и x , где t – время, $T \geq 0$, x – расстояние от центра корпуса до точки, где измеряется температура, $r \leq x \leq R$, $r > 0$, r – радиус внутренней стенки, R – радиус внешней стенки корпуса. Следовательно, температура

зависит лишь от расстояния до центра внутренней стенки корпуса и она постоянна вдоль любой цилиндрической поверхности, концентрично расположенной относительно внутренней стенки [2].

2. Обозначим через $U(t, r)$ температуру на поверхности внутренней стенки корпуса в момент времени t , $U(t, R)$ – температуру воздуха вблизи внешней стенки корпуса. При этом температурой стального корпуса пренебрегаем из-за большого значения коэффициента теплопроводности стали [5].

Математическая модель процесса нагрева будет состоять из уравнений баланса на внутренней поверхности стенки, в воздухе вблизи внешней стенки корпуса и теплового баланса рабочего барабана смесителя. На поверхности внутренней стенки корпуса смесителя тепловой баланс зададим условием:

$$c_r \frac{\partial U}{\partial t}(t, r) - k \frac{\partial U}{\partial x}(t, r + 0) = Q, t > 0 \quad (1)$$

где $c_r \frac{\partial U}{\partial t}(t, r)$ – количество тепла на нагревание внутренней стенки ;

$-k \frac{\partial U}{\partial x}(t, r + 0)$ – количество тепла, отдаваемое во внутрь корпуса

барабана.

Тепловой баланс в воздухе вблизи внешней стенки зададим условием:

$$-k \frac{\partial U}{\partial x}(t, R - 0) = c_R \frac{\partial U}{\partial t}(t, R) + \alpha_R U(t, R), \quad (2)$$

где $c_R \frac{\partial U}{\partial t}(t, R)$ – количество тепла на нагревание внешней стенки;

$\alpha_R U(t, R)$ – количество тепла, теряемое воздухом вблизи внешней трубы.

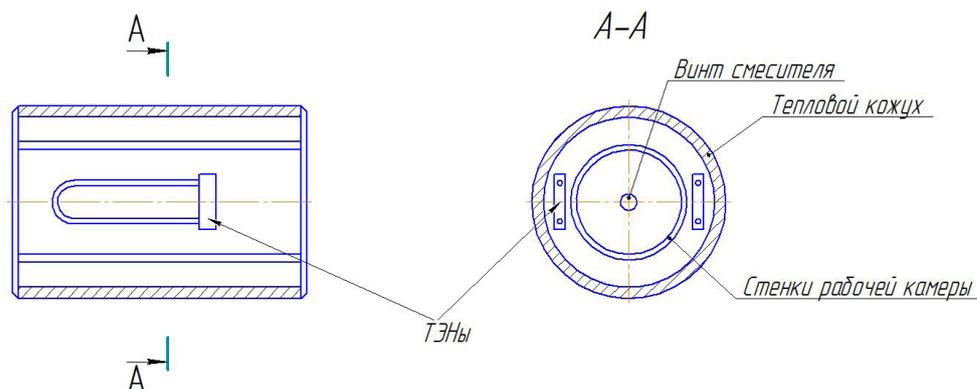


Рисунок 1 – Рабочий барабан смесителя

Рассмотрим подробнее тепловой баланс рабочего барабана смесителя.

Тепловой баланс [1, 3]:

$$Q_{\text{тэн}} = Q_{\text{нагрева}} \quad (3)$$

$$Q_{\text{нагрева}} = Q_{\text{раб.тела}} + Q_{\text{камеры}} \quad (4)$$

$$Q_{\text{раб.тела}} = m \cdot c \cdot (t - t_0) \quad (5)$$

где t – температура рабочего тела, $t = 30$ °С;

t_0 – начальная температура, $t_0 = 20$ °С;

c = удельная теплоемкость препарата, $c = 1,59$ кДж/кг·К

$$Q_{\text{камеры}} = m_{\text{камеры}} \cdot c_{\text{ст.}} \cdot (t_2 - t_0) \quad (6)$$

где t_2 – температура камеры, $t = 55$ °С;

t_0 – начальная температура, $t_0 = 20$ °С;

$c_{\text{ст.}}$ = удельная теплоемкость стали, $c = 0,46$ кДж/кг·К.

$$m_{\text{камеры}} = \rho \cdot \pi \cdot D \cdot h \cdot l, \quad (7)$$

где ρ – плотность стали, $\rho = 7800$ кг/м³;

D – диаметр рабочей камеры;

h – толщина рабочей камеры;

l – длина рабочей камеры.

Длина рабочей камеры:

$$l = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2}, \quad (8)$$

где V – объем рабочей камеры.

$$L = \frac{4 \cdot 0,1}{3,14 \cdot 0,4^2} = 0,8 \text{ м,}$$

$$m_{\text{камеры}} = 7800 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,004 \cdot 0,8 = 31,3 \text{ кг.}$$

Отсюда следует:

$$Q_{\text{раб.тела}} = 40 \cdot 1,59 \cdot (30 - 20) = 636 \text{ кДж.}$$

$$Q_{\text{камеры}} = 31,3 \cdot 0,46 \cdot (55 - 10) = 6647,9 \text{ кДж.}$$

Рассчитаем мощность необходимую для нагрева: [4]

$$P = \left(\frac{Q_{\text{раб. тела}}}{t_{\text{цикла}}} + \frac{Q_{\text{камеры}}}{t_{\text{пред.нагрев}}} \right) \cdot K, \quad (9)$$

где $t_{\text{цикла}} = 10$ мин.;

$t_{\text{пред.нагрев}} = 15$ мин.;

K – коэффициент, учитывающий потери энергии в окружающую среду и на нагрев воздуха в рабочей камере, $K = 1,1 \dots 1,15$.

$$P = \left(\frac{636}{10 \cdot 60} + \frac{503,93}{15 \cdot 60} \right) \cdot 1,15 = 1,86 = 1,9 \text{ кВт.}$$

Исходя из расчетов, подбираем U -образные ТЭНы мощностью $P = 1$ кВт.

Данная математическая модель кинетики нагрева в шнековом смесителе поможет рассчитать оптимальную температуру и мощность нагрева при работе.

Список литературы

1. Ахмедов, М. Э. Новый способ и устройство для предварительного нагрева плодов и овощей в банках горячим воздухом / М. Э. Ахмедов, А. Ф. Демирова, М. М. Ахмедова, Р. А. Ахмедов // Вестник Международной академии холода. – 2013. – № 4. – С. 58–60.
2. Демирова, А. Ф. Разработка математической модели способа ротационного нагрева консервируемых продуктов в стеклянной таре / А. Ф. Демирова, Р. М. Герейханова, А. М. Дарбишева, Р. М. Магомедова // Повышение качества и безопасности пищевых продуктов: м-лы VII Всеросс. науч.-практ. конф. – Дагестанский ГТУ. – 2017. – С. 58–61.
3. Сергеев, А. А. Курс лекций по дисциплине «Процессы и аппараты» / А. А. Сергеев. – Ижевск, 2000.
4. Антипова, С. Т. Машины и аппараты пищевых производств / С. Т. Антипова, И. Т. Кретов. – М.: Высшая школа, 2001.
5. Исследование температурного режима в процессе нагрева неоднородной среды «Тэн – песок-воздух» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=30558>

В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, А. А. Федотов
 ФГБОУ ВО Ижевская

ТРАЕКТОРИЯ И СКОРОСТЬ ДВИЖЕНИЯ СКРЕБКА-ПЛАНКИ РОТАЦИОННОЙ БОРОНЫ В ЗОНЕ ЕЁ КОНТАКТА С ПОЧВОЙ

Приводятся результаты теоретических исследований в области кинематики взаимодействия ротационных рабочих органов с почвой в период их контакта.

Цель работы. Исследование процесса взаимодействия рабочих элементов бороны с почвой.

Важное место в интенсивности выполняемых технологических операций рыхления почвы и уничтожения сорняков ротационной бороной занимают скорость, ускорение скребков-планок бороны в период её контакта с почвой [6–9] (рис. 1).

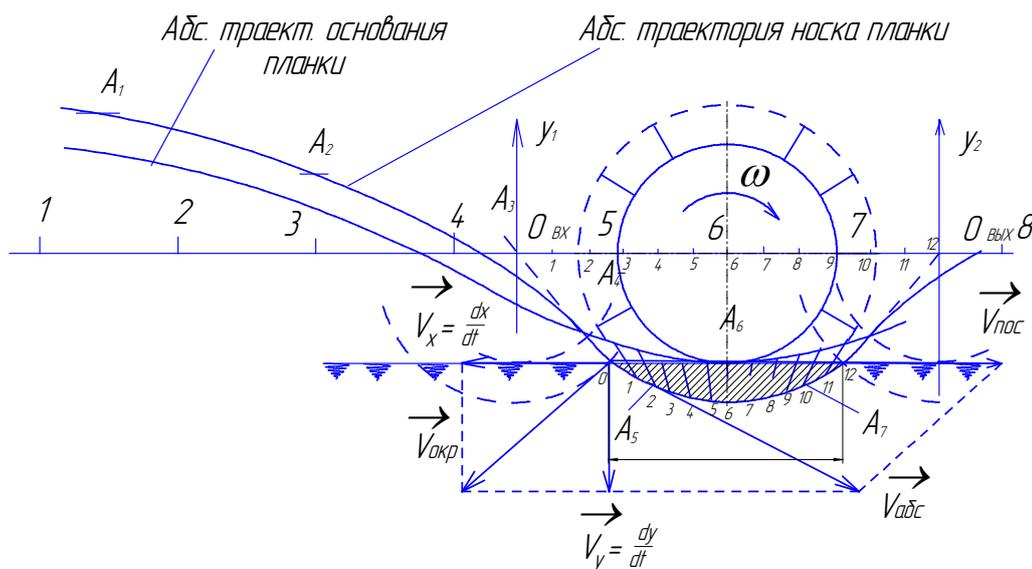


Рисунок 1 – Траектория и скорость движения скребка-планки в зоне её контакта с почвой

Абсолютная скорость характерных точек скребка-планки бороны запишется в виде [1–5].

$$V_a = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2} .$$

Используя правило параллелограммного сложения векторов, модуль равнодействующей найдется по формуле:

$$V_a = \sqrt{V_M^2 + V_{\text{окр}}^2 - 2V_M V_{\text{окр}} \cos \alpha};$$

Учитывая, что $V_{\text{окр}} = \lambda \cdot V_M$, и $\alpha = \omega t$, получим

$$V_a = V_{\Pi} \sqrt{1 + \lambda^2 - 2\lambda \cos \omega t},$$

где $\lambda = \omega R_i / V_{\Pi}$ – кинематический параметр барабана.

Направление вектора скорости V в пространстве определяет направляющие косинусы.

$$\cos(x, V) = \frac{dx}{dt} / V = V_x / V$$

$$\cos(y, V) = \frac{dy}{dt} / V = V_y / V$$

Абсолютное ускорение точки

$$w = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2} = \omega^2 R_i$$

Для достижения предусмотренного технологического процесса протаскивания верхнего слоя почвы и сорняков вместе с корневой шейкой в междурядье ротационная борона должна перекатываться без скольжения по ободу почвозацепов и описывать обыкновенную циклоиду. В этом случае все остальные точки бороны, лежащие вне окружности обода бороны, например, точки почвозацепов, будут описывать удлиненную циклоиду и иметь показатель кинематического режима работы $\lambda > 1$, а все точки, лежащие внутри окружности обода бороны, укороченную циклоиду и иметь показатель кинематического режима работы $\lambda < 1$ (точки пальцев, скребков-планок).

Список литературы

1. Абдрахманов, Р. К. Машины и орудия для междурядной обработки почвы (конструкция, теория, расчёт, эксплуатация) / Р. К. Абдрахманов. – Казань: Казанск, ун-т, 2001. – 148 с.
2. Иванов, А. Г. Анализ рабочего процесса дисковой картофелесортировки / А. Г. Иванов, А. В. Костин // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 5. – С. 72–74.
3. Калимуллин, М. Н. Совершенствование технологии возделывания картофеля / М. Н. Калимуллин, Р. К. Абдрахманов, И. Г. Галиев // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 4. – С. 6–9.

4. Матяшин, Ю. И. Ротационные почвообрабатывающие машины (теория, конструкция, расчет) / Ю. И. Матяшин, Н. Ю. Матяшин. – Казань: Казанский аграрный университет, 2008. – 203 с.

5. Патент № 2388199 Российская Федерация, МПК А01В Ротационный рыхлитель: № 2008114768/12; заявл. 15.04.08 ; опубл. 10.05.10 / В. Ф. Первушин; М. З. Салимзянов; И. Ш. Фатыхов; Ф. М. Абдуллин // Бюл. № 13. – 8 с.

6. Первушин, В. Ф. Кинематические параметры ротационного рыхлителя / В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, В. А. Николаев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 6. – С. 37–38.

7. Первушин, В. Ф. Повышение эффективности механизированной технологии возделывания картофеля в условиях малых форм хозяйствования (фермерские и личные подсобные хозяйства населения): спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Первушин Владимир Федорович. – М., 2011. – 36 с.

8. Пикмуллин, Г. В. Результаты экспериментальных исследований по обоснованию и оценке параметров рабочих органов культиватора / Г. В. Пикмуллин, Г. Г. Булгариев, М. З. Земдыханов, М. Н. Калимуллин // Вестник Казанского ГАУ. – 2010. – № 3 (17). – С. 98–102.

9. Хамитов, Р. Р. Кинематика движения зубчатого ротационного рабочего органа / Р. Р. Хамитов, Р. К. Абдрахманов, Г. Г. Булгариев, М. Н. Калимуллин // Вестник Казанского ГАУ. – 2016. – № 3 (41). – С. 68–71.

УДК 631.363.25

В. А. Петров

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИБРАЦИОННОГО СЕПАРАТОРА НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Представлены результаты предварительных исследований процесса отделения неорганических примесей из зернового вороха при дроблении. Рассматриваются методы проведения многофакторного эксперимента. Обоснован выбор факторов для последующих исследований.

Обеспеченность сельхозпредприятия собственными кормами является одним из важнейших показателей экономического развития. Для достижения высоких показателей продуктивности молочного поголовья немаловажно использование концентрированных кормов [1]. В качестве измельчителя в производственных условиях широко применяются молотковые дробилки зерна ДКР-5М [2].

В процессе работы из зернового вороха в рабочую камеру попадают твердые примеси неорганического происхождения в силу того, что существующие очистительные машины не достаточно эффективны, и большая часть зернового материала для внутрихозяйственного использования многократно транспортируется по территории предприятия. Во время перевозки, транспортировки и подготовки в сырье попадают металлические предметы конструкций (болты, гайки), мелкие камни, гравий с дорожных покрытий, что приводит к интенсивному изнашиванию рабочих узлов дробилок [3].

Для обеспечения эффективной очистки зерна перед попаданием в дробильную камеру применяются устройства с различными конструктивными характеристиками [4]. Эффективная дробилка зерна обуславливается высокой производительностью и большим ресурсом. Применение дополнительного устройства для очистки сырья в конструкции самой дробилки [5] позволит улучшить вышеупомянутые показатели. В то же время для достижения качественной очистки зернового вороха необходимо задаться целью выявить значимость факторов, влияющих на просеивание зерна. Достижение поставленной цели будет зависеть от решения задач выбора текущих факторов, построения матрицы экспериментов и анализа результатов, полученных после их проведения. Использование циклических колебаний для просеивания зерна основывается на разности плотности примесей и вибросжиженного слоя зернового вороха. Во время «утопания» неорганических примесей в массу зерна на них может влиять множество внешних факторов [6].

На основе анализа литературы было выявлено, что наибольшее влияние при перемещении материальной точки в подвижной среде (в нашем случае – гравия в вибросжиженном слое зерна), имеют: амплитуда колебаний, угол наклона плоскости просеивания, плотность примеси, плотность вибросжиженного слоя [7].

Результаты и обсуждения. Проведение экспериментов с целью выявления значимости факторов было основано на подготовке матрицы эксперимента. Матрица проводимых экспериментов формировалась при помощи пакета программ ЭВМ StatGraphics Plus3.0. и учитывает 4 фактора с двумя граничными условиями: максимально допустимый предел значения и минимально допустимый предел значения. Проведены эксперименты на лабораторной установке [3]. Результат проведенных экспериментов представлен в таблице.

Полученные данные были обработаны и представлены в графическом виде. Результаты показали, что наибольшим образом на скорость погружения примеси в зерне (т.е. просеивание) влияют все предполагаемые 4 фактора и 2 их сочетания (рис. 1).

Таблица 1 – Результаты многофакторного эксперимента

№ опыта	Р зерна, кг/м ³	Р примеси, кг/м ³	Амплитуда, мм	Угол лотка, град.	Скорость утопания, м/с
1	425	2778	0,023	0,2	0,000856
2	725	2778	0,023	0,2	0,0011
3	425	10800	0,023	0,2	0,00246
4	725	10800	0,023	0,2	0,0033
5	425	2778	0,059	0,2	0,00344
6	725	2778	0,059	0,2	0,00314
7	425	10800	0,059	0,2	0,00601
8	725	10800	0,059	0,2	0,00839
9	425	2778	0,023	6,5	0,000999
10	725	2778	0,023	6,5	0,00209
11	425	10800	0,023	6,5	0,00434
12	725	10800	0,023	6,5	0,00621
13	425	2778	0,059	6,5	0,00418
14	725	2778	0,059	6,5	0,00336
15	425	10800	0,059	6,5	0,00758
16	725	10800	0,059	6,5	0,0118



Рисунок 1 – Карта Парето. Значимость факторов

Заключение. Значимыми факторами, влияющими на скорость погружения примеси в вибросжиженный слой, являются: амплитуда колебаний, плотность примеси, угол наклона, плотность зернового вороха и два их сочетания: плотности примеси и зерна, амплитуда колебаний и плотность примеси. Дальнейшие исследования необходимо проводить, основываясь на вышеприведенных факторах.

Список литературы

1. Ширококов, В. И. Прогнозирование продуктивности дойных коров / В. И. Ширококов, В. А. Жигалов // Сборник научных докладов ВИМ. – 2008. – С. 484–489.

2. Широбоков, В. И. Результаты исследований совершенствованной зерновой молотковой дробилки / В. И. Широбоков, О. С. Федоров // Наука Удмуртии. – 2009. – № 9. – С. 221–218.

3. Баженов, В. А. Результаты экспериментальных исследований вибрационного отделителя примесей из зерна / В. А. Баженов, А. А. Мякишев, В. А. Петров, О. С. Федоров, В. И. Широбоков // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 12 (67). – С. 27–35.

4. Яковлев, К. В. Анализ устройств для отделения твердых неорганических примесей из зерна перед дроблением [Электронный ресурс] / К. В. Яковлев, Д. Ю. Мерзляков // Научные труды студентов Ижевской ГСХА. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2017. – С. 688–692. – Режим доступа: <http://nts-izhgsha.ru/выпуски.html>.

5. Широбоков, В. И. Дробилка для зерна с вибрационным отделителем неорганических примесей / В. И. Широбоков, В. А. Баженов, В. А. Жигалов, В. А. Петров, М. А. Витвинова // Патент на полезную модель RU172549, 12.07.20. Заявка № 2016145551 от 21.11.2016.

6. Витвинова, М. А. Анализ устройств для отделения примесей (органических и неорганических) с использованием вибрации [Электронный ресурс] / М. А. Витвинова // Научные труды студентов Ижевской ГСХА – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, – 2017. – С. 266–269. – Режим доступа: <http://nts-izhgsha.ru/выпуски.html>.

7. Возмищев, И. В. Анализ существующих устройств для сепарирования / И. В. Возмищев, В. А. Николаев, В. И. Широбоков // Материалы XX науч.-практ. конф. Ижевской ГСХА; науч. ред. И. Ш. Фатыхов. – Ижевск, 2000. – С. 266–267.

УДК 631.171

В. А. Петров, И. Н. Щеткин
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ВЫБОР ТИПА ДВИЖИТЕЛЯ МОБИЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПО УХОДУ ЗА РАСТЕНИЯМИ

Определялся выбор движителя универсальной транспортной платформы для роботизированной системы по уходу за растениями. Приведен краткий анализ выполняемых операций по уходу за пропашными культурами. Предложена классификация сельскохозяйственных роботов.

Сельское хозяйство – эта фраза у большинства обывателей ассоциируется с землей, грязью, специфическим запахом и с сельскохозяйственными животными. И вправду, все, что мы используем

в пищу ежедневно и неоднократно, получается из недр нашей необъятной страны, можно сказать, из недр земли с непомерным трудом и на начальной стадии, именно на стадии производства выглядит не так, как на прилавках супермаркетов. Себестоимость сельскохозяйственной продукции высока. Все же с техническим прогрессом появляются и новые возможности для увеличения экономической привлекательности АПК.

Одним из важнейших направлений модернизации производства в АПК хотел бы отметить внедрение комплексной автоматизации и даже роботизации. Роботизация используется в контексте, означающем совокупность техники, оснащенной робототехническими устройствами, либо функционирующей совместно с роботами в едином технологическом процессе [1].

Применительно к сельскохозяйственному направлению производства следует отметить потребность замены монотонного ручного труда, с чем могли бы прекрасно справиться машины на логическом аппаратном управлении. Роботизированные комплексы сельскохозяйственного направления можно классифицировать по подвижности (рис. 1).

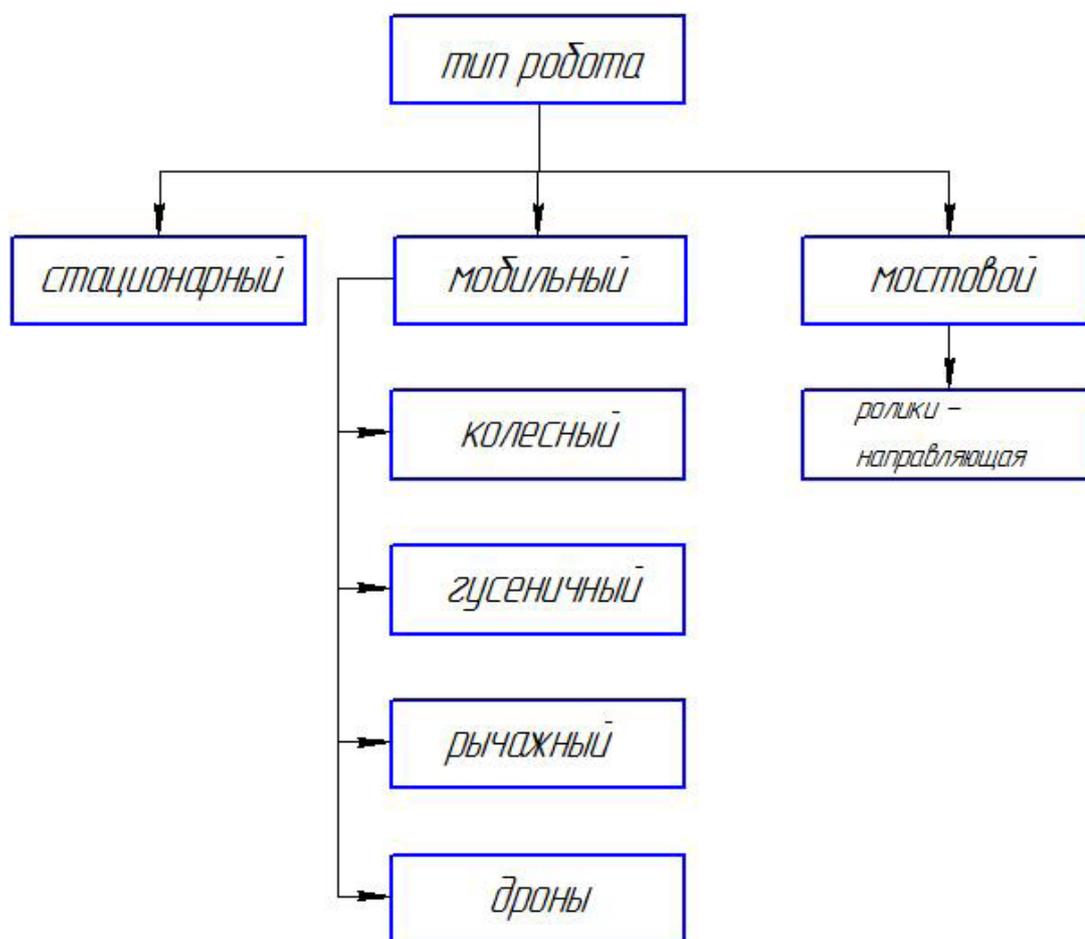


Рисунок 1 – Классификация сельскохозяйственных роботов

Для выполнения операций по уходу за растениями на открытом грунте роботизированный комплекс должен быть мобильным. Для выполнения операций по обработке междурядий пропашных культур, по снятию проб почвы, мобильная платформа должна обладать универсальностью по отношению к применяемым рабочим органам и относительно большой грузоподъемностью, совмещенной с проходимостью и простотой управления [2].

Выполнить задачу управления наземной универсальной транспортной платформой в автоматическом режиме проще, применив гусеничный тип движителей [3]. В отличие от колесного типа движителей, у которых выше удельное давление на почву и увеличен коэффициент скольжения [4], гусеницы имеют преимущество проходимости по неподготовленному грунту (рис. 2).

В специализированных научных кругах разработана методика по созданию подвижных комплексов [5].

Кроме этого, из теории тракторов и автомобилей известно, что сельскохозяйственный трактор должен обеспечить минимальную ширину поворотной полосы. Для него работа с минимальным радиусом поворота – обычный эксплуатационный режим [6]. Следовательно, это утверждение применительно и к будущим «автономным тракторам».

Настроив алгоритм поворота гусеничной мобильной транспортной платформой таким образом, чтобы левая и правая гусеница работали в противоположном направлении, достигается минимальный радиус поворота (рис. 3).

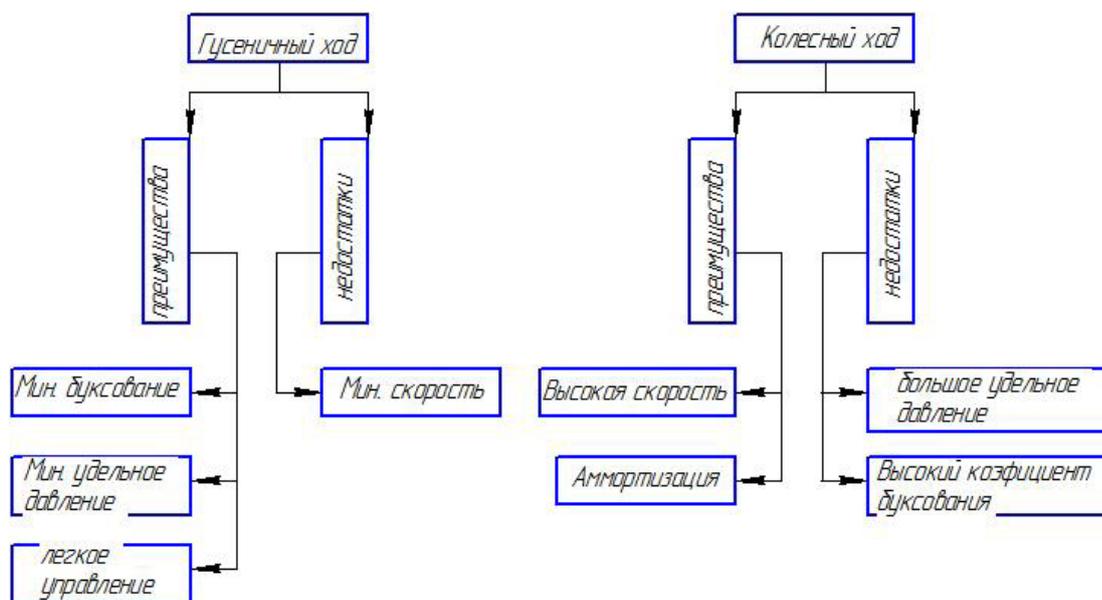


Рисунок 2 – Сравнение типов движителей роботизированной платформы

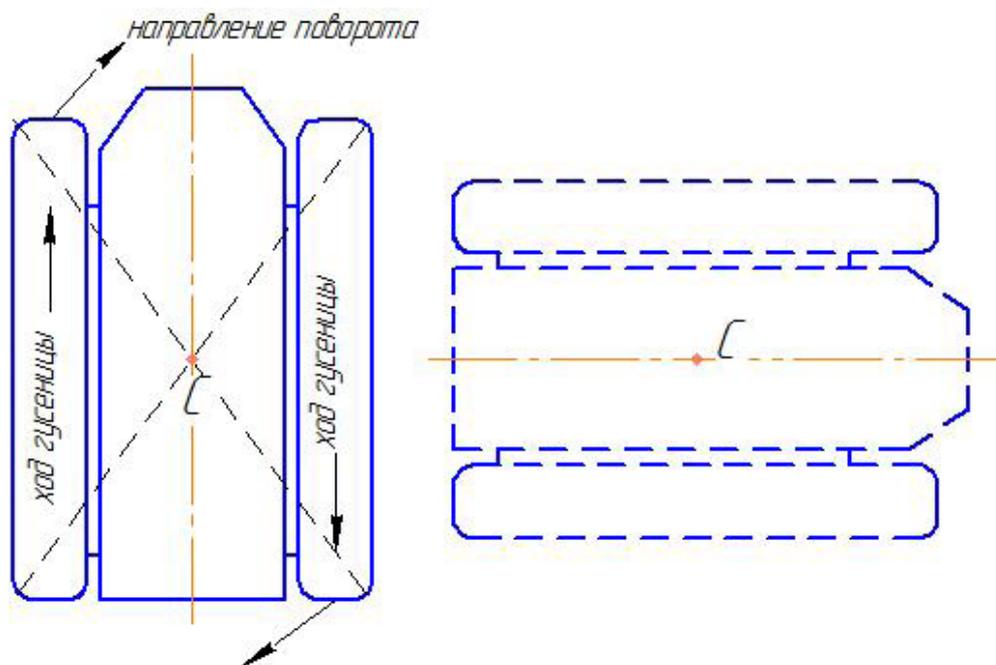


Рисунок 3 – Схема поворота гусеничной роботизированной платформы

Заключение. Процесс внедрения прогрессивных технологий в отрасли машиностроения на современном этапе обусловлен применением робототехники. Отрасль сельского хозяйства не остается в стороне [7]. Применение мобильного транспортного роботизированного комплекса на гусеничном ходу для междурядной обработки пропашных культур, мониторинга состояния почв обрабатываемых полей, позволит сократить энергоемкость и трудоемкость отраслевого растениеводства.

Список литературы

1. Жуков, С. С. Взаимодействие движителя роботизированных сельскохозяйственных машин с полотном пути / С. С. Жуков, В. В. Беляков, В. С. Макаров // Транспортные системы. – 2018. – № 3 (9). – С. 25–33.
2. Макаров, В. С. Исследование статистических характеристик береговых зон как полотна пути для мобильных робототехнических комплексов мониторинга волнового климата / В. С. Макаров, Д. В. Зезюлин, П. О. Береснев, В. И. Филатов, А. В. Папунин, А. А. Куркин, В. В. Беляков // Комплексные исследования Мирового океана: м-лы II Всеросс. науч. конф. молодых ученых. – 2017. – С. 160–161.
3. Береснев, П. О. Статистическая модель выбора геометрических параметров, массоинерционных, мощностных и скоростных характеристик гусеничных транспортно-технологических машин / П. О. Береснев, В. И. Филатов, А. А. Еремин, А. М. Беляев, А. В. Папунин, В. С. Макаров, Д. В. Зезюлин, В. Е. Колотилин, В. В. Беляков, А. А. Куркин. // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2016. – № 1 (112). – С. 109–164.

4. Михеев, А. В. Анализ возможностей применения безвоздушных шин на автотракторной технике и сельхозмашинах / А. В. Михеев, З. А. Кострова, В. В. Беляков, Д. В. Зезюлин, В. С. Макаров // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 5. – С. 21–26.

5. Макаров, В. С. Разработка научно обоснованных технических решений по созданию подвижных комплексов мониторинга береговых зон / В. С. Макаров // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. – 2017. – № 3(118). – С. 157–167.

6. Шарипов, В. М. Тракторы и автомобили: учебник для вузов / В. М. Шарипов, М. К. Бирюков, Ю. В. Дементьев и др.; под общ. ред. В. М. Шарипова. – М.: Спектр, 2010. – 351 с.

7. Максимов, П. Л. Изучение возможностей автоматизации сельскохозяйственных работ / П. Л. Максимов, А. Г. Иванов, А. А. Мохов, В. А. Петров // Вестник Ижевской ГСХА. – 2015. – № 3 (44). – С. 32–38.

УДК [631.462:631.544]:621.365.9

И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ИК-НАГРЕВ – ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЙ СПОСОБ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ПОЧВЫ В ЗАЩИЩЕННОМ ГРУНТЕ

Приведена классификация способов и технических средств обеззараживания почвы в защищенном грунте, а также предлагается новый способ – ИК-нагрев. Данный способ имеет ряд преимуществ и главными достоинствами его являются экономичность энергопотребления и экологическая безопасность.

Анализ описанных в литературе способов и технических средств энергетического обеззараживания почвы в защищенном грунте и патентный обзор позволили разработать классификацию способов и технических средств энергетического обеззараживания почвы в сооружениях защищенного грунта.

В настоящее время применяются термический (паровой), электрический и комбинированные способы обработки, позволяющие полностью уничтожить вредителей и возбудителей болезней, повысить плодородие почвы, механизировать и электрифицировать процесс обеззараживания. Однако отсутствие четких агротехнических требований к температурному режиму приводит к снижению урожая и перерасходу энергии.

В таблице 1 представлены рациональные энергетические режимы обеззараживания почвы.

Таблица 1 – Рациональные энергетические режимы обеззараживания почвы

№ п/п	Способ обеззараживания	Температура нагрева, °С	Время нагрева, мин.	Экспозиция, мин.	Давление пара, кПа	Плотность электрического тока, мА/см ²	Выживаемость	
							Возбудителей болезней	Антагониста
1	Токами ВЧ и СВЧ	63...70	30...35	-	-	-	0	15...20
2	Электротермический	60...65	8...10	-	-	30...32	0	10...23
3	Паровой «шагровый»	80...85	300	30...40	0,05	-	0	10...15
4	Паровой «подпочвенный»	80...85	12...25	30...40	50	-	0	18...30
5	Комбинированный (пар + электричество)	70...75	1...2,5	-	50	10...11	0	60...70

Установлено, что существующие способы и технические средства для энергетического обеззараживания почвы имеют общие недостатки: высокие затраты труда, малую производительность, большие энергозатраты, низкий коэффициент использования энергии, малую скорость нагрева почвы, отсутствие средств механизации и электрификации процесса обеззараживания.

ИК-нагрев – это нагревание веществ и предметов с помощью электромагнитных лучей, длина которых составляет от 1,3...10 мкм. ИК-нагревание основано на поглощении предметами определенного спектра лучей.

При правильном подборе спектрального излучения на излучаемый предмет можно достичь его глубинного либо поверхностного нагрева, а также осуществить его локализованную сушку без нагревания всей площади и глубины предмета.

Достоинства использования ИК-нагрева: направленное нагревание предмета; прямой вид нагревания совершается без кислородного сжигания; прогрев осуществляется равномерно и охватывает всю поверхность; передача тепла производится в течение одной минуты, что свидетельствует о высококачественной скорости нагревания; экономичное потребление электроэнергии; попадание влаги и других веществ на ИК-нагреватель не несут негативного воздействия [2, 3].

Глубина обеззараживания почвы главным образом зависит от передаваемого тепла излучателем, теплопроводности и влажности почвы, времени воздействия ИК-излучением.

Таким образом, предлагаемый способ обеззараживания почвы при научно обоснованных оптимальных параметрах и режимах обработки позволит широко использовать его на производстве.

Список литературы

1. Кабалоев, Т. Х. Энергетические режимы и технические средства обеззараживания почвы в защищенном грунте [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Т. Х. Кабалоев. – Зерноград: АЧГАА, 2005. – 40 с.
2. Шумилова, И. Ш. Энергетика технологического процесса / И. Ш. Шумилова, В. В. Касаткин, И. Г. Пospelова, Н. И. Собин // Современные проблемы аграрной науки и пути их решения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2005. – С. 594–597.
3. Касаткин, В. В. Новые методы исследований электротехнологических процессов при переработке сельскохозяйственной продукции / В. В. Касаткин, Н. Ю. Литвинюк, И. Ш. Шумилова, И. Г. Пospelова, К. В. Кожевникова // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: межрегион. сб. ст. Научно-практ. конф., посвящ. 50-летию факультета механизации сельского хозяйства. – Ижевск, 2005. – С. 240–246.
4. Чепкасова, М. А. Светодиодный осветительный прибор с использованием термопары / М. А. Чепкасова, Т. А. Широбокова, И. Г. Пospelова // Патент на полезную модель RU 191976, 29.08.2019.
5. Широбокова, Т. А. Энергосберегающая система освещения животноводческих помещений / Т. А. Широбокова, И. И. Иксанов, А. А. Мякишев, Т. В. Цыркина, Е. Н. Соболева // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 12. – С. 62–63.

УДК 631.363.7

Г. Б. Соловьева, О. П. Васильева

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СОШНИКОВОЙ ГРУППЫ ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ ПРЯМОГО ПОСЕВА

Приведены способы посева зерновых культур. Более подробно описано экспериментальное использование сеялки-культиватора. Данный способ позволяет добиться равномерного распределения растений, что улучшает качество посева зерновых культур и способствует прибавке урожайности.

В процессе возделывания сельскохозяйственных культур особенно важным и ответственным является посев, поскольку именно при посеве закладывается основа будущего урожая. Вопросы посева зерновых культур рассмотрены и проанализированы в многочисленных работах [9, 10, 11, 13, 14, 17, 36].

Для нормального роста и развития растений необходимы свет, тепло, вода, питательные вещества и воздух. В жизни растений все эти экологические факторы равнозначны, ни один из них не может быть заменен каким-либо другим. В целях получения высоких урожаев необходимо одновременно воздействовать на все факторы роста и развития, обеспечив растения ими в оптимальных соотношениях. Факторы жизни растений создаются природой и принятой агротехникой, потребность в которых в разные фазы вегетации растений неодинакова.

Наилучшее обеспечение всех растений питательными веществами, воздухом и светом может быть получено при равномерном распределении растений по площади поля. Равномерного распределения растений по поверхности поля можно добиться различными способами посева. В настоящее время различают следующие способы посева семян зерновых культур: обычный рядовой, узкорядный, перекрестный, подпочвенно-разбросной, который подразделяется на полосовой и сплошной (рис. 1).

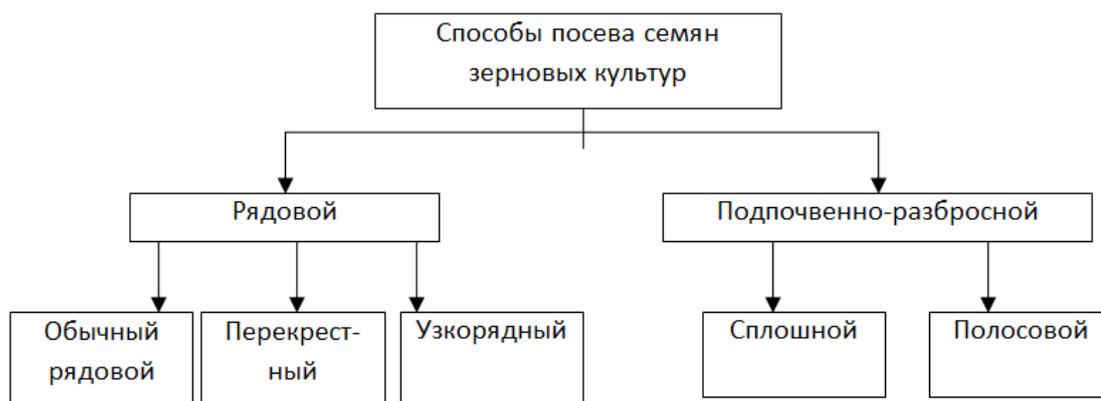


Рисунок 1 – Способы посева семян зерновых культур

Конструктивная схема комбинированного сошника представлена на рисунке 2. Рабочий орган состоит из основной стойки 2, стрельчатой лапы 1, трубы 4, тукопровода 3, семяпровода 5 и распределителя семян 6. Труба 4 является частью стойки и служит для подачи удобрений в почву. Выходное отверстие в трубе расположено на одном уровне со стрельчатой лапой. Семяпровод 5 с распределителем семян 6 находятся на некотором расстоянии l от стойки.

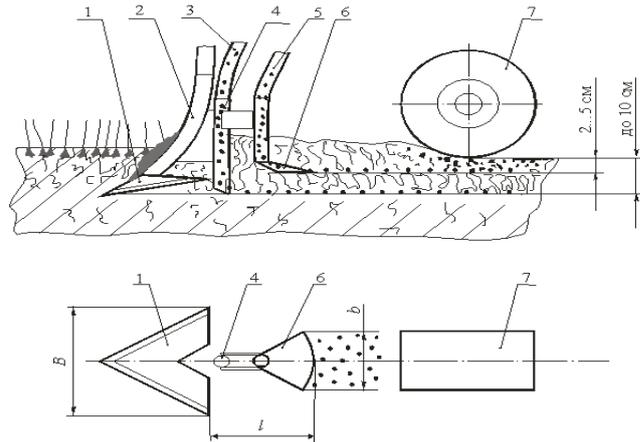


Рисунок 2 – Конструкторско-технологическая схема посевной секции сеялки-культиватора

Такая конструкция комбинированного сошника позволяет проводить рыхление почвы и внесение минеральных удобрений на одну глубину (до 10 см), а посев семян на меньшую (2–5 см). Семена, подаваемые катушечным высевальным аппаратом, проходят через семяпровод 5, попадают на распределитель 6. После контакта с распределителем семена равномерно распределяются по ширине b , присыпаются землей, сходящей с лап 1 культиватора, и уплотняются прикатывающими катками 7.

Основным критерием для оценки качества работы сошников является равномерность высева семян. При посеве зерновых культур, когда междурядья не обрабатываются, важно, чтобы площадь питания для каждого растения становилась более рациональной (ближе к квадрату).

В процессе теоретических исследований было выявлено, что равномерность распределения семян зависит от длины и угла наклона распределяющей пластины, кривизны ее изгиба (рис. 3).

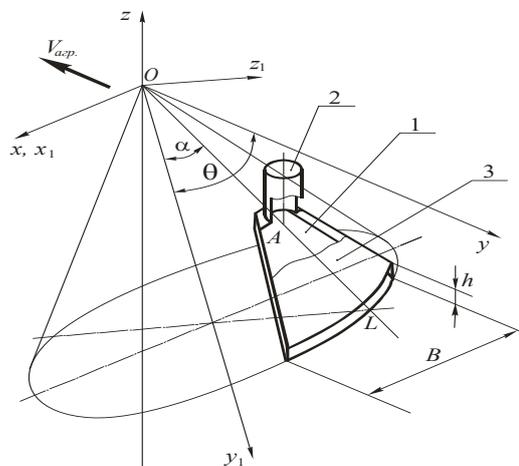


Рисунок 3 – Схема распределяющего устройства семян:
1 – пластина распределяющая; 2 – семяпровод; 3 – пластина отражающая

Также проводились исследования по определению количества семян в ячейках размером 5X5 см. Опыты показали, что распределение семян в количестве 1–2 шт. составляет более 70 % (рис. 4).

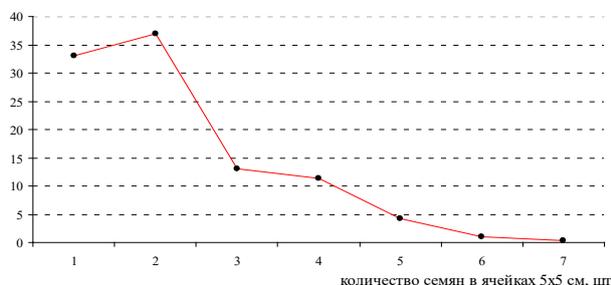
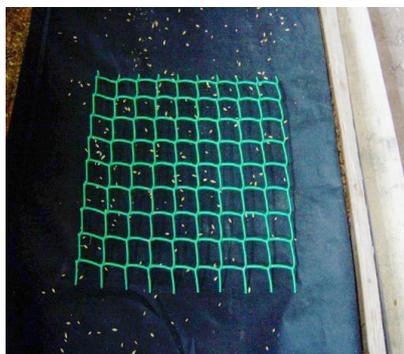


Рисунок 4 – Определение количества семян в ячейке размером 5x5 см

Заключение. Использование экспериментальной сеялки-культиватора улучшает качество посева зерновых культур, что приводит к прибавке урожая в среднем на 0,4 т/га. За счет получения дополнительной продукции себестоимость зерна уменьшается до 40 %.

Список литературы

1. Бараев, А. И. Рекомендации по защите почв от ветровой эрозии / А. И. Бараев, А. Ф. Госсен. – М., 1975. – С. 83.
2. Бараев, А. И. Почвозащитное земледелие / А. И. Бараев и др. – М.: Колос, 1975.
3. Бойко, В. М. Энергосберегающая обработка почвы / В. М. Бойко, А. В. Павлов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1995. – № 4. – С. 9.
4. Бузенков, Г. М. Машины для посева с.-х. культур / Г. М. Бузенков, С. А. Ма. – М.: Машиностроение, 1976. – 271 с.
5. Булаткин, Г. А. Земледелие без плуга / Г. А. Булаткин // Сельское хозяйство за рубежом, 1982. – № 4. – С. 2–8.
6. Васильев, Г. П. Противозерозионная роль пожнивных остатков и всходов с.-х. культур / Г. П. Васильев // Защита почв от ветровой эрозии. – М., 1979. – С. 24.
7. Кацигин, В. В. Проблемы почвоопадающей технологии / В. В. Кацигин, Э. Ю. Нугис // Техника в сельском хозяйстве, 1990. – № 2. – С. 8–10.

О. С. Федоров, А. Н. Голубков

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

СПОСОБЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ

Проведен обзор различных конструкций дозаторов ингредиентов комбинированных кормов. Рассмотрены способы регулирования величины дозируемого компонента.

Производство продукции животноводства является важнейшим направлением развития сельскохозяйственного производства в Российской Федерации и требует повышения рентабельности путем снижения себестоимости продукции с одновременным повышением эффективности производства. Максимальная отдача в животноводстве происходит при кормлении животных сбалансированными по составу кормами.

Многолетний опыт отрасли показывает, что наиболее удобным способом регулирования рациона является использование комбинированных кормов, в состав которых кроме зерновой основы входят премиксы и белково-витаминно-минеральные добавки.

В последнее время доля комбикормов, изготовленных в условиях малых форм хозяйствования из собственного зернофуража, неуклонно растет, но использование промышленных добавок недостаточно эффективно. Низкая эффективность, как правило, связана с нарушением технологии дозирования компонентов, предусмотренных рецептурой в количестве 1...3 % [1, 2, 4, 5, 6].

На процесс дозирования большое влияние оказывают свойства самого дозируемого материала (влажность, средний диаметр частиц, объемная масса, склонность к слеживанию и т.д.) [1, 2, 5].

Проведенный обзор научных трудов [1, 2], посвященных разработке машин для дозирования сыпучих компонентов, позволяет утверждать, что по способу дозирования дозаторы делятся на весовые и объемные, в некоторых случаях используют одновременно и те и другие. Весовые дозаторы позволяют дозировать компоненты с точностью до 3 %, но при этом имеют сложную конструкцию и высокая точность дозирования обеспечивается только в том случае, если дозируемый компонент имеет постоянную влажность. Объемные дозаторы имеют несложную конструкцию, высокую надежность, но точность дозирования компонентов находится в пределах 10...12 %.

В большинстве своем дозаторы часто работают в условиях повышенной влажности, вследствие чего дозируемый сыпучий материал насыщается влагой, становится комковатым, плохо текущим и меняющим свою объемную массу.

Для увеличения эффективности работы объемных дозаторов авторы [1, 2] предлагают оснащать их дополнительными устройствами.

На схеме (рис. 1) представлена конструкция барабанного объемного дозатора, которая в отличие от известных конструкций имеет регулируемый объем мерников 6.

Устройство работает следующим образом.

Крутящий момент от привода дозатора передается на вал 4, который в свою очередь вращает ротор дозирующего устройства. Регулирующая лопасть 7 жестко соединена с осью 8 и имеет возможность поворота вместе с осью, регулируя, таким образом, объем мерника в зависимости от влажности дозируемого компонента. Мерник 6 проходит над загрузочным бункером 2, заполняется сыпучим компонентом на величину настроенного объема, после чего отмеренный объем выгружается в разгрузочную емкость 3.

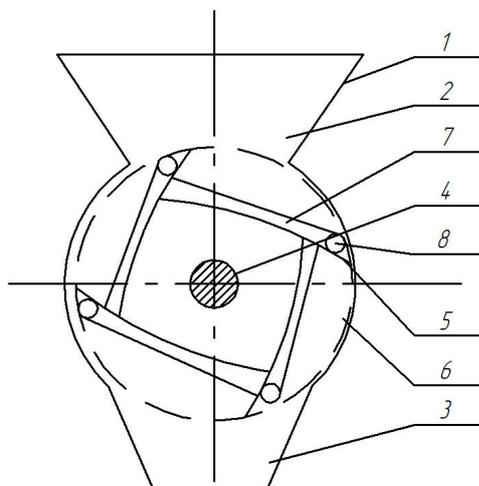


Рисунок 1 – Барабанный дозатор с регулируемым объемом мерника

Во многих работах отмечено [1, 5], что для повышения эффективности технологических процессов при приготовлении комбинированных кормов важно использовать вибрацию, которая оказывает положительное влияние на динамику процессов как при сепарировании, так и при смешивании.

В качестве примера модернизации конструкции барабанного дозатора можно представить конструкцию (рис. 2). Первоначальная схема работы дозатора заключается в том, что дозируемый компонент подается в питатель 1, заполняет мерные объемы ротора 2 и при по-

вороте ротора высыпается через разгрузочный патрубок. Основная проблема при работе данного устройства возникает вследствие налипания дозируемого компонента к лопаткам 3.

Для решения устранения налипания предлагается в полость приводного вала установить эксцентриковый механизм 4, вызывающий при вращении вала круговые гармонические колебания [1]. Приложенная к ротору вибрация способствует более равномерному заполнению мерного объема, а также исключает налипание дозируемого материала к лопаткам при выгрузке.

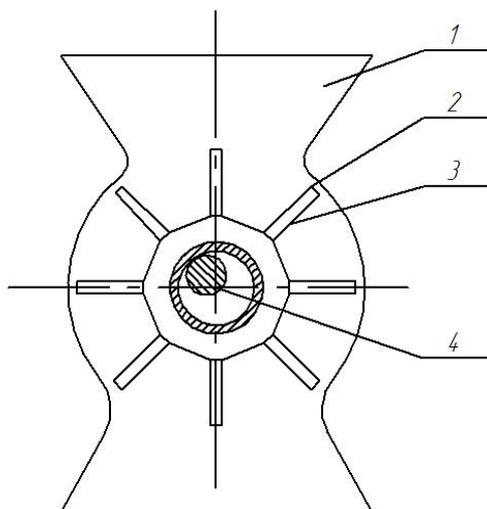


Рисунок 2 – Барабанный дозатор с вибрирующим устройством

Существует конструкция дозатора (рис. 3), состоящая из: бункера 1, куда загружается дозируемый компонент, верхнего 2 и нижнего 4 решет, эксцентриков 8 и выгрузной горловины 5. Верхнее и нижнее решета выполнены из перфорированного листа и за счет эксцентрика могут совершать колебательные движения в горизонтальной плоскости в противофазе – это исключает зависание компонентов в бункере. Причем в зависимости от физико-механических свойств дозируемого компонента имеется возможность регулировки частоты колебания решет, а также замена решет на решета с различной формой отверстий.

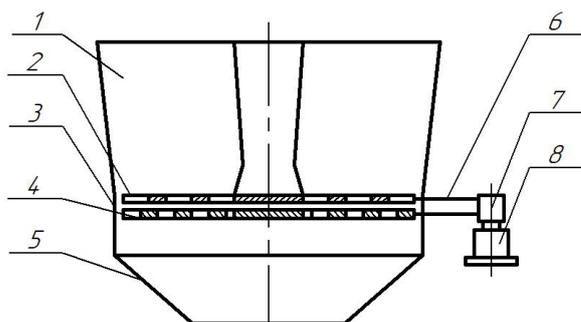


Рисунок 3 – Решетный дозатор с вибрирующим устройством

Краткий обзор конструкций современных дозаторов показывает, что для повышения эффективности работы оборудования и повышения качества технологических процессов удобно использовать вибрационные методы. Дальнейшее изучение и внедрение виброметодов видится перспективным для применения в машинах, применяемых при изготовлении концентрированных кормов для различных групп животных.

Список литературы

1. Гордеев, А. А. Обоснование параметров барабанного дозатора малосыпучих кормов: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» дис. ... канд. техн. наук / Гордеев Андрей Анатольевич. – Чебоксары, 2001. – 199 с.
2. Мельников, С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм: учебн. для вузов / С. В. Мельников. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.
3. Производство комбикормов и кормовых смесей в хозяйствах / Л. И. Кропп [и др.] – М.: Колос, 1977. – 216 с.
4. Сысуев, В. А. Кормоприготовительные машины. В 2 т. Т. 1. Теория, разработка, эксперимент / В. А. Сысуев, А. В. Алешкин, П. А. Савиных. – Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2008. – 640 с.
5. Сабиев, У. К. Интенсификация технологических процессов приготовления комбикормов в условиях сельскохозяйственных предприятий: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» дис. ... д-ра техн. наук / Сабиев Уахит Калижанович. – Барнаул, 2012. – 408 с.
6. Широбоков, В. И. Модернизированная дробилка фуражного зерна / В. И. Широбоков, А. Г. Иванов, О. С. Федоров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2010. – № 1. – С. 21–23.

УДК 631.362

Р. Р. Шакиров¹, А. Г. Иванов¹, Д. А. Марков², Н. В. Гусева¹

¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

²Минсельхоз УР

МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРОЦЕССА СОРТИРОВАНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ

Методом планирования многофакторного эксперимента получена математическая модель процесса сортирования клубней картофеля, связывающая точность сортирования с параметрами технологического процесса.

На современном этапе развития картофелесортировальной техники в ведущих по производству картофеля странах Европы на картофелесортировальных машинах применяются калибрующие поверхности с отверстиями квадратной или прямоугольной формы.

Машины транспортерного типа получили наибольшее распространение в ФРГ и Англии. Машиностроительные фирмы Франции, Нидерландов, Польши и Швейцарии отдают предпочтение картофелесортировальным машинам грохотного типа, на которых применяются решета с квадратными отверстиями.

Эти машины калибруют клубни на 2–4 фракции и имеют по 12 сменных решет в зависимости от фракционного состава исходного вороха с квадратными калибрующими отверстиями различного размера с шагом отверстий от 2,5 до 5,0 мм [1].

Варианты компоновки решетных станков и их привод в возвратно-поступательное движение осуществляется по типовым схемам аналогичным отечественным картофелесортировальным машинам.

Большое распространение в зарубежной практике калибрующих поверхностей с квадратными отверстиями, имеющими довольно низкие возможности по точности калибрования, можно объяснить только одним обстоятельством. В большинстве стран Евросоюза картофель возделывается на легких дерново-подзолистых почвах, на которых клубни получают более выровненными по форме и размерам [1, 2].

В условиях Российской Федерации в основных регионах, производящих картофель, он возделывается на более тяжелых почвах, в результате чего клубни по форме и размерам получают менее выровненными, что и ухудшает качество их калибровки на размерные фракции применяемыми картофелесортировальными машинами.

Как показывает анализ, на данных типах сортировочных машин низкая точность сортирования средней семенной фракции, к которой предъявляются особенно жесткие требования, так как от выровненности размеров клубней этой фракции во многом зависит качество работы картофелепосадочных машин.

Для повышения точности сортирования клубней и сохранения высокой производительности машин необходимо: 1) адаптировать форму и размеры калибрующих отверстий решет к форме калибруемых клубней, 2) сохранить достаточно высокий коэффициент пропускной способности решет. Для получения максимально возможной точности калибрования клубней картофеля можно использовать калибрующие поверхности с круглыми отверстиями, которые, с другой стороны, имеют самый низкий коэффициент пропускной способности из-за значительной площади перемычек между отверстиями,

либо можно использовать отверстия в виде правильных шестиугольных форм, которые в какой-то мере будут решать обе проблемы [2].

Для получения оптимальных результатов работы картофелесортировки будем использовать методику планирования многофакторного эксперимента. В качестве варьируемых факторов возьмем скорость движения подающего транспортера, подачу сортируемого материала и угол наклона направляющих планок [3, 4].

Эксперименты выполнялись по три раза. После проведения всех опытов значения проверялись на однородность дисперсии по критерию Кохрена при уровне значимости, равным 0.05.

Была получена математическая модель в виде уравнения регрессии второго порядка. Значимость коэффициентов проверялась по критерию Стьюдента. Само уравнение имеет следующий вид [5]:

$$y = 94,32 - 2,56x_1 - 3,39x_2 + 1,28x_3 - 0,43x_1x_2 + 1,22x_1x_3$$

Адекватность данного уравнения проверялась по критерию Фишера при уровне значимости 0.05. При этом проверка показала, что математическая модель адекватна.

Список литературы

1. Волосевич, П. Н. Совершенствование технологического процесса и технических средств калибрования клубней картофеля: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» автореф. дис. ... учен. степ. д-ра техн. наук / Волосевич Петр Николаевич. – Мичуринск, 2011. – 35 с.
2. Завражнов, А. И. Математическая модель технологического процесса калибрования клубней картофеля на решетках с отверстиями правильной шестиугольной формы / А. И. Завражнов, П. Н. Волосевич // Вопросы современной науки и практики. – Университет им. В. И. Вернадского. – 2010. – № 7–9 (30). – С. 44 – 50.
3. Исследование движения сферического клубня по рабочему органу дисковой плоскорешетной картофелесортировки. Сообщение 1. Определение начальных условий для сферического движения клубня / А. Л. Шкляев, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 2 (32). – С. 46.
4. Исследование движения сферического клубня по рабочему органу дисковой плоскорешетной картофелесортировки. Сообщение Исследование сферического движения клубня / А. Л. Шкляев, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 2 (32). – С. 47.
5. Костин, А. В. Влияние коэффициента трения на процесс перемещения и ориентирования клубней картофеля в пространстве при взаимодействии с дисками калибрующего устройства / А. В. Костин, Ю. Д. Боднарчук, Р. Р. Шакиров // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 3. – С. 94–98.

Р. Р. Шакиров, Д. М. Петров
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВС ПУТЕМ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИВОДА ВОДЯНОГО НАСОСА

Рассматривается совершенствование системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания посредством изменения привода водяного насоса.

Необходимость данных модернизаций появилась в связи с некоторыми недостатками механического привода, основным из которых является зависимость работы водяного насоса от оборотов двигателя, как раз для этого и был разработан электрический вид привода водяного насоса. Применение электрического насоса по сравнению с обычным механическим и электроуправляемых термостатов позволяет достигать более четкого соблюдения внутреннего давления и снижение потерь на перемещения потоков охлаждающей жидкости.

Управление электрическим насосом и электроуправляемыми термостатами осуществляется блоком управления двигателя, в памяти параметрических характеристик которого находятся данные по температурам нагрева и охлаждения двигателя. В блок управления поступает информация от датчиков трансмиссии, двигателя и др. и выдается информация на исполнительные механизмы для работы электрических насосов, электроуправляемых термостатов, электроклапанов и управляемых воздушных заслонок для регулирования потоков воздуха [1]. Частота вращения вала насоса изменяется в более широких пределах, чем в механических насосах, например, минимальная частота вращения составляет 18 об./мин. Электронное регулирование позволяет быстро прогреть двигатель и масло, что снижает трение и уменьшает расход топлива. В системах охлаждения с электрическим насосом применяются различные контуры циркуляции охлаждающей жидкости, что позволяет циркулировать жидкости по большим или малым контурам в зависимости от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала. Такая система циркуляции более эффективна по сравнению с обычной и снижает потребление электроэнергии на привод электрического жидкостного насоса, мощность которого не превышает 200 Вт.

Далее предлагаем взглянуть на общий вид в разрезе со всеми механизмами (рис. 1).

Также представляем полную схему системы охлаждения (рис. 2).

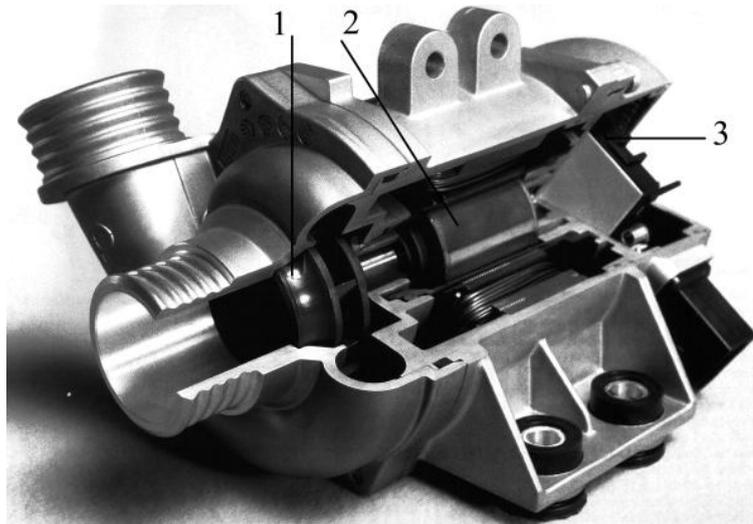


Рисунок 1 – **Общий вид помпы:**

1 – крыльчатка; 2 – электродвигатель со статором, защищенным от воздействия жидкости; 3 – электронная исполнительная система

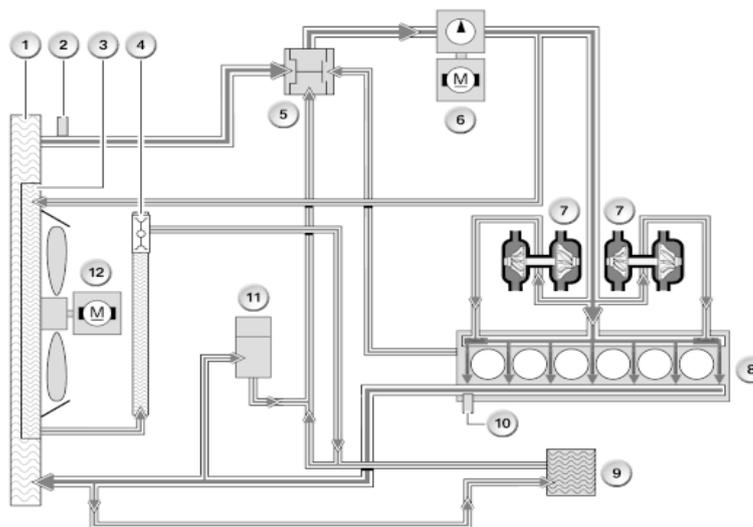


Рисунок 2 – **Общий вид электросхемы системы охлаждения**

В таблице 1 приведены обозначения по схеме [2].

Таблица 1 – **Обозначения по схеме системы охлаждения**

Обозначение	Пояснение	Обозначение	Пояснение
1	Радиатор	2	Датчик температуры охлаждающей жидкости на выходе из радиатора
3	Масляный радиатор коробки передач (пример)	4	Радиатор коробки передач с термостатом
5	Термостат с управлением посредством поля графических характеристик	6	Электрический насос охлаждающей жидкости

Обозначение	Пояснение	Обозначение	Пояснение
7	Турбонагнетатель ОГ	8	Двигатель
9	Теплообменник отопителя	10	Датчик температуры охлаждающей жидкости на двигателе
11	Расширительный бачок системы охлаждения	12	Электровентилятор

Итак, исходя из всего вышеперечисленного, можно сделать вывод, что использование именно электрического вида помпы является экономически и практически выгоднее. Ведь за счет данного устройства ускоряется прогрев двигателя, стабильнее поддерживается рабочая температура. Облегчается запуск двигателя и продолжается циркуляция охлаждающей жидкости после остановки всех механизмов. Всё это позволяет двигателю сохранить свой ресурс на более длительный срок.

Список литературы

1. Система охлаждения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://penuda.ru/система-охлаждения-v2.html> (дата обращения: 01.03.2020).
2. Система охлаждения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_охлаждения (дата обращения: 02.03.2020).

УДК 631.3:658.562

**В. А. Широбоков, Л. Я. Новикова,
С. Н. Шмыков, В. А. Баженов**
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ДРОБИЛКИ ЗЕРНА

Существующие дробилки зерна обладают рядом недостатков, снижающих эффективность работы: высокий расход энергии на дробление зерна; несоответствие качественных показателей конечного продукта требованиям стандартов и зоотехнической науки; высокая интенсивность износа рабочих органов дробилки; загрязнение окружающей среды пылевидной фракцией, возникающей во время дробления зерна. Предложена технологическая схема дробилки зерна, которая позволяет повысить эффективность работы дробилок зерна путём исключения ряда недостатков.

Анализ рабочего процесса дробилок зерна показал их низкую эффективность вследствие высокого расхода энергии на дробление зерна; несоответствия качественных показателей конечного продукта требованиям стандартов и зоотехнической науки; высокой интенсивности износа рабочих органов дробилки; загрязнения окружающей среды пылевидной фракцией, возникающей во время дробления зерна [12, 13, 15]. Сравнительный анализ дробилок зерна показал, что более эффективно работают дробилки открытого типа, в сравнении с дробилками закрытого типа, хотя также имеют вышеуказанные недостатки [16, 17]. Причиной всего этого является несовершенство конструктивно-технологического исполнения дробилок зерна как закрытого, так и открытого типов.

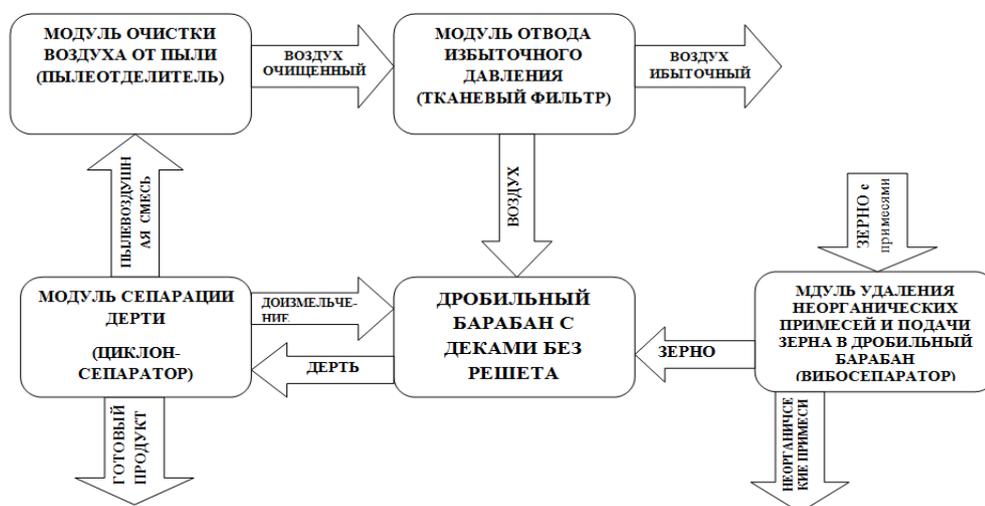


Рисунок 1 – Модульная схема работы дробилки зерна

С целью повышения эффективности работы дробилок зерна путём совершенствования конструктивно-технологических параметров разработана и исследована дробилка зерна (рис. 1) [7, 8], предложены новые конструктивные решения отдельных элементов-модулей: вибрационный отделитель примесей (вибросепаратор) [9] и пылеуловитель [10]. Как показали лабораторные и производственные исследования дробилки зерна и отдельных модулей, результаты более полно отвечают требованиям стандартов и зоотехнической науки [1, 4, 5, 6, 12, 14]. Предложенные конструкции вибросепаратора неорганических примесей из зерна перед дроблением и пылеуловителя обеспечивают отделение примесей и пыли свыше 98 % [1, 4, 5]. А предложенные мероприятия по упрочнению рабочих органов дробилки повышают их ресурс до 40 % [2, 3].

В то же время исследования показали несовершенство технологической схемы очистки воздуха от пыли при помощи пылеотде-

лителя и тканевого фильтра (рис. 1). Это обусловлено тем, что вся зерновая пыль проходит через пылеотделитель, скапливается в нём и снижает время работы последнего.

Поэтому предлагается более совершенная технологическая схема отделения пыли из воздуха, выходящего из пневмосистемы дробилки (рис. 2). В отличие от предыдущей схемы, в предлагаемой – модуль очистки воздуха удаляет пыль не из всей пылевоздушной смеси, а только от той её части, которая является избыточной. Этим и обеспечивается повышение ресурса работы модуля очистки воздуха.

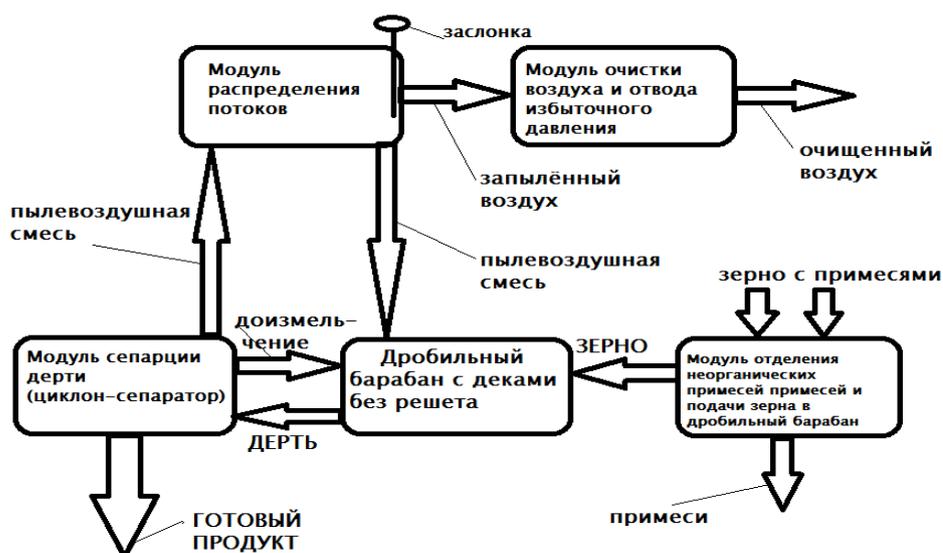


Рисунок 2 – Усовершенствованная технологическая схема дробилки зерна

Таким образом, предлагаемая технологическая схема дробилки зерна позволяет снизить негативное влияние недостатков существующих дробилок на эффективность работы.

Список литературы

1. Баженов, В. А. Результаты экспериментальных исследований вибрационного отделителя примесей из зерна / В. А. Баженов, А. А. Мякишев, В. А. Петров, О. С. Федоров, В. И. Ширококов // Вестник НГИЭИ. – 2016. – С. 27–35.
2. Ипатов, А. Г. Влияние высокоскоростного лазерного упрочнения сепарирующего решета на работоспособность молотковой дробилки // А. Г. Ипатов, В. И. Ширококов, С. Н. Шмыков // Вестник Ижевская ГСХА. – 2018. – № 5 (55).
3. Ипатов, А. Г. Повышение работоспособности сепарирующего решета дробилки зерна закрытого типа / А. Г. Ипатов, В. И. Ширококов, М. А. Кубалов // Известия ФГБОУ ВО Горского ГАУ. – 2018. – № 55 (1). – С. 112–119 (148 с.).
4. Новикова, Л. Я. Эффективность качества очистки воздуха от скорости пылевоздушной смеси / Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов // Аграрная наука сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. конф.

12 – 15 февраля 2019 г. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – Т. 3. – С. 111–116.

5. Новикова, Л. Я. Параметры пылевоздушной среды и их влияние на эффективность очистки воздуха в мокром пылеуловителе / Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков, В. И. Ширококов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2019. – № 3 (59). – С. 59–63.

6. Федоров, О. С. Повышение эффективности функционирования молотковой дробилки путем совершенствования способа сепарации: дисс. ... канд. техн. наук. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2010.

7. Пат. № 124190 Российская Федерация, МПК В 02 С 13/04, Дробилка для зерна / В. И. Ширококов, В. А. Жигалов, О. С. Федоров, А. Г. Бастригов, Н. С. Панченко; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА – № 2012121280/13; заявл.23.05.12; опубл.20.01.13, Бюл. № 2 – 2 с.: ил.

8. Пат. № 151368 Российская Федерация, МПК В02С 13/00(2006.01), Модернизированная дробилка для зерна / Ширококов В. И., Жигалов В. А., Фёдоров О. С., Ясафов Ю. А., Бастригов А. Г.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА – № 2014126676/13; заявл.01.07.14; опубл.10.04.15, Бюл. № 10 – 2 с.: ил.

9. Пат. 172549 Российская Федерация, МПК В02С 13/00 (2006.01), Дробилка для зерна с вибрационным отделителем неорганических примесей / В. И. Ширококов, В. А. Баженов, В. А. Жигалов, В. А. Петров, М. А. Витвинова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – № 2016145551; заявл. 21.11.2016; опубл. 12.07.2017, Бюл. № 20 – 2 с.: ил.

10. Пат. 180147 Российская Федерация, МПК В01D447/02 (2006.01), В01D45/14 (2006.01), Пылеуловитель для дробилок зерна / Ширококов В. И., Новикова Л. Я., Шмыков С. Н., Дородов П. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА – № 2018108479; заявл. 07.03.2018; опубл. 05.06.2018, Бюл. № 16 – 2 с.: ил.

11. Ширококов, В. И. Модернизированная дробилка фуражного зерна / В. И. Ширококов, А. Г. Иванов, О. С. Федоров // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2010. – № 1. – С. 21–23.

12. Ширококов, В. И. Анализ устройств для удаления минеральных и металлических примесей из зернового вороха / В. И. Ширококов, Р. С. Байтуков, Е. В. Байтукова // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 11–14 фев. 2014 г. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – Т. 3. – С. 150–154.

13. Ширококов, В. И. Анализ устройств для улавливания пыли / В. И. Ширококов, Л. Я. Новикова // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 11–14 фев. 2014 г. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2014. – Т. 3. – С. 160–165.

14. Ширококов, В. И. О необходимости модернизации всасывающе-нагнетательных дробилок зерна / В. И. Ширококов, Р. С. Байтуков, Е. В. Байтукова, А. Г. Бастригов, Н. С. Панченко // Вестник Казанского ГАУ. – 2014. – № 4 (34). – С. 103–106.

15. Широбоков, В. И. Анализ работы дробилок зерна / В. И. Широбоков, А. Г. Ипатов, Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков, А. Г. Бастригов, С. В. Хохряков // Научно обоснованные технологии для интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 14–17 февр. 2017 г. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – Т. 3. – С. 326–333.

16. Широбоков, В. И. Анализ качества измельченного зерна при использовании дробилок открытого и закрытого типов / В. И. Широбоков, О. С. Федоров, А. Г. Ипатов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2019. – № 2 (58). – С. 69–74.

17. Influence of rotary grain crusher parameters on quality of finished product Savinyh P., Shirobokov V., Fedorov O., Ivanovs S. В сборнике: Engineering for Rural Development Ser. “17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings”. – 2018. – С. 131–136.

УДК 637.115.6

А. Л. Шкляев, М. Р. Кудрин, К. Л. Шкляев
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

РЕЖИМ ТЕЧЕНИЯ МОЛОКА В КРУГЛОЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТРУБАХ МОЛОКОПРОВОДА И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ

Режим течения молока в трубах молокопровода влияет на конечное качество товарной продукции. Снижение содержания показателей жира и белка вызвано изменением ламинарного течения жидкости вплоть до турбулентного с большими числами Рейнольдса.

За последние десятилетия сельскохозяйственное производство в России претерпело значительные изменения. Наблюдается снижение поголовья животных, но при этом растет валовой удой молока, это свидетельствует о росте удоя на одно животное. Но не стоит забывать и о качестве молока, несмотря на рост его производства. Кроме того, в современных условиях фактор качества является главным в вопросе сбыта молока. Это вызвано прежде всего более высокими закупочными ценами на молоко высшего сорта, и приоритет в производстве должен быть отдан повышению качества товарной продукции [1–4, 6, 7, 14–16].

Вопрос качества молока рассмотрим с точки зрения содержания жира и белка. Частой причиной ухудшения качества молока бывает неправильно смонтированная линия молокопровода. Во-первых, молокопровод нужно монтировать с уклоном порядка 2 %,

для того чтобы молоко полностью стекало в безнапорном режиме течения под действием силы тяжести, во-вторых, линия не должна иметь прогибов по длине пролетов, которые возникают в процессе эксплуатации оборудования при некачественном монтаже линии – жесткость креплений молокопровода недостаточная (рис. 1). Всё это приводит к увеличению неравномерности скорости движения молока по трубам молокопровода, а это может вызвать изменение режима течения жидкости с ламинарного на переходной, так называемый неустойчивый или даже турбулентный режим течения (рис. 2) [5, 8–10].



Рисунок 1 – Использование толстостенной оцинкованной вакуумной трубы ДУ40 гарантия надежной работы молокопровода: трубы не провиснут через полгода

Молоко как «живой продукт» требует щадящего обращения, и так как это коллоидный раствор жиров, белков, лактозы, солей кальция и т.д., нарушение слоистого течения жидкости приводит к росту образования конгломератов жировых шариков и масляных зёрен. Хотя строение оболочки жирового шарика препятствует процессам слияния молочного жира, однако данные оболочки не обладают достаточной прочностью и в результате теплового движения происходит взаимное проникновение, что, в свою очередь, ведет к снижению содержания жира и белка в молоке, а это напрямую влияет на сортность продукции. Для борьбы с подобными явлениями предпринят ряд мер производителями доильного оборудования. Доильные установки снабжают молокопроводами увеличенного до 52 мм диаметра, это вызывает снижение скорости течения жидкости и, как следствие, наблюдается устойчивый ламинарный режим течения. Молокопровод изготавливают из нержавеющей стали, а не из алюминия, как делали раньше, это снижает адгезионное отложение устойчивых частиц молочного жира. Снижают количество стыков, изгибов профиля молокопровода, применение пластиковых и резиновых труб в этих местах [11, 13].

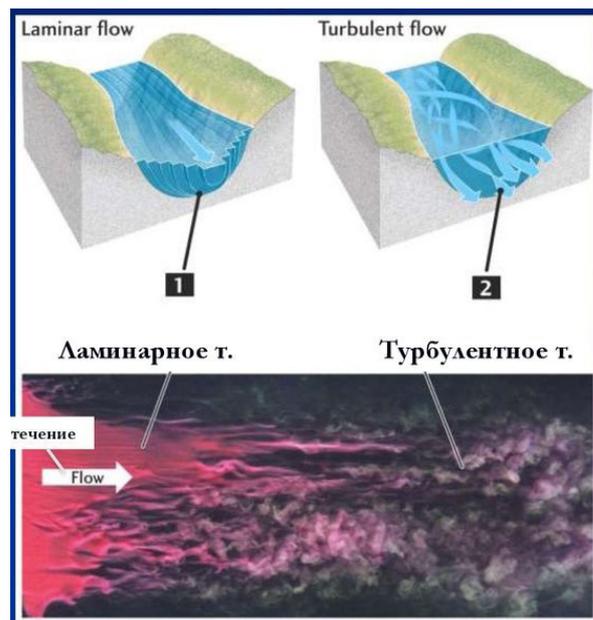


Рисунок 2 – Ламинарное и турбулентное безнапорное течение жидкости

Всё это в комплексе снижает гидродинамическое воздействие на молоко в процессе транспортирования по молокопроводу и количество трудноудаляемых липиднопротеиновых загрязнений адсорбционно связанных с поверхностью оборудования, вызывающих потерю структурных элементов молока (белка и жира) в процессе производства. Наиболее совершенным является оборудование западных фирм «Делаваль», «Вестфалия» и др. [12].

Список литературы

1. Kudrin, M. R. Post-mortem indices of black-and-white breed / M. R. Kudrin, G. Y. Berezkina, A. L. Shklyayev [et all] // Agritech-2019: agribusiness, environmental engineering and biotechnologies: international scientific conference, 20–22 июня 2019 г. – Красноярск, 2019. – Т. 315 (7). – № 072034.
2. Kudrin, M. R. Beef production of black-and-white breed depending on the degree of fattening / M. R. Kudrin, S. N. Izhboldina, K. L. Shklyayev [et all] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 20–22 июня 2019 г. – Красноярск, 2019. – Т. 315 (7). – С. 072028.
3. Васильева, М. И. Конструкция полов на свиноводческих предприятиях / М. И. Васильева, Н. П. Казанцева // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 16–18.
4. Васильева, М. И. Системы утилизации навозных стоков на свино-комплексах как фактор создания благоприятной экологической обстановки / М. И. Васильева, А. А. Астраханцев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 22–23 мар. 2018 г. – Йошкар-Ола, 2018. – С. 333–336.

5. Кудрин, М. Р. Автоматизация процесса доения коров с помощью робота-дояра / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 фев. 2019 г. – Ижевск, 2019. – Т. 2. – С. 98–100.
6. Кудрин, М. Р. Мясная продуктивность крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы при жизни без постановки на откорм и после постановки на откорм / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2019. – № 21. – С. 372–376.
7. Кудрин, М. Р. Показатели мясной продуктивности крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы до и после постановки на откорм по результатам убоя / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. – 2019. – № 21. – С. 368–372.
8. Машины и оборудование для механизации процессов в растениеводстве и в садово-парковом хозяйстве: учебное пособие / Б. Д. Зонов, О. П. Васильева, К. Л. Шкляев [и др.]. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. – 104 с.
9. Машины и оборудование для производства продукции растениеводства: учеб. пособ. / К. Л. Шкляев, И. А. Дерюшев, О. П. Васильева [и др.]. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – 124 с.
10. Механизация процесса доения коров с помощью робота-дояра / М. Р. Кудрин, А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 5 (96). – С. 21–33.
11. Николаев, В. А. Песчано-полимерные автопоилки / В. А. Николаев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 1. – С. 162–165.
12. Организация роботизированных ферм и технологические особенности при производстве молока на фермах / М. Р. Кудрин, О. А. Краснова, А. Л. Шкляев [и др.] // Аграрная Россия. – 2019. – № 3. – С. 31–34.
13. Производство и переработка продукции крупного рогатого скота / М. Р. Кудрин, О. А. Краснова, Е. В. Хардина, А. Л. Шкляев. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – 160 с.
14. Разработка функционально-морфологической модели машины для посадки рассады капусты / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, Р. Р. Шакиров [и др.] // Вестник НГИЭИ. – 2019. – № 8 (99). – С. 5–17.
15. Шкляев, А. Л. Обоснование параметров и режимов работы дисковой плоскорешетной сортировки клубней картофеля: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Шкляев Артём Леонидович. – Киров, 2015. – 147 с.
16. Шкляев, К. Л. Обоснование параметров и режима работы сортировки клубней картофеля роторно-винтового типа: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Шкляев Константин Леонидович. – Киров, 2011. – 120 с.

К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ОБОСНОВАНИЕ УГЛА СХОДА КЛУБНЕЙ С ЛОПАСТИ ЗАГРУЗОЧНОГО РОТОРА

Сортировка изготовлена по схеме, обеспечивающей параллельный принцип разделения фракций. Концентрично окружности калибрующего барабана в зоне отделения крупной фракции на общем валу установлен подъёмный ротор, снабжённый лопастями прямоугольной формы. Исследование движения клубня по лопасти ротора установки.

Установка роторно-винтового типа для сортировки клубнеплодов и фруктов представлена на рисунке 1. Калибрующая поверхность делит клубни на две фракции – «проход» и «сход». Сортирование происходит следующим образом – мелкие и средние клубни в смеси идут в «проход», крупные – сходят с поверхности [4–10, 13–19].

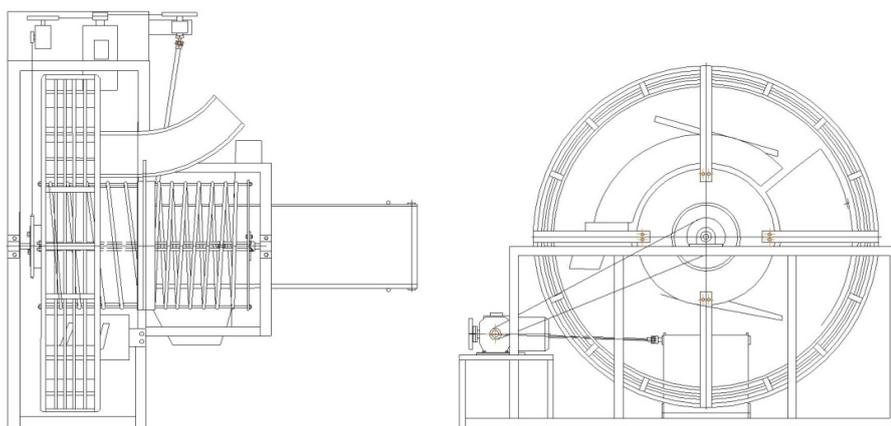


Рисунок 1 – Схема роторно-винтовой сортировки для разделения клубней

Рассмотрим сложное движение клубня по лопастям вращающегося загрузочного ротора. Сам ротор совершает переносное движение, а клубень относительное движение [1, 2, 20].

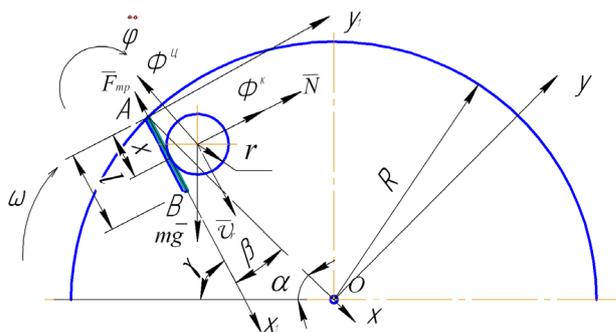


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на клубень при разгрузке ротора

Действующие на клубень силы показаны на рисунке 2. Добавим клубню силы инерции в переносном движении. Запишем дифференциальные уравнения относительного движения клубня относительно планки ротора.

$$\begin{cases} mg \sin \alpha - F_{mp} - F_{ц.б.} = m\ddot{x} \\ N - mg \cos \alpha + m(2\omega V_r) = 0 \\ J\ddot{\varphi} = F_{mp} r \end{cases} \quad (1)$$

где V_r – относительная скорость центра масс клубня, м/с;

ω – угловая скорость вращения ротора, рад/с;

m – масса клубня, кг;

$J = 2/5 \cdot mR^2$ – момент инерции клубня относительно центра масс, кг·м²;

$\bar{G} = mg$ – сила тяжести клубня, Н;

\bar{N} – нормальная реакция лопасти, Н;

\bar{F}_{mp} – сила трения между клубнем и лопастью, Н;

$\Phi^k = 2m\omega V_r$ – кориолисова сила, Н;

$F_{ц.б.}$ – центробежная сила, Н;

$\ddot{\varphi}$ – угловое ускорение;

α – угол поворота лопасти к горизонту, град;

r – радиус клубня, м;

R – радиус ротора, м.

Введём подвижную систему отсчёта, жёстко связанную с движущейся планкой ротора. Дополним систему уравнений (1) условиями качения без скольжения: $F_{mp} \leq fN$, $\ddot{x} = \ddot{\varphi} \cdot r$.

Из уравнения 2 выразим силу трения и подставим в первое уравнение системы (1) с учётом кинематической связи, получим линейное неоднородное второго порядка $\left(m + \frac{J}{r^2}\right)\ddot{x} + m\omega^2((R-r) - x) = mg \sin \alpha$, $\alpha = \omega t$,

$$\ddot{x} + \left(m + \frac{J}{r^2}\right) \cdot \omega^2((R-r) - x) = \frac{m}{\left(m + \frac{J}{r^2}\right)} g \sin \omega t$$

Заменим $\left(m + \frac{J}{r^2}\right) = A$. Общее решение имеет вид:

$$x = (R-r) - c_1 e^{\omega\sqrt{A}t} - c_2 e^{-\omega\sqrt{A}t} - \frac{Ag}{\omega^2(1+A)} \sin \omega t.$$

Находим c_1 и c_2 : $c_2 = -c_1 = \frac{g}{2\omega^2\sqrt{A} \cdot (1+A)}$.

Угол начала движения α_0 определяется из условия, что проекция силы тяжести на ось x будет больше центробежной силы инерции $\alpha_0 \geq \arcsin \frac{\omega^2(R-r)}{g}$. Тогда можно определить время, в течение которого клубень сойдёт с лопасти [3, 12, 24, 25]. При этом координата x станет равной $x = R - l$ (l – длина лотка, м):

$$x = c_1 e^{\omega\sqrt{A}t} + c_2 e^{-\omega\sqrt{A}t} + \frac{Ag}{\omega^2(1+A)} \sin \omega t - l + r.$$

Угол схода $\alpha = \alpha_0 + \omega t$.

Таким образом, мы можем, варьируя параметрами клубня и угловой скоростью, определить углы схода клубня с лопасти загрузочного ротора. Зная конструктивно, что угол α должен находиться в пределах $30^\circ \leq \alpha \leq 70^\circ$, можем подобрать рациональную угловую скорость ротора. Для уточнения угла α следует рассмотреть свободный полёт клубня после схода с планки ротора для определения места его падения. Рассмотренные этапы движения клубня позволяют создать рекомендации к выбору рационального расположения элементов конструкции и оптимизировать угловую скорость питателя [11, 21, 22, 23]. При конструктивно выбранном радиусе ротора-питателя $R = 1,2$ м и угловой скорости его вращения $\omega = 1,0 \dots 1,5$ рад/с расчётами установлено, что следует отклонять планки от радиального направления на угол $\beta = 6^\circ \dots 12^\circ$ для облегчения схода клубней с неё. В этом случае клубни гарантированно попадают в зону подачи вороха картофеля на калибрующий барабан.

Список литературы

1. Исследование движения сферического клубня по рабочему органу дисковой плоскорешетной картофелесортировки. Сообщение Определение начальных условий для сферического движения клубня / А. Л. Шкляев, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 2 (32). – С. 46.
2. Исследование движения сферического клубня по рабочему органу дисковой плоскорешетной картофелесортировки. Сообщение Исследование сферического движения клубня / А. Л. Шкляев, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев [и др.] // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 2 (32). – С. 47.
3. Лебедев, Л. Я. Проектирование и расчет приводов технологического оборудования: учеб. пособ. / Л. Я. Лебедев, А. Л. Шкляев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. – 75с.
4. Максимов, Л. М. Дисковая плоскорешетная картофельная сортировка / Л. М. Максимов, А. Л. Шкляев, К. Л. Шкляев // Вестник НГИЭИ. – 2014. – № 6 (37). – С. 67–71.

5. Максимов, Л. М. Картофельная сортировка чашечно-дискового типа / Л. М. Максимов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии в сельскохозяйственном производстве, пищевой и перерабатывающей промышленности: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., проходившей в рамках IV этапа Евразийского экономического форума молодежи Диалог цивилизаций – youth global mind, направление Евразия как территория здоровья, 3–5 дек. 2012 г. – Ижевск, 2013. – С. 99–101.
6. Максимов, Л. М. Новая картофельная сортировка / Л. М. Максимов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Картофель и овощи. – 2014. – № 9. – С. 30–31.
7. Максимов, Л. М. Совершенствование конструкции и рабочего процесса сортировки чашечно-дискового типа / Л. М. Максимов, А. Л. Шкляев // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях : м-лы Всерос. науч.-практ. конф., 12–15 фев. 2013 г. – Ижевск, 2013. – С. 97–101.
8. Максимов, Л. М. Теоретическое обоснование режимов работы чашечно-дисковой картофельной сортировки // Наука, инновации и образование в современном АПК: м-лы Всерос. науч.-практ. конф., 11–14 фев. 2014г.– Ижевск, 2014. – Т. 3. – С. 185–190.
9. Максимов, Л. М. Устройство и принцип работы сортировки роторно-чашечного типа / Л. М. Максимов, А. Л. Шкляев // Инновационному развитию АПК и аграрному образованию – научное обеспечение: м-лы Всерос. науч.-практ. конф., 14–17 фев. 2012 г.– Ижевск, 2014. – С. 311–313.
10. Максимов, Л. М. Картофель убирает мини-комбайн / Л. М. Максимов, Ю. Г. Корепанов, К. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2007. – № 4. – С. 12–13.
11. Максимов, П. Л. Результаты производственных испытаний роторно-винтового калибрующего устройства / П. Л. Максимов, Л. М. Максимов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Актуальные проблемы механизации сельского хозяйства: м-лы Юбилейной науч.-практ. конф. 55 лет высшему агроинженерному образованию в Удмуртии, 3–4 дек. 2010 г.– Ижевск, 2010 г.– С. 99–101.
12. Машины и оборудование для механизации процессов в растениеводстве и в садово-парковом хозяйстве: учеб. пособ. / Б. Д. Зонов, О. П. Васильева, К. Л. Шкляев [и др.]. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. – 104 с.
13. Патент 2441359 Российская Федерация МПК А01D 33/08, А01D 17/02, А01D 17/00 Устройство для разделения корнеклубнеплодов на фракции роторно-чашечного типа: № 2010108831/13: заяв: 09.03.2010: опубл. 10.02.2012 / Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, Л. Л. Максимов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев; заявитель и патентообладатель Максимов Л. М. – 8 с.: ил.
14. Патент 2476056 Российская Федерация МПК А01D 33/0 Роторная картофелесортировка: № 2011107047/13: заяв: 24.02.2011: опубл. 27.02.2013 / Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, И. Э. Тютин, А. Л. Шкляев; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 7 с.:ил.
15. Патент 2537723 Российская Федерация МПК А01D 33/08, А01D 17/06, В07В 1/00 Плоское круглорешетное устройство для разделения корнеклубнеплодов на фракции: № 2013129189/03: заяв: 25.06.2013: опубл. 10.01.2015 / Л. М. Мак-

симов, П. Л. Максимов, А. Л. Шкляев; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА. – 8 с.: ил.

16. Патент 2341951 Российская Федерация МПК А01D 33/00 Роторно-винтовое устройство для разделения корнеклубнеплодов и фруктов на фракции: № 2007107224/12: заяв: 26.02.2007; опубл. 27.12.2008 / Л. М. Максимов, П. Л. Максимов, Л. Л. Максимов, М. Н. Малков, К. Л. Шкляев; заявитель и патентообладатель Максимов Л. М. – 7 с.: ил.

17. Устройство и принцип работы быстроходной сортировки / П. Л. Максимов, К. Л. Шкляев, И. Э. Тютин, А. Л. Шкляев // Вестник НГИЭИ. – 2012. – № 4(11). – С. 173–178.

18. Чашечно-дисковая картофельная сортировка / Л. М. Максимов, А. Г. Иванов, К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Сельский механизатор. – 2014. – № 6. – С. 22–23.

19. Шкляев, А. Л. Картофельная сортировка чашечно-дискового типа / А. Л. Шкляев // Вестник Ижевской ГСХА. – 2014. – № 1 (38). – С. 44–47.

20. Шкляев, К. Л. Исследование движения клубней картофеля по поверхности барабанной сортировки / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Динамика механических систем: м-лы I Междунар. науч.- практ. конф., посвящ. памяти профессора А. К. Юлдашева, 04–05 апр. 2018 г. – Казань, 2018. – С. 302–309.

21. Шкляев, К. Л. Обоснование параметров и режима работы сортировки клубней картофеля роторно-винтового типа: дисс. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Шкляев Константин Леонидович. – Киров, 2011. – 120 с.

22. Шкляев, К. Л. Совершенствование барабанной картофельной сортировки / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф., 13–16 фев. 2018 г. – Ижевск, 2018. – Т. 2. – С. 205–208.

23. Шкляев, К. Л. Устройства для калибрования картофеля / К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев, М. Ю. Васильченко // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всерос. науч.-практ. конф., 16–19 фев. 2016 г. – Ижевск, 2016. – Т. 3. – С. 69–73.

24. Kudrin, M. R. Beef production of black-and-white breed depending on the degree of fattening / M. R. Kudrin, S. N. Izhboldina, K. L. Shklyayev [et all] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 20–22 июня 2019 г. – Красноярск, 2019. – Т. 315(7). – С. 072028.

25. Kudrin, M. R. Post-mortem indices of black-and-white breed / M. R. Kudrin, G. Y. Berezkina, A. L. Shklyayev [et all] // Agritech-2019: agribusiness, environmental engineering and biotechnologies: international scientific conference, 20–22 июня 2019 г. – Красноярск, 2019. – Т. 315 (7). – № 072034.

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

УДК 620–92

Л. П. Артамонова¹, Г. И. Михайлова²

¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

²АО «НОВАТЭК-Пур»

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДОПОДГОТОВКИ В БЛОЧНО-МОДУЛЬНЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Как показывает практика, значительная доля причин, вызывающих ненадежную и неэффективную работу котельного оборудования и трубопроводов тепловых сетей, лежит в плоскости водоподготовки и водно-химического режима. Улучшение физико-химических показателей качества питательной воды, определяющих пригодность ее использования в теплоэнергетике, позволит повысить надежность работы оборудования котельной.

Блочные модульные котельные (БМК) представляют собой сложный комплекс устройств и механизмов, связанных технологическим процессом, направленным на получение тепловой энергии и горячего водоснабжения для бытовых и промышленных нужд.

Автоматизированная БМК установки комплексной подготовки газа (УКПГ) Берегового газоконденсатного месторождения ЯНАО предназначена для теплоснабжения объектов, расположенных на площадках УКПГ, базы производственного обслуживания, вахтового жилого комплекса и водозаборных сооружений.

Водоснабжение котельной и других объектов УКПГ осуществляется от подземного водозабора, который включает пять артезианских скважин. Характеристика качества подземных вод эксплуатируемого водоносного горизонта приводится по результатам лабораторных исследований проб воды, отобранных из водозаборных скважин. Исследования химического состава подземной воды выполняется в филиале ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в ЯНАО в Пуровском, Красноселькупском районах». Аккредитованный испытательный лабораторный центр (аттестат аккредитации № РОСС.Яи.0001.510793), в таблице 1 приведены результаты исследований.

По результатам химических анализов наблюдаются превышения по железу, марганцу и органолептическим показателям.

Таблица 1 – Результаты анализа воды артскважин

Показатель	Ед. изм.	Скважины					сред. значение	макс. значение
		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5		
Водородный показатель	pH	7	6,9	6,97	6,93	6,93	6,9	7
Перманганатная окисляемость (O ₂)	мг/дм ³	5,4	2,9	4,8	1,4	1,6	3,2	5,4
Общая жесткость	°Ж	2,3	2,8	2,9	3	2,9	2,8	3
Взвешенные вещества	мг/дм ³	82,3	308	93,3	249	103	167,1	308
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/дм ³	230,0	244,1	223,8	188,8	216,8	220,7	244,13
Марганец	мг/дм ³	0,67	0,4	0,41	0,68	0,73	0,6	0,73
Железо общее	мг/дм ³	2,28	4	3,1	3,21	2,79	3,1	4
Аммиак и ионы аммония	мг/дм ³	2,62	3,91	3,37	2,67	4,06	3,3	4,06

Для водоподготовки в УКПГ было установлено оборудование станции для водоочистки УВК-200, которая должна была обеспечить производительность 200 м³/сут. В процессе пусконаладочных работ фирмой «Контур-Аква» установка не была выведена на заявленную проектную производительность 200 м³/сутки. Результаты анализа воды (табл. 2), проведенные химической лабораторией промысла, показывают превышение нормативных данных по таким показателям, как железо, азот аммонийный и марганец.

Таблица 2 – Результаты исследования химического состава воды после очистки

Дата отбора пробы	Водородный показатель, pH	Железо общее, мг/дм ³	Азот аммонийный, мг/дм ³	Остаточный активный хлор, мг/дм ³	Щелочность, ммоль/дм ³	Жесткость общая, °Ж	Марганец, мг/дм ³
26.07.2015	7,2	1,1	-	-	-	0,4	0,11
29.07.2015	-	0,4	2,8	0,07	-	-	-
30.07.2015	7,4	0,14	2,2	0,04	2,2	0,3	-
01.08.2015	7,8	0,68	2,1	-	-	-	-
04.08.2015	7,1	0,98	1,4	0,07	-	0,25	0,68
05.08.2015	-	0,48	-	-	-	-	0,84
07.08.2015	-	0,48	-	0,04	-	-	0,34
09.08.2015	-	0,65	отс	0,024	-	-	0,54

Дата отбора пробы	Водородный показатель, рН	Железо общее, мг/дм ³	Азот аммонийный, мг/дм ³	Остаточный активный хлор, мг/дм ³	Щелочность, ммоль/дм ³	Жесткость общая, °Ж	Марганец, мг/дм ³
10.08.2015	-	4,01	-	0,05	-	-	0,23
12.08.2015	-	0,89	отс	0,059	-	-	0,18
13.08.2015	-	0,29	2,4	-	-	-	-
17.08.2015	-	0,35	-	-	-	-	0,23
20.08.2015	-	0,47	-	-	-	0,4	0,2

Выделенные в таблице значения показателей превышают нормы ПДК. Следовательно, действующее решение по технологической схеме и составу оборудования установки водоподготовки УВК-200 не удовлетворяет нормам качества воды для котельной, изначально установка не была рассчитана на высокие показатели превышения загрязняющих компонентов. Неэффективная работа установки обусловлена некорректным подбором фильтрующих элементов и режимов фильтрации. По итогам анализа работы действующей установки УВК-200 был произведен расчет всех ступеней фильтрации с учетом максимальных концентраций загрязняющих веществ и подбор необходимых фильтрующих элементов. Расчет производился с учетом уже имеющегося оборудования, чтобы минимизировать затраты.

В результате были предложены следующие мероприятия в рамках модернизации технологии очистки подземных вод:

- для повышения эффективности обезжелезивания кроме введения окислителя в технологическую схему предлагается ввести установку аэрации воды. Система напорной аэрации предназначена для окисления содержащегося в воде железа с помощью кислорода и удаления растворенных газов;

- для удаления взвеси, механических примесей и частичной очистки от соединений железа и марганца предлагается наполнить сорбентом ОДМ-2Ф с поддерживающим слоем кварцевого песка существующие напорные емкости на базе корпуса фильтра 2472.

Сырьем для фильтрующей загрузки марки ОДМ-2Ф служат опоки. Опоки – лёгкая тонкопористая плотная кремнистая порода, состоящая из окременелых опаловых створок диатомитовых водорослей. ОДМ-2Ф имеет высокую механическую прочность -0,79 %, низкие измельчаемость (0,04–0,06 %) и истираемость (0,08–0,1 %), низкую насыпную плотность (590–670 кг/м³), регенерация осуществляется обратной промывкой чистой водой.

При прохождении исходной воды через слой сорбента ОДМ-2Ф на фильтрах 1-ой ступени за счет каталитической пленки происходит «прилипание» частиц загрязнений.

Проведенный расчет количества фильтров 1 ступени, исходя из площади фильтрации и скорости фильтрования, показал, что необходимо 4 фильтра. Затем осветленная вода поступает на фильтры обезжелезивания 2-ой ступени, где в качестве фильтрующей загрузки предлагается применить сорбент АС взамен гидроантрацита. В таблице 3 приведено сравнение характеристик вышеупомянутых сорбентов.

Таблица 3 – Сравнительная характеристика сорбентов

Показатель	Гидроантрацит	Сорбент АС
Насыпная плотность, кг/м ³	800–900	470–490
Плотность, кг/м ³	1500–1700	1350–1450
Истираемость, %	0,3	0,08
Удельная поверхность, м ² /г	11–14	150
Измельчаемость, %	2,8	0,05
Межзерновая пористость, %	< 40	47–53
Скорость фильтрации, м/ч	12	10–20
Время обратной промывки, мин.	24–40	10
Высота слоя, см	60–90	40–100

Механическую прочность фильтрующего материала оценивают двумя показателями: истираемостью и измельчаемостью. Измельчаемость – процент износа вследствие растрескивания зерен. Истираемость – процент износа материала вследствие трения зерен друг о друга. У сорбента АС эти показатели намного ниже. Не требуется досыпка загрузки в процессе эксплуатации.

Сорбент АС – это природный неорганический сорбент на основе опалкристобалитовых пород. Сорбент АС обладает повышенной избирательностью, имеет микрозернистое и скрытокристаллическое строение, что позволяет ожидать высокую эффективность его применения в процессе очистки воды. Любой сорбент должен быть проверен на переход вредных примесей в воду во время процесса фильтрации. Вода после обработки сорбентом проверяется на общую жесткость, кремний, кальций, магний, алюминий, железо атомно-абсорбционным методом и на уровень рН. Результаты обработки воды сорбентом АС приведены в таблице 4 [2].

Высокая пористость и низкая насыпная плотность (легкий) сорбента АС позволяет проводить фильтрацию при высоких рабочих скоростях потока и минимизировать расходы воды при обратной промывке.

Таблица 4 – Содержания ингредиентов в воде после контакта с сорбентом АС

Показатель	Единицы измерения	Содержание ингредиентов после обработки		Норма
		неотмытым материалом	отмытым материалом	
рН	ед. рН	6,8	6,4	6–9
Общая жесткость	мг-экв/дм ³	0,26	0,26	7,0
Кремний	мг/дм ³	14	4,5	10,0
Кальций	мг/дм ³	5,1	<0,1	-
Магний	мг/дм ³	<0,1	3,2	-
Алюминий	мг/дм ³	0,061	0,043	0,5
Железо	мг/дм ³	0,725	0,053	0,3

Проведенный расчет количества фильтров 2 ступени на базе уже имеющегося корпуса фильтра 2162, исходя из максимального содержания железа и марганца, выявил, что объем загрузки слишком мал для удаления содержащегося железа и марганца с оптимальным интервалом регенераций. Для достижения необходимого межрегенерационного интервала без снижения выходной производительности по очищенной воде нужно понизить скорость фильтрования с одновременным увеличением количества фильтров. В действующей установке их 3, необходимо 10.

Расчет фильтров 3-й ступени на базе корпуса фильтра 2162, загруженных активированным углем, выявил, что для достижения заявленной производительности необходимо увеличить количество фильтров с трех до семи.

Список литературы

1. Ашпина, О. Доатомит против кварца [Электронный ресурс] / О. Ашпина // The Chemical Journal. Водоподготовка. – 2015. – № 5. – С.26–30. – Режим доступа: http://tcj.ru/wp-content/uploads/2015/07/2015_05_26-31-diatomit.pdf (дата обращения: 18.12.2019).
2. Баранова, О. Ю. Защита водных объектов от техногенных радионуклидов сорбентами на основе опалкристобалитовых пород: дисс. ... ученой степени канд. техн. наук / О. Ю. Баранова [Электронный ресурс]. – Екатеринбург, 2006. – Режим доступа: <http://www.dslib.net/geo-ekologia/zawita-vodnyh-obektov-ot-tehnogennyh-radionuklidov-sorbentami-na-osnove.html> (дата обращения: 18.12.2019).
3. Скапущенко, Г. А. Возможности энергосбережения в котельных / Г. А. Скапущенко, Е. В. Дресвянникова // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конференции, февр. 2017 г. – Ижевск, 2017. – Т. 3. – С. 303–311.

Л. П. Артамонова¹, Ю. В. Данилов²

¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

²ПАО «Т Плюс» Ижевская ТЭЦ-2

СПОСОБ ОЧИСТКИ ВОЗВРАТНОГО КОНДЕНСАТА В ЦИКЛЕ ТЭЦ

Возврат конденсата в парогенератор ТЭЦ представляет собой простой способ экономии тепловой энергии. Чем больше конденсата возвращается в котел, тем меньше требуется подпиточной воды, что позволяет снизить потребление топлива и затраты на подготовку воды. Однако конденсат пара часто бывает «заражен» конденсирующими газами, которые вызывают коррозию поверхностей теплообмена, поэтому требуется его очистка.

Конденсатор турбоагрегата – это теплообменный аппарат, в котором происходит фазовый переход теплоносителя из парообразного состояния в жидкое за счет отвода тепла более холодным теплоносителем – циркуляционной водой. На паровой турбине Т-110/120-130 Ижевской ТЭЦ-2 через трубки конденсатора ежедневно проходит 16000 м³ охлаждающей воды, в результате происходит не только конденсация пара, но и частичное переохлаждение конденсата, что способствует растворимости газов в конденсате. Во избежание этой проблемы охлаждение необходимо проводить до состояния, при котором температура конденсата близка к температуре насыщения (температура насыщения при рабочем вакууме 29–35 °С).

Причина переохлаждения конденсата кроется в избыточном расходе циркуляционной воды, в результате чего в конденсации пара участвует часть трубного пучка конденсатора, а на оставшейся части пучка конденсат охлаждается. Переохлажденный конденсат легко насыщается неконденсирующимися газами и дальнейшее их удаление в обычных конденсаторах невозможно. Лишняя теплота, которая отбирается от конденсата, сбрасывается с циркуляционной водой в атмосферу. Иначе говоря, происходят неоправданные потери тепловой энергии, которая могла быть полезно использована в цикле. Это существенно влияет на экономичность работы как турбоустановки, так и всей станции в целом.

Переохлаждение конденсата также происходит при слишком низкой температуре в зимнее время и при малых тепловых нагрузках конденсатора. В данном случае необходимо принимать меры по уменьшению расхода циркуляционной воды или, если это невозможно, к повышению её температуры, которая должна быть не ниже 10 °С.

Одним из источников поступления заражённого газами конденсата являются теплообменные аппараты, работающие при давлении ниже атмосферного, т.е. находящиеся в зоне вакуумной системы, конденсат которых сливается в конденсатор. Ими являются подогреватели низкого давления № 1, 2 (ПНД-1,2) при большинстве режимов работы турбины, подогреватель уплотнений (ПУ), сетевой подогреватель № 1 (ПСГ-1) при конденсационном режиме работы турбины, постоянно действующие дренажи паропроводов, работающих под разрежением. Причинами «заражения» неконденсирующимися газами дренажей, как правило, являются неплотности или неудовлетворительная организация схемы отсоса из подогревателей.

Большинство конденсаторов обладает недостаточной деаэрирующей способностью. Следствием этого является повышенное содержание кислорода в основном конденсате. Кардинальным решением данной проблемы является деаэрационное устройство барботажного типа, встроенное в конденсатосборник конденсатора. Оно позволяет поддерживать содержание кислорода в конденсате в пределах нормы в широком диапазоне нагрузок, независимо от количества присосов в вакуумную систему и количества поступающих в конденсатор зараженных кислородом низкопотенциальных потоков. То есть деаэрационное устройство компенсирует все вышеуказанные недостатки.

Конструкция такого устройства и схема обвязки представлена на рисунке 1. Конденсат отработанного пара сливается на днище конденсатора и, обтекая воротник, направляется на левую сторону горловины конденсатосборника и попадает на сливные козырьки. По ним конденсат направляется в опускную шахту, где он смешивается с низкопотенциальными потоками и частично подогревается. Дойдя до нижней кромки перегородки, конденсат поднимается вверх по восходящей шахте и попадает на наклонный дырчатый лист. Греющая среда, в качестве которой используется основной конденсат из регенеративного цикла, подаётся через распределительный коллектор в выделенную под дырчатым листом камеру расширения.

Поскольку греющая среда является «крепко» перегретой водой ($t = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$) по отношению к температуре насыщения, происходит её расширение, образуется небольшое избыточное давление по отношению к давлению в конденсаторе, и на дырчатом листе начинается процесс барботажа, который сопровождается вскипанием и вспучиванием слоя воды, возможно и интенсивное массовое выбрасывание пароводяной эмульсии. При этом температура основного конденсата поднимается выше температуры насыщения и происходит интенсивное выделение неконденсирующихся газов, которые удаляются в паровой объём конденсатора. Обязательным условием деаэрации в данном

устройстве является повышение температуры конденсата на 3÷4 °С выше температуры насыщения. Дальнейшее повышение температуры опасно по условиям кавитационного запаса конденсатных насосов.

При настройке режима барботажа необходимо учитывать, что греющая среда является частью рециркуляции, и требуется скорректировать предыдущую ее настройку на узле регулятора уровня в зависимости от паровой нагрузки конденсатора и диапазона работы самого регулятора.

Расход пара в конденсатор должен быть равен расходу конденсата после регулятора уровня в конденсаторе за исключением постоянного добавка дистиллята и дренажей ПНД. Поскольку расходомерное устройство установлено непосредственно за клапаном, а греющая среда отбирается за ПНД-2, то в величину расхода в данном случае входит и её доля. Поэтому при настройке режима барботажа необходимо ориентироваться на изменения показаний прибора по расходу конденсата (если его показания находятся в зоне чувствительности).

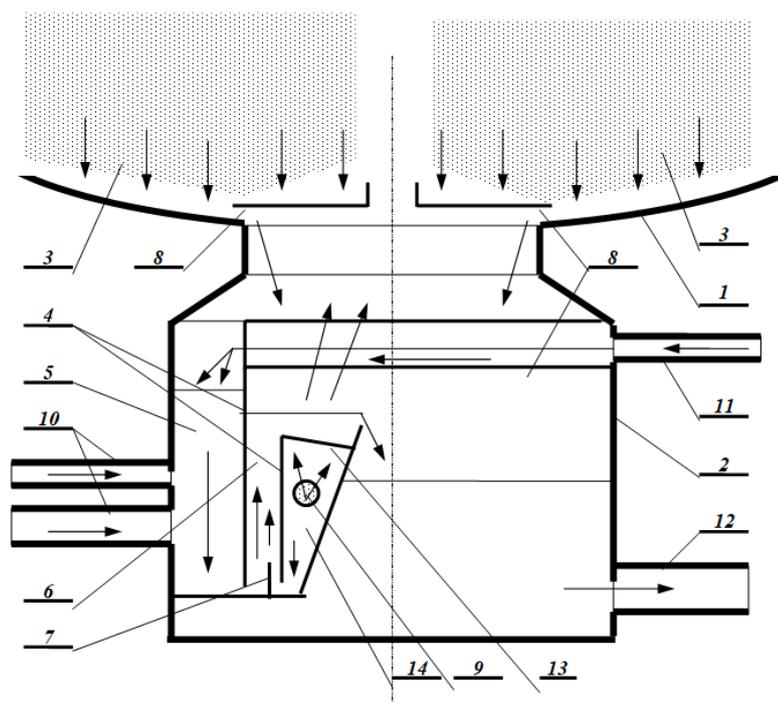


Рисунок 1 – Поперечный разрез деаэрационного устройства барботажного типа турбины Т-110/120–130:

- 1 – днище конденсатора, 2 – конденсатосборник, 3 – нижняя часть трубных пучков, 4 – разделительные перегородки, 5 – опускной канал,
- 6 – восходящий канал, 7 – смесительная гребёнка, 8 – сливные козырьки,
- 9 – коллектор подачи греющей среды, 10 – подвод низкопотенциальных потоков с РДВД и РДНД, 11 – подвод низкопотенциальных потоков с ПНД-2 и ПУ,
- 12 – трубопровод конденсатных насосов, 13 – дырчатый (барботажный) лист, 14 – камера расширения греющей среды

Данная система деаэрации конденсата непосредственно в конденсаторе позволит существенно снизить паровую нагрузку основных деаэраторов питательной воды, а соответственно – улучшить технико-экономические показатели тепловой электростанции.

Список литературы

1. Вспомогательное тепломеханическое оборудование Ижевской ТЭЦ-2 АО «Удмуртэнерго»: учеб. пособ. / К. Э. Степанов, П. В. Воздвиженский, С. В. Добров [и др.] – Ижевск: УдГУ, 1998. – 86 с.

2. Дресвянникова, Е. В. Основные проблемы повышение энергоэффективности ТЭЦ / Е. В. Дресвянникова, Н. С. Комаров // Роль молодых ученых-инноваторов в решении задач по ускоренному импортозамещению сельскохозяйственной продукции: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., 27–29 октября 2015 г. – Ижевск, 2015. – С. 162–165.

УДК 621.375

М. Н. Вершинин, С. И. Юран

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ЛАЗЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Рассмотрено влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на функциональную активность сельскохозяйственных растений. Проведен обзор различных конструкций установок лазерной обработки растений, рассмотрены их параметры и режимы работы.

В настоящее время электромагнитное излучение, создаваемое лазерами, нашло широкое применение в различных областях человеческой деятельности: в медицине, физике, при обработке различных материалов, в различных биологических исследованиях, в том числе и в сельском хозяйстве. В данной работе рассматриваются различные применения лазера в сельском хозяйстве.

Согласно научной литературе, лазерное облучение – это облучение различных биологических объектов низкоинтенсивным когерентным излучением различных спектральных областей. Из научных работ, посвященных исследованию влияния лазерного облучения на различные биологические объекты растительного происхождения, можно сделать вывод, что лазерное облучение способствует:

1. Ускоренному развитию растений.
2. Повышению жизнеспособности.
3. Увеличению полевой всхожести.

4. Повышению урожайности.
5. Повышению защитных свойств (толерантность, устойчивость).
6. Снижению потерь во время хранения.

Перспективность использования лазерного излучения описана в работах таких авторов, как Инюшин В. М., Будаговский А. В., Журба П. С., Букатый В. И. и др. В данных работах описывается стимулирующий эффект воздействия лазерного облучения на различные сельскохозяйственные культуры. В результате такой обработки происходит стимуляция роста и развития растений, повышение устойчивости к вредителям и болезням, повышение продуктивности и качества растений [1–5].

В работах для облучения биологических объектов используются специализированные облучательные установки, подстроенные для конкретных объектов, будь то семена пшеницы или уже укорененные растения. Так, в данной работе будет особенно уделено внимание конструкции и режимам работы установок, а также факторам, влияющим на облучение. Далее рассмотрим различные конструкции устройств для лазерной обработки биологических объектов.

Устройство для лазерной обработки семян и растений ЛУ-2 предложено в патенте [6]. Данная установка была сконструирована для предпосевной обработки семян и растений (рис. 1). Устройство состоит из штанги крепления лазерного генератора, блока управления, лазерного генератора и модуля электропривода.

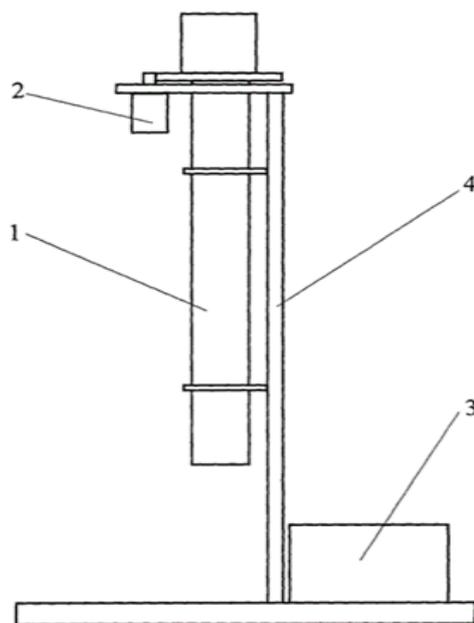


Рисунок 1 – Устройство для лазерной обработки семян и растений ЛУ-2:

- 1 – лазерный генератор, 2 – модуль электропривода, 3 – блок управления,
- 4 – штанга крепления лазерного генератора

Установка способна провести предпосевную обработку целой бурты семян (200 тонн) без их механического повреждения в течение нескольких дней. Установка устанавливается на вершине бурты и сканирующим лучом проводится облучение семян. Согласно полученным результатам, при использования данной облучательной установки на семенах озимой пшеницы различных сортов зараженность объектов различными болезнями и грибами значительно снизилась. В результате наблюдалось и увеличение всхожести семян. Авторам удалось добиться повышения урожайности более чем на 20 % по сравнению с исходным вариантом [2].

Устройство для облучения семян типа «горка» описано в патенте [7]. Устройство предназначено для предпосевной обработки семян (рис. 2). Оно состоит из рамы со скатной поверхностью, скругленного желоба, лазерных излучателей и держателя.

Устройство работает следующим образом. Семена, попадая на скатную поверхность, ориентируются и скатываются по скругленному желобу. Эффективная доза и кратность облучения достигается сменой угла наклона скатной поверхности и числа лазерных излучателей. Данная установка имеет существенно меньшую производительность, по сравнению с предыдущей [6].

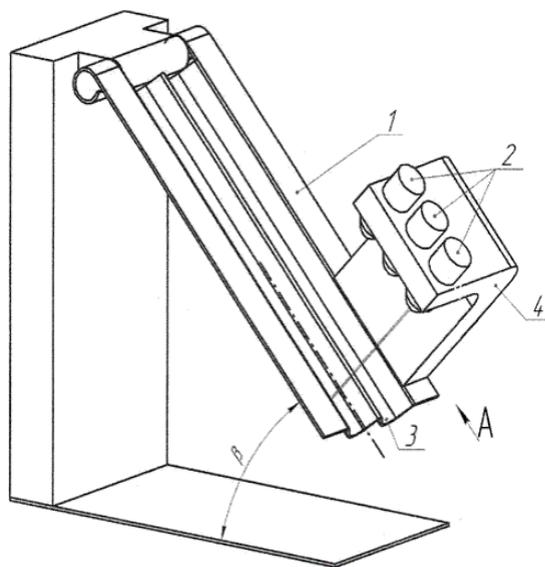


Рисунок 2 – Устройство для облучения семян типа «горка»

1 – рама со скатной поверхностью, 2 – лазерные излучатели,
3 – скругленный желоб, 4 – держатель

Устройство для лазерного облучения растений в тепличных хозяйствах описано в патенте [8] (рис. 3). Основными элементами устройства являются лазерные модули, линзы, блок управления, блок электропривода и аккумуляторный блок питания. Устройство устанавливается на трубы подачи питательного раствора.

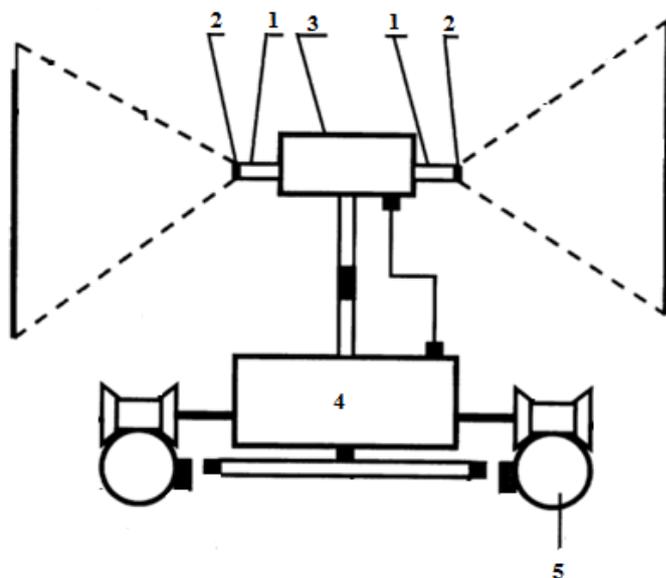


Рисунок 3 – Устройство для лазерного облучения в тепличных хозяйствах
 1 – лазерные модули, 2 – линзы, 3 – блок управления, 4 – блок электропривода и аккумуляторный блок питания, 5 – трубы подачи питательного раствора

Установка имеет хорошую мобильность, так как устанавливается на трубы подачи питательного раствора. В зависимости от уровня автоматизации процесса, установка может работать автономно согласно установленному алгоритму работы.

Согласно научным работам, на эффективность лазерного облучения могут существенно повлиять следующие факторы:

1. Когерентность излучения.
2. Плотность мощности источника излучения.
3. Длительность облучения.
4. Способ формирования оптического потока.
5. Способ перемещения объектов.
6. Влияние внешних факторов.

Исходя из вышесказанного, лазерное облучение сельскохозяйственных культур оказывается достаточно перспективным направлением для исследования и использования. Чтобы добиться положительного эффекта от лазерной стимуляции, необходимо учитывать исходное состояние обрабатываемого объекта, плотность мощности и время облучения объекта. Также важна не столько конструкция облучательной установки, как ее режимы и параметры облучения. Существенно могут повлиять на процесс облучения различные внешние факторы, например, наличие внешней освещенности.

Список литературы

1. Букатый, В. И. Лазер и урожай / В. И. Букатый, В. П. Карманчиков. – Барнаул, 1999. – 176 с.

2. Журба, П. С. Лазерная технология промышленного возделывания сельскохозяйственных культур / П. С. Журба, Е. П. Журба // Фотоника. – 2010. – № 3. – С. 34–38.

3. Долговых, О. Г. Анализ эффективности лазерной обработки семян яровой пшеницы сорта «Иргина» / О. Г. Долговых [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2016. – № 3. – С. 32–36.

4. Долговых, О. Г. Влияние лазерной обработки на семена яровой пшеницы Ирень [Электрон. ресурс] / О. Г. Долговых, В. В. Красильников, Р. Р. Газдинов // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4. – С. 2–3. – Электрон. журн. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru>. (дата обращения: 18.09.2019 г.).

5. Будаговский, А. В. Лазерная техника и технологии в растениеводстве. Научно-информационное издание / А. В. Будаговский, О. Н. Будаговская. – Тамбов, 2011. – 38 с.

6. Пат. 2202869 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Устройство для лазерной обработки семян и растений / П. С. Журба, Т. П. Журба, Д. Л. Трещёв, заявитель и патентообладатель ООО Научно-производственная фирма «Биолазер» – № 2001113898/13; заявл. 21.05.2001; опубл. 27.04.2003. Бюл. № 12.

7. Пат. 2407264 Российская Федерация, МПК А01С 1/00. Способ предпосевной обработки семян и устройство для его использования / О. Г. Долговых, О. Н. Крылов, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» – № 2009109461/21; заявл. 16.03.2009; опубл. 27.09.2010. Бюл. № 36.

8. Пат. 168240 Российская Федерация, МПК А01G 7/00 Устройство для лазерного облучения тепличных растений / О. Н. Будаговская, А. В. Будаговский, И. А. Будаговский, заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» – № 2016111858; заявл. 29.03.2016; опубл. 24.01.2017. Бюл. № 3.

УДК 631.172

Р. И. Гаврилов, П. Л. Лекомцев
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОМЕЩЕНИЯ НА СВЕРХНИЗКУЮ КОНЦЕНТРАЦИЮ ОЗОНА

В результате жизнедеятельности животных в воздухе помещений содержится большое количество микрофлоры и образуются вредные газообразные вещества. При обработке воздуха помещений низкой концентрацией озона снижается концентрация вредных газов, оказывается стимулирующее действие на органы дыхания и сердечнососудистой системы. На образование сверхнизкой концентрации озона большое влияние оказывает температура. Рассмотрено вли-

яние температуры на сверхнизкую концентрацию озона. Решение поставленных задач осуществлялось на основе теоретических методов, методов химической кинетики гомогенных сред, дифференциального и интегрального исчисления.

Введение. Применение озона в технологических процессах сельского хозяйства условно делится на два направления. Первое направление связано с уничтожением вредных организмов и устранением загрязнений из окружающей среды. В этом случае концентрация озона во много раз превышает значения предельной допустимой концентрации (ПДК). При обработке помещений озоном в концентрациях больше ПДК присутствие людей или животных недопустимо, так как данная концентрация опасна для жизни и здоровья. Второе направление предназначено для стимулирования жизнедеятельности живых организмов [1]. Доказано, что при воздействии небольших концентраций озона в воздухе помещений снижаются концентрации вредных газов, таких, как аммиак и сероводород на 10–12 % [9]. В концентрациях 0,01–0,06 мг/м озон оказывает стимулирующее действие на деятельность органов дыхания, сердечнососудистой системы и органов пищеварения [1, 2]. Поэтому для второго направления необходима сверхнизкая концентрация озона. Эта концентрация безопасна для людей и животных и находится в пределах 30–40 % от ПДК (0,1 мг/м³) [1, 5, 7].

Цель. Определить влияние температуры на время образования сверхнизкой равновесной концентрации озона в воздухе помещения.

Задачи. 1) Выбрать исходные положения и основные допущения. 2) Составить математическую модель оптимальной равновесной концентрации озона в воздухе помещения. 3) Определить время установления равновесной концентрации озона в воздухе помещения при различных значениях температуры.

Материалы исследования. Большинство озонаторов генерируют озон в концентрациях, значительно превышающих ПДК. Для решения этой проблемы необходимы генераторы сверхнизкой концентрации озона. Для определения сверхнизкой равновесной концентрации озона в воздухе помещения была разработана математическая модель [1, 2].

Математическую модель разрабатываем при следующих допущениях: объем воздуха в помещении постоянный, температура воздуха составляет плюс 20 °С, воздух помещения состоит из 78 % азота, 21 % кислорода, 1 % других газов и водяного пара, озон равномерно перемешивается в воздухе помещения [1, 2].

Аналитическое решение математической модели позволило получить начальное значение активной концентрации кислорода:

$$a = x_{\infty} + \frac{k_3(x_{\infty} + b)}{k_2[M]}, \quad (1)$$

где x_{∞} – оптимальная концентрация озона, соответствующая значению 30 % от ПДК ($x_{\infty} = 3,75 \cdot 10^{14} \text{г}^{-1}$),

k_2, k_3 – константы скорости тримолекулярной и бимолекулярной реакции соответственно (их значения взяты из [5]),

b – начальная концентрация озона,

$[M]$ – концентрация нейтральных молекул (принимается равной концентрации молекулярного кислорода в помещении [5]).

Уравнения зависимости концентрации озона от времени определяется по формуле:

$$x = \frac{k_1 a - k_{-1} b}{k_1 + k_{-1}} \{1 - \exp[-2(k_1 + k_{-1})t]\}, \quad (2)$$

где k_1, k_{-1} – коэффициенты скорости прямой и обратной реакции соответственно, определяются по следующим формулам:

$$k_{-1} = \frac{\ln 2}{\tau_{1/2}} \quad (3)$$

$$k_1 = \frac{k_{-1} k_2 [M]}{k_3} \quad (4)$$

Температура является важным параметром, от которого зависят константы скорости выбранных химических реакций. Скорости большинства реакций увеличиваются с ростом температуры [4]. Для сельскохозяйственных помещений температура воздуха изменяется в зависимости от времени года. Для содержания животных оптимальный диапазон температур воздуха помещения составляет от 10 до 20 градусов [8]. Рассмотрим этот диапазон температур и рассчитаем константы скорости химических реакций по эмпирической формуле Аррениуса [4]:

$$k = A \cdot \exp\left(-\frac{E_a}{R \cdot T}\right), \quad (5)$$

где A – предэкспоненциальный множитель (его размерность совпадает с размерностью константы скорости),

E_a – энергия активации (Дж/моль),

R – универсальная газовая постоянная ($R = 8,31441 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}$),

T – абсолютная температура (К).

Подставляя оптимальный интервал температур в формулу (5), определяем значения констант скорости реакций. Полученные величины констант скоростей реакции позволяют определить зависимость образования равновесной сверхнизкой концентрации озона в помещении от времени с учетом температуры воздуха. График зависимости приведен на рисунке 1.

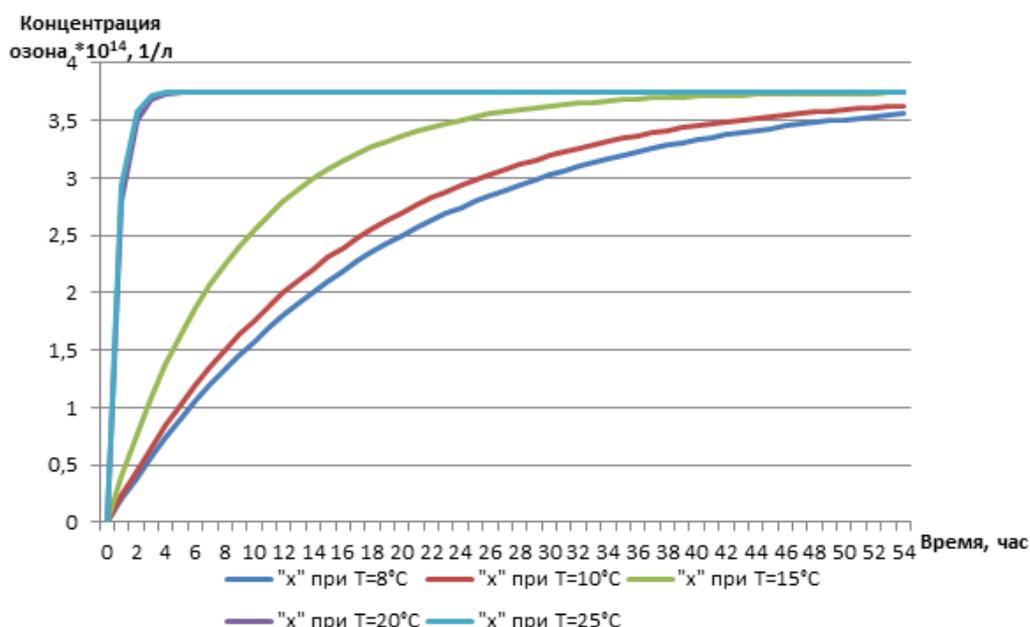


Рисунок 1 – Зависимости установления равновесной концентрации озона в воздухе помещения

Из полученных графиков видно, что температура воздуха помещения оказывает значительное влияние на время установления оптимальной равновесной концентрации озона в воздухе.

Выводы. 1) Определены основные положения и допущения. При дальнейших расчетах необходимо учесть влияние концентрации вредных газов на образование озона в воздухе. 2) Определено время установления оптимальной равновесной концентрации озона при различных значениях температуры воздуха. Это время изменяется от 2 часов при температуре 25 °C до 65 часов при температуре 8 °C.

Список литературы

1. Кочетков, Н. П. Моделирование оптимальной равновесной концентрации озона в воздухе помещения / Н. П. Кочетков, Р. И. Гаврилов // Вестник Ижевской ГСХА. – 2017. – № 4. – С. 63–72.
2. Кочетков, Н. П. Выбор кинетической схемы химических реакций озонирования воздуха в помещении коронным разрядом / Н. П. Кочетков, Р. И. Гаврилов // Инновационные направления развития энергетики АПК: м-лы Всеросс.

науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию факультета энергетики и электрификации. – Ижевск, 2017. – С. 68–72.

3. Гаврилов, Р. И. Влияние концентрации нейтральных молекул на скорость образования озона в воздухе помещений / Р. И. Гаврилов, Н. П. Кочетков // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: м-лы Всеросс. НПК 24–27.10.2017. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2017. – С. 191–194.

4. Леванов, А. В. Введение в химическую кинетику / А. В. Леванов, Э. Е. Антипенко. – М.: Изд-во МГУ, 2006. – 51 с.

5. Лунин, В. В. Физическая химия озона / В. В. Лунин, М. П. Попович, С. Н. Ткаченко. – М.: Изд-во МГУ, 1998. – 480 с.

6. Криштафович, И. А. Ионный ветер и его применение [электронный ресурс] / И. А. Криштафович, Ю. А. Криштафович. – Режим доступа: <http://www.treeair.com/ion.pdf>

7. Методические указания: методические рекомендации по применению озона. ЭКОНАУ. ООО «Свежие технологии». – Режим доступа: <http://ekonow.ru>.

8. Трунов, С. С. Анализ энергетических режимов коровника / С. С. Трунов // Вестник ВИЭСХ. – 2015. – № 4 (21). – С. 68–72.

9. Пат. 2473213 Российская Федерация, МПК А01К 1/0 Способ и устройство очистки воздушной среды животноводческих и птицеводческих помещений / Е. К. Маркелова, Л. Н. Петрова, В. Ю. Уханова, А. В. Тихомиров и другие; заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение Всероссийский науч.-исслед. ин-т электрификации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВИЭСХ Россельхозакадемии). – № 2011109389/13; заявл. 14.03.11; опубл. 27.01.13, бюл. № 26.

УДК 619:614.48+631.348:632.934.1

Е. В. Дресвянникова, Л. А. Пантелеева
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

АЭРОЗОЛЬНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ ТЕПЛА В ЗАКРЫТЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Рассмотрены закономерности электрофизических процессов, влияющих на распространение и осаждение электроаэрозоля, в том числе учтены силы электростатического рассеяния, гравитационного осаждения, коагуляции, количества теплоты.

Микроклимат в помещениях зависит от вида и категории работ. Основные параметры, которые контролируются, – это влажность, температура, освещенность, загрязненность и т.д.

Добиться соблюдения необходимых параметров можно разными техническими решениями. Например, для улучшения качества воздуха в закрытых помещениях применяют вентиляционные системы. Вентиляция представляет собой комплекс устройств, с помощью которых происходит замена загрязненного воздуха на чистый извне помещения. Но при этом происходит потеря тепла за счет подогрева приточного воздуха. К более совершенным мы можем отнести системы кондиционирования, они поддерживают не только чистоту воздуха, но и влажность и температуру, а рециркуляция воздуха может быть частичная.

Загрязнение воздуха внутри помещения связано с технологическим процессом, производством внутри помещения. Загрязнение воздуха может происходить как от оборудования, так и от животных. В качестве основного вида загрязнения воздушной среды выступает аэрозоль.

Аэрозоль можно представить в виде смеси воздуха с жидкими и/или твердыми частицами. Аэрозоли вокруг нас повсеместно. Внутри помещения мы можем наблюдать разные аэрозоли, дисперсная фаза может быть различной. Чаще всего в закрытых помещениях мы говорим о растворенной влаге внутри помещения или о твердых частицах (пыль). Микроорганизмы образуют бактериальный аэрозоль, который распространяется в животноводческих зданиях и за их пределами, оседает на поверхностях и попадает в органы дыхания животных. Интенсивное распространение патогенного аэрозоля может вызвать массовое заболевание животных и, как следствие, привести к потерям продукции.

В том случае, когда аэрозоль играет роль транспортного средства для распространения патогенных микроорганизмов, возникает необходимость в резком сокращении или удалении аэрозоля из помещения. То есть необходимо быстро удалить дисперсную фазу аэрозоля из воздуха. Существует несколько возможностей для удаления растворенной фазы аэрозоля из воздуха:

1. Гравитационное осаждение. Самый простой из всех способов, с течением времени частицы осядут на поверхности, но этот способ имеет недостаток в том, что затрачивается много времени на ожидание осаждения частицы и применим только для грубодисперсных аэрозолей.

2. Фильтрация. Это прохождение аэрозоля через механические фильтры, и частицы осаждаются внутри фильтра. Хотя по сравнению с первым способом более активный способ, но тоже требует достаточно долгого времени и дополнительной работы вентиляционных устройств.

3. Электрофилтрация. Это прохождение аэрозоля через электрические фильтры, и частицы осаждаются внутри фильтра. Достаточно эффективный способ осаждения частиц.

4. Электроаэрозольное осаждение. Аэрозоль подвергают зарядке, придавая растворенным частицам определенный заряд, благодаря которому можно ускорить скорость осаждения частиц.

Электризация аэрозоля позволяет изменить в целом технологию обработок помещений. Дополнительные силы электростатического рассеяния выравнивают концентрацию электроаэрозоля, увеличивают скорость осаждения. Величину и направление сил электростатического рассеяния определяют величина и знак заряда капель электроаэрозоля, полученного в генераторе [1].

Электроаэрозольную обработку помещения можно представить в виде образования и распространения электроаэрозольной сферы, полного заполнения помещения электроаэрозолем и осаждения электроаэрозоля на внутренние поверхности помещения.

Поступление электроаэрозоля в помещение происходит за счет работы электроаэрозольного генератора. На распространение электроаэрозоля влияют силы электростатического рассеяния и воздушный поток, создаваемый генератором. На процессы осаждения электроаэрозоля влияют гравитационные силы и коагуляция электроаэрозоля [1].

Дифференциальное уравнение, описывающее изменение концентрации электроаэрозоля при работе генератора с учетом кратности воздухообмена, можно записать в следующем виде [1, 2, 3]:

$$\frac{dn}{dt} = c_1 n^2 + c_2 n + c_3, \quad (1)$$

$$\text{где } c_1 = -\frac{1}{6} \frac{q^2}{\varepsilon_0 \pi \eta_v r}; \quad c_2 = -\left(\frac{v_g}{h} + K_v\right); \quad c_3 = \frac{Q_{эж}}{v_k \pi L^2 h}.$$

q – заряд частицы электроаэрозоля, Кл;

ε_0 – электрическая постоянная, Ф/м;

η_v – динамическая вязкость воздуха, Н·с/м²;

r – радиус частиц электроаэрозоля, м;

v_g – скорость гравитационная осаждения;

h – высота помещения;

K_v – кратность воздухообмена, с⁻¹;

$Q_{ж}$ – расход жидкости, м³/с;

v_k – объем капли, м³;

L – расстояние до электроаэрозольного генератора, м.

Установившееся значение концентрации электроаэрозоля в воздухе помещения наступит при равенстве между поступлением и осаждением аэрозоля, т.е. при условии $dn/dt = 0$

$$n_{уст} = \frac{-c_2 - \sqrt{c_2^2 - 4c_1c_3}}{2c_1} \quad (2)$$

Тогда концентрацию электроаэрозоля (мл/м³), установившуюся в помещении, можно определить по выражению:

$$n_p = 10^6 n_{уст} \frac{4}{3} \pi r^3. \quad (3)$$

Уменьшение концентрации электроаэрозоля за счет электростатического рассеяния и гравитационного осаждения изучено в [4]:

$$\frac{dn_e}{dt} = \frac{v_e S_2 n}{V}, \quad \frac{dn_g}{dt} = \frac{v_g S_1 n}{V}, \quad (4)$$

где v_e, v_g – соответственно скорости электростатического рассеяния и гравитационного осаждения электроаэрозоля, м/с;

S_1 – поверхность, на которой осаждаются частицы электроаэрозоля, м²;

S_2 – поверхность, на которой частицы электроаэрозоля не осаждаются, м².

Скорости электростатического рассеяния и гравитационного осаждения электроаэрозоля определим из условия равновесия действующих на частицу сил и сил сопротивления среды при стационарном движении частицы:

$$Eq = 6\pi\eta_v r v_e; \quad mg = 6\pi\eta_v r v_g, \quad (5)$$

где E – напряженность электрического поля, В/м;

m – масса аэрозольной капли, кг.

Напряженность электрического поля найдем из уравнения Пуассона, решенного для сферической системы координат [1]:

$$E = \frac{qnV}{4\pi\epsilon_0 R^2}. \quad (6)$$

На увеличение концентрации электроаэрозоля наибольшее влияние оказывает производительность генератора. При этом вели-

чину установившейся концентрации можно регулировать в широких пределах изменением напряжения зарядки электроаэрозоля на генераторе. Это дает возможность гибкого управления процессами электроаэрозольных обработок.

Так, для того, чтобы снизить уровень влажности в помещении, можно увеличить величину зарядки электроаэрозоля, тем самым спровоцировав скорость осаждения электроаэрозоля и образование конденсата с последующим выделением теплоты.

Представим случай, что в помещении с высокой влажностью начали подавать электроаэрозоль с целью снижения влажности и снижения патогенного загрязнения среды за счет движения аэрозоля внутри помещения, переноса микроорганизмов [5]. Увеличив величину зарядки электроаэрозоля, мы ускорим процесс электростатического осаждения аэрозоля, при этом в помещении выделится теплота за счет выпадения конденсата:

$$Q = -rm_e, \quad (7)$$

где r – удельная теплота парообразования, Дж/кг.

Необходимую массу осаждаемой жидкости определяют по выражению:

$$m_e = \Delta d \frac{346}{273 + t_e} \frac{p}{99,3} V_e, \quad (8)$$

где Δd – разность влагосодержания воздуха, кг/кг;

p – атмосферное давление, кПа;

t_e – температура воздуха, °С;

V_e – объем воздуха, м³.

Эффективность обработки зависит от достижения требуемой концентрации электроаэрозоля в помещении. Таким образом, понижая влажность внутри помещения, получаем положительные эффекты: выделение теплоты и удаление из помещения дисперсной фазы аэрозоля и, как следствие, снижение уровня заражения в помещении патогенными микроорганизмами.

Список литературы

1. Дондоков, Д. Д. Динамика осаждения униполярно заряженного аэрозоля в помещении с учетом ее герметичности / Д. Д. Дондоков, Н. В. Тумуреев // Тр.ЧИМЭСХ. – 1976. – Вып. 110. – С. 35–42.
2. Дресвянникова, Е. В. Повышение эффективности увлажнения воздуха птицеводческих помещений с применением электроаэрозоля: дис. канд. техн.

наук: 05.20.02 / Дресвянникова Елена Владимировна; науч. рук. П. Л. Лекомцев. – Ижевск, 2009.

3. Дресвянникова, Е. В. Электроаэрозольное увлажнение воздуха птицеводческих помещений / Е. В. Дресвянникова, П. Л. Лекомцев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 10. – С. 23.

4. Дресвянникова, Е. В. Электроаэрозольный метод увлажнения воздуха в культивационных сооружениях / Е. В. Дресвянникова // Вестник Ижевской ГСХА. – 2012. – № 1 (30). – С. 19–21.

5. Лекомцев, П. Л. Электроаэрозольное увлажнение воздуха птицеводческих помещений / П. Л. Лекомцев, Е. В. Дресвянникова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 10. – С. 23.

УДК 697.328

К. С. Калугин, П. Л. Лекомцев

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОТЫ В ФАЗОПЕРЕХОДНОМ ТЕПЛОВОМ АККУМУЛЯТОРЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАЗВУКА

Определяется расхождение в распределении теплоты в фазопереходном тепловом аккумуляторе в процессе нагрева и охлаждения под влиянием ультразвука и без него. Рассмотрено воздействие ультразвуковых волн на скорость плавления и затвердевания парафина.

Тепловые аккумуляторы в системах теплоснабжения покрывают пики потребления теплоты, перераспределяют потоки теплоты между технологическими процессами, разделёнными во времени, повышают надёжность систем теплоснабжения, снижают нагрузку на теплопроводы [1–4].

Теплоаккумулирующий материал выбирается, исходя из температурного режима системы, требований безопасности и экологичности. Для систем горячего водоснабжения и отопления наиболее рациональными являются вещества с фазовым переходом в диапазоне 60–95 °С и не вызывающие коррозионного разрушения. К таким веществам относятся парафины [3–6]. Однако их недостатком является снижение теплопроводности (с 2,13 Вт/м·К до с 0,12 Вт/м·К) и плотности теплового потока при затвердевании [2, 7–10]. Благодаря ряду эффектов, сопровождающих прохождение ультразвука в жидких средах, можно компенсировать отрицательные свойства парафина [2, 8, 11]. Схема установки представлена на рисунке 1 [12].

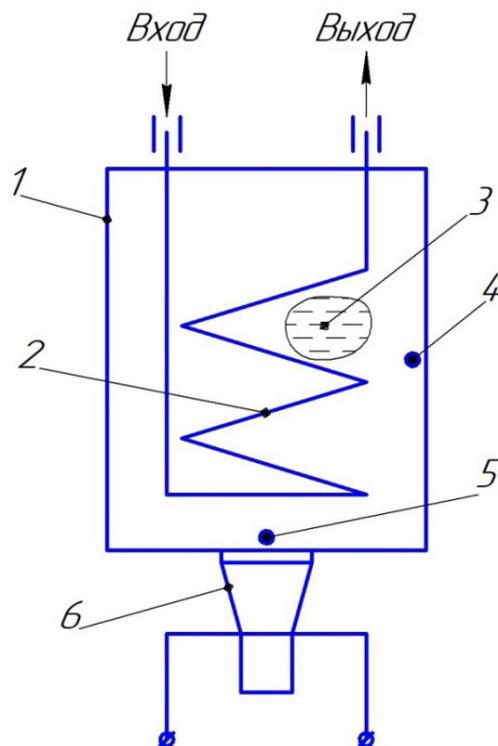


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки:
 1 – бака; 2 – теплообменник; 3 – парафин; 4 – термопара у стенки бака;
 5 – термопара на дне бака; 6 – пьезоэлектрический излучатель;
 вход, выход – порядок циркуляции теплоносителя

В работе использовался технический парафин, помещенный внутрь бака, в котором нагрев осуществлялся с водой, подогреваемой проточным электрическим водонагревателем до 80 °С, а охлаждение – холодной сетевой водой 18 °С. Погрешность измерения температуры термопарами 0,1 °С. Измерялась температура парафина на разном удалении от теплообменника. Результаты изменений представлены на рисунках 2, 3.

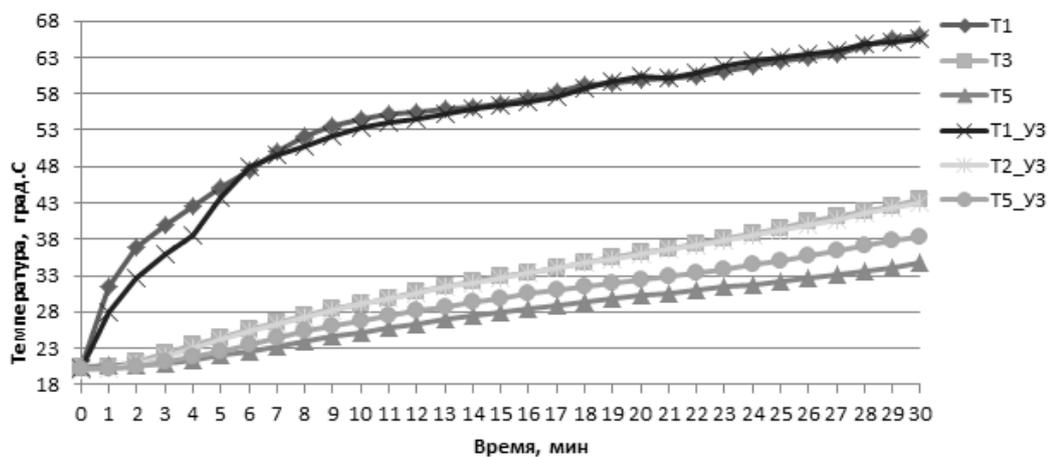


Рисунок 2 – Изменение температуры парафина во время нагрева

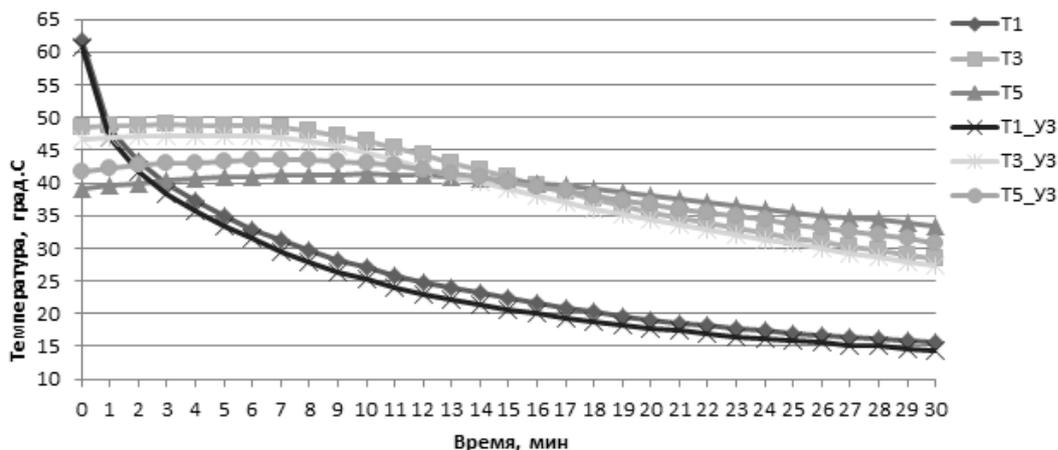


Рисунок 3 – Изменение температуры парафина во время охлаждения

Из графиков видно, что под воздействием ультразвука температура изменяется быстрее, особенно это выражено в глубоких слоях парафина.

Вывод. Введение ультразвука повышает интенсивность теплообмена в тепловом аккумуляторе на основе парафина.

Список литературы

1. Бекман, Г. Тепловое аккумулирование энергии / Г. Бекман, П. Гилли; пер. с англ. – М.: Мир. – 1987. – 272 с.
2. Левенберг, В. Д. Аккумулирование тепла / В. Д. Левенберг, М. Р. Ткач, В. А. Гольстрем. – К.: Техника, 1991. – 112 с.
3. Калугин, К. С. Повышение эффективности тепловых аккумуляторов в системах отопления и ГВС с помощью ультразвука [Электронный ресурс] / К. С. Калугин, П. Л. Лекомцев // АгроЭкоИнфо». – 2018, № 1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/1/st_143.doc.
4. Fang, Y., Liu, X., Liang, X., Liu, H., Gao, X., & Zhang, Z. (2014). Ultrasonic synthesis and characterization of polystyrene/n-dotriacontane composite nanoencapsulated phase change material for thermal energy storage. *Applied Energy*, 132, 551–555doi:10.1016/j.apenergy.2014.06.056.
5. Gulfam, R., Zhang, P., & Meng, Z. (2019). Advanced thermal systems driven by paraffin-based phase change materials – A review. *Applied Energy*, 238, 582–6doi:10.1016/j.apenergy.2019.01.114.
6. Kahwaji S, Johnson MB, Kheirabadi AC, Groulx D, White MA, A comprehensive study of properties of paraffin phase change materials for solar thermal energy storage and thermal management applications, *Energy* (2018), doi: 10.1016/j.energy.2018.08.068.
7. Sivapalan, B., Neelesh Chandran, M., Manikandan, S., Saranprabhu, M. K., Pavithra, S., & Rajan, K. S. (2018). Paraffin wax–water nanoemulsion: A superior thermal

energy storage medium providing higher rate of thermal energy storage per unit heat exchanger volume than water and paraffin wax. *EnergyConversionandManagement*, 162, 109–1doi:10.1016/j.enconman.2018.01.073.

8. «Ультразвук» маленькая энциклопедия / Гл. ред. И. П. Голямина. – М.: Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.

9. Карасенко, В. А. *Электротехнология* / В. А. Карасенко, Е. М. Заяц, А. Н. Баран, В. С. Корко. – М.: Колос, 1992. – 304 с.

10. Zou, D., Liu, X., He, R., Zhu, S., Bao, J., Guo, J., ... Wang, B. (2019). Preparation of a novel composite phase change material (PCM) and its locally enhanced heat transfer for power battery module. *EnergyConversionandManagement*, 180, 1196–120doi:10.1016/j.enconman.2018.11.064.

11. Калугин, К. С. Определение оптимальной мощности ультразвукового генератора для тепловых аккумуляторов с плавящимся теплоаккумулирующим материалом [Электронный ресурс] / К. С. Калугин, П. Л. Лекомцев // *АгроЭкоИнфо*. – 2018. – № 3. – Режим доступа: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2018/3>.

12. Калугин, К. С. Планирование эксперимента. Подготовка лабораторной установки теплового аккумулятора с ультразвуковым / К. С. Калугин, П. Л. Лекомцев // *Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. 24–27 октября 2017 г.: сб. ст. // ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – 313 с.*

УДК 697.1.

В. И. Кашин¹, Ю. А. Холмогорова²

¹*ФГБОУ ВО ИжГСХА*

²*Удмуртский филиал АО «Энергосбытплюс»*

О ВНЕДРЕНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА В МНОГОКВАРТИРНОМ ДОМЕ Г. ИЖЕВСКА НА УСЛОВИЯХ ЭНЕРГОСЕРВИСНОГО КОНТРАКТА

Представлено обоснование внедрения автоматизированного индивидуального теплового пункта на условиях энергосервисного контракта в МКД. Приведены основные проблемы, препятствующие широкому применению ЭСК в МКД, и выводы по их устранению.

Доля энергоресурсов, расходуемых в России в сфере теплоснабжения, составляет 45 % от всех расходуемых энергоресурсов [5]. И более 60 % из них приходится на население. Поэтому снижение затрат на тепловую энергию в многоквартирных домах (далее МКД)

является глобальной задачей и необходимо согласно СНиП 23–02–2003 «Тепловая защита зданий».

Одним из энергосберегающих мероприятий для снижения потребления тепловой энергии МКД является установка автоматизированного индивидуального теплового пункта (АИТП) с автоматикой погодного регулирования.

Рассмотрим внедрение АИТП на примере МКД, краткая характеристика которого приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Краткая характеристика многоквартирного дома

№ п/п	Наименование характеристики	Величина
1	Год постройки	1979
2	Число этажей	9
3	Количество подъездов	10
4	Число жилых помещений	360
5	Материал перекрытий	Железобетон
6	Материал несущих стен	Кирпичные, каменные
7	Площадь жилых помещений	18 002,90 м ²
8	Площадь нежилых помещений	3 217,90 м ²
9	Высота потолков	2,6 м
10	Снабжение всеми энергоресурсами	Центральное

После проведения энергоаудита МКД на основании отчета об энергетическом обследовании и энергопаспорта МКД для данного дома подобрано необходимое оборудование. Исходя из выбранного оборудования, разработана проектно-сметная документация для внедрения АИТП на данном объекте. Последним этапом подготовки необходимой документации является разработка технико-экономического обоснования (ТЭО) проекта. Основные показатели ТЭО проекта приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Технико-экономические показатели проекта

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Объем
1	Объем капиталовложений по проекту	тыс. руб.	4782,00
2	Эксплуатационные затраты	тыс. руб.	5000,00
3	Годовая экономия тепловой энергии	Гкал	2157,90
4	Годовая экономия по оплате за тепловую энергию	тыс. руб	2926,20
5	Срок окупаемости проекта	лет	3,1

Как видно из таблицы 2, общий объем инвестиций (затрат) на реализацию проекта составляет 4782 тыс. руб. С одного квадратного метра жилой площади жильцам надо заплатить 265,6 руб. или с квартиры площадью 50 м² – 13281 руб., что под силу не всем жильцам.

Наиболее проработаны два механизма финансирования. Первый – за счет средств, аккумулируемых для капремонта МКД. В этом случае внедрение проекта в МКД должно быть взаимосвязано с организацией выполнения регламентных работ при капитальном ремонте [2], т.е. установка АИТП совмещается с капитальным ремонтом системы теплоснабжения и горячего водоснабжения МКД. Второй – энергосервисный контракт (ЭСК). Поэтому в соответствии с [1], приемлемым механизмом для внедрения энергосберегающего проекта является ЭСК.

Впервые в российском законодательстве понятие ЭСК введено Федеральным законом «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ» [3]. Затем обязанность применять ЭСК управляющими компаниями для реализации энергосберегающих проектов появляется в правилах содержания общего имущества в МКД [4]. Наконец, Минстрой России своим приказом [6] утверждает перечень примерных условий энергосервисного договора на общедомовые нужды.

Все вышеперечисленное не сняло проблем (в первую очередь правовые коллизии в законодательстве) по использованию ЭСК для внедрения энергосберегающих мероприятий в МКД, и потому механизм практически не работает.

С целью устранения проблем необходимо внести изменения и дополнения в Жилищный Кодекс России (ЖК). Вот некоторые из них:

- принудить собственников МКД заключать ЭСК для улучшения своей собственности;
- дополнить ст. 44 ЖК по принятию решения о заключении ЭСК и включении в него условий об установлении порядка определения размера платы за все или некоторые коммунальные услуги;
- в плату за жилое помещение и коммунальные услуги для собственника помещения в МКД пополнить платой по ЭСК в случае, когда он заключен;
- обязать лицо, осуществляющее управление МКД, по выполнению мероприятий в соответствии с условиями заключенного ЭСК;
- предусмотреть в ст. 162 ЖК, что договор управления МКД может содержать условия ЭСК;

– включить условие о порядке определения размера платы по ЭСК исходя из показателей, достигнутых или планируемых для достижения в результате реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Таким образом, решение проблем возможно за счет принятия изменений и дополнений в Жилищный кодекс Российской Федерации и Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Список литературы

1. Кашин, В. И. Повышение энергетической эффективности многоквартирных домов через энергосервисные контракты / В. И. Кашин // Научно обоснованные технологии для интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. 14–17 февр. 2017 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – Т. 3. – С. 214–217.

2. Кашин, В. И. О проблемах повышения энергоэффективности многоквартирных домов и путях их решения / В. И. Кашин // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всероссийской науч.-практ. конф. 16–19 февр. 2016 г. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – Т. 2. – С. 203–206.

3. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации. Федеральный закон от 23.11.2009г. № 261-ФЗ: текст с изм. и доп. вступ. в силу с 26.07.2019: [принят Государственной Думой 11 ноября 2009 года: одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 г.]. – М., 2019. – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс.

4. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и правил изменения размера платы за содержание жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность. Постановление Правительства РФ от 13.08.2006г. № 491 (ред. от 15.12.2018). – М., 2019. – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс.

5. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по повышению энергетической эффективности зданий, строений и сооружений. Распоряжение Правительства РФ от 01.09.2016 г. № 1853-р – М., 2019. – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс.

6. Российская Федерация. Минстрой и ЖКХ РФ. Об утверждении примерных условий энергосервисного договора, направленного на сбережение

и (или) повышение эффективности потребления коммунальных услуг при использовании общего имущества в многоквартирном доме. Приказ Минстроя и ЖКХ РФ от 08.09.2015 г. № 644/пр.– М., 2019. – Доступ из справочно-правовой системы КонсультантПлюс.

УДК 621.314

А. С. Корепанов¹, В. Ю. Горячев²

¹ ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

² ООО «Удмуртэнергонефть»

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ПРИВОДА ПОГРУЖНОГО НАСОСА

Рассмотрена возможность применения частотно-регулируемого привода погружного насоса системы водоснабжения сельского населенного пункта. Определена предполагаемая годовая экономия электрической энергии после установки частотно-регулируемого привода.

Вопрос энергоэффективности любого технологического процесса является актуальным, учитывая ежегодный рост энергоресурсов [1].

В настоящее время система водоснабжения небольших сельских населенных пунктов осуществляется от артезианских скважин с водонапорными башнями (башня Рожновского). Данный тип системы водоснабжения имеет ряд недостатков, таких как [2]:

- обледенение башни в зимний период года по причине обледенения контактного датчика верхнего уровня с последующим переливом воды;
- непостоянное давление воды в системе, вызванное колебанием воды в баке между верхним и нижним уровнем;
- гидравлические удары при запуске погружного насоса влияют на контрольно-измерительные приборы, установленные на обвязке скважины.

Стоит отметить, что наиболее важным элементом при водоснабжении от артезианской скважины, является погружной насос, в большинстве случаев устанавливаются насосы типа ЭЦВ. Данный тип насосов ограничен в количестве пусков в течение часа и имеет большие пусковые токи.

Для погружных насосов существуют способы снижения пусковых токов [2]:

- переключение обмоток «звезда-треугольник»;
- включение электродвигателя посредством пускового трансформатора, устройства плавного пуска, преобразователя частоты.

В настоящее время активно внедряются частотные преобразователи для погружных насосов систем водоснабжения.

Целью работы является определение энергоэффективности применения частотно-регулируемого привода (ЧРП) для погружного насоса в системе водоснабжения сельского населенного пункта.

Объектом исследования является погружной насос системы водоснабжения деревни Кипун Шарканского района Удмуртской Республики.

На основе данных, предоставленных водоснабжающей организацией, составлена диаграмма, отражающая динамику сезонного изменения объемов потребления электроэнергии на данной скважине, приведенная на рисунке 1.

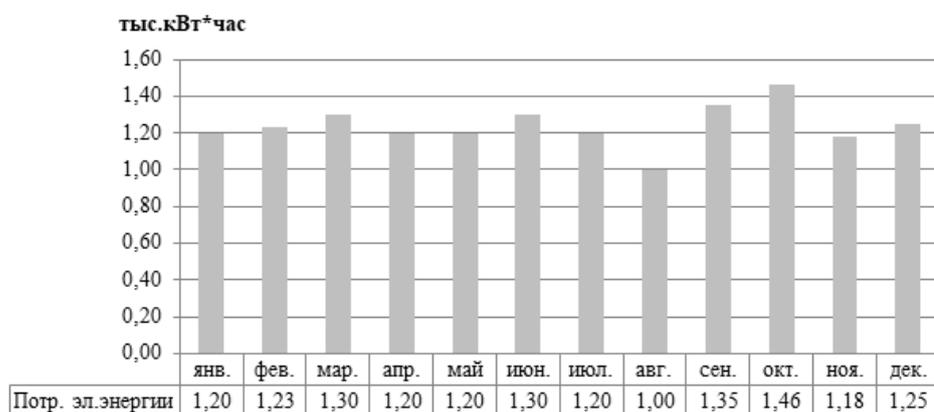


Рисунок 1 – Динамика сезонного изменения объемов потребления электроэнергии за 2018 год

Среднемесячное потребление электроэнергии данной скважиной составляет 1,24 тыс. кВт·час., годовое потребление за 2018 г. – 14,88 тыс. кВт·час. Максимальное отклонение потребления электроэнергии не превышает 15 % среднемесячной величины, что говорит о стабильной работе скважины в течение всего года.

На данный момент в скважине установлен погружной насос ЭЦВ6–6,5–125.

Рассчитаем экономию потребления электроэнергии погружным насосом, в зависимости от годового потребления электроэнергии, по выражению

$$W_{\text{эл.эн.}}^{\text{экон.}} = \left(1 - \frac{P_{\text{п2}}}{P_{\text{п1}}} \right) \cdot W_{\text{эл.год.}} \quad (1)$$

где $W_{\text{эл.год}}$ – годовое потребление электрической энергии за отчетный год, в нашем случае за 2018 г. составляет 14,88 тыс. кВт·ч;

$P_{\text{П.1}}$ и $P_{\text{П.2}}$ – мощность потребляемая электродвигателем без ЧРП и с ЧРП, следовательно.

Мощность, потребляемую электродвигателем, можно определить по выражению

$$P_{\text{П}} = \frac{K_3 \cdot Q_{\text{Н}} \cdot H_{\text{расч.}} \cdot \gamma}{3600 \cdot \eta_{\text{П}} \cdot \eta_{\text{Н}} \cdot 10^3}, \quad (2)$$

где K_3 – коэффициент запаса, $K_3 = 1,15$;

$H_{\text{расч.}}$ – напор, создаваемый насосом при среднем расчетном расходе воды (определяется по напорной характеристике [3]);

$Q_{\text{Н}}$ – средняя расчетная подача насоса, м³/ч;

γ – удельный вес воды, Н/м³;

$\eta_{\text{Н}}$ – КПД насоса, определяется по [3];

$\eta_{\text{П}}$ – КПД передачи, для прямой передачи 0,98.

Мощность, потребляемая электродвигателем без ЧРП, составляет:

$$P_{\text{П.1}} = \frac{1,15 \cdot 7,2 \cdot 120 \cdot 958,4 \cdot 9,8}{3600 \cdot 0,98 \cdot 0,67 \cdot 1000} = 3,95 \text{ кВт.}$$

Мощность, потребляемая электродвигателем с ЧРП, составляет:

$$P_{\text{П.2}} = \frac{1,15 \cdot 7,2 \cdot 90,5 \cdot 958,4 \cdot 9,8}{3600 \cdot 0,98 \cdot 0,67 \cdot 1000} = 2,98 \text{ кВт}$$

Экономия электроэнергии рассчитываем на основании годового потребления электрической энергии за 2018 год, тогда экономия электроэнергии за год составит:

$$W_{\text{эл.эж}}^{\text{экон.}} = \left(1 - \frac{2,98}{3,95}\right) \cdot 14,88 = 3,654 \text{ тыс.кВт} \cdot \text{ч.}$$

График изменения потребления электрической энергии за отчетный 2018 г. приведен на рисунке 2.

Показателем энергоэффективности погружного насоса системы водоснабжения является удельный расход электрической энергии на 1 м³ потребляемой воды ($w_{\text{уд.}}$), для системы водоснабжения без ЧРП $w_{\text{уд.}}$ составляет 0,311 кВт·ч/м³, для системы с ЧРП $w_{\text{уд.}}$ равен

0,235 кВт·ч/м³. В среднем удельный расход электрической энергии на 1 м³ потребляемой воды сокращается на 24 %.

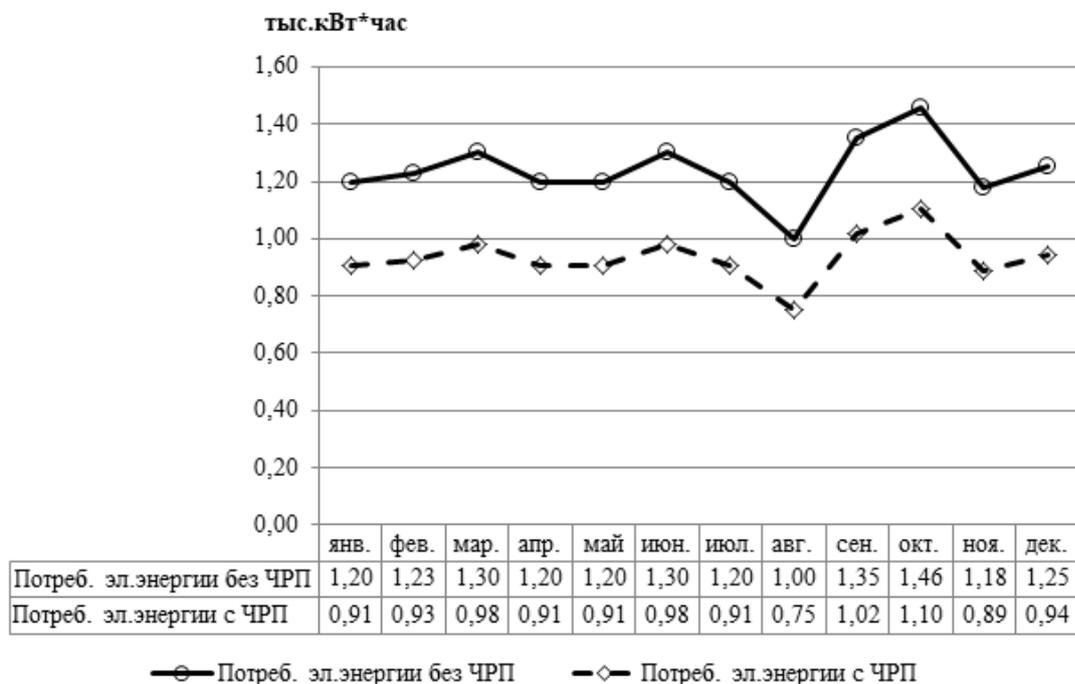


Рисунок 2 – График годового потребления электрической энергии погружным насосом артезианской скважины

Выводы. Применение частотно-регулируемого привода погружного насоса позволит сократить расходы на электрическую энергию в среднем за месяц на 0,3 тыс. кВт·ч. При установке ЧРП процесс пуска электродвигателя погружного насоса становится плавным, что исключает гидроудары в системе водоснабжения.

Список литературы

1. Артамонова, Л. П. Повышение энергоэффективности сельскохозяйственного производства / Л. П. Артамонова // Инновационное развитие АПК. Итоги и перспективы: м-лы Всерос. науч.-практ. конф., 06.02–09.02. 2007 г. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2007. – Т. 2. – С. 257–261.
2. Крысанов, В. Н. Эффективность применения частотного регулирования погружных насосов артезианских скважин / В. Н. Крысанов, С. В. Астафьев // Электротехнические комплексы и системы управления. – 2012. – № 2 – С. 66–70.
3. Насос ЭЦВ 6–6.5–125 [Электронный ресурс]: Каталог продукции компании АО «Ливнынасос». – Режим доступа: https://www.livnasos.ru/catalog/nasosy_ecv/ecv_6/ecv_6-6_5-125/ (дата обращения: 15.02.2020).

П. Л. Лекомцев, А. М. Ниязов, А. Т. Фаррахов
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

Энергетический потенциал Удмуртской Республики. Описание существующих малых энергетических источников энергии.

Рынок распределённой энергетики в мире является вполне сформированным, однако он постоянно растёт и меняется. В России для развития распределённой энергетики требуются большие капиталовложения. Без государственных дотаций данные проекты являются абсолютно не востребованными. Можно смело утверждать, что развитие распределённой энергетики в Российской Федерации носит современный, но ещё экспериментальный характер, при котором объекты альтернативной энергетики запускаются лишь на условиях бюджетного софинансирования под те или иные виды программ.

Развитие альтернативных и возобновляемых источников энергии в Удмуртской Республике, как и в Российской Федерации, происходит медленными темпами, в результате чего энергетический сектор региона зависит от традиционных источников энергии.

Распределённая генерация – это совокупность объектов электроэнергетики, расположенных близко потребителю энергии и подключенных либо непосредственно к потребителю, либо к распределительной электрической сети (в случае, когда потребителей несколько). Тип используемого станцией источника первичной энергии (например, органическое топливо или возобновляемая энергия), как и принадлежность станции к потребителю, генерирующей или сетевой компании, или третьему лицу не имеют значения [3].

В настоящий момент в Российской Федерации не определена мощность электрических станций, которая разграничивала бы распределённую и централизованную энергетику [3]. По мнению команды специалистов при Комитете по энергетике Госдумы, ТЭЦ мощностью менее 50 МВт необходимо относить именно к малой генерации. В то же время, иногда в источниках встречается общая для всех технологий (тепловые электростанции, паровые, газовые турбины, микротурбины, ветряные и солнечные станции) граница в 25 МВт.

Характеристика энергетического сектора Удмуртской Республики. Удмуртская энергосистема является частью Объединен-

ной энергосистемы Урала (ОЭС Урала) и обеспечивает электроснабжение потребителей Удмуртской Республики [7].

На территории Удмуртской Республики имеются 6 основных источников комбинированной выработки тепловой и электрической энергии:

- Удмуртский филиал ПАО «Т Плюс» – Ижевская ТЭЦ-1;
- Удмуртский филиал ПАО «Т Плюс» – Ижевская ТЭЦ-2;
- ООО «Губахинская Энергетическая Компания» – Сарапульская ТЭЦ;
- ТЭЦ ОАО «Воткинский завод»;
- ТЭЦ ОАО «ОТЭК» г. Глазов;
- ТЭС ООО «Автокотельная».

Установленная тепловая мощность ТЭЦ по данным за 2017 год составляет 4264,5 Гкал/ч, электрическая – 730,7 МВт, в т.ч. в разрезе энергоисточников (табл. 1).

Таблица 1 – Установленная мощность энергоисточников за 2017 г.

Наименование источника	Тепловая мощность, Гкал/ч	Электрическая мощность, МВт
Ижевская ТЭЦ-1	643,8	290,6
Ижевская ТЭЦ-2	1474,0	390,0
Сарапульская ТЭЦ	284,7	10,7
ТЭЦ ОАО «Воткинский завод»	545,0	16,0
ТЭЦ ОАО «Чепецкий механический завод»	697,0	23,4
ТЭС ООО «Автокотельная»	620,0	6,5

Баланс электрической энергии Удмуртской Республики, по данным за 2017 год, характеризуется следующими значениями показателей (табл. 2).

Таблица 2 – Электрический баланс Удмуртской Республики, по данным за 2017 г.

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
Объём поступления электроэнергии в энергосистему Удмуртской Республики всего, в том числе:	млн кВтч	9 743,8
поступление электроэнергии в энергосистему Удмуртской Республики из смежных энергосистем	млн кВтч	6 286,1
выработка электрической энергии в энергосистеме Удмуртской Республики	млн кВтч	3 457,7
Потери электрической энергии	млн кВтч %	747,6 7,7

Объемы потребления энергоресурсов в Удмуртской Республике за 2017 г. отражены в таблице 3.

Таблица 3 – Объёмы потребления энергоресурсов

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение
Электрическая энергия	млн кВтч	8 996,2
Тепловая энергия	тыс. Гкал	10 214,6
Природный газ	млн м ³	3 016,6
Газ сжиженный	тыс. тонн	6,0
Уголь	тыс. тонн	195,0
Нефтепродукты	тыс. т.у.т.	776,8
Дрова и прочее твердое топливо	тыс. т.у.т.	167,0
Всего ТЭР	тыс. т.у.т.	6 756,1

Энергетический потенциал Удмуртской Республики. 7 февраля 2011 г. Правительство РФ приняло Стратегию социально-экономического развития Приволжского федерального округа на период до 2020 г. Согласно документу, в регионе необходимо обеспечить развитие маломасштабных объектов генерации с широким использованием возобновляемых источников энергии путём:

- 1) повышения использования ресурсов возобновляемых источников энергии;
- 2) повышения общего числа объектов, использующих разные виды возобновляемых источников энергии, без учета средних и крупных ГЭС;
- 3) расширения использования местных видов топлива и других источников энергии для замещения углеводородных видов топлива на объектах генерации [5].

Удмуртская Республика, входящая в состав ПФО, обладает возможностью развития следующих возобновляемых источников энергии: малые гидроэлектростанции, сельскохозяйственная биоэнергетика, отходы деревопереработки, твердые бытовые отходы, канализационные стоки очистных сооружений водоканалов [6].

Твердые бытовые отходы. Как отмечают в своей работе А. Хохлов и др., «распределенную генерацию лучше развивать в совокупности с распределённым теплоснабжением, используя когенерацию – технологию совместного производства тепловой и электрической энергии в едином цикле» (Распределённая энергетика в России: потенциал развития, 2018, с. 15).

Примером использования технологии когенерации может быть энергоцентр с паровой турбиной мусоросжигательного завода.

Согласно данным Росстата, каждый россиянин в год в среднем производит около двух кубометров мусора или примерно 400 кг твердых бытовых отходов (далее – ТБО).

На территории Удмуртской Республики накоплено почти 1,5 млн тонн производственных и бытовых отходов, которые ежегодно загрязняют атмосферу путем испарений вредных веществ и почву при разложении особо опасных элементов.

В 2013 г. в рамках республиканской целевой программы (РЦП) «Энергосбережение и повышение энергоэффективности в Удмуртской Республике на 2010–2014 гг. и целевые установки до 2020 года» АНО «Агентство по энергосбережению УР» выдвинуло предложение по строительству мусоросжигательного завода (далее – МСЗ) [1].

Характеристики проекта:

- примерная стоимость – около 4 млрд рублей;
- производственная мощность – сжигание примерно 16 т мусора в час;
- выработка тепловой энергии в сеть г. Ижевска – 56 Гкал в год;
- выработка электроэнергии в единую сеть – 30 млн кВтч в год;
- строительство снеготопки на базе МСЗ, использующей остаточное тепло мини-ТЭЦ.

По данным ООО «Спецавтохозяйство» – официального регионального оператора по обращению с твердыми коммунальными отходами в Удмуртии, 95 % всех производимых отходов в России закапывают на полигонах, 3 % перерабатывают во вторичное сырье, 1 % – компостируют органические отходы и только 1 % всех отходов перерабатывают в тепло и электричество.

Для того, чтобы мусор не загрязнял окружающую природу, ТБО необходимо сортировать. Согласно данным регионального оператора «Спецавтохозяйство» за 2019 г., в республике была введена в эксплуатацию 2-я линия мусоросортировочной станции на полигоне «Чистый город». Благодаря этому общая мощность станции увеличена до 70 тыс. тонн в год. Было обработано 38 тыс. тонн отходов, что составляет 13 % от всего объема ТБО за год. В 2020 г. в регионе планируется постройка еще трех станций, что позволит увеличить сортировочную мощность до 250 тыс. тонн в год, а объем отходов, направляемых на сортировку, увеличить до 30 % [4].

Представленный проект нельзя отнести к объекту распределённой генерации из-за большой величины вырабатываемой электрической энергии и стоимости объекта. Текущий проект можно использовать

для разработки нового проекта МСЗ, на котором количество вырабатываемой электрической и тепловой энергии будет подходить под определение распределённой генерации, срок окупаемости будет приемлемым для инвесторов, а сам проект можно будет возвести неподалеку от населенного пункта с наименее качественным электроснабжением.

В качестве примера может служить электростанция мощностью 29 МВт мусоросжигательного завода в Гамбурге, Германия. Паровая турбина вырабатывает пар и электричество для технологических процессов, тепловую энергию отпускают в систему теплоснабжения города, а излишки электрической энергии вырабатываются в городскую энергосистему.

Единственным сдерживающим фактором постройки МСЗ и, таким образом, увеличения доли возобновляемых источников энергии, является финансовая сторона.

Биогазовые установки. Хорошо развитое животноводство производит большое количество биологических отходов. В результате их обработки получается биогаз, который может использоваться в биогазовых установках (далее – БГУ) для получения электрической и тепловой энергии. С экономической точки зрения получение биогаза может быть выгодно, т.к. биологические отходы производятся непосредственно на предприятии, нет необходимости в их сборе, транспортировке на большие расстояния и сортировке. Таким образом, получается полный цикл производства энергии для собственных нужд:

- 1) получение биологических отходов от животных;
- 2) процесс переработки отходов для получения биогаза;
- 3) использование биогаза для производства электрической и тепловой энергии.

Одной из первых в Удмуртской Республике была введена Установка генерации биогаза УГБ-25.02 на предприятии ОАО «Шарканское РТП», с. Шаркан [8].

Технические характеристики установки:

- Количество реакторов, ед.: 2;
- Объём реактора, м³: – 25;
- Суточная загрузка субстрата, т/сутки: до 5;
- Производительность по биогазу, м³/сутки: до 300;
- Производительность по электроэнергии, кВт*ч: до 30.

Установка состоит из двух реакторов по 25 м³ каждый, вертикального металлического газгольдера объёмом 70 м³, приёмной и сливной ёмкости на 15 м³, системы очистки биогаза и двух пультов управления. После запуска установка сразу начала производить биогаз в объёме 300 м³ в сутки.

Была разработана, но не построена другая биогазовая установка – УГБ-500 [9].

Технические характеристики установки:

- Количество реакторов, ед.: 1;
- Объём реактора, м³: – 500;
- Суточная загрузка субстрата, т/сутки: до 40;
- Производительность по биогазу, м³/сутки: до 1800;
- Производительность по электроэнергии, кВт*ч: до 157.

Проект включает в себя один реактор объёмом 500 м³, газгольдеры по 50 м³, приёмную и сливную ёмкости по 60 м³ соответственно, а также системы фильтрации и очистки биогаза, один пульт управления, а также сепаратор, обладающий производительностью до 10 м³ субстрата в час.

Проект предполагает переработку навоза, растительных отходов и др. Полученное удобрение предполагается применять для выхаживания молодых саженцев, а биогаз может быть использован для выработки электроэнергии для собственных нужд предприятия.

Другим примером является биоэнергетическая установка (БЭУ), построенная в хозяйстве «Родники» в Сюмсинском районе Удмуртской Республики. Установка перерабатывает отходы, вырабатывает биогаз для производства электрической и тепловой энергии, создает высокоэффективное удобрение.

Технические характеристики установки:

- Производительность по сырью, м³/сутки: 5;
- Производительность по биогазу, м³/сутки: 200;
- Потенциально получаемая энергия, Гкал/сутки: 1,2.

Установка состоит из: бункера исходного сырья объёмом 20 м³, реактора 25 м³, ёмкости для хранения удобрений 60 м³, технологической ёмкости, насосы, газовый котел (мощность 50 кВт).

С помощью биогаза, вырабатываемого установкой, производится тепло в газовом котле, которое направляется на подогрев реактора и отопление коровника.

Ещё одна биоэнергетическая установка, расположенная в д. Гуртлуд Сюмсинского района, используется компанией ООО «РосПочва» для переработки навоза крупного рогатого скота, получая два основных продукта: биогаз и удобрение. Биогаз используется для поддержания температуры на уровне 52–55 °С в реакторе биогазовой установки.

Помимо этого сотрудниками компании ООО «РосПочва» совместно с предприятием ООО «ГИД-Агро» был разработан проект по строительству и внедрению биогазового комплекса:

- 1) Реактор № 1 (объём – 1500 м³);

- 2) Реактор № 2 (объём – 1500 м³.);
- 3) Приёмная ёмкость (объём – 180 м³.);
- 4) Блок подготовки газа, факел аварийного сброса газа;
- 5) Узел теплообмена и аварийного управления комплексом;
- 6) Когенерационная электростанция (электроэнергия – 220 кВт*ч, тепловая энергия – 280 кВт*ч);
- 7) Лагуна для хранения биоудобрения.

Наличие разработанных и внедрённых проектов БГУ показывает готовность агропромышленного комплекса региона к подключению своих производственных мощностей к объектам микрогенерации для собственного обеспечения электрической и тепловой энергией или её выработке в единую энергосеть Удмуртской Республики.

Водные ресурсы. Территория региона покрыта густой речной сетью, включающей в себя почти 8,93 тыс. рек общей протяжённостью около 20,35 тыс. км. Руслу рек имеют малый уклон и отличаются небольшими скоростями. Среднегодовой речной сток – перемещение воды в виде потока по речному руслу – 63,3 км³/год [2] .

Удмуртская Республика обладает возможностью построить и ввести в эксплуатацию множество мини-ГЭС для производства электрической энергии для малого и среднего хозяйства. В регионе имеется производство гидроагрегатов компании «Деалан Энерго» мощностью до 100 кВт при скорости потока от 0,7 до 6 м/с. Устройства подобного типа способны как генерировать электрическую энергию в существующую сеть, так и накапливать энергию в аккумуляторах. Этого достаточно, чтобы обеспечить электричеством небольшое предприятие, загородный дом, ферму, пасеку и т.д.

Факторы сдерживания. Одной из основных проблем для строительства объектов распределённой генерации является его высокая стоимость, которая не позволяет найти средства для реализации проекта. В результате, приходится возвращаться к источникам энергии на основе углеводородных видов топлива (нефть, уголь).

Помимо данного ключевого препятствия, можем выделить ещё несколько проблем:

- 1) наличие больших запасов нефти, угля, дерева;
- 2) отсутствие стимулирования развития отрасли на государственном уровне;
- 3) отсутствие налоговых льгот на имущество для предпринимателей и владельцев, использующих объекты альтернативной энергетики;
- 4) отсутствие государственной поддержки в виде инвестиций или субсидий, возмещающих общие затраты на строительство поме-

щений, покупку технологического оборудования, уплату процентов по кредитам, полученных для реализации объектов распределённой генерации.

В то же время тенденции роста развития распределённой энергетики есть. Подписанный федеральный закон «О внесении изменений в федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации» разрешает потребителям продавать излишки электроэнергии энергосбытовым компаниям. Принятые меры позволят уменьшить срок окупаемости объектов возобновляемой энергии.

Заключение. Необходимо признать, что для эффективного развития системы электроснабжения в России недостаточно развивать централизованную энергетику. Переход от традиционной энергосистемы к децентрализованному энергоснабжению позволит повысить качество электрической энергии в узлах присоединения потребителей, снизить затраты на ремонт и развитие электрооборудования электрических сетей, что, в свою очередь, приведет к уменьшению потерь электроэнергии и сдерживанию цен на электричество.

В Удмуртской Республике есть все возможности для развития распределённой энергетики в виде альтернативных и возобновляемых источников электроэнергии.

Список литературы

1. В Ижевске планируется строительство мусоросжигательного завода / С. Зверева [и др.] // Промышленная и экологическая безопасность, охрана труда. – 2013. – № 9 (83). – С. 8–9.
2. Научно-популярная энциклопедия «Вода России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://water-ru.ru/Регионы_России/2553/Удмуртская_Республика (дата обращения: 25.01.2020).
3. Распределённая энергетика в России: потенциал развития / А. Хохлов [и др.]. – Сколково, 2018. – 87 с.
4. Региональный оператор ООО «Спецавтохозяйство» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://регоператорудмуртии.рф/> – Итоги первого года реформы системы обращения с отходами в Удмуртии (дата обращения: 18.01.2020).
5. Российская Федерация. Президент (2008 – 2012, Д. А. Медведев). Стратегия социально-экономического развития Приволжского федерального округа на период до 2020 г.: распоряжение Правительства РФ от 07.02.2011 года № 1142 // Собрание законодательства РФ. – 2011. – № 165-р.
6. Сергеев, Н. Н. Основные направления использования возобновляемых источников энергии в Удмуртской Республике / Н. Н. Сергеев // Вестник Удмуртского Университета. Серия «Экономика и право». – 2014. – № 2. – С. 92–96.

7. Схема и программа развития электроэнергетики Удмуртской Республики на 2016–2020 гг. с перспективой до 2023 года: распоряжение Правительства Удмуртской Республики от 05.05.2015 г. № 417-р.

8. Энергорезим [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://энергорезим.рф/> – Планируемые проекты (дата обращения: 22.01.2020).

9. Энергорезим [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://энергорезим.рф/> – Реализованные проекты (дата обращения: 22.01.2020).

УДК 621.313.3

К. В. Мартынов, И. А. Благодатских, В. А. Носков
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПО ПЕРЕРАСЧЁТУ СТАТОРА НА СОВМЕЩЁННУЮ ОБМОТКУ

Предлагается разработка программы по перерасчёту обмотки статора со стандартной 6-зонной на совмещённую 12-зонную. Обозначены требования к программе и описаны основные этапы программы.

Введение. В сельском хозяйстве широкое применение получили асинхронные трёхфазные двигатели. Однако, несмотря на свою высокую надёжность, из-за неправильной эксплуатации, тяжёлых условий работы, плохого качества электроэнергии или вследствие других причин они могут перейти в неработоспособное состояние. Капитальный ремонт асинхронных двигателей часто предусматривает замену обмотки статора, от расчёта и конструкции которой во многом будут определяться характеристики отремонтированного двигателя.

При ремонте двигателя вместо стандартной 6-зонной обмотки статора можно использоваться совмещённую 12-зонную обмотку (рис. 1), которая потенциально обладает некоторыми преимуществами по сравнению с её стандартным аналогом. Применение совмещённой 12-зонной обмотки позволит снизить относительное содержание высших пространственных гармоник (ВПГ) в результирующей магнитодвижущей силе (МДС) статора, что может положительно сказаться на энергетических и механических характеристиках машины [1–4]. Кроме того, при некоторых типоразмерах совмещённая обмотка будет обладать меньшим эквивалентным активным сопротивлением, чем аналогичная ей стандартная обмотка, что также отражается в энергетических характеристиках машины [5] (рис. 1).

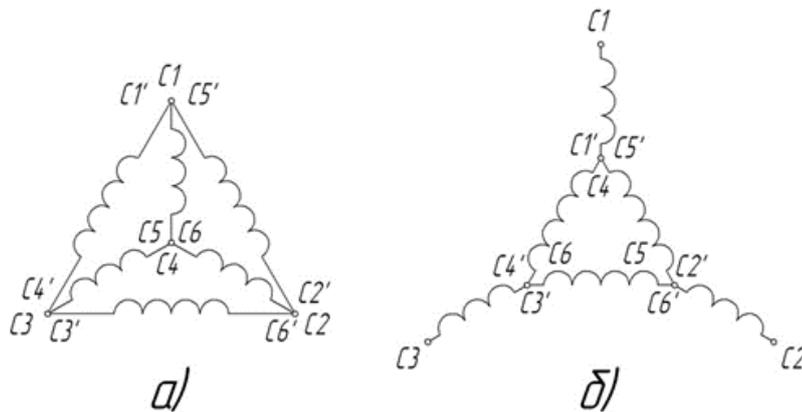


Рисунок 1 – Схема соединения фаз совмещённой обмотки:
а) параллельное; б) последовательное.

Однако основным недостатком совмещённой обмотки является её более сложная конструкция, что усложняет расчёт. Кроме того, для фаз звезды и треугольника совмещённой обмотки требуется наличие обмоточных проводов разных диаметров. Для облегчения расчёта и повышения удобства использования такой совмещённой обмотки на практике, нами предлагается программа по перерасчёту.

Цель программы: перерасчёт стандартной 6-зонной обмотки статора машины переменного тока на совмещённую 12-зонную обмотку.

Требования к программе:

1. Программа должна быть пригодна для перерасчёта обмоток большинства встречающихся на практике машин переменного тока;
2. Полученных данных должны быть достаточно для изготовления обмотки без дополнительных сложных расчётов;
3. Предложить несколько возможных вариантов исполнения обмотки.

Реализация программы. В качестве языка программирования, на котором разрабатывается программа, был выбран «Python».

Программу можно разбить на несколько частей: ввод данных, вспомогательные расчёты, перерасчёт обмотки и вывод результата. Рассмотрим эти части подробнее.

На **первом этапе** необходимо ввести данные исходной обмотки двигателя, которые непосредственно можно определить при ремонте, а также некоторые требования к совмещённой обмотке.

К исходным данным относится: число пазов z ; число полюсов $2p$; число эффективных проводников катушки в пазу w_n либо число эффективных витков в фазе w ; число параллельных ветвей a ; диаметр обмоточного провода без изоляции d , мм; число параллельных проводов в витке n ; шаг обмотки u ; вид обмотки: двухслойная/однослойная; сопряжение фаз: звезда/треугольник.

Из требований к совмещённой обмотке необходимо указать: вид совмещённой обмотки: двухслойная/однослойная; отгиб лобовых частей: в одну сторону / «в развалку»; вид катушечной группы: равносекционная / концентрическая; способ округления числа витков в пазу: в ближайшую сторону / в большую сторону / в меньшую сторону.

Выбор вариантов округления числа витков в обмотке связан с тем, что нередко напряжение в сельскохозяйственных сетях может отличаться от номинального в большую или меньшую сторону. При расчёте числа витков желательно хотя бы частично учесть условия работы двигателя. Например, если двигатель работает при повышенном напряжении и при нагрузке меньше номинальной, то рекомендуется выбрать округление числа витков вверх, чтобы не получить слишком большие значения тока и потерь холостого хода. Также выбирать округление вверх рекомендуется, если для того, чтобы достать старую обмотку из пазов статора, проводится отжиг, который приводит к ухудшению свойств электротехнической стали [6].

На **втором этапе** программа должна выполнить вспомогательный расчёт некоторых данных стандартной обмотки, необходимых для дальнейшего перерасчёта. К этим данным относится: число пазов, приходящихся на полюс и фазу для стандартной обмотки q ; коэффициенты распределения k_p , укорочения k_y , обмоточный $k_{об}$; число эффективных проводников катушки в пазу w_n , если оно не было задано в исходных данных; суммарное сечение параллельных проводников в одном витке s_n , мм². **Третий этап** представляет непосредственно сам перерасчёт обмотки, на котором необходимо затронуть большое разнообразие вариантов двигателей. Перерасчёт начинается с определения числа пазов, приходящихся на полюс, и фазу совмещённой обмотки для фаз звезды q_Y и треугольника q_Δ . В зависимости от числа q стандартной обмотки q_Y и q_Δ определяется по схеме, изображённой на рисунке 2.

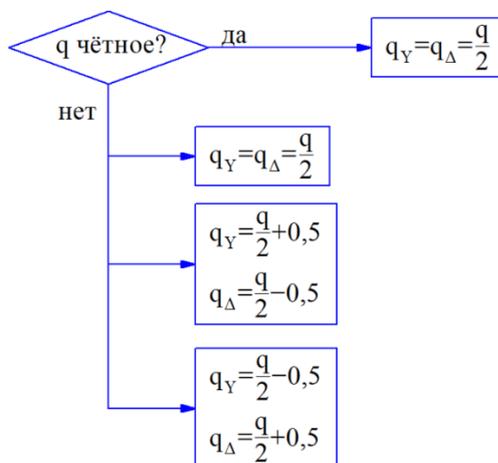


Рисунок 2 – Схема определения числа пазов, приходящихся на полюс и фазу совмещённой обмотки для фаз звезды q_Y и треугольника q_Δ

Шаг совмещённой обмотки $y_{Y\Delta}$ определяется в зависимости от её вида. Если совмещённая обмотка однослойная, то её шаг принимается равным полюсному делению τ , то есть рассматриваем только обмотки со сплошными фазными зонами. Для двухслойной обмотки шаг выбирается из соображения наименьшего относительного содержания высших пространственных гармоник [3], за исключением тех случаев, где укорочение шага предусматривается по технологическим причинам.

Шаг катушек $y_{\kappa Y\Delta}$ совмещённой обмотки определяется в зависимости от выбранного вида обмотки и катушечной группы, а также отгиба лобовых частей. Затем определяются коэффициенты распределения $k_{pY}, k_{p\Delta}$; укорочения $k_{yY}, k_{y\Delta}$; обмоточный $k_{обY}, k_{об\Delta}$ для совмещённой обмотки.

Возможное число параллельных ветвей совмещённой обмотки для фаз звезды a_Y и треугольника a_Δ совмещённой обмотки ограничивается её видом и конструкцией. Ниже приведены формулы по определению a_Y , однако и для a_Δ они будут также справедливы.

Если совмещённая обмотка однослойная:

$$\left\{ a_Y \in \mathbb{N} \mid a_Y \leq \frac{p \cdot q_Y}{x} \right\}, \text{ где } \{x \in \mathbb{N} \mid x \leq p \cdot q_Y\}$$

Если совмещённая обмотка двухслойная:

$$\left\{ a_Y \in \mathbb{N} \mid a_Y \leq \frac{2p \cdot q_Y}{x} \right\}, \text{ где } \{x \in \mathbb{N} \mid x \leq 2p \cdot q_Y\}$$

Если q_Y и q_Δ :

$$\{a_Y \in \mathbb{N} \mid a_Y \leq p\}.$$

При перерасчёте числа витков можно пойти двумя путями: начать с расчёта числа витков в фазах w_Y, w_Δ , а затем рассчитать число витков в пазах $w_{nY}, w_{n\Delta}$, либо наоборот. Второй вариант является более предпочтительным, так как мы один раз округлив число витков в пазу, сразу получаем и целое число в фазе. Если же мы вначале рассчитали и округлили число витков в фазе, то не обязательно при этом получится целое число витков в пазу. Поэтому в программе вначале рассчитываем $w_{nY}, w_{n\Delta}$, окрыляем до целого по заданному условию, а после рассчитываем w_Y, w_Δ .

Последняя часть перерасчёта – это определение обмоточных проводов для совмещённой обмотки. Здесь стоит рассмотреть не-

сколько вариантов при различных числах параллельных проводников в витке n_Y, n_Δ .

Полученный результат удобно представить в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Вывод результатов перерасчёта

		«звезда»			«треугольник»		
число пазов, приходящихся на полюс и фазу $q_{Y\Delta}$		q_Y			q_Δ		
шаг катушек по пазам $u_{kY\Delta}$		$u_{kY\Delta}$			$u_{kY\Delta}$		
шаг обмотки $u_{Y\Delta}$		$u_{Y\Delta}$			$u_{Y\Delta}$		
число параллельных ветвей $a_{Y\Delta}$		1	...	a_Y	1	...	a_Δ
число эффективных витков в фазе $w_{Y\Delta}$		w_Y	w_Y	w_Y	w_Δ	w_Δ	w_Δ
число эффективных витков в пазу $w_{пY\Delta}$		$w_{пY}$	$w_{пY}$	$w_{пY}$	$w_{п\Delta}$	$w_{п\Delta}$	$w_{п\Delta}$
диаметр неизолированного обмоточного провода, мм	n=1	*	*	*	*	*	*
	n=2	*	*	*	*	*	*
	n=3	*	*	*	*	*	*
	n=4	*	*	*	*	*	*

Полученный диаметр провода необходимо округлить до стандартного, поэтому его удобно представить в форме *доокругл.вверх* ($+n \cdot \text{разница, мм}^2$), где в скобках указана разница сечения в мм^2 от неокруглённого значения. Однако такая запись является громоздкой, поэтому принято решение выводить вне таблицы.

Заключение. Рассматриваемая программа пригодна для большинства вариантов статоров машин переменного тока. Применение такой программы для перерасчёта на совмещённую обмотку облегчает её применение при ремонте машин переменного тока. При выводе результатов предлагается несколько вариантов обмотки с различными диаметрами обмоточных проводов, что даёт возможность выбора в зависимости от их наличия.

Список литературы

1. Мартынов, К. В. Совершенствование конструкции обмотки статора асинхронного двигателя / К. В. Мартынов, В. А. Носков, Л. А. Пантелеева // Вестник ВИЭСХ. – 2017. – № 1 (26). – С. 5–12.
2. Носков, В. А. Повышение эффективности обмоток машин переменного тока / В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, К. В. Мартынов // Электротехника. – 2018. – № 1. – С. 39–43.
3. Мартынов, К. В. Гармонический анализ магнитодвижущей силы асинхронного двигателя с совмещённой обмоткой / К. В. Мартынов, В. А. Носков // Развитие энергосистем АПК: перспективные технологии: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. Института агроинженерии. – Троицк: Южно-Уральский ГАУ, 2018. – С. 94–101.

4. Мартынов, К. В. Гармонический анализ магнитодвижущей силы асинхронного двигателя с распределённой совмещённой обмоткой / К. В. Мартынов, В. А. Носков // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2018. – С. 151–156.

5. Перспективы применения совмещённой обмотки для снижения электрических потерь в статоре [Электронный ресурс] / К. В. Мартынов, В. А. Носков, Л. А. Пантелеева, Д. А. Васильев // АгроЭкоИнфо. – 2020. – № 1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/1/st_107.pdf (дата обращения: 26.02.2020).

6. Повышение энергоэффективности и ресурсосбережение при капитальном ремонте, модернизации и утилизации двигателей асинхронных электроприводов / Р. Г. Мугалимов, Р. А. Закирова, А. Р. Мугалимова, К. Э. Одинцов // Вестник Магнитогорского ГТУ им. Г. И. Носова. – 2018. – Т. 16 – № 3. – С. 145–159.

УДК 537.63

В. Д. Мыррин

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ЧЕЛОВЕКА ОТ ЭМП

Один из наиболее эффективных способов защиты от ЭМП является применение специальных приборов, которые позволяют снизить действие данного излучения и максимально уменьшить его негативное влияние на организм человека. Принцип работы данных приборов основан на наведении противозлектродвижущей силы, которая помогает снизить негативное воздействие на организм человека нежелательных электромагнитных полей [1].

Максимальное уменьшение времени нахождения в зоне действия ЭМП является одним из самых эффективных методов защиты человека от пагубного влияния электромагнитного поля. Особенно актуален данный вопрос для сотрудников электроэнергетических предприятий, где уровень электромагнитного поля максимален.

К примеру, персонал, обслуживающий высоковольтную распределительную подстанцию (РП). В распределительных устройствах (РУ) как открытого (ОРУ), так и закрытого (ЗРУ) типа уровень электромагнитного поля очень велик. В электроустановках 110кВ и выше очень часто уровень электромагнитного поля достигает до таких величин, что его пагубное воздействие на организм человека является очень сильным.

Первые признаки проявляются практически сразу – это слабость, головная боль, угнетенность и раздражительность. В таких

случаях пребывания человека в зоне воздействия электромагнитного поля без применения специальных защитных средств (экранирующих устройств) не допускается [2].

При пребывании обслуживающего персонала вдали от высоковольтного оборудования, к примеру, на центральном пункте управления, уровень влияния электромагнитного поля намного ниже, но его значения в сотни раз превосходят допустимые. Связано это с тем, что в данном пункте находится большое количество источников электромагнитного поля: оргтехника, устройства защит и автоматики оборудования (РЗА), распределительные низковольтные щиты, щиты управления и др.

В данном случае следует, по возможности, делать перерывы в работе и выходить из помещения, тем самым уменьшая время нахождения в зоне действия электромагнитного поля. Также не лишним будет применять вышеупомянутые устройства, которые позволяют свести к минимуму пагубное влияние электромагнитного излучения на организм человека [3].

Также стоит отметить, что уровень влияния электромагнитного поля на организм человека напрямую зависит не только от времени нахождения в зоне его действия, но и от расстояния до источника излучения электромагнитного поля. Иными словами, в процессе использования того или иного электрического прибора или электрического устройства следует по мере возможности максимизировать расстояние до источника ЭМП.

К примеру, при работе за персональным компьютером рекомендуется ставить монитор на расстоянии не ближе 30 сантиметров от глаз. То же самое относится к телевизорам и различным гаджетам.

При разговоре по мобильному телефону рекомендуется пользоваться громкой связью или проводной (беспроводной) гарнитурой. Если мобильный телефон в данный момент не используется, то не следует его держать в кармане, будет лучше, если вы положите его на стол [4].

В большинстве случаев, в инструкции по эксплуатации к электрическим приборам должны быть указаны меры безопасности, такие, как безопасное расстояние к данному электрическому прибору, при котором уровень воздействия электромагнитного поля будет минимальным. В случае, если такие сведения отсутствуют, то в целях своей же безопасности лучше эти сведения уточнить [5]. Информация по этому поводу есть в свободном доступе в интернете.

Достаточно часто, как в быденности, так и на работе, подключены к сети электрические приборы, которые не используются в данный момент времени. К таким электрическим приборам можно

отнести аудио-, видеоаппаратуру, зарядные устройства мобильных телефонов, телевизоры и др. [6]. Отключение данных электрических приборов позволяет достаточно сильно снизить уровень электромагнитного поля и, соответственно, степень его пагубного влияния. Более того, отключение электрических приборов позволяет снизить общее количество потребляемой электрической энергии.

Как говорилось ранее, высоковольтные линии электропередач (ЛЭП) являются источником электромагнитного поля, причем уровень действия данного поля достаточно высокий, и чем выше напряжение, тем выше уровень излучения поля [7]. Таким образом, необходимо исключить или по возможности сократить до минимума время пребывания в зоне действия электромагнитного поля линий электропередач.

Существует такое понятие, как охранный зона линий электропередач (ЛЭП) – расстояние по обе стороны от проводов линий электропередач. Размер охранной зоны ЛЭП изменяется в зависимости от класса напряжения. К примеру, охранный зона линий электропередач напряжением 35 кВ составляет 15 метров, а 110 кВ и 330 кВ – 20 и 30 метров соответственно.

В охранный зоне линий электропередач степень электромагнитного излучения значительно превышает допустимые значения. Именно поэтому в данной зоне не рекомендуется строительство жилых зданий и различных сооружений. В случае, если вы увлекаетесь садоводством, то вам следует отказаться от участка, вдоль которого проходит линия электропередач. Как правило, на земельном участке проводится значительная часть времени, поэтому вы всегда будете подвергаться чрезмерному воздействию электромагнитного поля от линии электропередач [7].

Список литературы

1. Аполлонский, С. М. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях: учеб. пособ. / С. М. Аполлонский, Т. В. Каляда, Б. Е. Синдаловский. – СПб.: Политехника, 2006. – 263 с.
2. Басов, А. М. Электротехнология: учеб. пособ. для сельскохозяйственных вузов по специальности «Электрификация 104 сельского хозяйства» / А. М. Басов, В. Г. Быков, А. В. Лаптев, В. Б. Файн. – М.: Агропромиздат. – 256 с.
3. Байда, Л. И. Электрические измерения: учебник для вузов / Л. И. Байда, Н. С. Добротворский, Е. М. Душин. – 5-е изд., перераб. и доп. изд. – Л.: Энергия. Ленингр. отд-ние, 1980. – 392 с.
4. Васильева, Е. Г. Механизм влияния электромагнитных полей на живые организмы / Е. Г. Васильева // Вестник Астраханского ГТУ. – 2008. – № 3 (44). – С. 186–191.

5. Грачев, Н. Н. Защита человека от опасных излучений / Н. Н. Грачев, Л. О. Мырова. – М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2005. – 317 с.

6. Григорьев, Ю. Г. Электромагнитное загрязнение окружающей среды и здоровье населения России / Ю. Г. Григорьев, О. А. Григорьев, В. С. Степанов, Ю. П. Пальцев. – М.: Фонд «Здоровье и окружающая среда», Российская ассоциация общественного здоровья, 1997. – 91 с.

7. Давыдов, И. И. Биологическое действие, нормирование и защита от электромагнитных излучений / И. И. Давыдов // Компьютерные технологии. – № 1. – С. 3–9.

УДК 621. 314.222.8

П. Н. Покоев, В. А. Носков
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЕ ФЕРРОМАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проведены испытания магнитных свойств карбонильного железа Р-10 и ферромагнитных паст на его основе. Наибольшая относительная магнитная проницаемость получена у пасты, состоящей из 80 % порошка Р-10 и 20 % графитной смазки.

Актуальность. При сборке (шихтовке) магнитопровода трансформатора из пластин электротехнической стали неизбежно образуются воздушные промежутки в местах их стыка. Они создают дополнительное магнитное сопротивление для магнитного потока и, как следствие, повышение намагничивающего тока и мощности холостого хода трансформатора. Так, например, увеличение воздушного промежутка на 0,1 мм на каждый условный метр длины магнитной цепи приводит к увеличению тока намагничивания примерно на 30 %. Поэтому целесообразно перекрывать воздушные промежутки материалом с высокой магнитной проницаемостью. Например, автор В. А. Носков в патенте на полезную модель предлагает для этой цели использовать ферромагнитный материал, изготовленный в виде пасты [1].

Целью настоящей работы является уменьшения тока и мощности намагничивания трансформатора на основе заполнения воздушных промежутков материалом с высокой магнитной проницаемостью при сборке (шихтовке) пластин магнитопровода.

Задачи исследования:

1. Выбрать ферромагнитный порошок (ФП).
2. Разработать различные составы ферромагнитных паст.

3. Провести исследования магнитных свойств ферромагнитных паст.

Материалы и методы. Для разработки пасты в качестве исходного материала выбрано карбонильное железо низкой частоты марки Р-10, изготовленное в виде порошка. Используются в порошковой металлургии и для изготовления сердечников катушек индуктивности [2]. По причине легкой сыпучести порошка он не пригоден для непосредственного заполнения воздушных промежутков при сборке (шихтовке) магнитопровода. Для создания различных ферромагнитных материалов, обладающих свойствами пасты, были подобраны связующие материалы: графитная смазка, мовиль и циатим-203. Разработано для исследования несколько составов ферромагнитных паст.

Исследование магнитных свойств ферромагнитного порошка и паст проведено на основе законов электротехники [3].

Результаты исследований. На основе карбонильного железа Р-10 и связующих материалов графитной смазки и литол 24 ранее было разработано и испытано несколько составов ферромагнитных паст. Результаты их исследования опубликованы в [4, 5].

С целью получения вещества с высокой магнитной проницаемостью, обладающего свойствами пасты, исследования были продолжены и дополнительно изготовлены новые образцы ферромагнитных паст, состоящих из:

- а – 80 % ФП марки Р-10 и 20 % графитной смазки;
- б – 80 % ФП марки Р-10 и 20 % марки мовиль;
- в – 80 % ФП марки Р-10 и 20 % смазки циатим-203;
- г – 50 % ФП марки Р-10 и 50 % графитной смазки
- д – 50 % ФП марки Р-10 и 50 % марки мовиль;
- е – 50 % ФП марки Р-10 и 50 % смазки Циатим-203.

Для проведения испытаний исследуемых материалов разработана лабораторная установка. За ее основу выбрана магнитная система силового трансформатора. Намотаны намагничивающая W1 и измерительная W2 обмотки, соответственно 316 и 200 витков (рис. 1).

В ходе экспериментов воздушные зазоры сердечника трансформатора заполнялись исследуемыми материалами, сняты их вольт-амперные характеристики (рис.1) и на основе расчетов построены вебер-амперные характеристики. Вебер-амперные характеристики ферромагнитных паст содержащих 80 % порошка Р-10 и 20 % связующих материалов (литеры а, б, в), представлены на рисунке 2.

Результаты исследования ферромагнитных материалов, содержащих 50 % порошка Р-10 и 50 % связующих материалов (литеры г, д, е), представлены на рисунке 3.

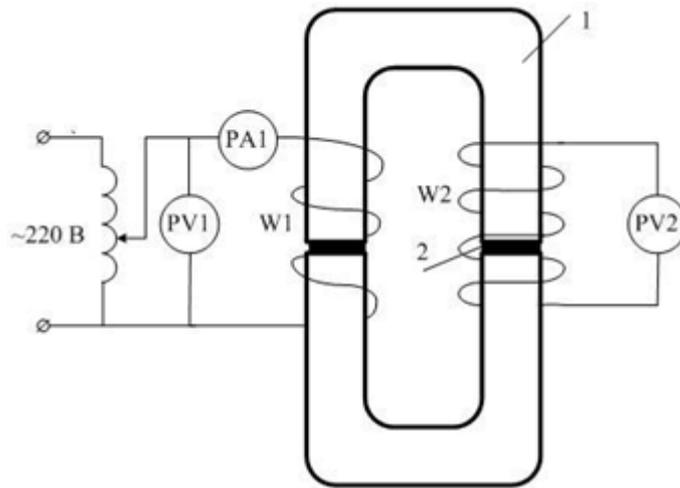


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки
 1 – магнитопровод трансформатора ТС-280; 2 – исследуемая паста;
 W1 и W2 – намагничивающая и измерительная катушки

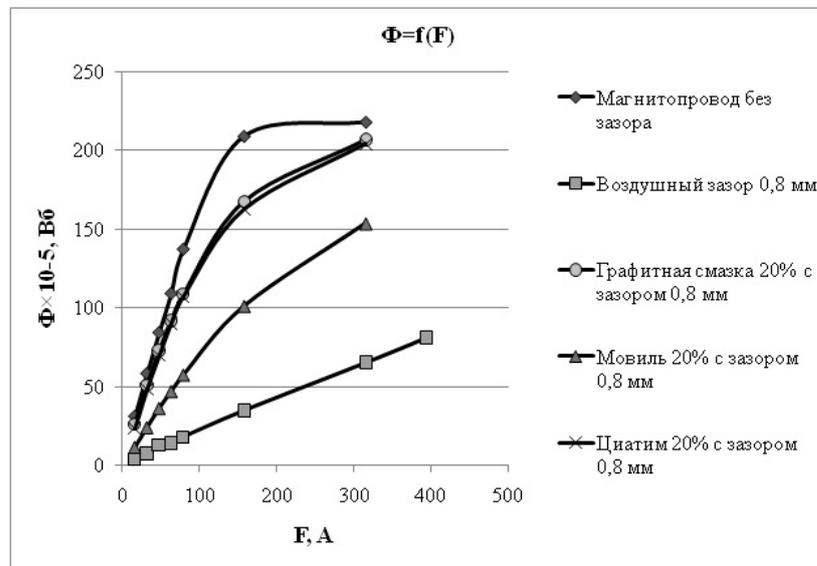


Рисунок 2 – Вебер-амперные характеристики паст (литеры а, б, в)

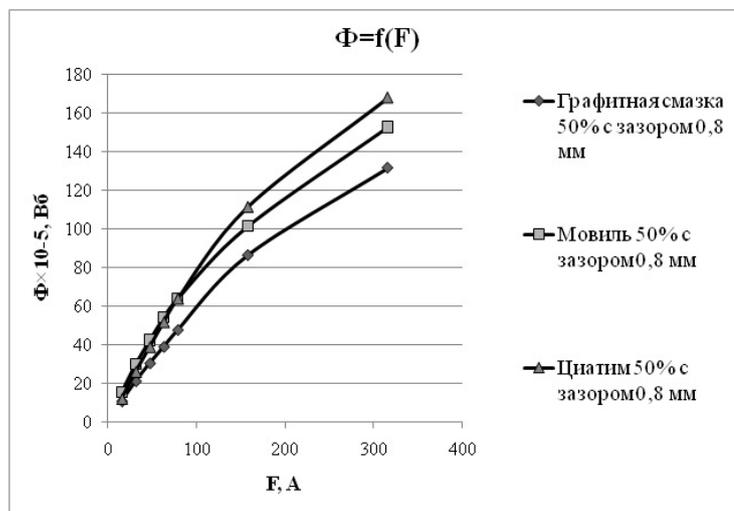


Рисунок 3 – Вебер-амперные характеристики паст (литеры г, д, е)

По опытным данным на основе законов электротехники рассчитаны магнитные проницаемости исследуемых паст.

– относительные магнитные проницаемости испытанных ферромагнитных паст составили: литера б – 6,8; литера в – 3,0; литера г – 2,7; литера д – 3,3; литера е – 4,0;

– лучшими магнитными свойствами обладает паста, состоящая из 80 % карбонильного железа Р-10 и 20 % графитной смазки (литера а). Наибольшая относительная магнитная проницаемость составила – 7,29;

– пасты под литерами г, д, е обладают более вязкими свойствами.

Выводы. Пасты, состоящие из 80 % порошка Р-10 и 20 % графитной смазки (литера а) и из 80 % порошка Р-10 и 20 % смазки Циатим 203 (литера б) можно рекомендовать для заполнения пустот в стыках магнитопроводов силовых трансформаторов с целью улучшения из эксплуатационных характеристик.

Список литературы

1. Патент на полезную модель RU 2199943 U Магнитопровод, собранный из пластин электротехнической стали, места стыка которых перекрыты материалом с высокой магнитной проницаемостью / Носков В. А. Оpubл. 27.07.2014. Бюл. № 21.
2. Богородицкий, Н. П. Электротехнические материалы / Н. П. Богородицкий, В. В. Пасынков, Б. М. Тареев // Учебник для вузов. – 7-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1985. – 304 с., ил.
3. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник / Л. А. Бессонов. – 10-е изд. – М.: Гардарики, 2002. – 638 с.
4. Куликов, М. Н. Зависимость тока намагничивания катушки от материала, заполняемого в зазор магнитной цепи / М. Н. Куликов, В. А. Носков // Инновация в науке, технике и технологиях: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф., 28–30 апреля 2014 г. – Ижевск: Удмуртский университет, 2014. – С. 141–143.
5. Покоев, П. Н. Испытание ферромагнитной пасты / П. Н. Покоев, В. А. Носков // Научно обоснованные технологии интенсификации сельскохозяйственного производства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. – Т. 3. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 301–303.

Т. А. Родыгина, Г. М. Белова

ФГБОУ ВО ГСХА

ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ МОЩНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Рассматриваются вопросы разработки организационных и технических мероприятий по снижению технических потерь электрической энергии на стадии ее глубокой трансформации со ступени 110 кВ до 6...10 кВ. В качестве данного мероприятия предлагается введение программы оптимизационного выбора трансформатора по мощности на главных понизительных подстанциях.

Районные электрические сети осуществляют прием, передачу и преобразование электрической энергии с высокого 35...110 кВ до среднего 6...10кВ уровня напряжения, где сетевым предприятием формируется полезный отпуск электроэнергии. На балансе Ижевского РЭС находится 24 понизительных подстанции 35...110/6...10 кВ суммарной установленной мощностью свыше 1600 МВА, при этом отпускаемая ими полезная мощность в часы пиковых нагрузок энергосистемы не превышает 650...710 МВт. Вместе с тем по предприятию возрастает значение технических потерь электроэнергии.

Рассматривая данные факты, следует делать выводы о том, что большинство подстанций данного класса напряжения имеют завышенную установленную мощность трансформаторов, не соответствующую нагрузкам узлов энергосистемы. Трансформаторы завышенной мощности имеют большие значения потерь энергии холостого хода на электромагнитные процессы в меди первичных обмоток, а также в стали магнитопроводов трансформаторов. Необходимо отметить, что ненагруженный трансформатор является крупным потребителем реактивной мощности из сети 110 кВ, тем самым дополнительно нагружая данную линию реактивным током, что в целом снижает значение коэффициента мощности звена электропередачи, создавая дополнительные потери напряжения и энергии в питающей линии 110 кВ [1].

На основании полученных закономерностей необходима разработка организационных и технических мероприятий по снижению технических потерь электрической энергии на стадии ее глубокой трансформации со ступени 110 кВ до 6...10 кВ [2,3]. В качестве данного мероприятия предлагается введение программы оптимизационного выбора трансформатора по мощности на главных понизительных подстанциях.

В построении математической модели трансформации электроэнергии на напряжении 35...110/6...10 кВ использовались суточные графики активной и реактивной нагрузок на шинах 6 кВ ПС «Парковая», полученные системой АСКУЭ.

Принятые допущения:

1. Принимаем продолжительность работы по зимнему графику нагрузки 200 суток, по летнему графику нагрузки – 165 дней.

2. Рассматриваем нормальный режим работы электроустановки без включения секционной ремонтной перемычки по стороне высшего напряжения и при выключенном межсекционном выключателе по стороне низшего напряжения.

Вводимые ограничения:

1. Пределы выбора мощности трансформатора из ряда 6,3; 10; 16; 25; 40; 63 МВА для данного типа подстанции КТПБ – М.

2. Выбранный по критерию оптимальности трансформатор не должен быть перегружен при секционировании по стороне низшего напряжения. Допускается кратковременная перегрузка сверх номинального тока (независимо от длительности и значения предшествующей нагрузки, температуры охлаждающей среды и места установки) в следующих пределах для масляных трансформаторов.

Таблица 1 – Допустимые перегрузки трансформаторов ТДН по току

Перегрузка по току, %	30	45	60	75	100
Длительность перегрузки, мин.	120	80	45	20	10

Порядок расчетов:

1. На основании данных АСКУЭ строятся графики активной и реактивной мощности на секциях шин 6 кВ ПС «Парковая».

2. Находится полная мощность на секциях шин 6 кВ по формуле

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (1)$$

где P – активная мощность, кВт;

Q – реактивная мощность, квар.

3. Рассчитываем токи по секциям шин и строим суточные графики тока нагрузки:

$$I = \frac{S}{U_{ном}} \quad (2)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение по стороне низшего напряжения.

4. Производим построение графиков тока в течение суток для летнего и зимнего дня, а также соответствующих графиков отпуски мощности, затем к полученным графикам добавляем линию тренда (аппроксимация и сглаживание) и по полученной линии получаем аппроксимированный полиномиальный ряд 6 степени, который впоследствии может интегрироваться по времени в пределах заданного промежутка [4].

5. Находим время использования максимальной нагрузки [5]:

$$T_M = \frac{\int_0^{t=8760} i dt}{I_{\max}} \quad (3)$$

где I_{\max} – значения получасового максимума токовой нагрузки, А.

Поскольку в течение года рассматриваются два временных отрезка работы электроустановки по различным суточным графикам, то представим формулу (3) в следующем виде:

$$T_M = \frac{\int_0^{t=8760} i dt}{I_{\max}} = \frac{\int_0^{t=3960} i_{\text{летн}} dt + \int_0^{t=4800} i_{\text{зимн}} dt}{I_{\max}} \quad (4)$$

где $i_{\text{летн}}$ и $i_{\text{зимн}}$ – функции среднесуточного тока нагрузки по времени.

6. Находим коэффициент заполнения среднесуточного графика нагрузки:

$$K_3 = \frac{T_M}{8760} \quad (5)$$

7. Определяем время максимальных потерь:

$$\tau \approx \left(\frac{K_3 + 2 \cdot K_3^2}{3} \right) \cdot 8760 \quad (6)$$

8. Определяем потери в трансформаторах по формуле:

$$\Delta W_T = \left[P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\max}}{S_{\text{ном}}} \right)^2 \cdot \tau + P_{\text{хх}} \cdot 8760 \right] \quad (7)$$

где $P_{\text{кз}}$ – потери короткого замыкания, кВт;

$P_{\text{хх}}$ – потери холостого хода, кВт;

S_{\max} – максимальная получасовая мощность нагрузки, МВА;

$S_{\text{ном}}$ – номинальная мощность трансформатора, МВА

В качестве критерия оптимальности (целевой функции ЦФ) выбраны минимальные потери энергии ΔW_T в трансформаторе

Данную целевую функцию устремляем к минимуму: ЦФ \rightarrow min;

В качестве дополнительного критерия оптимальности вводим минимум приведенных затрат (ПЗ), которые находятся по формуле:

$$ПЗ = K + E_H \cdot V_{\text{потерь}} \quad (8),$$

Такие критерии позволяют выбрать трансформатор оптимальной мощности.

Изменению будут подвергаться типоразмеры трансформаторов со ступеню увеличения мощности в 1,6 раза: 6,3; 10; 16; 25; 40; 63 МВА.

Данный вектор неизвестных (мощность трансформатора) описывается следующей формулой:

$$S = 6.3 \cdot 1.6^n \quad (9),$$

где n – целое число,

накладываются условия по типоразмеру трансформаторов

$$0 \leq n \leq 5 \quad (10)$$

Таблица 2 – Параметры узлов нагрузки

Параметр	значение	
	1 секция шин	2 секция шин
Максимальная активная мощность, кВт	4612,9	7704,0
Максимальная полная мощность, кВА	5022,7	8186,9
Максимальный ток, А	797,25	1299,5
Время использования максимальной нагрузки, ч	5606,7	6189,6
Коэффициент заполнения суточного графика нагрузки	0,64	0,707
Время максимальных потерь, ч	4261,3	4978,8

По критерию оптимальности на минимум технических потерь электроэнергии выбраны трансформаторы мощностью 10000 кВА типа ТДН-10000/110.

Для анализа сравним существующий вариант электроснабжения с трансформаторами ТДН-25000 и проектный с трансформаторами ТДН-10000.

Таблица 3 – Сравнительные характеристики вариантов электроснабжения

Параметр действующий		Вариант	
		действующий	проектный
Мощность трансформатора, кВА		25000	10000
Мощность потерь холостого хода трансформатора, кВт		40	15,5
Мощность потерь короткого замыкания трансформатора, кВт		145,0	60,0
Годовые потери в трансформаторах, тыс. кВт-ч		803,16	536,283
Из них	Потери холостого хода, тыс.кВт-ч	262,8	135,78
	Потери короткого замыкания, тыс. кВт-ч	540,36	400,503
КПД трансформации, %		97,76	98,5

Анализируя полученные результаты, делаем выводы о том, что в проектном варианте снижается объем потерь на 33,2 %.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. – СПб.: Деан, 2015. – 176 с.
2. Воротницкий, В. Е. Снижение потерь электроэнергии в 104 электрических сетях. Динамика, структура, методы анализа и мероприятия / В. Е. Воротницкий, М. А. Калинкина, Е. М. Комкова, В. И. Пятигор // Энергосбережение. – 2005. – № 3. – С. 92–97.
3. Родыгина, Т. А. Применение законов электротехники для расчета потерь электроэнергии в сети 0,4 кв с помощью математической модели / Т. А. Родыгина, Г. М. Белова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 89–93.
4. Прикладной регрессионный анализ. Множественная регрессия [Электронный ресурс] / Норман Дрейпер, Гарри Смит. – Режим доступа: <http://www.dialektika.com/books/978-5-8459-0963-3.html> (дата обращения: 16.02.2020).
5. Электроснабжение сельского хозяйства / Т. Б. Лещинская, И. В. Наумов. – М.: КолосС, 2008. – 655 с.

Р. Ю. Соловьёв, П. Л. Лекомцев

ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА

УСТАНОВКА ПО ПОДОГРЕВУ МОЛОКА НА БАЗЕ ГИБКОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА «ТРУБА В ТРУБЕ»

Рассматриваются технологии подогрева молока. Представлена методика расчета и конструктивное исполнение установки по подогреву молока на базе гибкого теплообменника «Труба в трубе».

В животном мире первые месяцы жизни являются основным, когда формируется способность организма к росту и развитию. Поэтому повышенное внимание уделяется содержанию и вскармливанию новорожденных телят. Телят в первые месяцы жизни необходимо кормить цельным молоком. Согласно [4], молоко должно быть высокого качества и подогретым до температуры 39 .

Известные промышленные установки для тепловой обработки молока рассчитаны в основном для применения на перерабатывающих предприятиях и не отвечают требованиям современного производства в условиях животноводческих ферм из-за большой металлоемкости, сложности технического обслуживания и высокого энергопотребления. Поэтому исследования по совершенствованию конструктивно-технологической схемы и определению рациональных параметров и режимов работы установки термизации молока-сырья в условиях животноводческих ферм являются актуальными и имеют важное значение для сельскохозяйственного производства [8].

На данный момент существуют установки по подогреву молока для поения телят: молочное такси – принцип действия основан на «водяной бане» (сосуд в сосуде), с электронагревом и мешалкой [5]; подогреватель молока для телят с тефлоновым покрытием – представляет собой греющий цилиндр со встроенным электрическим ТЭНом [6].

Основным недостатком представленных на рынке подогревателей является низкая скорость нагрева. Также к недостаткам можно отнести высокую стоимость молочного такси и низкую производительность тефлоновых нагревателей.

В условиях животноводческих ферм необходима установка, способная подогреть нужный объем молока за короткий промежуток времени.

Бала поставлена задача: рассчитать и спроектировать установку подогрева молока для стада в 1000 взрослых голов. Исходя из справочных данных [4, 7], был рассчитан объем молока, необходимый для подогрева при однократном кормлении. Согласно технологическому процессу кормления, определили максимальное время нагрева. По полученным данным нашли производительность установки в 300 кг/час.

Выполнив анализ теплообменных аппаратов [1, 2, 3], приняли решение выполнить секцию нагрева экспериментальной установки в виде теплообменника «труба в трубе» спирального типа из гибкой гофрированной нержавеющей трубы. Рифленая конструкция трубы обеспечивает турбулентное течение жидкости, что способствует лучшей теплопередаче и перемешиванию молока в процессе нагрева. За счет тонкой стенки трубы (0,3 мм) обеспечивается высокий к.п.д. и теплообмен, что дает возможность снизить температуру греющего теплоносителя, уменьшается образование пригара на стенках нагреваемого контура.

Выбрали вертикальное расположение теплообменного аппарата, для обеспечения самотечного нагрева молока без применения насосов. Расчет сечения и длины нагреваемого контура позволяет обеспечить нужную производительность за заданное время при самотечном движении молока.

Нагревательный контур состоит из электрического водогрейного котла, мощность которого определяют по потребному количеству теплоты. Для обеспечения циркуляции теплоносителя по нагревательному контуру использовали циркуляционный насос. Нагревательный контур выполнили замкнутого типа.

Провели испытания установки. В ходе испытаний была поставлена задача определить зависимость конечной температуры нагреваемой жидкости (молока) от начальных температур греющей среды (температура подачи теплоносителя) и нагреваемой жидкости (молока). Результаты испытаний отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний

№	$t_{нв}$ – начальная температура греющей воды,	$t_{нм}$ – начальная температура нагреваемой жидкости (молока),	$t_{км}$ – конечная температура нагреваемой жидкости (молока),
1	65	2	47
2	60	6	48,5
3	55	10	45,2
4	50	15	40,4
5	45	20	40,6

Выводы. Таким образом установлено соответствие гибкого теплообменного аппарата технологическим требованиям нагрева молока при заданной производительности 300 кг/час. При изменении температуры греющей жидкости от 65 до 45 °С температура молока изменилась от 2 до 40,6 °С. Таким образом, предложенный теплообменный аппарат можно рекомендовать для использования в производстве.

Список литературы

1. Бакластов, А. М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплообменных установок : учеб. пособие для вузов / А. М. Бакластов, В. А. Горбенко, П. Г. Удыма; под ред. А. М. Бакластова. – М.: Энергоиздат, 198– 336 с.
2. Измайлов, В. Д. Расчет теплообменных аппаратов: учеб. пособ. / В. Д. Измайлов, В. В. Филиппов. – Самара: Самарский ГТУ, 2006. – 108 с.
3. Калугин, К. С. Повышение эффективности тепловых аккумуляторов в системах отопления и ГВС с помощью ультразвука / К. С. Калугин, П. Л. Лекомцев // АгроЭкоИнфо. – 2018. – № 1 (31).
4. Кинеев, М. А. Справочная книга по молочному скотоводству / М. А. Кинеев, А. А. Тореханов. – Алматы: Бастау, 2011. – 160 с.
5. Молочное такси для выпойки телят [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zavodagro.ru/katalog-oborudovaniya/oborudovanie-dlya-xraneniya-moloka/molochnoe-taksi> (дата обращения: 25.02.2020).
6. Подогреватели молока для телят [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tian-shop.ru/catalog/ukhod-i-soderzhanie-telyat/podogrevateli-moloka-dlya-telyat> (дата обращения: 25.02.2020).
7. Справочные таблицы теплофизических свойств веществ. – Казань: Офсет КГАСА, 2001. – 26 с.
8. Шутов, А. А. Оптимизация параметров и режимов работы установки термизации молока на фермах крупного рогатого скота: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. А. Шутов. – СПб, 2011. – 20 с.

УДК 621.31:631.3(075.8)

М. Л. Шавкунов, П. Л. Лекомцев
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОКОРОННОГО ФИЛЬТРА

Рассмотрено влияние полярности тока короны, скорость воздушного потока на вольт-амперную характеристику электрокоронного фильтра.

Вид вольт-амперной характеристики зависит от многих факторов, таких, как температура воздушного потока, полярность короны, скорость воздушного потока, конструкции электродов [1–5].

После расчета и сборки экспериментальной установки было принято решение проверить, какое влияние на работу установки оказывает полярность электрокоронного разряда, а также скорость воздушного потока внутри установки. Опыты имели шестикратную повторяемость, чтобы исключить шанс ошибки при снятии данных [5–6].

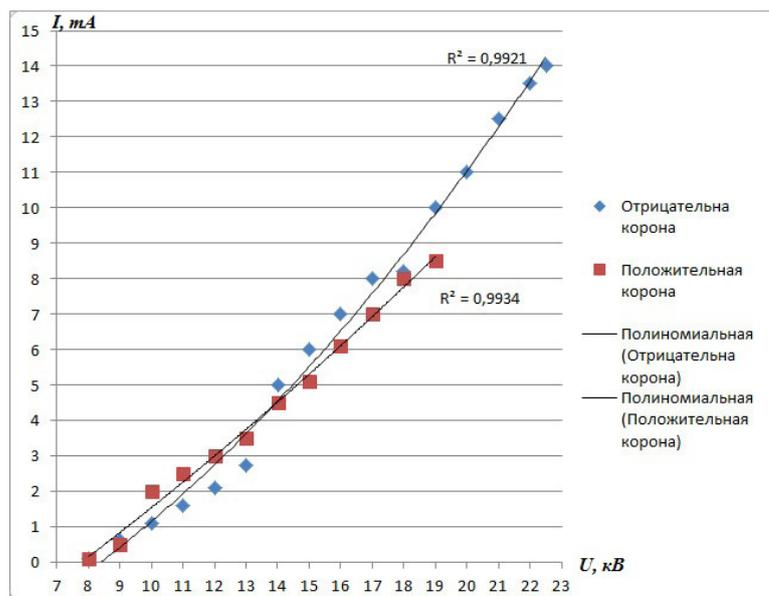


Рисунок 1 – Экспериментальная зависимость ВАХ электрофильтра от полярности короны

Как видно из полученного графика (рис. 1), при отрицательной короне ток и напряжение пробоя выше.

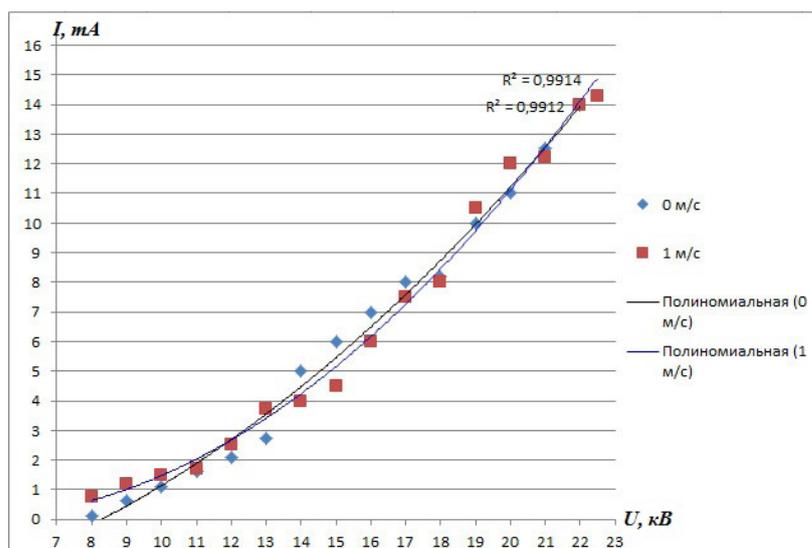


Рисунок 2 – Экспериментальная зависимость ВАХ электрофильтра при отрицательной короне и скорости воздуха 0 м/с, 1 м/с

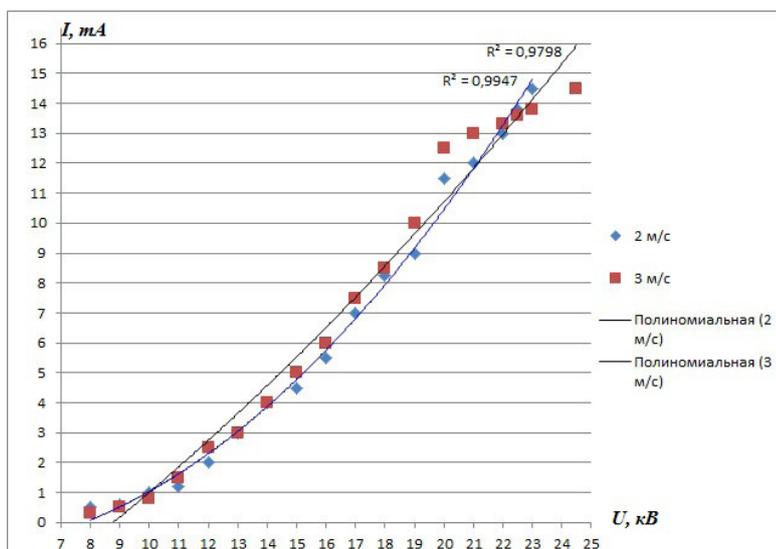


Рисунок 3 – Экспериментальная зависимость ВАХ электрофилтра при отрицательной короне и скорости воздуха 2 м/с, 3 м/с

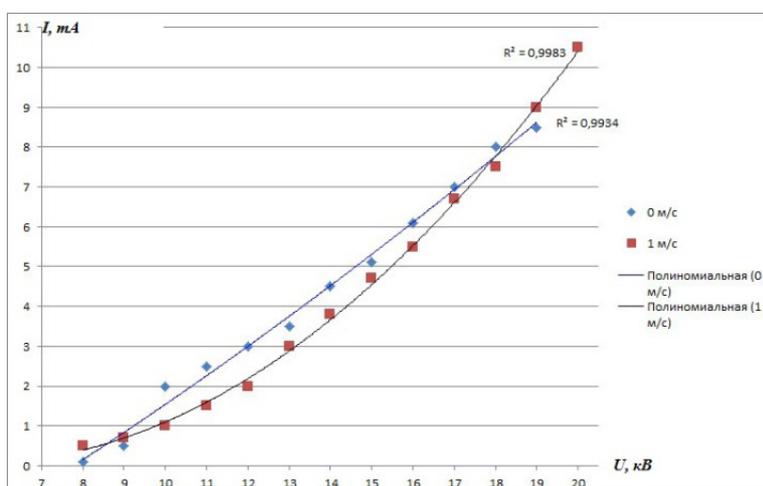


Рисунок 4 – Экспериментальная зависимость ВАХ электрофилтра при положительной короне и скорости воздуха 0 м/с, 1 м/с

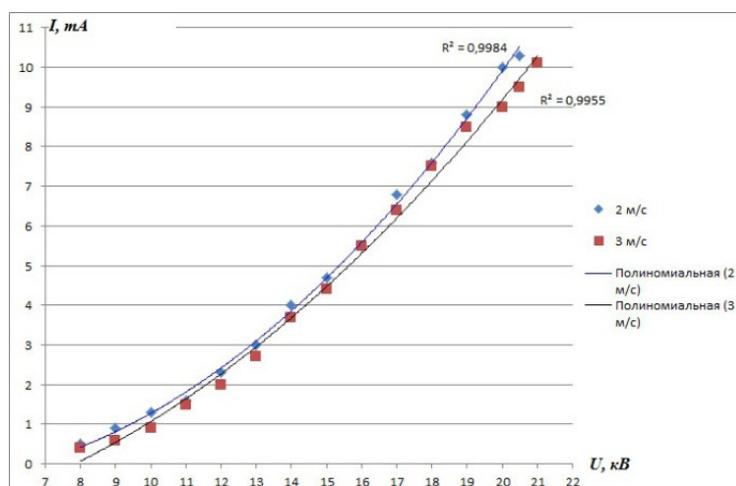


Рисунок 5 – Экспериментальная зависимость ВАХ электрофилтра при положительной короне и скорости воздуха 2 м/с, 3 м/с

Анализируя графики (рис. 2–5), можно сделать вывод о том, что чем выше скорость воздушного потока, тем выше напряжение и ток пробоя. Объяснить это можно тем, что происходит смещение заряженных частиц воздушным потоком. Также стоит отметить, что при отрицательной короне, как было сказано ранее, напряжение и ток пробоя выше, чем при положительной. Это явление связано с тем, что скорость движения положительных ионов ниже, чем отрицательных, сама же положительная корона более склонна к пробоям.

Список литературы

1. Биргер, М. И. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков, А. А. Русанов, И. И. Урбах. – М.: Энергия, 1975. – 296 с.
2. Бородин, И. Ф. Борьба с источниками микробного заражения / И. Ф. Бородин, И. Л. Бухарин, П. Л. Лекомцев // Сельский механизатор. – 2004. – № 1. – С. 20–22.
3. Бородин, И. Ф. Животным прописаны чистый воздух и ароматы / И. Бородин, И. Бухарин, Л. Макальский, А. Ниязов // Сельский механизатор. – М., 2005. – № 12. – С. 24–25.
4. Свиридов, А. А. Исследование влияния очистки воздуха в проточно-вытяжной вентиляции на оптимальную среду обитания / А. А. Свиридов. – Челябинск: Челябинский институт механизации и электрификации с.х., 1978. – Вып. 134. – С. 102–107.
5. Шавкунов, М. Л. Анализ способов очистки воздуха в сельскохозяйственных помещениях / М. Л. Шавкунов, П. Л. Лекомцев // Инновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: вклад молодых ученых-исследователей: м-лы Всеросс. науч.-практ. конференции. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2017. – С. 235 – 238.
6. Шавкунов, М. Л. Исследование вольт-амперной характеристики электрокоронного фильтра / М. Л. Шавкунов, П. Л. Лекомцев // Интеграционные взаимодействия молодых ученых в развитии аграрной науки: м-лы Национ. науч.-практ. конф. молодых ученых. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019.

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

УДК 631.371:633.521

И. В. Бадретдинова, А. А. Сергеев, Е. А. Воронцова
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

АНАЛИЗ СПОСОБОВ КОТОНИЗАЦИИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА

Рассмотрены основные способы котонизации льняного волокна. Выявлены достоинства и недостатки каждого из способов. Обусловлена необходимость поиска наиболее эффективных и экономичных способов обработки волокнистых материалов.

Лен из группы натуральных волокон постепенно вытеснил хлопок и занял ведущее место в ассортименте сырья для текстильных изделий XXI века. Обладая комплексом ценных свойств, изделия со льном постоянно обновляются [1].

Существует способ переработки лубяных волокон в хлопкообразную массу, который называют котонизацией [2]. Технические свойства котонина близки по прядомым свойствам к хлопку и пригодны для совместного прядения с хлопком и шерстью, а также с вискозой и полиэфирными волокнами [3].

Способы получения модифицированного льняного волокна можно разделить на механические, химические, физические, биологические. Различия способов заключаются в основном в режимах обработки, применяемых механизмах, составах химических сред и т.д. [4, 5]. Причем целью любого из перечисленных способов обработки короткого лубяного волокна при получении котонина является не полное разложение технических волокон на элементарные, но такая их обработка, которая способствовала бы эффективному раздроблению, утонению и укорочению длинных волокон при максимальной очистке волокна от костры, покровных и соединительных тканей, что делало волокна пригодными для переработки в бытовые ткани в смесях по хлопковой (пневмомеханической, кольцевой) или шерстяной (камвольной или суконной) технологии [5].

Сфера применения котонина достаточно широка. При производстве пряжи котонин выступает в качестве заменителя (до 50 %) натуральных волокон (хлопка, шерсти) при производстве смесовых тканей и трикотажа бытового и технического назначения [5, 4].

Химическая технология не нашла широкого промышленного применения из-за высоких затрат, хотя по своим характеристикам полученное волокно в целом соответствует требованиям хлопковой промышленности.

Механическая котонизация является наиболее экологически чистым методом: не используются химические вещества, которые негативно влияют на окружающую среду.

Технология механической котонизации льняного волокна состоит из операций разволокнения и многократного прочесывания. Отличие технологии заключается в том, что обработка осуществляется водным раствором перед операцией разволокнения. Водный раствор, в данном случае раствор ферментного препарата группы ксиланаза, пектиназа, целлюлаза, лакказы, активностью 15–50 ед/мл, при массовом отношении раствор фермента: льняное волокно, равном 1:2, при этом обработку проводят в течение 120–140 мин. с последующей сушкой обработанного льняного волокна горячим воздухом [1, 5]. Данный способ может обеспечить улучшение качества льняного волокна.

В процессе механической модификации льна получается модифицированное (котонизированное) льноволокно – это волокно приближается к свойствам длинного волокна, приобретая при этом некоторые свойства хлопка. Котонизированное волокно в среднем содержит 1,0–2,5 % костры [1, 5].

Также метод механической котонизации в качестве сырья использует отходы производства (паклю и очесы) и перерабатывает их в котонин. Механически модифицированное льноволокно не содержит вредных химических веществ, экологично и натурально.

В настоящее время существует необходимость поиска наиболее эффективных и экономичных способов обработки волокнистых материалов, в том числе отходов, полученных после первичной переработки лубяных культур. В связи с этим проводятся экспериментальные исследования на основе существующих технологий котонизации льняного волокна.

Список литературы

1. Бадретдинова, И. В. Критерии управления процессом щелочной варки льняного волокна / И. В. Бадретдинова, Н. С. Данышева // Вестник Ижевской ГСХА. – 2009. – № 3–4 (20–21). – С. 4–6.
2. Бадретдинова, И. В. Направления эффективного использования льняной костры / И. В. Бадретдинова, А. Б. Спиридонов // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2016. – С. 3–5.

3. Бадретдинова, И. В. Пути повышения эффективности льноперерабатывающей отрасли / И. В. Бадретдинова, В. В. Касаткин // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2019. – С. 6–9.

4. Бадретдинова, И. В. Экологичная упаковка на основе костры льна и природных зерновых полимеров / И. В. Бадретдинова, В. В. Касаткин // Наука Удмуртии. – 2018. – № 4 (86). – С. 17–19.

5. Гончарова, Н. В. О производстве и переработке льна в Российской Федерации. Предприятия АПК: на пути к рынку / Н. В. Гончарова. – М., 2000. – 45 с.

УДК 631.10

П. А. Давыдёнок, С. А. Боровков

ГО ВПО «Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского»

СПОСОБ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПЛОДОВО-ЯГОДНЫХ ЭКСТРАКТОВ

На основе экспериментальных данных обосновано производство экстрактов из плодово-ягодного сырья и дальнейшее их использование в пищевой промышленности. Для проведения эксперимента была использован аппарат периодического действия с перфорированной вибрационной тарелкой.

Использование растительного сырья для создания новых продуктов питания имеет ряд преимуществ за счет высокой биоактивности и биодоступности содержащихся в нем активных компонентов питания. Однако плоды и ягоды имеют короткие сроки хранения, и в период частых заморозков и похолоданий не всегда доступны. В соответствии с этим, требуется изучать различные методы переработки для круглогодичного обеспечения населения данной продукцией.

Одним из методов сохранения полезных свойств сырья в течение всего года является производство плодово-ягодных экстрактов из сухофруктов и дальнейшее их использование в производстве различных безалкогольных напитков на основе полученных экстрактов. Современные технологии сушки позволяют сохранить в сухих плодах больше биологически активных веществ, при том, что их количество будет выше, чем в свежем сырье за счет удаления влаги из плодов.

В качестве исходного сырья для исследования были взяты распространённые на территории Донецкой области плоды айвы, яблок

и груши. В лаборатории нашего университета была проведена оценка качества сушеного плодово-ягодного сырья по органолептическим показателям. Сырьё было чистым, без посторонних примесей, цвет свойственен каждому виду сухофруктов, вкус и аромат также соответствуют данному виду сушёных плодов.

Настаивание и кипячение не позволяет обеспечить полное извлечение сухих веществ из продукта. С целью улучшения технологического процесса, для снижения потерь сухих веществ в сырьё были проведены исследования по экстрагированию в поле низкочастотных механических колебаний с использованием вибрационного экстрактора, находящегося в аппаратной в одном из корпусов университета.

Экстрагирование проводилось на модели малых размеров, что позволило существенно сократить время на постановку эксперимента и количество используемых материалов.

В корпусе аппарата размещена плоская тарелка диаметром 0,142 м, перфорированная отверстиями диаметром 0,0025–0,0035 м. Тарелка имеет возможность совершать возвратно-поступательные движения в вертикальной плоскости с частотой в пределах 2...60 Гц. Аппарат имеет плоское дно, параллельное плоскости тарелки. Она жестко закреплена на штоке, который через кривошипно-шатунный механизм приводится в возвратно-поступательное движение от электродвигателя постоянного тока, включенного в бытовую электросеть через диодный мост и ЛАТР-1. Амплитуда колебаний тарелки находится в пределах 1...10 мм. Тарелка по периферии снабжена отбортовкой, равномерно распределенной вверх и вниз общей высотой 20 мм. Шток помещен в подшипник скольжения, размещенный на крышке за пределами аппарата. Аппарат имеет герметичную крышку, которая устанавливается на расстоянии 0,02 м от свободной поверхности жидкости. Таким образом, вся твёрдая фаза размещается под тарелкой. Совершая возвратно-поступательные движения в вертикальной плоскости, тарелка создаёт поле низкочастотных колебаний [1].

Перед экстрагированием сухофрукты промыли 3 раза под проточной водой до полного удаления загрязнений и измельчили до размера частиц 4-8 мм. Затем смесь плодов загрузилась в аппарат под вибрационную тарелку, заливалось водой, температурой 55°C в соотношении 1:10. Вибрационная тарелка совершала колебательное движение с частотой 15 Гц и амплитудой 9 мм. Время проведения экстрагирования составило 12 мин., за это время была установлена равновесная концентрация сухих растворимых веществ в экстракте. По окончании процесса фильтрованием через сетчатый фильтр

отделяют мезгу. Далее проводилось купажирование напитков путём добавления сахарного сиропа и 50 %-ного раствора лимонной кислоты. Напиток в горячем виде был тщательно перемешан, охлажден и помещён в камеру с температурой 0...10 °С и влажностью 75 % для хранения (не более 10 сут.).

Вывод. В результате исследования была проведена проверка эффективности применения вибрационного экстрактора периодического действия для экстрагирования сушёного плодово-ягодного сырья. Также были выявлены факторы, которые обусловили качество самих экстрактов. Разработана технологическая схема и рецептура безалкогольного напитка на основе полученных экстрактов, определена их пищевая ценность и установлены сроки хранения напитка.

Список литературы

1. Боровков, С.А. Интенсификация процесса экстрагирования растительного сырья с применением вибрационного воздействия: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / С. О. Боровков; Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. – Донецк, 2010. – 20 с.

УДК 65.63.03

**Г. Н. Жакупова, А. Т. Сагандык,
Э. К. Акишева, В. А. Серова, Г. А. Нурбекова**
*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
Республика Казахстан*

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЙОГУРТА С ПРИМЕНЕНИЕМ СЫВОРОТКИ

Приведены результаты экспериментальных исследований по разработке технологии производства йогурта с применением различных видов сыворотки, исследован физико-химический состав полученной продукции.

Рациональное использование молочной сыворотки является основной задачей в государственной программе развития агропромышленного комплекса (АПК) Республики Казахстан 2017–2021 гг. Исходя из этого, будет целесообразно использовать сыворотку в качестве основного сырья для расширения ассортимента продуктов питания [1].

В настоящее время за последние годы в Казахстане возросло количество перерабатываемого молока, вместе с ним и количество сыворотки. В таких странах, как Франция, США, Швеция, Канада, молочная промышленность перерабатывает 50–95 % отходов молочного производства [2]. В то же время в Казахстане перерабатывают всего около 1/5 часть всей молочной сыворотки. Некоторые предприниматели стали отправлять сыворотку на первичную обработку и после – на реализацию. Остальные же выливают в канализацию, что является нерациональным решением при производстве молочных продуктов питания. А также для молочных заводов нецелесообразно нести высокие затраты на очистку сточных вод, по этой причине предприятия ищут альтернативные решения своих проблем с удалением сыворотки.

Таким образом, целесообразность рационального использования молочной сыворотки как одного из видов вторичного молочного сырья обоснована и с экономической, и с экологической точек зрения.

Молочная сыворотка – наименее энергетически ценный молочный продукт, в то же время обладающий выраженным свойством возбуждать секрецию желудочных пищеварительных желез. Благодаря наличию в ней легкоусвояемых организмом белков, витаминов, углеводов и минеральных веществ, молочная сыворотка является очень ценным в биологическом отношении продуктом [3].

В молочной сыворотке содержится до 50 % сухих веществ молока, до 200 различных соединений, в числе которых лактоза, тонкодиспергированный молочный жир, растворимые азотистые соединения и минеральные соли, витамины, ферменты и органические кислоты. Широкий спектр полезных веществ, входящих в состав молочной сыворотки, обуславливает ее высокий потенциал при производстве продуктов лечебного и диетического назначения [4].

На данный момент сыворотку используют в самых разнообразных продуктах и в различных формах (жидкая, концентрированная или высушенная). Сыворотку используют в производстве таких продуктов, как хлебобулочные изделия, плавленый сыр, готовые сухие смеси, детские смеси, напитки, замороженные десерты [5].

Было проведено много исследований о целесообразности и приемлемости использования сыворотки и сывороточных продуктов в напитках и в кисломолочных продуктах, однако было проведено мало исследований по использованию необработанной, жидкой творожной сыворотки в пищевых продуктах, таких, как кисломолочные напитки, в частности йогурты [6].

Нами проведен сравнительный анализ технологии производства и физико-химических показателей йогурта с применением тво-

рожной сыворотки натуральной и сыворотка, полученной в результате производства творога из сухого молока. А также исследовалось оптимальное соотношение молока и сыворотки для получения более подходящего по органолептическим показателям продукта.

В работе использовались следующие методы:

– титриметрический метод согласно ГОСТу 3624–92, ГОСТу 25555.0–82;

– потенциометрический метод согласно ГОСТу 25179–90;

– метод измерения активной кислотности согласно ГОСТу 32892–2014;

– органолептический метод согласно ГОСТу 34352–2017, ГОСТу 31981–2013.

Йогурты с применением сыворотки в разных соотношениях композиций были произведены в экспериментально производственном цехе по переработке молочной продукции Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина (Нур-Султан, Республика Казахстан). Исследование сырья и готовой продукции было проведено в лаборатории кафедры технологии пищевых и перерабатывающих производств, технического факультета Казахского агротехнического университета имени С. Сейфуллина (Нур-Султан, Республика Казахстан).

Для исследования взято молоко жирностью 3,2 %. Молоко было исследовано в соответствии с ГОСТ 31450–2013.

Сыворотка натуральная и сыворотка, полученная в результате производства творога из сухого молока, были взяты из молокоперерабатывающих производств Акмолинской области Республики Казахстан.

Химический состав творожных сывороток был исследован согласно ГОСТу 34352–2017 на содержание кислотности, плотности и белков. Далее молоко было перемешано с натуральной сывороткой и сывороткой, полученной из восстановленного молока, в соотношении 50/50 и 30/70. После вносили заквасочные культуры Genesis, Vivo, Yolactis разного состава (5 разных наименований). Закваска вводилась в дозе 5 % от общей массы продукта. Сквашивание проводилось при температуре 38 ± 1 °С 6–8 часов. Колбы поместили в инкубатор-шейкер Orbital shaker-Incubator ES 20/60, где первые 50 минут заквашивания производились вращательно-колебательные движения образцов для насыщения заквасочной микробиологической культуры воздухом.

Полученные экспериментальные образцы были исследованы на органолептические характеристики и физико-химические показатели, результаты которых приведены на рисунках 1–4.



Рисунок 1 – Органолептические показатели йогурта с добавлением 50 % сыворотки



Рисунок 2 – Органолептические показатели йогурта с добавлением 70 % сыворотки

По органолептическим показателям результаты, полученные от йогуртов с применением сыворотки из сухого молока, не уступают йогуртам из натуральной сыворотки.

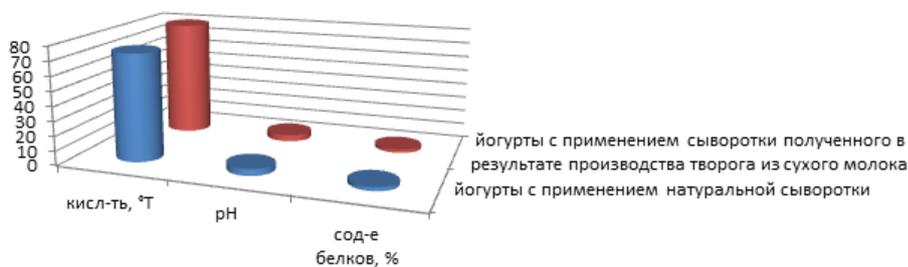


Рисунок 3 – Физико-химические показатели йогурта с добавлением 50 % сыворотки

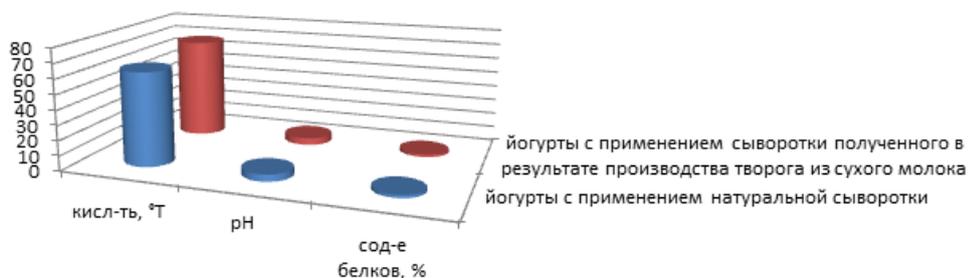


Рисунок 4 – Физико-химические показатели йогурта с добавлением 70 % сыворотки

Научно-исследовательская работа на данную тему продолжается, и на основании дальнейших исследований можно будет сделать

окончательный вывод о преимуществах использования натуральной сыворотки и из сыворотки, полученной из продуктов переработки из сухого молока, в технологии производства молочных продуктов.

Данное исследование было проведено в рамках инициативного проекта «Научное обоснование и разработка технологии продуктов питания функционального назначения госрегистрации № 0118 РКИ 0553 (2018–2020 гг.)».

Список литературы

1. Государственная программа развития АПК Республики Казахстан на 2017–2021 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mgov.kz/ru/aza-stan-respublikasyny-a-k-damytydy-2017-2021-zhyldar-a-arnal-an-memlekettik-ba-darlamasy/> (дата обращения: 01.10.2017).

2. Просеков, А. Ю. Разработка технологии молочных продуктов со сбивной структурой с использованием растительного сырья [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук. – Кемерово, 1999. – 16 с.

3. Бурова, Т. Е. биотехнология низколактозных молочно-фруктовых десертов и напитков на основе молочной сыворотки [Текст] / Т. Е. Бурова, О. Е. Рачевская // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 8 (50). – С. 9–14.

4. Короткий, И. А. Исследование процессов криоконцентрирования молочной сыворотки [Текст] / И. А. Короткий, П. А. Гунько, Д. Е. Федоров // Вестник Красноярского ГАУ. – 2014. – № 1. – С. 10–16.

5. Heather M. Burton-Trapp. The technological approaches in the development of a whey-based yogurt beverage: dis. Candidate of engineering sciences – М., 1991. – P. 20–21.

6. Beukema С.Н., Comparison of alternative sweetening systems in formulation of commercial whey beverage//M.Sc.Thesis – Canada, 1999. – P. 10.

УДК 664.683

Н. И. Мазунина¹, А. В. Мильчакова¹, Н. В. Матвеева²

¹ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

²ООО «Ижевский хлебозавод № 3»

ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПИРОЖНОГО «МУЛЕН РУЖ» И ОЦЕНКА ЕГО КАЧЕСТВА

Важнейшие направления развития кондитерской промышленности – освоение новых современных технологий производства продукции, расширение ассортимента выпускаемых изделий в соответствии с изменяющимся потребительским спросом с сохранением высокого качества продукции и гибкой ценовой политики.

Актуальность. Кондитерские изделия – высококалорийные и легко усваиваемые пищевые продукты с большим содержанием сахара и отличающиеся приятным вкусом и ароматом. В большинство мучных кондитерских изделий, кроме муки, сахара, дополнительно вводят яйца, сливочное масло, молоко, сливки, сметану, а также вкусовые и ароматизирующие вещества, приближающие готовые изделия по вкусу и аромату к натуральным продуктам (орехи, фрукты, цукаты) [1, 5, 6].

В последнее время наблюдается устойчивая тенденция к изменению ожиданий потребителей: теперь продукты питания должны не только удовлетворять физиологические потребности человека в энергии, но и быть полезными для здоровья. Основу сбалансированного, оптимального рациона составляют полезные для здоровья пищевые продукты – функциональные продукты питания. Функциональным называется продукт, предназначенный для систематического употребления в составе пищевых рационов всеми возрастными группами населения, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе физиологически функциональных пищевых продуктов [3].

Особенность современных десертов в разнице вкусовых сочетаний и текстур. Это десерты с «секретом». Внешне они очень просты – глазурь, декор и бисквитная основа. Но внутри вас ждет муссовое великолепие: фруктовые и ванильные, шоколадные и винные, на сливках или меренге и т.д. [2, 4]. Мусс принадлежит к типу «пенных» блюд, среди которых – взбитые сливки, меренга, суфле, парфе и все текстуры, насыщенные воздухом. Благодаря своей легкости они будто тают во рту. Совсем недавно кулинарная пена стала частью молекулярной кулинарии, где природные вкусы (соки, фрукты, травы) смешивают с нейтральными по вкусу стабилизаторами – белками, агаром, желатином и затем взбивают. Для создания мусса, который в переводе с французского означает «пена», используют разные компоненты и технологии, поэтому он может быть легким и воздушным или сливочным и тяжелым. В основе десертного мусса – взбитые белки, меренга, взбитые сливки или желатин, к которым добавляют вкусовые компоненты – шоколад, кофе, карамель, пюрированные фрукты, ягоды, ароматизаторы вроде мяты или ванили [7]. Муссовый торт или пирожное в идеале должны состоять из нескольких важных слоев снизу-вверх: основа, мусс, начинка, покрытие (зеркальная глазурь или велюровое покрытие) [8].

Цель заключается в разработке технологии производства бисквитного муссового пирожного «Мулен Руж» для увеличения ассортимента в ООО «Ижевский хлебозавод № 3».

Материал и методы. В схему исследования включены следующие варианты: пирожное «Бисквитное» со сливочным кремом (контроль) и пирожное бисквитное муссовое «Мулен Руж».

Результаты исследования. В 2018 г. в условиях ООО «Ижевский хлебозавод № 3» был разработан вариант пирожного бисквитного муссового «Мулен Руж». После приготовления полуфабриката (бисквит основной (К) и бисквит масляный) проводили исследования по органолептическим и физико-химическим показателям качества.

Оба полуфабриката соответствуют органолептическим и физико-химическим показателям качества по форме – прямоугольная (контроль), круглая (новый продукт). Поверхность обоих образцов была без подгорелостей, верхняя корочка гладкая, тонкая и виду в изломе – пропеченные с развитой пористостью без следов непромеса. Оба полуфабриката отличались друг от друга по вкусу, цвету и запаху. Масляный бисквит коричневого цвета, имел вкус и аромат шоколада, так как в его состав входит темный шоколад. Массовой доли влаги масляного бисквита на 2,2 % выше относительно данного показателя контрольного образца, так как увеличилось содержание масла в рецептуре изделия. Влажность обоих образцов соответствует требованиям СТО 01666468–007–2014.

Описание органолептических показателей образцов пирожных представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Органолептические показатели пирожных

Наименование и характеристика показателя СТО 01666468–007–2014	Пирожное «Бисквитное» со сливочным кремом (к)	Пирожное «Мулен Руж»
Форма: соответствующая данному наименованию, правильная, без изломов и вмятин, края должны быть ровными или фигурными, без повреждений.	Квадратная с ровными краями, без изломов и вмятин	Полусфера с ровными краями, без изломов и вмятин
Поверхность: художественно отделана кремом или другими отделочными полуфабрикатами, не допускается расплывчатый рисунок из крема, поседевшая глазурь, неопрятный вид изделий. Для глазированных пирожных допускаются небольшие наплывы глазури, незначительные участки поверхности, непокрытые глазурью.	Отделана кремом в виде розочек бело-розовый, рисунок чёткий	Заглазирована гляссажем бордового цвета, без наплывов. Оформлена завитком из шоколада

Наименование и характеристика показателя СТО 01666468–007–2014	Пирожное «Бисквитное» со сливочным кремом (к)	Пирожное «Мулен Руж»
Вкус: свойственный данному наименованию изделий, без постороннего привкуса	сладкий, сливочный	сладкий, горького шоколада
Запах: свойственный данному наименованию изделий, без постороннего запаха	ванильный	шоколадный
Цвет: свойственный данному наименованию изделий	Бело-розовый	Бордовый

Оба изделия соответствуют нормативным показателям СТО 01666468–007–2014: форма – квадратная (к) и полусфера (новый продукт); поверхность – отделана кремом в виде розочек (к), заглазирована гляссажем (новый продукт); вкус и запах – свойственный, без постороннего привкуса и запаха, соответствуют добавленному шоколаду; цвет – бело-розовый (к), бордовый (новый продукт). На себестоимость производства пирожного оказывает влияние не только стоимость сырья, но и другие показатели. Усовершенствование технологического процесса, изменение рецептур приводит к сокращению работы оборудования, сокращаются затраты на электроэнергию, организацию производства и управления. Себестоимость нового продукта увеличивается на 22,5 руб./ед. от себестоимости контрольного образца (14,0 руб./ед.). Так как в новом продукте увеличены затраты на сырье, следовательно, цена реализации составляет 85,0 руб./ед., контрольный образец – 25,0 руб./ед. В результате наибольшей чистой прибыли нового пирожного уровень рентабельности составил 148 %.

Вывод. Таким образом, пирожное «Мулен Руж» – это десерт с «секретом». Внешне очень простое – глазурь, декор и бисквитная основа, но внутри – муссовое великолепие. Производство этого нового продукта увеличивает ассортимент кондитерских мучных изделий в ООО «Ижевский хлебозавод № 3».

Список литературы

1. Зубченко, А. В. Технология кондитерского производства / А. В. Зубченко. – Воронеж: Воронежская государственная технологическая академия, 1999. – 399 с.
2. Ковэн, С. Практические рекомендации хлебопекам и кондитерам 202 вопроса и ответа / С. Ковэн, Л. Янг; пер. с англ. к.т.н. В. Е. Ашкинази. – СПб.: Профессия, 2008. – 240 с.

3. Кондратова, И. И. Научное сопровождение кондитерской, пищевконцентратной и масложировой отраслей пищевой промышленности / И. И. Кондратова, С. Е. Томашевич // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2011. – № 2 – С. 42.

4. Кочкова, Я. А. Современные проблемы кондитерской промышленности в России / Я. А. Кочкова // Молодой ученый. – 2015. – № 21. – С. 404–406.

5. Лурье, И. С. Технология кондитерского производства / И. С. Лурье. – М.: Агропромиздат, 1992. – 399 с.

6. Мирошниченко, Д. Обзор российского рынка кондитерских изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.openbusiness.ru/biz/business/obzor-rossiyskogo-rynka-konditerskikh-izdeliy/> (дата обращения: 07.12.2017).

7. Мусс: история создания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sladкое.menu/vkusnye-istorii/muss-istoriya-sozdaniya/> (дата обращения: 25.09.2017).

8. Муссовый торт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://craftology.ru/rcipes/master-klass/7774/> (дата обращения: 20.09.2017).

УДК 631.8

О. В. Платонова, С. Ю. Сывороткина

Академия ФСИН России

ВЛИЯНИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ НИТРАТОВ В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ

Представлены результаты исследований о влиянии комплекса агротехнических факторов на содержание нитратов в клубнях. Исследования показали, что дополнительные дозы фосфорно-калийных удобрений способствуют снижению количества нитратов в клубнях, а совместное их внесение с органическими удобрениями и запашкой соломы не сдерживает динамику накопления нитратов в клубнях.

В последние десятилетия во всем мире большой проблемой является содержание в продуктах нитратов. Среди продуктов питания главным источником нитратов являются свежие и консервированные овощи, на долю которых приходится 70–86 % суточной нормы, около 15 % приходится на мясные изделия и копчености и примерно 10 % на все остальные источники – питьевая вода, лекарственные препараты и так далее [2].

Содержание нитратов в клубнях является одним из важнейших показателей их качества и безопасности. Потенциальная токсичность

нитратов заключается в том, что они при определенных условиях могут восстанавливаться до нитритов, которые обуславливают серьезные нарушения здоровья не только детей, но и взрослых. Медики уделяют большое внимание нитратам и нитритам еще и потому, что они превращаются в конечном итоге в организме человека в нитрозосоединения, многие из которых являются канцерогенными.

Картофель является одной из важнейших сельскохозяйственных культур Нечерноземной зоны России, возделываемый на продовольственные, технические и кормовые цели. При возделывании картофеля производители, как правило, основной упор делают на повышение урожайности, не принимая во внимание его качество. Однако для потребителя приоритетными остаются показатели качества, определяющие вкусовые достоинства и пищевую ценность клубней.

Накопление нитратов в картофеле представляет собой естественное физиологическое явление. Предельно-допустимая концентрация нитратов для картофеля, утвержденная Министерством здравоохранения, составляет 250 мг нитратного азота на 1 кг сырых клубней (ГОСТ 26832–86). Считается, что при таком ПДК картофель безвреден [4].

Качество картофеля закладывается в период выращивания. На накопление нитратов в клубнях картофеля оказывает влияние множество управляемых и неуправляемых факторов, среди которых важное место принадлежит агротехническим мероприятиям, в частности органическим и минеральным удобрениям. На повышение количества нитратов в продукции наибольшее влияние из минеральных удобрений оказывают азотные, тогда как фосфорные и несколько в меньшей степени – калийные, наоборот снижают их уровень. Органические удобрения выступают самостоятельным и сильно действующим фактором в накоплении нитратов, превосходя по действию минеральные [1].

Целью исследований являлся анализ клубней картофеля на количественное наличие нитратов в зависимости от комплексного влияния фона минеральных удобрений, доз навоза и заправки измельченной соломы.

В качестве органических удобрений использовали бесподстилочный навоз крупного рогатого скота, биологический мелиорант – измельченную солому озимой пшеницы, полученную после уборки предшественника.

Минеральным фоном 1 служило внесение комплексного минерального удобрения – нитрофоски ($N_{90}P_{90}K_{90}$) с соотношением $N:P:K=1:1:1$ – фон 1. В связи с тем, что картофель нуждается в по-

вышенных дозах Р и К, фоном 2 служило дополнительное внесение сульфата калия (P₄₅) и двойного гранулированного суперфосфата (K₄₅) по фону 1. Эксперимент представлял собой трехфакторный опыт по полной факториальной схеме.

Исследования проводились на опытном поле лаборатории картофелеводства Рязанского НИПТИ АПК. Содержание нитратов в клубнях картофеля определяли потенциометрическим методом по ГОСТ 26832–86.

Наши исследования показали, что увеличение дозы органического удобрения приводило к закономерному увеличению количества нитратов в клубнях (табл. 1).

Таблица 1 – Влияние фона минеральных удобрений, доз навоза и заправки соломы на накопление нитратов в клубнях

Доза навоза, т/га	Содержание нитратов, мг/кг	
	Стерня	Заправка соломы
Фон 1		
0	119,8	133,6
20	126,6	142,7
40	138,2	150,2
Фон 2		
0	115,6	128,4
20	134,1	152,9
40	144,1	161,2

Так, на контроле (стерня – по фону 1 без навоза) содержание нитратов в среднем по годам исследования составляло 119,8 мг/кг, при внесении 20 т/га их количество увеличивалось на 7,8 %, при внесении 40 т/га – на 17,6 % по отношению к контролю.

На фоне усиленного фосфорно-калийного питания (фон 2) данная динамика также четко прослеживалась. При внесении 20 т/га по фону 2 количество нитратов в клубнях картофеля составляло 134,1 мг/кг (+11,9 % к контролю), при внесении 40 т/га – 144,1 мг/кг (+20,3 %).

Заправка соломы, выступая в качестве дополнительного источника органических веществ, способствовала еще большему увеличению количества нитратов в клубнях по сравнению с вариантами без соломы. Так, в варианте с заправкой соломы без навоза по фону 1, количество нитратов составляло в среднем за 3 года 133,6 против 119,8 мг/кг – на контроле, при внесении 20 т/га с заправкой соломы их количество увеличилось на 19,1 %, при внесении 40 т/га – на 25,4 % по отношению к контролю (стерня) [3].

Таким образом, дополнительные дозы фосфорно-калийных удобрений без органических удобрений способствуют снижению количества нитратов в клубнях, а совместное их внесение с органическими удобрениями и запашкой соломы не сдерживает динамику накопления нитратов в клубнях. Следовательно, для получения экологически безопасной продукции с низким содержанием нитратов (115,6 мг/кг) следует применять сбалансированную систему органических и минеральных удобрений (стерня по фону 2 (N₉₀P₁₃₅K₁₃₅) без навоза).

Список литературы

1. Коршунов, А. В. Управление урожаем и качеством картофеля / А. В. Коршунов. – М.: ВНИИКХ, 2001. – 369 с.
2. Мосина, Л. В. Агроэкология. Сельскохозяйственная экология / Л. В. Мосина. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2000. – С.88–99.
3. Платонова, О. В. Урожайность и качество картофеля в зависимости от фона минерального питания, доз навоза и заправки соломы, как мелиоранта, в условиях южной части Центрального региона России / О. В. Платонова: дис... к.с.-х. наук: 06.01.09 – ВНИИКХ им. А. Г. Лорха. – Московская область, г. Люберцы, 2009. – 141 с.
4. Платонова, О. В. Влияние агротехнических факторов на качество картофеля / О. В. Платонова, О. В. Савина // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – Рязань, 2009. – С. 75–77.

УДК 665.322.061.3

В. А. Руденок, Г. Н. Аристова

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

РЕЭКСТРАКЦИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВИТАМИННОГО ХВОЙНОГО КОНЦЕНТРАТА

Актуальна проблема использования древесной зелени хвойных с получением биологически активных препаратов. Витамины, входящие в кормовые добавки, полученные из хвои, являются катализаторами обменных процессов, позволяют свести к минимуму последствия стрессов, повысить защитные функции организма. Аминокислоты, входящие в состав кормовых добавок, являются структурными единицами тканевых белков, ферментов, пептидных гормонов и других биологически активных соединений. Они оказывают комплексное общеукрепляющее действие, а также способствуют повышению усвояемости кормов и повышению продуктивности животных и птицы.

В литературе [1] обсуждается вопрос технологического оснащения процессов получения добавок из хвои, в том числе и с применением экстракции. Но это энергоемкие, сложные технологии, предусматривающие использование перегонки с паром, дистилляцию и т.д.

В данной работе предлагается экспериментально отработанная авторами простая технология двойной экстракции ценных компонентов хвои, не требующая больших энергетических затрат. Технология сводится к тому, что исходное хвойное сырье в виде лапок обрабатывается в барабанном центробежном экстракторе этиловым спиртом. Растворимые компоненты хвои переходят в спиртовую фазу. Образовавшийся спиртовый концентрат интенсивно-зеленого цвета, с сильным запахом хвои, для дальнейшей переработки отделяется центрифугированием и подается в смесительный аппарат. Сюда же для реэкстракции извлеченных спиртом продуктов подается подсолнечное масло. Оба растворителя выбраны благодаря особенностям свойств этой пары жидкостей. Подсолнечное масло не смешивается с этиловым спиртом и не растворяется в нем. В процессе интенсивного перемешивания жидкостей экстрагированные ранее спиртом из хвои вещества реэкстрагируются – равномерно переходят через границу раздела из спирта в масляную фазу. Масло приобретает зеленый цвет. Окраска спирта при этом становится более бледной.

По окончании процесса реэкстракции аппарат останавливается и жидкости самопроизвольно расслаиваются. После полного расслоения фаз масляная фракция отделяется от спирта декантацией и отправляется потребителю для дозированного добавления в кормосмесь.

Отделившийся обедненный спирт вновь подается на обработку следующей порции растительного сырья. При этом хвоя после обработки в экстракторе может подвергаться размолу для получения витаминной муки, содержащей мелкодисперсную клетчатку с примесью оставшихся в ней не поддающихся экстракции тяжелых эфиров, восков и других составляющих.

Список литературы

1. У Юй. Фенольные соединения кроны дерева сосны обыкновенной: дисс. канд. хим. наук. – СПб., 2006. – 149 с.

А. А. Сергеев, И. В. Бадретдинова

ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ УСТАНОВОК

Рассмотрен метод проектирования установок для проведения лабораторных работ с использованием принципов физического моделирования и методов теории подобия.

Преподавание инженерных дисциплин невозможно без проведения лабораторных работ. Создание лабораторной установки, достаточно точно соответствующей промышленному образцу, является достаточно сложной задачей. Спроектировать такую установку можно, используя принципы физического моделирования и методы теории подобия.

Чтобы процесс, протекающий в лабораторной установке, был подобен процессу, протекающему в промышленном аппарате, необходимо соблюдение определенных условий:

1. Процессы, протекающие как в промышленном аппарате, так и в лабораторной установке, должны описываться одной и той же системой дифференциальных уравнений.

2. Необходимо соблюдение подобия условий однозначности.

Условия однозначности состоят из:

- 1) геометрического подобия аппаратов;
- 2) временного подобия;
- 3) подобия физических величин, характеризующих процесс;
- 4) граничных условий;
- 5) начальных условий.

Подобие граничных и начальных условий предполагает, что состояние на границах и начальное состояние системы, состоящей из промышленного аппарата и лабораторной установки, подобны, то есть отношения основных параметров в начале и на границах системы постоянны. Однако такое возможно лишь в тех случаях, когда для граничных и начальных условий сохраняется геометрическое, временное подобие и подобие физических величин. Именно подобие граничных и начальных условий особенно важно, так как в некоторых случаях в основном объеме системы подобие может соблюдаться не полностью. Причем даже незначительное отклонение граничных и начальных условий может привести к довольно существенному нарушению подобия системы.

Исходя из площади лабораторной аудитории и задач, которые ставятся при проведении лабораторной работы, выбирается масштабный коэффициент. В соответствии с ним пересчитываются все линейные размеры проектируемой лабораторной установки. Промышленность выпускает определенный ряд типоразмеров реальных промышленных аппаратов, поэтому необходимо выбрать из этого ряда аппарат, чтобы, преобразовав его размеры с учетом масштабного коэффициента, получить размеры лабораторной установки, близкие к желаемым. Таким образом, используя методы теории подобия, можно спроектировать лабораторную установку, на которой с достаточной для практики точностью можно моделировать достаточно сложные процессы, и при этом использовать не рабочие вещества, иногда токсичные, дорогостоящие, взрывоопасные, а модельные вещества, например, воду, воздух.

При расчете подобия физических величин необходимо стараться сохранить масштабный коэффициент равным единице, то есть такие параметры, как давление и температура, такими же, как и в реальном процессе.

Список литературы

1. Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. В 2-х кн. / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1997.
2. Сергеев, А. А. Процессы и аппараты пищевых производств: учеб. пособие. / А. А. Сергеев. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2013. – 374 с.
3. Гухман, А. А. Применение теории подобия к исследованию теплообмена / А. А. Гухман. – М.: Химия, 1971. – 496 с.

УДК [664+637]:004

**А. Б. Спиридонов, Т. С. Копысова,
К. В. Анисимова, А. Ф. Ипатова**
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПИЩЕВОЙ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рассмотрена модель «Индустрия 4.0» в пищевой и перерабатывающей промышленности. В ходе исследования обоснована необходимость автоматизации процессов производства, приведены примеры опасных процессов, в которых замена человеческого труда роботом приведет к повышению эффективности всего производства.

Внедрение научных открытий в производство – это залог экономической эффективности любого бизнеса. Применение инноваций зачастую способствует интенсификации технологических процессов, повышению эффективности и улучшению качества готовой продукции, а также более рациональному использованию сырья.

Одними из важнейших достижений в человеческой истории являются изобретения в сфере сельского хозяйства и животноводства. Целенаправленное и широкомасштабное производство и переработка продуктов питания сделали возможным устойчивое развитие человеческой цивилизации. Население мира неуклонно растет, и поэтому сегодняшняя пищевая промышленность продолжает оставаться одной из главных опор мировой экономики [1].

Интернет вещей (IoT), робототехника и автоматизация открыли эпоху четвертой промышленной революции. Эти технологии, наряду с данными огромных объёмов и аналитикой, а также кибер-физическими системами (интеграция вычислительных ресурсов в физические процессы), лежат в основе модели «Индустрия 4.0». Вместе они создают новые связи в реальном времени между машинами, производственными процессами и системами, благодаря чему в данное время происходят фундаментальные изменения в методиках организации промышленного производства, в основе которых лежат совершенно новые бизнес-модели.

Конечно, автоматизация, а также сбор и обработка данных, существуют в пищевой промышленности уже не одно десятилетие, но сегодняшние потребители как никогда требовательны к качеству продуктов питания. Экологичные методы производства с возможностью отследить происхождение, а также отсутствие искусственных добавок – все эти моменты сейчас очень важны. Новый спрос побуждает пищевую промышленность реагировать и переосмысливать свои продукты, а также технологии их производства.

Очевидно, что создание современного продукта, который отвечает высоким стандартам качества потребителей, также требует привлечение значительных ресурсов. Именно здесь вступает в игру «Индустрия 4.0»: интеллектуальные робототехнические и сенсорные технологии открывают совершенно новые возможности для повышения эффективности производства.

В сочетании с Интернетом вещей (IoT) «Индустрия 4.0» предлагает производителям возможность собирать, анализировать и обрабатывать огромные объемы данных, как никогда ранее, а затем последовательно повышать эффективность производства при помощи автоматизированной робототехники. И, как результат, более качественный продукт при меньших эксплуатационных расходах.

Когда мы говорим об интеллектуальной автоматизации в рамках «Индустрии 4.0», робототехнику нельзя оставлять без внимания. Робототехника с высокой точностью выполняет самую утомительную работу, а также в значительной степени увеличивает производительность одного рабочего места. Это особенно актуально для пищевой промышленности, которая предъявляет строгие требования к бережливому производству в отношении соответствия нормативам качества выпускаемой продукции.

Благодаря интеллектуальному управлению производственными мощностями и эффективной обработке сырья, объем ресурсов, привлекаемых для производства пищевой продукции, может быть значительно сокращен. А с помощью современных технологий видеонаблюдения и быстрой компьютерной обработки изображений, упаковочные роботы могут выполнять множество все более сложных задач, вплоть до индивидуальной компоновки товаров. Таким образом, мост между промышленным объемом производства и высоким качеством может быть достигнут при одновременном снижении затрат.

Производство пищевых продуктов можно разделить на два этапа: первичная переработка пищевых продуктов и их вторичная переработка.

Первичная обработка включает работу с сырыми пищевыми продуктами, которые очищены, отсортированы, измельчены, упакованы и т. д. Некоторые продукты, такие, как сырые овощи, подвергаются только первичной обработке, после чего они отправляются сразу на стадию упаковки. Другие продукты перед упаковкой подвергаются также и вторичной обработке. До недавнего времени роботизированная обработка на этом этапе имела существенные ограничения или вообще отсутствовала. Сырые продукты различаются по размеру, весу и форме. Это затрудняет работу роботов с ними. Тем не менее, последние разработки в области зондирования и мягкого захвата позволили роботам обрабатывать многие сырые продукты.

1. Мясопереработка. Мясопереработку традиционно очень сложно автоматизировать. Производители начали искать способы внедрения роботов на своих заводах по причине того, что некоторые производственные процессы очень опасны для людей. Например, резка целой туши осуществляется на высокоскоростной дисковой пиле в течение всей рабочей смены, риск получения серьезной производственной травмы на данном этапе зашкаливает. Решением может являться автоматизация этого процесса при помощи роботоманипуляторов с использованием датчиков машинного зрения.

2. Сбор фруктов и овощей. По аналогии с мясопереработкой роботам всегда было сложно справиться с фруктами и овощами из-

за их различных размеров и форм. Эти продукты также требуют деликатного обращения, чтобы избежать повреждений. Тем не менее, последние разработки в области технологий захвата, похоже, все это изменят. Гибкий и деликатный захват с применением машинного зрения поможет обрабатывать самые хрупкие продукты, даже отдельные листья салата!

3. Роботизированная резка и шинкование. Большую часть задач по резке и шинкованию достаточно легко автоматизировать. Например, уже достаточно давно бытовые кухонные комбайны могут нарезать овощи и фрукты на частицы однородной формы. Применение роботов не актуально для этого типа простой автоматизации. Однако для более продвинутой обработки, например, при разделке рыбы, необходимо учитывать устранение дефектов рыбы, а также нарезку филе до однородных форм и размеров. В данном случае роботизация с применением всех новейших разработок в области захвата и машинного зрения становится просто незаменимой.

Вторичная обработка применяется уже для более сложных типов продуктов. Роботы используются в этом направлении уже в течение долгого времени, особенно для захвата и перемещения. Тем не менее, последние разработки открыли двери для еще более передовых применений систем роботизации.

Ручная обработка загрязненных продуктов питания приводит к возникновению профессиональных заболеваний. Роботизированная обработка пищевых продуктов потенциально может уменьшить эти риски, выводя людей из этого производственного процесса, но это возможно только в том случае, если сами роботы не вызывают загрязнения.

Одной из наиболее сложных проблем для автоматизации пищевых продуктов является тот факт, что каждый элемент оборудования должен быть тщательно промыт и продезинфицирован, чтобы избежать повторного загрязнения продуктов. Производители роботов работают над повышением уровня влагозащиты их корпусов и других открытых частей роботов. Это позволяет им проходить тщательную промывку в конце каждого рабочего цикла.

Продажи промышленных роботов на рынке продуктов питания и напитков продолжают расти. На данный момент применение промышленных роботов при переработке мяса, обработке фруктов и овощей, а также при сборе и размещении обработанных пищевых продуктов становится все более актуальным во всем мире. Это расширение обусловлено технологическими достижениями, такими, как адаптация для использования специального инструмента на конце руки или новейшие технологии захвата.

Оборудование, автоматизированные линии и участки, рецептурные решения, присутствующие в производственном цикле, являются звеньями одной цепи. На техническом уровне это выстраивается, синхронизируется и поддерживается цифровыми решениями – это, безусловно, современное программное обеспечение, которое поддерживается интернетом, в том числе сетью беспроводного стандарта. Все это обеспечивает организацию и управление процессами дистанционно и позволяет быстро устранять технические неполадки.

Список литературы

1. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли / А. Б. Спиридонов, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – С. 183–187.

2. Повышение энергоэффективности промышленных зданий и сооружений путём внедрения автоматизированных систем / А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова, Т. А. Шумилова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. в 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – С. 270–275.

3. Цифровые технологии в пищевой промышленности : сайт. – Ижевск, 2020. – Режим доступа: <https://www.cfo-russia.ru/issledovaniya/index.php?article=42469>.

4. Умные решения для пищевой промышленности с «Индустрией 4.0». – Ижевск, 2020. – Режим доступа: <https://www.deltasvar.ru/biblioteka/novosti/469-umnye-resheniya-dlya-pishhevoj-promyshlennosti-s-lindustriej-40r>.

5. Пять технологий цифровой эры промышленности: сайт. – Ижевск, 2020. – Режим доступа: <https://controlengrussia.com/innovatsii/pyat-tehnologij/>.

УДК 663.8+664.061.3–035.2

**А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова,
Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова**
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ЭКСТРАГИРОВАННЫХ НАПИТКОВ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Исследование растительного сырья Удмуртской Республики с целью применения его в качестве компонентов функциональных продуктов. Обзор способов получения растительных экстрактов. Анализ органолептических характеристик отобранных образцов функциональных напитков.

Государственная политика в области здорового питания населения Российской Федерации направлена на приобщение людей к потреблению продуктов функционального назначения в ежедневном рационе.

Анализ ассортимента функциональных напитков, производимых в России и Удмуртии, показал недостаточность развития данного направления и ограниченность применения обогатителей. Согласно Федеральному закону «О качестве и безопасности пищевых продуктов», деятельность по изготовлению и обороту пищевых продуктов необходимо осуществлять по требованиям нормативных документов к пищевым продуктам, условиям их изготовления, хранения, перевозок и реализации.

Разрабатываемые рецептуры напитков относятся к разряду функциональных пищевых продуктов, имеют особое влияние на физиологические функции организма человека, оптимальное соотношение ингредиентов [1].

Объекты исследования. Процессы экстрагирования растительного сырья, купажирования полученных экстрактов с последующим изучением потребительских свойств посредством проведения органолептического анализа.

Цель работы. Разработать и исследовать потребительские свойства экстрагированных напитков на основе растительного сырья Удмуртской Республики.

Задачи данного этапа исследования:

1. Изучить растительное сырьё, произрастающее на территории Удмуртской Республики, используемое как источники функционального питания.
2. Исследовать способы получения растительных экстрактов.
3. Купажирование экстрактов и проведение органолептического анализа полученных образцов.

Перед коллективом авторов поставлена задача – разработать рецептуру напитков с оптимальным соотношением ингредиентов.

Для исследования были выбраны растения, используемые в народной медицине и произрастающие на территории Удмуртской Республики: костяника, облепиха, шиповник, пижма, барбарис, боярышник, ежевика, зверобой продырявленный, липа сердцевидная, малина, смородина, черемуха. Разрабатываемые рецептуры напитков относятся к разряду функциональных пищевых продуктов, имеющих особое влияние на физиологические функции организма человека.

Создание экстрагированных напитков подразумевает такой состав компонентов, полезные свойства и противопоказания которых не противоречили бы друг другу. Проведённый анализ позволил

выбрать из приведенного перечня наиболее оптимальные компоненты сырья и начать исследования по составлению рецептур напитков, отвечающих требованиям функционального питания. Функциональность пищевого ингредиента в составе пищевых продуктов обуславливается его эффективностью при систематическом употреблении. Однако она должна быть предварительно научно подтверждена и обоснована согласно требованиям соответствующих нормативных и правовых документов [2].

Такой продукт предназначен для употребления всеми возрастными группами здорового населения. Его предназначение снижать риск развития заболеваний, связанных с питанием, предотвращать дефицит или восполнять имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ. Функциональный пищевой ингредиент должен содержаться в продукте в количестве не менее 15 % от суточной физиологической потребности в расчете на одну порцию продукта, обладать способностью оказывать эффект на одну или несколько физиологических функций, процессы обмена веществ в организме человека при систематическом употреблении [4].

Результаты и обсуждения. Для получения экстрагированных напитков из растительного сырья используется процесс экстракции. Экстракция может проводиться при комнатной температуре, при повышенной температуре, при пониженной температуре сверхкритическими жидкостями.

Известные в настоящее время традиционные способы извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья (мацерация, вихревая экстракция, перколяция, реперколяция) в большинстве случаев не позволяют получить необходимый эффект, так как не обеспечивают достаточную полноту извлечения экстрактивных веществ, характеризуются высокой длительностью процесса и непродуктивными затратами подведенной энергии. Постоянное увеличение объемов производства и ассортимента продуктов питания на основе экстрактов остро ставит задачу необходимости дальнейшей разработки теории процесса, новых интенсивных способов экстрагирования и оборудования, необходимого для осуществления данного процесса [6, 7, 11].

Существующие технологии извлечения экстрактов из растительного сырья довольно трудоемки и требуют больших производственных площадей, затрат рабочего времени, высокой численности работников, сложны в производстве [9].

Движущей силой процесса экстрагирования является разница концентраций экстрагируемого вещества в жидкости, которая заполняет поры твердого тела. Механизм экстрагирования включает в себя проникновение растворителя (вода, водно-спиртовая смесь, молочная

сыворотка, сжиженный газ) в поры твердого материала, растворение там компонентов, перенос экстрагируемых веществ из глубины твердой частицы на поверхность разделения фаз при помощи молекулярной диффузии и в дальнейшем перенос веществ от поверхности раздела в растворитель при помощи конвекционной диффузии. Интенсифицировать процесс можно методами физического воздействия (обработка СВЧ, ультразвуком) [8, 10].

Разработка технологии извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья осуществлялась с учетом поставленных требований:

- минимальное время проведения процесса;
- полученный продукт должен быть безопасен в пищевом отношении по органолептическим показателям;
- разработанная технология должна быть доступной для предприятий пищевой промышленности и легко внедряемой уже в существующие технологические линии производства продуктов питания.

В результате поставленных требований на кафедре «Технологии и оборудование пищевых и перерабатывающих производств» ФГБОУ ВО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия» предложена технология извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья с дальнейшим применением на пищевых предприятиях.

Данная технология состоит из следующих операций:

1. Подготовка растительного сырья – заключается в распаковке (сырье в сухом виде);
2. Взвешивание сырья на весах;
3. Заполнение емкости для экстракции сухим растительным сырьем;
4. Наполнение емкости питьевой водой на 70 % от объема емкости;
5. Перемешивание ($t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, выдержка 15 мин.);
6. Включение волноводов ($t = 70\text{--}80\text{ }^{\circ}\text{C}$, СВЧ-излучение, выдержка 1 мин.);
7. Экстракция (Экстракты: мяты, боярышника, барбариса, шиповника);
8. Купажирование ($t = 20\text{--}40\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Определение качества и безопасности продукции.

Для определения качественных показателей необходимо применять методы проверки в следующих направленностях:

- органолептические показатели;
- физико-химические
- показатели безопасности (микробиологические, токсикологические).

Для характеристики качественных показателей функциональных напитков необходимо определить, какие пищевые функциональные ингредиенты и в каком количестве они должны присутствовать в функциональном напитке (табл. 1).

Для оценки качественных показателей использовались нормативные документы [3, 4, 5].

Таблица 1 – Ингредиентный состав образцов напитков

Ингредиент	Барбарис	Боярышник	Шиповник	Мята
образец 1	2	2	2	2
образец 2	1	2	2	2
образец 3	2	2	2	1
образец 4	2	2	1	2
образец 5	2	1	2	2

В таблице 2 и 3 представлены сравнительные органолептические характеристики исследуемого напитка с разными сочетаниями выбранных ингредиентов.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика внешнего вида образцов напитка

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
цветовой тон	в-кр/к*	к-кр	п-к	п-к	п-к
насыщенность	5	3	5	4	4
яркость	т	т	т	т	т
мутность / прозрачность	0/2	0/3	0/2	1/1	0/2
консистенция	ж	ж	ж	ж	ж

Примечание: *в-кр/к – винно-красно-коричневый; к – кр – коричнево – красный; п-к – пурпурно-красный; т – темный; ж – жидкая. Цифры обозначают интенсивность проявления: 0 – min, 3 – max.

Таблица 3 – Вкус, запах и аромат напитка

Показатель	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
запах	мятный	мятный	мятный	мятный	мятный
аромат	+	+	+	+	+
вкус кисло-сладкий (интенсивность)	3	2	1	2	3
эмоциональный вкус (приятный)	3	2	1	2	3

Примечание: *Цифры обозначают интенсивность проявления: 0 – min, 3 – max.

В органолептической оценке разрабатываемого напитка было выявлено предпочтение образцу 1 (100 % потребителей, участвовавших в исследовании, отдали предпочтение именно этому варианту).

Выводы. В результате проделанной работы было изучено растительное сырьё, произрастающее на территории Удмуртской Республики, используемое как источники функционального питания. Анализ показал, что для производства обогащенных (функциональных) безалкогольных напитков среди всего разнообразия компонентов наиболее подходящими являются: мята, барбарис, боярышник, шиповник. Исследование способов получения растительных экстрактов показало, что применение СВЧ на стадии экстрагирования многократно ускоряет процесс, сохраняя органолептические характеристики. Купажирование экстрактов проводилось в различных сочетаниях компонентов. По результатам органолептического анализа (потребительский контроль), наиболее оптимальным сочетанием является 2:2:2:2 (барбарис, боярышник, шиповник и мята). Полученный напиток имеет кисло-сладкий вкус с мятным послевкусием и освежающим эффектом. Для запуска в производство необходимо произвести анализ методов и компонентов, оказывающих консервирующее действие (продолгование сроков хранения).

Список литературы

1. Главатских, Н. Г. Питание человека в настоящем и будущем / Н. Г. Главатских, А. Б. Спиридонов, О. Б. Поробова, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова // Аграрная наука сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. / Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2019. – С. 160–168.
2. ГОСТ Р 54059 -2010 «Продукты пищевые функциональные. Ингредиенты пищевые функциональные. Классификация и общие требования»
3. ГОСТ 31986–2012 «Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания»
4. ГОСТ Р 28188–2014 «Напитки безалкогольные. Общие технические условия»
5. ГОСТ Р 56543–2015 «Напитки функциональные. Общие технические условия»
6. Касаткин, В. В. Как сохранить урожай круглый год / В. В. Касаткин, И. Г. Поспелова, К. В. Анисимова // Картофель и овощи. – 2007. – № 8 – С.16.
7. Литвинюк, Н. Ю. Авангардное направление развития науки и техники XXI века / Н. Ю. Литвинюк, К. В. Кожевникова // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сельском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2006. – С. 190–194.
8. Литвинюк, Н. Ю. Мембранные процессы / Н. Ю. Литвинюк, К. В. Кожевникова // Научное обеспечение реализации национальных проектов в сель-

ском хозяйстве: м-лы Всеросс. науч.-практ. конф. / Ижевская ГСХА. – Ижевск, 2006. – С. 194–202.

9. Поробова, О. Б. Изучение ассортимента продукции ОАО МИЛКОМ с целью выявления путей повышения рентабельности производства / О. Б. Поробова, Э. М. Михайлова // Инновационные технологии для реализации программы научно-технического развития сельского хозяйства: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. – Ижевск: ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА, 2018. – С. 218–220.

10. Спиридонов, А. Б. Современные методы и средства безопасного хранения и производства в пищевой отрасли / А. Б. Спиридонов, И. Ш. Шумилова, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – С. 183–187.

11. Шумилова, И. Ш. Инновационные приемы в индустрии питания / И. Ш. Шумилова, А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова, Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству: м-лы Междунар. науч.-практ. конф. В 3 т. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2019. – С. 205–210.

УДК 637.14.146.3

З. М. Халиуллина, Р. Р. Ахметзянова
ФГБОУ ВО Казанский ГАУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШИПОВНИКА В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЙОГУРТА

Приведена рецептура приготовления йогурта с использованием сухого порошкообразного шиповника. Йогурт был приготовлен двумя способами: термостатным и резервуарным. Для приготовления йогурта использовали сухую закваску «Свой йогурт». Оптимальное содержание порошкообразного шиповника, согласно проведенным органолептическим исследованиям, составляет 5 %. Полученный йогурт может применяться для лечения и профилактики многих заболеваний: он стимулирует работу иммунной системы, улучшает кровообращение головного мозга, способствует выведению желчи [1].

Особенное внимание обращается на формирование новых продуктов, которые обогащены многими натуральными полезными составляющими.

Примером обогащающей, натуральной добавки может служить натуральный порошкообразный растворимый шиповник. Эта добавка включает в себя много полезных свойств. Она применяется для лечения и профилактики многих заболеваний: стимулирует ра-

боту иммунной системы, улучшает кровообращение головного мозга, способствует выведению желчи. Производство молочнокислого продукта, который обогащен сухим шиповником, необходимо. Продукт такого типа станет содействовать улучшению качества питания человека.

Мы все знаем, что потребители выбирают кисломолочные продукты по внешнему виду: по упаковке, по цвету. Большую роль при выборе продукта имеет и вкус. Многие потребители предпочитают йогурт с подсластителями. Шиповник растворимый натуральный – легкодоступная, не дорогая и не опасная биологически активная добавка, характеризующаяся нужными качествами, ее применяют как чайный напиток. Нередко главную роль в выборе кисломолочных продуктов играет вязкость. На вязкость кисломолочных продуктов оказывают влияние микроорганизмы закваски, качество молока, кислотность, дополнительная пастеризация, использование стабилизаторов, эмульгаторов [2]. Существенную роль имеет стабильность вязкости при сбережении и транспортировке кисломолочных продуктов. Важной проблемой считается изучение воздействия шиповника не только на микроорганизмы йогуртной закваски, но и на реологические свойства йогурта.

Цель и задачи работы. Подбор дозы порошкообразного сухого шиповника, а также методы внесения сухого шиповника и способы приготовления йогурта (резервуарный и термостатный), влияние всех перечисленных факторов на свойства полученного йогурта.

Подбор дозы шиповника.

Начальный этап представляет собой:

- разработку состава и технологического процесса кисломолочного продукта;
- подбор дозы сухого растворимого шиповника.

После проведения дегустации и изучения физических и химических свойств йогурта нам удалось подобрать оптимальную массовую долю шиповника. По нашим расчетам, она составила 5 %. Именно такое количество растворимого шиповника не повлияло на вязкость йогурта.

Введение растворимого шиповника в состав кисломолочного продукта привело к тому, что мы получили йогурт с хорошими вкусовыми свойствами, с приятным привкусом шиповника.

Влияние шиповника после внесения в йогурт. Для изготовления йогурта применялась сухая закваска «Свой йогурт». При развитии микроорганизмов было установлено: требуемая концентрация вносимой закваски – 0,8 г на 1 л молока (2,2 % жирности), температура заквашивания – 38 °С, время заквашивания – 8 ч.

Активное формирование микроорганизмов приводит к насыщенному накоплению кислоты, что приводит к уменьшению стабильности сгустка и отделению сыворотки. Установлено, что наиболее оптимальной температурой для изготовления йогурта с однородной стабильной консистенцией считается 38 °С [3]. Порошок шиповника вносили различными методами: непосредственно в молоко с перемешиванием и на дно баночки без перемешивания. Для приготовления йогурта использовали йогуртницу RYM – M5401. Было приготовлено 10 различных образцов йогурта, полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептуры получения йогуртов с сухим шиповником

№ образца	Масса сухого шиповника на 100 г молока, г.	Характер внесения	Предварительное активирование закваски	Перемешивание	Нахождение сиропа шиповника	Нарушение сгустка	Способ приготовления
1	2,5	В молоко	нет	+	В объеме	нет	Т
2	5	В молоко	нет	+	В объеме	нет	Т
3	10	На дно баночки	5 ч. активирования	-	В объеме	Частично	Т
4	10	В молоко	нет	+	В объеме	нет	Р
5	15	В молоко	нет	+	В объеме	Частично	Р
5	2,5	В закваску	5 ч. активирования	+	В объеме	Частично	Т
6	5	В закваску	5 ч. активирования	+	В объеме	Частично	Т
7	10	В закваску	5 ч. активирования	+	В объеме	Нарушен	Т
8	15	На дно баночки	5 ч. активирования	+	В объеме	Нарушен	Т
9	15	На дно баночки	5 ч. активирования	-	В объеме	Нарушен	Т
8	0 (контроль)	нет	нет	-	нет	нет	Т

Образцы йогурта, которые получили резервуарным методом, обладают слабой силой связывания сыворотки, однако на протяжении 7 суток мы никак не смогли заметить расслоения, что связано с образованием сети из казеиновых агрегатов, в которых сыворотка связывается с ячейками.

Исследования показали, что наилучшими органолептическими свойствами обладает йогурт, содержащий 5 % сухого натурального растворимого порошкообразного шиповника.

Заключение. Шиповник может применяться как полезная добавка, он не оказывает значительного влияния на целостность йогуртов. Наиболее существенное влияние проявляет метод приготовления йогурта. При хранении резервуарным способом наблюдается устойчивость смеси.

Все проведенные исследования при создании нового продукта и в процессе хранения показали рациональность выбранных технологических параметров. Предоставили возможность установить сроки годности – 2 недели при температуре (4 ± 2) °С. Мы выяснили, что для хорошего сохранения витамина С нужно правильно вводить сироп шиповника после сквашивания при температуре продукта 40–42 °С.

Список литературы

1. Лемехова, А. А. Разработка кисломолочного продукта с пищевыми волокнами / А. А. Лемехова, Л. А. Силантьева // Материалы 62-й студ. науч.-технич. конф. – СПб.: ГУНиПТ. – 2009. – Ч. 1. – С. 18–19.
2. Лемехова, А. А. Содержание витамина С в кисломолочном продукте в зависимости от способа внесения сиропа шиповника / А. А. Лемехов // Известия вузов. Пищевая технология. – ФГОУ ВПО Кубанский ГТУ. – 2012. – № 1 (325). – С. 119–120.
3. Банникова, А. В. Новые технологические решения по созданию йогуртов с пищевыми волокнами / А. В. Банникова // Техника и технология пищевых производств. – 2014. – № 3. – С. 5–9.

УДК 631.8, 631.55

З. М. Халиуллина, Р. Р. Ахметзянова
ФГБОУ ВО Казанский ГАУ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ КОММЕРЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ КУРИНОГО ПОМЕТА

В связи с необходимостью утилизации куриного помета в данной работе рассматривается возможность его переработки с помощью биологически активной добавки «Мефосфон», препаратов «Горыныч», «Тамир», «Удачный», «Доктор Робик» и перекиси водорода. Объектом исследования служил бесподстилочный куриный помет III класса опасности птицефабрики «Яратель» филиала ООО «Птицеводческий комплекс «Ак Барс». Эксперименты проводились в течение 45 суток (июль-август 2018г.) на открытом воздухе, в 50-литровых теплоизолированных полиэтиленовых емкостях, на 2/3 заполненных куриным пометом. Проведенный в конце эксперимента микробиологический анализ показал, что в варианте, содержащем препарат «Мефосфон», содержание энтеро-

кокков и бактерий группы кишечной палочки было самым низким и составляло 4 % и 2 % соответственно от их конечного содержания в контрольных образцах, что указывает на перспективность использования препарата «Мефосфон» для сокращения времени созревания и обезвреживания куриного помета.

Бурное развитие птицеводства для обеспечения населения России продуктами питания приводит к образованию больших объемов куриного помета, использование которого в качестве удобрения возможно только после проведения достаточно продолжительных мероприятий, направленных на снижение токсичности, устранение запахов, элиминацию патогенных микроорганизмов [1, 2].

Целью работы является изучение возможности использования ряда биологически активных препаратов для ускорения биохимических процессов, направленных на снижение уровня неприятных запахов, токсичности и содержания патогенной микрофлоры в ходе анаэробной переработки куриного помета.

В модельных экспериментах был использован бесподстилочный куриный помет производящей куриные яйца птицефабрики «Яратель» филиала ООО «Птицеводческий комплекс «Ак Барс». Класс опасности куриного помета – III (ФККО 1 12 711 01 33 3) [3,4].

В ходе исследований использовались: регулятор вторичного метаболизма микроорганизмов и растений в различных биотехнологических процессах препарат «Мефосфон», биопрепараты для устранения запахов и утилизации органических отходов выгребных ям «Горыныч», «Тамир», «Доктор Робик», препарат для переработки органических отходов «Удачный» и перекись водорода [5]. Дозы вносимых препаратов определялись инструкциями по их применению или результатами предварительно проведенных экспериментов (табл. 1). Контролем (К) служил помет без препаратов.

Таблица 1 – Состав растворов препаратов, внесенных в разные варианты эксперимента (на 25 кг помета)

Препарат, мл	Вариант								
	М	М+П	Т	Т+П	М+Т+П	Г	ДР	У	К
Мефосфон (М)	0,25	0,25	-	-	0,25	-	-	-	-
Тамир (Т)	-	-	4,6	5,0	5,0	-	-	-	-
Перекись водорода (П)	-	44,0	-	36,0	36,0	-	-	-	-
Горыныч (Г)	-	-	-	-	-	5,0	-	-	-
Доктор Робик (ДР)	-	-	-	-	-	-	7,0	-	-
Удачный (У)	-	-	-	-	-	-	-	4,2	-
Вода водопроводная	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000

Эксперименты проводились на открытом воздухе в течение двух месяцев (июль-август 2018 г.). Куриный помет помещали в 50-литровые снаружи теплоизолированные полиэтиленовые емкости, заполненные на 2/3, перемешивание содержимого проводили с помощью насадки и ручной дрели.

В ходе работы вели контроль за изменением температуры субстрата, уровень запаха, определяли начальную и конечную влажность куриного помета, наличие патогенной микрофлоры в полученном продукте. Класс опасности полученного продукта определялся по результатам токсикологических исследований с применением в качестве тест-объектов равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* [6] и ветвистоусых рачков *Ceriodaphnia affinis* [7].

Сопоставление температуры куриного помета в контрольном и опытных вариантах показывает, что именно в данных вариантах, процессы метаболизма органических веществ протекали более активно, что способствовало поддержанию в них более высокой температуры. Именно в данных вариантах температура перерабатываемого субстрата была на протяжении эксперимента достоверно выше, чем в контроле.

Влажность испытуемых образцов на 45 сутки эксперимента незначительно отличалась от начальной и варьировала в интервале от 50 до 77 % (табл. 2).

Таблица 2 – Влажность образцов куриного помета

Вариант	Влажность, %
Мефосфон (М)	74
Мефосфон+Перекись (М+П)	77
Тамир (Т)	50
Тамир+Перекись (Т+П)	68
Мефосфон+Тамир+Перекись (М+Т+П)	72
Горыныч (Г)	76
Доктор Робик (ДР)	56
Удачный (У)	57
Контроль (К)	66

Органолептическая оценка запаха показала, что на всех этапах эксперимента варианты М+Т+П и М содержали меньше всего дурнопахнущих веществ (табл. 3). Наиболее близким к ним по данной характеристике являлся образец, содержащий препарат «Тамир» и перекись водорода.

Таблица 3 – Органолептическая оценка наличия неприятного запаха в исследуемых образцах куриного помета (по условной 10-балльной шкале)

Вариант	Время эксперимента, сутки		
	14	27	45
	Баллы		
М	5	4	4
М+П	8	7	6
Т	7	6	7
Т+П	6	5	5
М+Т+П	4	4	4
Г	8	8	7
ДР	8	8	7
У	8	7	8
К	10	8	7

Проведенный в конце эксперимента микробиологический анализ выявил, что в варианте, содержащем препарат «Мефосфон», содержание энтерококков и бактерий группы кишечной палочки (БГКП) было самым низким и составляло 4 % и 2 % соответственно от их конечного содержания в контрольных образцах ($0,1 \cdot 10^6$ энтерококков и $1,9 \cdot 10^4$ БГКП). Согласно токсикологическим исследованиям, на 45 сутки эксперимента куриный помет во всех вариантах был малотоксичен и относился к IV классу опасности (табл. 4).

Таблица 4 – Токсикологические характеристики испытуемых образцов в конце эксперимента (Кр₁₀ – кратность разбавления водной вытяжки, при которой устраняется ее вредное воздействие на гидробионтов)

Вариант	Кр ₁₀		Класс опасности
	Тест-объект		
	<i>Paramecium caudatum</i>	<i>Ceriodaphnia affinis</i>	
Мефосфон	13,3	55,6	4
Мефосфон+Перекись водорода	17,0	40,0	4
Тамир	17,0	40,0	4
Тамир+Перекись водорода	14,1	40,0	4
Мефосфон+Тамир+Перекись водорода	17,0	50,0	4
Горыныч	17,0	50,0	4
Доктор Робик	13,9	40,0	4
Удачный	14,3	38,5	4
Контроль	15,6	50,0	4

Выводы. В вариантах, содержащих препарат «Мефосфон» и «Мефосфон» в комбинации с препаратом «Тамир» и перекисью водорода, наблюдалось наиболее активное протекание биохимических процессов, характеризующееся более выраженным повышением температуры перерабатываемого субстрата.

1. Проведенные исследования показали, что использование не всех испытанных коммерческих препаратов способствует снижению уровня неприятных запахов в ходе обработки куриного помета.

2. Наименее выраженными в ходе и в конце эксперимента были запахи в образцах, содержащих «Мефосфон» в комбинации с «Тамиром» и перекисью водорода, препарат «Мефосфон» и препарат «Тамир» с перекисью водорода.

3. Полученный в ходе анаэробной обработки куриного помета продукт, во всех вариантах имел IV класс опасности (малотоксичная категория).

4. Применение препарата «Мефосфон» способствует более эффективному снижению содержания в перерабатываемом субстрате патогенных микроорганизмов: энтерококков и бактерий группы кишечной палочки.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что с точки зрения воздействия на окружающую среду и сокращения времени получения удобрения из испытанных препаратов, наиболее перспективными являются препарат «Мефосфон» и смесь, включающая препараты «Мефосфон», «Тамир» и перекись водорода.

Список литературы

1. Актуальные исследования и перспективы. Посвящается памяти д.т.н., профессора Волкова Игоря Евгеньевича / З. М. Халиуллина и др. // Буровые шламы альтернативный источник повышения урожайности сельскохозяйственных культур: м-лы II Международной науч.-практ. конф. «Аграрная наука XXI века». – Казань: Казанский ГАУ, 2017. – С. 158–167.

2. Буровые шламы и повышение урожайности сельскохозяйственных культур / З. М. Халиуллина и др. // Вестник Казанского ГАУ. – 2017. – № 4 (47). – С. 80–83.

3. Изучение процессов ферментации куриного помета под воздействием биологически активной добавки «Мефосфон» / Ф. С. Сибатуллин и др. // Вестник Казанского ГАУ. – 2018. – № 2 (49). – С. 42–47.

4. Изучение процессов ферментации куриного помета под воздействием биологически активной добавки «Мефосфон» / Ф. С. Сибатуллин и др. // Вестник Казанского ГАУ. – 2018. – № 2 (49). – С. 42–46.

5. Результаты практического применения удобрения из куриного помета с препаратом «Мефосфон» / Ф. С. Сибатуллин и др. // Отходы, причины их об-

разования и перспективы использования: м-лы Междунар. науч. эколог. конф. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 2019. – С. 473- 476.

6. ПНД Ф Т 14.1:2.3.13–06/ПНД Ф Т 16.1:2.3:3.10–06 «Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg»).

7. Жмур, Н. С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости дафний: методика выполнения измерений. Биологические методы контроля. – 2-е изд., перераб. и доп. / Н. С. Жмур // Федеральный реестр (ФР). ФР.1.39.2007.03221. – М.: Акварос, 2007. – 56 с.

СОДЕРЖАНИЕ

МЕХАНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

А. Л. Беляев Анализ существующих способов посадки рассады и конструкций посадочных машин	3
Ю. Д. Боднарчук, А. В. Костин, Р. Р. Шакиров Особенности функционирования рабочих органов дискового сортирующего устройства	7
Н. А. Буранов Повышение эффективности предпосевной обработки семян	11
М. А. Витвинова Методика экспериментальных исследований вибрационного сепаратора неорганических примесей	13
С. В. Владимиров, В. Г. Корнийчук Исследование истечения гречневой крупы через вибрирующее отверстие.	16
Р. Н. Востриков Влияние факторов на формирование гребней при уходе за посадками картофеля	20
Е. И. Гавшина Антиоксидантная защита организма работников служб чрезвычайных ситуаций	24
Н. В. Гусева Обоснование выбора типа лезвия сегмента режущих аппаратов зерноуборочных машин.	28
Н. В. Гусева, В. А. Петров, Р. А. Жуйков Исследование напряжений в элементах ступенчатых деталей при деформации поперечных сечений.	30
А. Г. Иванов, Р. Ф. Валеев Методика и результаты определения момента трения в подшипниках.	34

А. Г. Иванов, А. А. Мохов, Л. А. Торопов, Е. Е. Шпаков Анализ влияния ошибок установки крупногабаритных деталей на точность обработки при точении	40
В. И. Константинов Применение системы САПР в процессе разработки машины для посадки капусты	43
Л. Я. Лебедев Пневмотранспорт для механизации погрузочно-разгрузочных работ с сельскохозяйственными сыпучими грузами	47
И. А. Охотникова, З. В. Горшков, Л. Я. Лебедев Математическая модель кинетики процесса нагрева сыпучих веществ в шнековом смесителе	53
В. Ф. Первушин, М. З. Салимзянов, А. А. Федотов Траектория и скорость движения скребка-планки ротационной бороны в зоне её контакта с почвой	57
В. А. Петров Результаты предварительных исследований вибрационного сепаратора неорганических примесей	59
В. А. Петров, И. Н. Щеткин Выбор типа движителя мобильной транспортной платформы для роботизированной системы по уходу за растениями	62
И. Г. Поспелова, И. В. Возмищев ИК-нагрев – экологически чистый способ обеззараживания почвы в защищенном грунте	66
Г. Б. Соловьева, О. П. Васильева Обоснование параметров сошниковой группы зерновой сеялки прямого посева	68

О. С. Федоров, А. Н. Голубков Способы интенсификации процесса дозирования сыпучих концентрированных кормов72
Р. Р. Шакиров, А. Г. Иванов, Д. А. Марков, Н. В. Гусева Метод планирования многофакторного эксперимента процесса сортирования клубней картофеля75
Р. Р. Шакиров, Д. М. Петров Совершенствование системы охлаждения ДВС путем изменения привода водяного насоса.78
В. А. Ширококов, Л. Я. Новикова, С. Н. Шмыков, В. А. Баженов Совершенствование технологической схемы дробилки зерна80
А. Л. Шкляев, М. Р. Кудрин, К. Л. Шкляев Режим течения молока в круглоцилиндрических трубах молокопровода и его влияние на качество товарной продукции84
К. Л. Шкляев, А. Л. Шкляев Обоснование угла схода клубней с лопасти загрузочного ротора.88

ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Л. П. Артамонова, Г. И. Михайлова Повышение качества водоподготовки в блочно-модульных котельных93
Л. П. Артамонова, Ю. В. Данилов Способ очистки возвратного конденсата в цикле ТЭЦ98
М. Н. Вершинин, С. И. Юран Лазерные технологии в сельском хозяйстве	101
Р. И. Гаврилов, П. Л. Лекомцев Влияние температуры помещения на сверхнизкую концентрацию озона.	105

Е. В. Дресвянникова, Л. А. Пантелеева Аэрозольное поглощение тепла в закрытых помещениях	109
К. С. Калугин, П. Л. Лекомцев Исследование распределения теплоты в фазопереходном тепловом аккумуляторе под воздействием ультразвука	114
В. И. Кашин, Ю. А. Холмогорова О внедрении автоматизированного индивидуального теплового пункта в многоквартирном доме г. Ижевска на условиях энергосервисного контракта.	117
А. С. Корепанов, В. Ю. Горячев Энергоэффективность применения частотно-регулируемого привода погружного насоса	121
П. Л. Лекомцев, А. М. Ниязов, А. Т. Фаррахов Оценка развития распределенной энергетики в Удмуртской Республике	125
К. В. Мартынов, И. А. Благодатских, В. А. Носков Разработка программы по перерасчёту статора на совмещённую обмотку	133
В. Д. Мыррин Способы защиты человека от ЭМП	138
П. Н. Покоев, В. А. Носков Разработка и испытание ферромагнитных материалов	141
Т. А. Родыгина, Г. М. Белова Подход к оптимизации мощности силовых трансформаторов	145
Р. Ю. Соловьёв, П. Л. Лекомцев Установка по подогреву молока на базе гибкого теплообменного аппарата «труба в трубе»	150
М. Л. Шавкунов, П. Л. Лекомцев Экспериментальные исследования электрокоронного фильтра.	152

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПИЩЕВЫХ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

- И. В. Бадретдинова,
А. А. Сергеев, Е. А. Воронцова**
Анализ способов котонизации
льняного волокна 156
- П. А. Давыдёнок, С. А. Боровков**
Способ приготовления
плодово-ягодных экстрактов. 158
- Г. Н. Жакупова, А. Т. Сагандык,
Э. К. Акишева, В. А. Серова, Г. А. Нурбекова**
Разработка технологии йогурта
с применением сыворотки 160
- Н. И. Мазунина,
А. В. Мильчакова, Н. В. Матвеева**
Особенности производства пирожного
«Мулен Руж» и оценка его качества. 164
- О. В. Платонова, С. Ю. Сывороткина**
Влияние агротехнических факторов
на содержание нитратов
в клубнях картофеля 168
- В. А. Руденок, Г. Н. Аристова**
Реэкстракция в технологии получения
витаминного хвойного концентрата. 171
- А. А. Сергеев, И. В. Бадретдинова**
Принципы проектирования
лабораторных установок. 173
- А. Б. Спиридонов, Т. С. Копысова,
К. В. Анисимова, А. Ф. Ипатова**
Цифровые технологии в пищевой
и перерабатывающей промышленности 174
- А. Б. Спиридонов, К. В. Анисимова,
Н. Г. Главатских, О. Б. Поробова**
Разработка технологии экстрагированных
напитков на основе растительного сырья
Удмуртской Республики 178

З. М. Халиуллина, Р. Р. Ахметзянова Использование шиповника в технологии производства йогурта	184
З. М. Халиуллина, Р. Р. Ахметзянова Использование новых коммерческих препаратов для переработки куриного помета.	187

Научное издание

**НАУЧНЫЕ ИННОВАЦИИ
В РАЗВИТИИ ОТРАСЛЕЙ АПК**

Материалы Международной
научно-практической конференции

*18–21 февраля 2020 года
г. Ижевск*

Том III

Редактор И. М. Мерзлякова
Верстка А. А. Волкова

Подписано в печать 12.05.2020 г. Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. 11,5. Уч.-изд. л. 9.
Тираж 300 экз. (первый завод 30 экз.). Заказ № 7973.
Отпечатано в ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА
426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11.