

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
Департамент научно-технологической политики и образования  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского»

**НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТУДЕНТОВ В РЕШЕНИИ  
АКТУАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ АПК**

Материалы всероссийской научно-практической конференции  
(14-15 марта 2019 года)  
ТОМ II

п. Молодежный 2019

УДК 001:63  
ББК 40  
Н 347

**«Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК»**  
Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2019 – 268 с.

Материалы всероссийской научно-практической конференции вошли работы студентов, магистрантов различных регионов России, охватывающие большой спектр научных исследований и включающие предложения по их применению для решения проблем агропромышленного комплекса.

**Редакционная коллегия:**

Вашукевич Ю.Е. - ректор Иркутского ГАУ,  
Иванько Я.М. - проректор по научной работе Иркутского ГАУ,  
Иляшевич Д.И. - председатель совета молодых ученых и студентов Иркутского ГАУ,  
Шеметова И.С. - начальник отдела подготовки кадров высшей квалификации Иркутского ГАУ,  
Баянова А.А. - зам. декана по научной работе агрономического факультета Иркутского ГАУ,  
Полковская М.Н. - зам. директора по научной работе института экономики, управления и прикладной информатики Иркутского ГАУ,  
Тарасевич В.Н. - зам. декана по научной работе факультета биотехнологии и ветеринарной медицины Иркутского ГАУ,  
Шистеев А.В. - зам. декана по научной работе инженерного факультета, Иркутского ГАУ,  
Сукьясов С.В. - зам. декана по научной работе энергетического факультета Иркутского ГАУ,  
Козлова С.А. - зам. директора по научной работе института управления природными ресурсами Иркутского ГАУ.

© Коллектив авторов, 2019  
© Издательство Иркутский ГАУ, 2019

УДК 621.31.004.12

## **АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТИ 0,4 КВ С КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОЙ НАГРУЗКОЙ**

**Берген И.В., Сукьясов С.В.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, г. Иркутск,  
Россия

В данной статье представлен анализ основных показателей качества электрической энергии в сети 0,4 кВ с коммунально-бытовой нагрузкой. В течении недели в соответствии с требованиями нормативных документов измерительным прибором Ресурс-UF2 были зафиксированы рассматриваемые показатели. Стандарты устанавливают допустимые уровни помех в электросети, которые характеризуются показателями качества электроэнергии. Изменение показателей негативно сказывается на работе электроприемников, тем самым вызывая повышение расхода электроэнергии. Основной задачей является определить влияние характера коммунально-бытовой нагрузки на изменения основных параметров в сети 0,4 кВ, так же анализ проведенных замеров позволит наглядно увидеть в каком состоянии находится качество электроэнергии и сделать общие выводы.

*Ключевые слова:* качество электрической энергии, отклонение напряжения, коэффициенты обратной и нулевой последовательности напряжения, коммунально-бытовая нагрузка.

## **ANALYSIS OF THE INDICATORS OF QUALITY OF ELECTRIC ENERGY IN THE 0.4 KV NETWORK WITH COMMUNALLY- DOMESTIC LOAD**

**Bergen I. V., Sukyasov S. V.**

Irkutsk State Agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

This article presents an analysis of the main indicators of the quality of electrical energy in a 0.4 kV network with a utility load. During the week, in accordance with the requirements of regulatory documents, the Resurs-UF2 measuring instrument recorded the considered indicators. Standards establish permissible levels of interference in the power grid, which are characterized by indicators of power quality. Changes in the indicators have a negative effect on the operation of electrical receivers, thereby causing an increase in power consumption. The main task is to determine the impact of the nature of the utility load on changes in the main parameters in the 0.4 kV network, and an analysis of the measurements made will allow us to visually see the state of the power quality and draw general conclusions.

*Key words:* quality of electrical energy, voltage deviation, negative and zero-sequence voltage coefficients, household load.

Увеличение количества городских жителей, развитие промышленности, создание совершенно новых по своей технологии производств, строительство новых и реконструкция действующих производственных объектов, внедрение мощных электроустановок, увеличение единичных мощностей бытового электрооборудования приводит к устойчивому росту электропотребления в городах, что требует систематического развития городских электрических сетей [7].

Городские электрические сети в современном городе, развивающемся быстрыми темпами, не всегда способны справляться с возрастающими нагрузками, как на этапе передачи, так и на этапе распределения энергии городским потребителям. Увеличение нагрузок в современном городе ведет к появлению определенных проблем в системах электроснабжения городского хозяйства, которые необходимо решать еще при проектировании [4]. Увеличение потребления электрической энергии в свою очередь приводит к ужесточению требований к работе систем электроснабжения городов. Отключения в периоды пиковых нагрузок могут стать катастрофой для энергоснабжения городских потребителей, поэтому важное значение приобретают требования к развитию городских электрических сетей с учетом обеспечения необходимого качества электрической энергии [7].

Для современных городских электрических сетей характерны колебания, провалы, недопустимые отклонения напряжения, а также несимметрия трехфазной системы. Причиной этого являются обрывы, отключения одной фазы, неравномерное распределение по фазам массовых однофазных электроприемников, характерных для городских потребителей, загрязнение изоляции городской средой, механические повреждения элементов сети, ошибочные действия оперативного и ремонтного персонала [7].

К коммунально-бытовым потребителям электроэнергии относятся общественные и административные учреждения (школы, детские сады, поликлиники, больницы, театры и т. д.), жилые дома и коммунальные предприятия (бани, прачечные, столовые, предприятия бытового обслуживания) [3].

Потребление электроэнергии на бытовые нужды имеет тенденцию к росту из-за увеличения числа двигателей (пылесосы, полотеры, стиральные машины, электробритвы и др.), а также телевизоров, кондиционеров, холодильников. Основные характеристики приемников электроэнергии коммунально-бытовых потребителей приведены в таблице 1 [3].

**Таблица 1 – Характеристики основных приемников электроэнергии коммунально-бытовых потребителей**

Наименование	$P_n$ , кВт	$W$ , кВт · ч/год
Электроплита	2-7	440
Оборудование для подогрева жидкости	1-4	300
Холодильник	0,18-0,3	570
Телевизор	0,06	180
Компьютер	0,3	40
Пылесос	1-1,5	65
Утюг	2	30

Исходя из таблицы 1 видно, что наиболее энергоемким приемником электроэнергии в жилищном секторе является электроплита. На долю их приходится около 40 % всей расходуемой электроэнергии, на долю

освещения – около 25 % [3]. Затем следуют холодильники с долей потребления 18%, оборудование для подогрева жидкости 10% и другие 7%.

Энергопотребление является одной из важнейших характеристик бытовой электротехники, поэтому в 1992 г. с целью повышения эффективности электробытовых приборов Европейским сообществом была принята директива 92/75/ЕЕС, согласно которой с января 1995 г. Каждый прибор европейских производителей обязан иметь наклейку, отображающую ее энергетические характеристики. На этой наклейке латинскими буквами отображаются классы энергоэффективности (от А до G). Например, для электроприемников энергопотребление класса А примерно в 3 раза меньше, чем энергопотребление такого же приемника класса G [3].

Влияние показателей качества на режимы работы сети и на функционирование оборудования различно. Отклонение напряжения, как правило, обусловленное изменением мощностей нагрузок городских потребителей, отрицательно сказывается на качестве работы и сроке службы компьютерной техники, телевизоров и других бытовых электронных устройств. Несимметрия напряжения приводит к ошибкам при работе счетчиков электроэнергии, при появлении в трехфазной сети напряжения нулевой последовательности ухудшаются режимы напряжений для однофазных приемников. Токи нулевой последовательности постоянно протекают через заземлители и значительно высушивают грунт, увеличивая сопротивление заземляющих устройств. При несимметричном режиме ухудшаются условия работы электроприемников и всех элементов электрической сети: снижаются экономичность и срок службы оборудования, уменьшается пропускная способность сети, увеличиваются потери энергии [1]. Колебание напряжения в осветительной сети приводит к уменьшению освещенности, что может вызвать снижение производительности выполняемых работ, дискомфорт у человека, убытки в результате снижения срока службы осветительных установок [6]. Колебания напряжения отрицательно влияют на работу радиоприборов, нарушая их нормальное функционирование и снижая срок службы [7].

Целью данной работы является анализ показателей качества электрической энергии в сети 0,4 кВ с коммунально-бытовой нагрузкой.

Для достижения цели необходимо рассмотреть основные показатели качества электрической энергии; провести необходимые замеры; проанализировать полученные данные и сделать выводы.

Исследования качества электрической энергии проводились в ноябре 2018 года на одной из подстанций 10/0,4 кВ поселка Белореченский, питающей коммунально-бытовую нагрузку группы многоквартирных пятиэтажных домов. Испытания проводились в точке, наиболее приближенной к нагрузке (силовой распределительный пункт) с использованием прибора Ресурс-UF2 № 2337, период испытаний – 1 неделя. Методика испытаний проводились в соответствии с руководящими документами [4]. Данный цифровой прибор предназначен для регистрации

относительных значений величин токов и напряжений прямой, нулевой и обратной последовательностей. Время автономной регистрации сигналов вторичных цепей доходит до месяца. Вся информация, записанная в памяти прибора, переносится в компьютер и затем легко обрабатывается и фиксируется на бумаге [5].

Недельные графики измерения показателей качества электрической энергии приведены на рисунках 1-4.

На рисунке 1 и 2 представлены графики отклонения фазных и междуфазных напряжений. Согласно ГОСТ 32144-2013 [2] предельно допустимое отклонение напряжения  $\pm 10\%$ . Анализ графика отклонений напряжения показывает, насколько не равномерно происходит отклонение напряжения, диапазон отклонения от 6% и достигает почти 13% (фазное напряжение) и от 7% до 12% (междуфазное напряжение). Уменьшение значений указывает на то, что с ростом нагрузки, напряжение снижается, а с ее уменьшением – возрастает. Характер изменения отклонения напряжений показывает, что в 30-60 % исследуемого времени показатели выходят за установленные значения. Это может негативно отразиться на правильной работе электроприемников, а в некоторых случаях, привести к выходу их из строя.

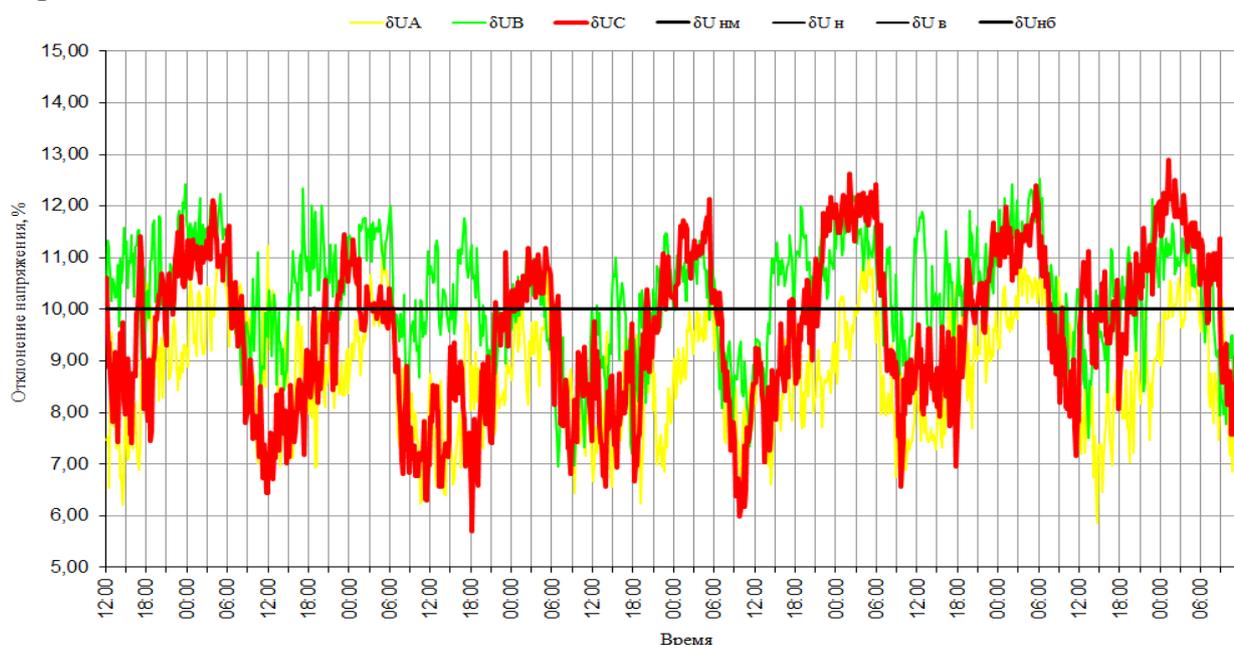


Рисунок 1 – Недельный график отклонения фазных напряжений

На рисунке 3 изображен недельный график изменения активной мощности по фазам сети. Из данного графика видно, что мощность, потребляемая коммунально-бытовой нагрузкой, имеет случайный характер включения, неравномерное распределение в течение суток. Наименьшая нагрузка сетей наблюдается в ночное время. Распределение коэффициентов несимметрии напряжения по обратной и нулевой последовательности не превышают предельно допустимое значение – 4%, но значительное количество однофазных потребителей и их вероятностный характер

включения, приводит к увеличению коэффициента  $K_{OU}$ . В 20 % исследуемого времени показатель выходит за нормально допустимые пределы - 2 %. (рисунок 4).

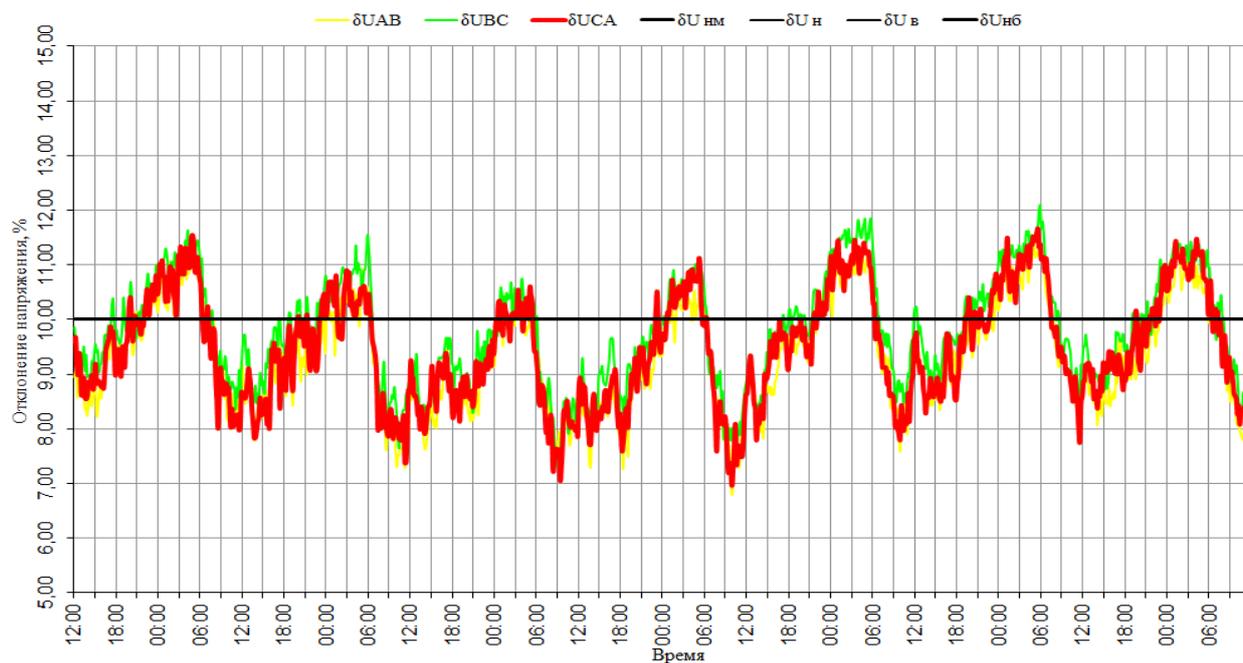


Рисунок 2 – Недельный график отклонения междуфазных напряжений

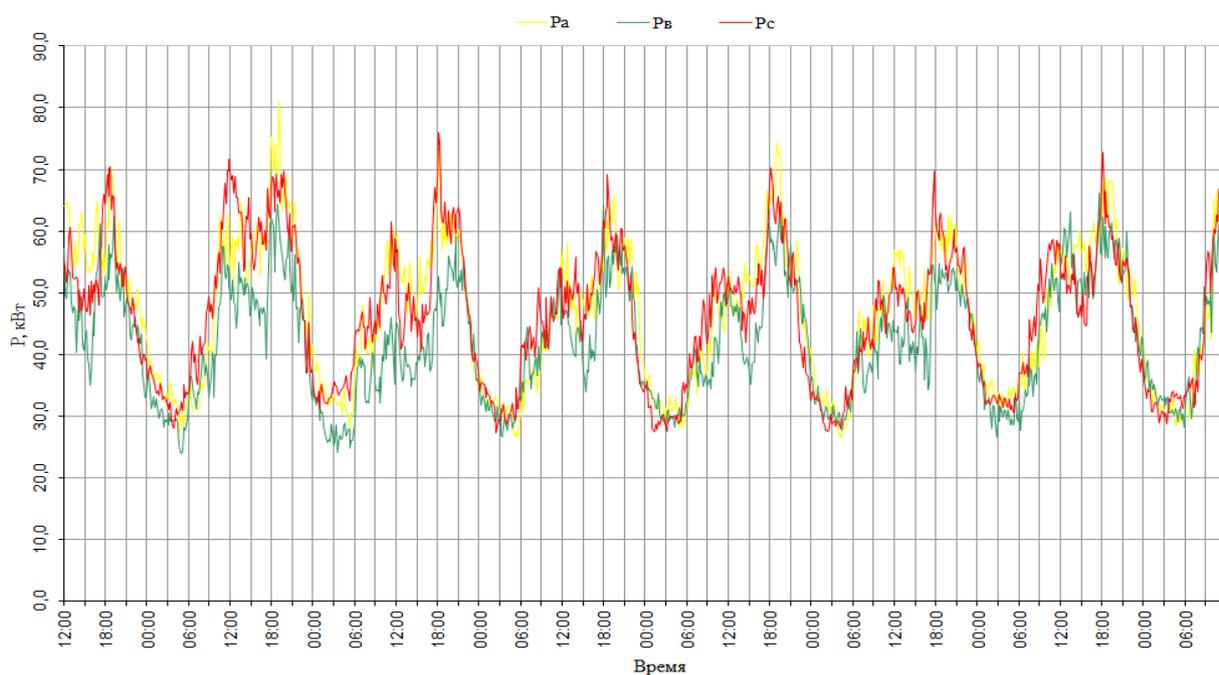
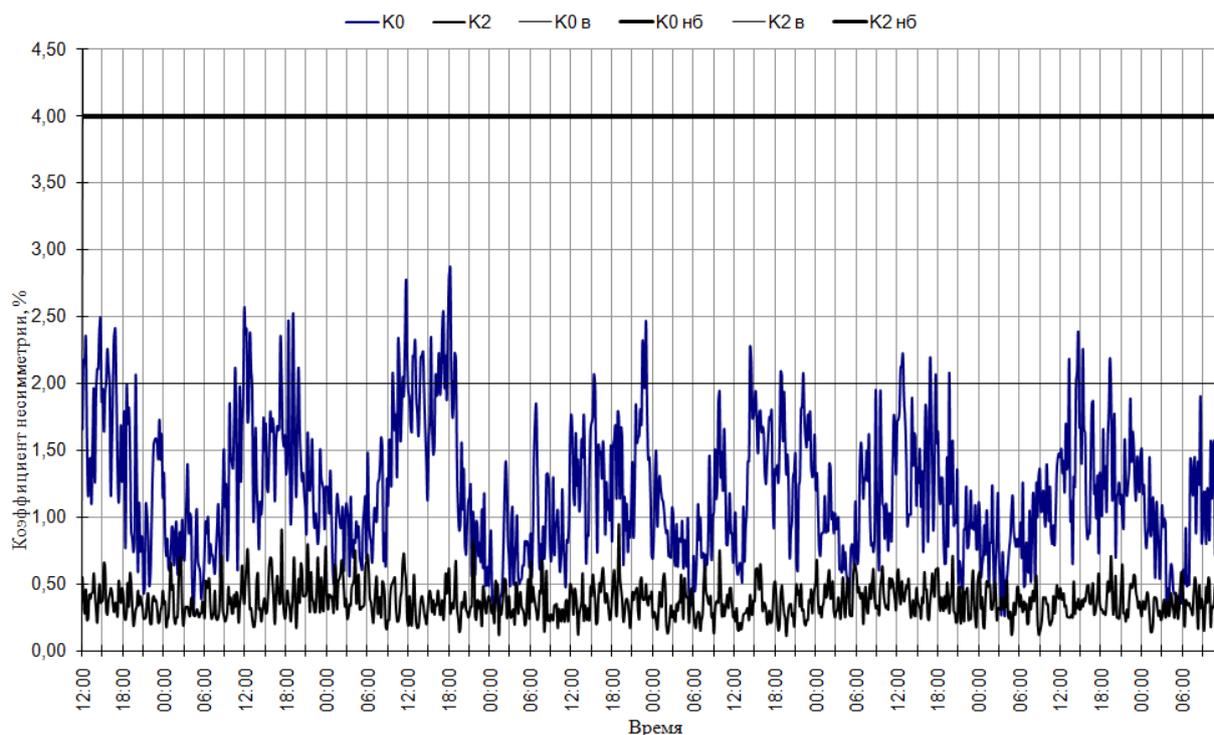


Рисунок 3 – Недельный график изменения мощностей



**Рисунок 4 - Недельный график изменения коэффициента несимметрии напряжения по нулевой и обратной последовательности**

Проанализировав данные графики можно сделать следующие выводы:

1. Рассмотренные показатели качества электрической энергии, в основном, находятся в пределах, установленных ГОСТ 32144-2013.
2. Отклонения от требований стандарта наблюдаются у таких показателей качества электрической энергии как: отклонение напряжения; коэффициент несимметрии по нулевой последовательности.
3. Для сравнительной оценки рассматриваемых показателей качества электрической энергии рекомендуется провести исследования на ряде аналогичных по нагрузке трансформаторных подстанций сельских распределительных сетей 0,4 кВ.

#### **Список литературы**

1. Анчутин К.Д. Влияние качества электрической энергии на работу асинхронных двигателей // В мире научных открытий. 2016. №5. С. 61-63.
2. ГОСТ 32144–2013. Электрическая энергия. Совместимость средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Изд-во стандартов, 2013. 16 с.
3. Карманова Т.Е. Приемники и потребление электрической энергии систем электроснабжения: учеб. пос.Архангельск.: САФУ имени М.В. Ломоносова, 2015. 120 с.
4. Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. / РД 153-34.0-15.501-00, ООО «Научный центр ЛИНВИТ», -М.: 2000. – 34 с.
5. Сукьясов С.В., Рудых А.В. Анализ качества электрической энергии на лесоперерабатывающем предприятии Усольского района // Вестник ИрГСХА. 2017. №81-2. С. 139-148.

6. Сукьясов С.В., Рудых А.В. Способы повышения качества электрической энергии в распределительных сетях 0,38 кВ // Актуальные проблемы энергетики АПК. 2017. №8. С. 242-247.

7. Сукьясов С.В., Седова А.Г., Хуснудинова Е.А. Качество электрической энергии в городской сети с коммунально-бытовой нагрузкой // Актуальные проблемы энергетики АПК. 2015. №6. С. 284-288.

### References

1. Anchutin K.D. Vliyanie kachestva elektricheskoy energii na rabotu asinkhronnykh dvigateley [The influence of the quality of electrical energy on the operation of asynchronous motors] // V mire nauchnykh otkrytiy - 2016. №5. S. 61-63.

2. GOST 32144–2013. Elektricheskaya energiya. Sovmestimost sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemakh elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya [Electric Energy. Electromagnetic compatibility. Standards of quality of electrical energy in general-purpose power supply systems] / М.: Izd-vo standartov. - 2013. - 16 s.

3. Karmanova T.Ye. Priemniki i potreblenie elektricheskoy energii sistem edektrosnabzheniya: ucheb. pos. [Receivers and electrical energy consumption of power supply systems] / Arkhangelsk.: SAFU imeni M.V. Lomonosova. - 2015. - 120 s.

4. Metodicheskie ukazaniya po kontrolyu i analizu kachestva elektricheskoy energii v sistemakh elektrosnabzheniya obshchego naznacheniya [Guidelines for monitoring and analyzing the quality of electrical energy in general-purpose power supply systems] / RD 153-34.0-15.501-00, ООО «Nauchnyy tsentr LINVIT», -М. - 2000. – 34 s.

5. Sukyasov S.V., Rudykh A.V. Analiz kachestva elektricheskoy energii na lesopererabatyvayushchem predpriyatii usolkogo rayona [Analysis of the quality of electrical energy at a timber processing plant in the Usolky district] // Vestnik IrGSKhA. - 2017. № 81-2. S. 139-148.

6. Sukyasov S.V., Rudykh A.V. Sposoby povysheniya kachestva elektricheskoy energii v raspredelitelnykh setyakh 0,38 kV [Ways of improving the quality of electrical energy in the distribution networks of 0.38 kV] // Aktualnye problemy energetiki apk. - 2017. №8. S. 242-247.

7. Sukyasov S.V., Sedova A.G., Khusnudinova Ye.A. Kachestvo elektricheskoy energii v gorodskoy seti s kommunalno-bytovoy nagruzkoj [The quality of electrical energy in the urban network with utility load] // Aktualnye problemy energetiki APK. - 2015. №6. S. 284-288.

### Сведения об авторах

**Берген Иван Викторович** – студент 2 курса, направления подготовки 35.04.06, энергетический факультет, Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(3952)237360, e-mail: bergen708@gmail.com).

**Сукьясов Сергей Владимирович** – к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и физики – энергетический факультет, Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(3952)237360, e-mail: sukyasov@mail.ru).

### Information about the authors

Bergen Ivan Vicktovich - the student of 1 course, direction of preparation 35.04.06, power faculty, the Irkutsk state agricultural university him. A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, settlement. Youth, ph. 8 (3952)237360, e-mail:bergen708@gmail.com).

Sukyasov Sergey Vladimirovich - PhD in Technological Sciences, the associate professor of electric equipment and physics – power faculty, the Irkutsk state agricultural university him. A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, settlement. Youth, ph. 8 (3952)237360, e-mail: sukyasov@mail.ru).

УДК 620.9:681.12:658.5.011.56

## АНАЛИЗ СИСТЕМ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

**Блохнин М.А., Очиров В.Д.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
г. Иркутск, Россия

Создание расчетной системы, позволяющей определить величины учетных показателей, используемых в финансовых расчетах с бытовыми и мелкомоторными потребителями, является актуальной задачей. В работе представлены сведения о собственном опыте монтажа автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электрической энергии потребителей. Состав иерархической интегрированной автоматизированной системы следующий: 1-й уровень – информационно-измерительные комплексы в точках учета; 2-й уровень – информационно-вычислительные комплексы электроустановок; 3-й уровень – информационно-вычислительный комплекс.

*Ключевые слова:* коммерческий учет электрической энергии, электросчетчик, энергосбережение, монтаж приборов учета, энергопотребление.

## ANALYSIS OF SYSTEMS FOR COMMERCIAL ACCOUNTING OF ELECTRICITY CONSUMERS

**Blokhnin M.A., Ochirov V.D.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Creation of the settlement system allowing defining sizes of the accounting indicators used in financial calculations with household and small-motor consumers is an actual task. The paper presents information about their own experience in the installation of automated information-measuring system of commercial accounting of electrical energy of consumers. The composition of the hierarchical integrated automated system is as follows: 1-st level – information and measurement systems at the points of accounting; 2-nd level – information and computer systems of electrical installations; level 3 – information and computing complex.

*Key words:* commercial accounting of electric energy, electric meter, energy saving, installation of metering devices, energy consumption.

**Введение.** Федеральным законом №261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении...» установлено, что производимые, передаваемые и потребляемые энергетические ресурсы подлежат обязательному учету с применением приборов учета используемых энергетических ресурсов [4]. Учет используемых энергетических ресурсов должен быть обеспечен на объектах, подключенных к электрическим сетям централизованного электроснабжения, и (или) системам централизованного теплоснабжения,

водоснабжения и газоснабжения, и (или) иным системам централизованного снабжения энергетическими ресурсами.

**Цель работы.** Основной целью написания настоящей статьи и соответствующего очного доклада на студенческой конференции Иркутского ГАУ явилось информирование студентов энергетического факультета уровня бакалавриата и магистратуры о применении автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учета электроэнергии потребителей (АИИС КУЭ потребителей).

**Основная часть.** Одной из компаний г. Иркутска, реализующей комплекс услуг по автоматизации коммерческого учета электрической энергии для различного рода потребителей, является АО «ИРМЕТ» [2]. Обучение в магистратуре Иркутского ГАУ я совмещаю с официальной работой в АО «ИРМЕТ» в должности электромонтера по эксплуатации электросчетчиков 3 разряда, тем самым углубляю полученные знания и приобретаю умения и навыки профессиональной деятельности на производстве.

В 2018 году на острове Ольхон я в составе рабочей группы выполнял монтажные работы по установке электросчетчиков и устройств сбора и передачи данных (УСПД), а также реализовывал мероприятия по подготовке объектов автоматизации к вводу системы в эксплуатацию. Потребителями на распределительных сетях 0,4 кВ явились бытовая и мелкомоторный сектор населенных пунктов Малый Хужир, Харанцы, Халгай, Хужир и Ялга [1].

Были выполнены следующие виды работ [1]:

- монтаж приборов учета на ответвлении от ВЛ-0,4 кВ;
- монтаж приборов учета на фасаде при подключении через трансформаторы тока;
- монтаж приборов учета и трансформаторов тока в ТП 10/0,4 кВ;
- монтаж УСПД;
- монтаж ограничителей перенапряжений и заземлений опор со спусками.

Построение АИИС КУЭ осуществлялось с использованием программно-технического комплекса ООО «МИРТЕК» «Meter Tools» [3].

Рабочей группой были установлены:

- для трехфазных точек учета непосредственного включения – счетчики МИРТЕК-32-РУ-W32 5-100 А;
- для трехфазных точек учета косвенного включения – счетчики МИРТЕК-32-РУ-W32 5-10А;
- для однофазных точек учета – счетчики МИРТЕК-12-РУ-W3 5-80А.

Подробная информация о вышеуказанных многофункциональных счетчиков электрической энергии представлена на официальном сайте ООО «МИРТЕК» [3].

Прием и передача данных от измерительных приборов производства ООО «МИРТЕК» до сервера информационно-вычислительного комплекса (ИВК) филиала ОАО «ИЭСК» «Восточные электрические сети» (ОАО

«ИЭСК» ВЭС) организована УСПД МИРТ 880, связывающийся с сервером по каналу связи GPRS.

Для защиты оборудования, установленного на опорах ВЛ 0,4 кВ, от грозовых и коммутационных перенапряжений, предусмотрена установка ограничителей перенапряжений типа LVA-450.

Структурная схема АИИС КУЭ потребителей филиала ОАО «ИЭСК» ВЭС, состоящая из трех уровней, представлена на рисунке 1 [1]. Как видно из рисунка 1 АИИС КУЭ строится как иерархическая интегрированная автоматизированная система, в состав которой входят ИИК, ИВКЭ и ИВК.

*Функции ИИК:*

- автоматическое выполнение измерений величин потребляемой электроэнергии и мощности;
- автоматическое выполнение измерений времени;
- хранение результатов измерений;
- предоставление доступа к измеренным значениям параметров со стороны ИВК;
- конфигурирование и параметрирование электросчетчиков.

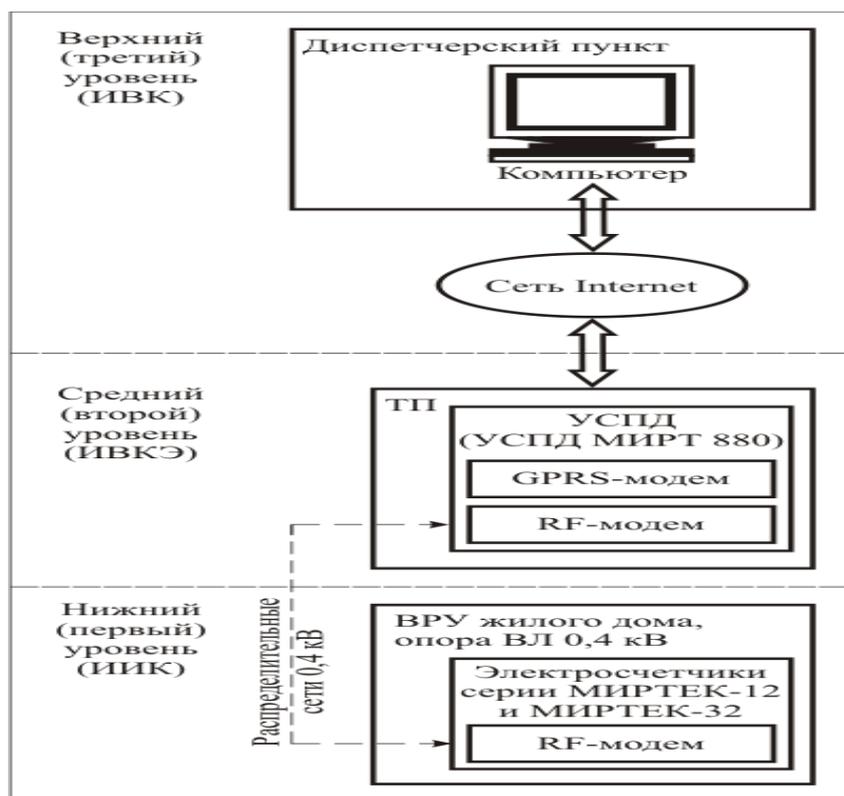


Рисунок 1 – Структурная схема АИИС КУЭ потребителей: ИИК – информационно-измерительные комплексы в точках учета; ИВКЭ – информационно-вычислительные комплексы электроустановок; ИВК – информационно-вычислительный комплекс

*Функции ИВКЭ:*

- автоматический сбор информации по учету электроэнергии от ИИК;
- автоматическая передача информации по учету электроэнергии в ИВК;

- предоставление доступа ИВК к настроечным параметрам электросчетчиков;

- передача запросов от ИВК к электросчетчикам.

*Функции ИВК:*

- автоматический и по «запросу» сбор результатов измерений ИИК;
- хранение результатов измерений;
- возможность масштабирования потребления электроэнергии во времени;

- введение «Журнала событий»;

- предоставление пользователем и эксплуатационному персоналу регламентированного доступа к данным ИВК;

- аппаратная и программная защита от несанкционированного изменения параметров и любого изменения данных;

- формирование отчетных документов;

- конфигурирование и параметрирование технических средств и программного обеспечения;

- предоставление пользователям и эксплуатационному персоналу регламентированного доступа к визуальным, печатным и электронным данным.

**Выводы.** Внедрение АИИС КУЭ позволит обеспечить получение точной, достоверной и легитимной информации по учету электроэнергии и мощности. Использование автоматизированного учета минимизирует участие человека в сборе и обработке данных по потреблению электроэнергии. АИИС КУЭ позволяет также вести эффективную борьбу с хищениями электроэнергии, большая доля которой приходится на частный сектор.

#### **Список литературы**

1. Автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии потребителей: пояснительная записка ИРМТ.411711.309.18.ПЗ. Филиал ОАО «ИЭСК» Восточные электрические сети ТР №020/2588, пос. Хужир. – Иркутск: АО «ИРМЕТ», 2018. – 63 с.

2. АО «ИРМЕТ»: автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учета электрической энергии (АИИС КУЭ) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://irmet.ru/pages/aiis-kue>. – Дата обращения: 24.02.2019 г.

3. ООО «МИРТЕК» [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://mirtekgroup.ru/>. – Дата обращения: 24.02.2019 г.

4. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ (ред. от 27.12.2018) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 16.01.2019 г.). – 61 с.

#### **References**

1. Avtomatizirovannaya informacionno-izmeritel'naya sistema kommercheskogo ucheta ehlektroehnergii potrebitelej: poyasnitel'naya zapiska IRMT.411711.309.18.PZ. Filial ОАО «IEHCK» Vostochnye ehlektricheskie seti TR №020/2588, pos. Huzhir [Automated information-measuring system of commercial accounting of electricity consumers: explanatory

note IRMT.411711.309.18.PZ. Branch of JSC «IESK» Eastern electric networks TR №020/2588, village Khuzhir]. – Irkutsk: AO «IRMET», 2018. – 63 s.

2. АО «IRMET»: avtomatizirovannye informacionno-izmeritel'nye sistemy kommercheskogo ucheta ehlektricheskoy ehnergii (AIIS KUEH) [АО IRMET: automated information and measuring systems of commercial accounting of electric energy (AMC)] [EHlektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: <http://irmet.ru/pages/aiis-kue>. – Data obrashcheniya: 24.02.2019 g.

3. ООО «MIRTEK» [ООО «MIRTEK»] [EHlektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: <http://mirtekgroup.ru/>. – Data obrashcheniya: 24.02.2019 g.

4. Federal'nyj zakon ot 23.11.2009 g. № 261-FZ (red. ot 27.12.2018) «Ob ehnergoberezhnii i o povyshenii ehnergeticheskoy ehffektivnosti i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii» (s izm. i dop., vstup. v silu s 16.01.2019 g.) [Federal law No. 261-FZ of 23.11.2009 (ed. of 27.12.2018) «On energy saving and on improving energy efficiency and on amending certain legislative acts of the Russian Federation» (C izm. and dop., entry. in force 16.01.2019).]. – 61 s.

### Сведения об авторах

**Блохнин Матвей Анатольевич** – студент второго курса энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89148711249, e-mail: blohnin89@mail.ru).

**Очилов Вадим Дансарунович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой энергообеспечения и теплотехники. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89501205411, e-mail: ochirov@igsha.ru).

### Information about the authors

**Blokhnin Matvey A.** – second year student of the faculty of energy. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodzhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89148711249, e-mail: blohnin89@mail.ru).

**Ochirov Vadim D.** – candidate of Technical Sciences, assistant professor, head of the department of power supply and heating engineers. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodzhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89501205411, e-mail: ochirov@igsha.ru).

УДК 621.3.07

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ПТИЧНИКОВ

**БоннетЯ.В.<sup>1</sup>, Прудников А.Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором являются самыми распространенными электрическими машинами, используемыми в электроприводах сельскохозяйственных электроустановок. Возможность определения основных

технических характеристик технологических процессов с приводом от асинхронного двигателя переменного тока в процессе эксплуатации является актуальной задачей, так как внезапные отказы влекут за собой дорогостоящий ремонт, простой оборудования и, как следствие, снижение качества выпускаемой продукции или ее удорожание. В статье приведены данные об отказах электродвигателей осевых вентиляторов ВО -7,1, а так же результаты проверки загруженности двигателей по трем показателям: ток, напряжение и частота вращения.

*Ключевые слова:* осевой вентилятор, асинхронный двигатель, мощность, степень загрузки, система вентиляции.

## **THE EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF INDUCTION MOTORS IN THE VENTILATION SYSTEMS OF POULTRY HOUSES**

**Bonnet Ya.V.<sup>1</sup>, Prudnikov A.Yu.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Moscow state technical University named after N. E. Bauman, Moscow, Russia

<sup>2</sup>Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Irkutsk, Russia*

Induction motors with squirrel-cage rotor are the most widely spread electric machines used in electric drives of agricultural electrical installations. The ability to determine the main technical characteristics of technological processes driven by an asynchronous AC motor during operation is an urgent task, since sudden failures entail expensive repairs, simple equipment and, as a result, a decrease in the quality of products or its rise in price. The article presents data on failures of electric motors of axial fans IN -7,1, as well as the results of checking the load of engines on three indicators: current, voltage and speed.

*Keywords:* axial fan, asynchronous motor, power, degree of loading, ventilation system.

Асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором являются основным типом двигателей используемых для электропривода рабочих механизмов производственных объектов, они потребляют большую часть всей электроэнергии вырабатываемой в нашей стране. Эффективному использованию асинхронных электродвигателей препятствует их нерациональная эксплуатация[1]. Разработано большое количество различных встроенных, переносных и стационарных диагностических приборов и приспособлений для диагностики электродвигателей и их отдельных элементов[2, 3]. В настоящее время широко используются диагностические комплексы для углубленной проверки асинхронных двигателей в процессе эксплуатации[3,4, 5, 6].

Для повышения эффективности использования асинхронных электродвигателей, сокращение средств на ремонт и техническое обслуживание на кафедре электрооборудования и физики Иркутского ГАУ разработаны различные методы их диагностирования в эксплуатационных условиях [7-16]. В хозяйствах, где внедряется диагностика асинхронных двигателей, снижается количество непредвиденных отказов и увеличивается срок службы электродвигателей.

Осевой вентилятор ВО-7,1 (Климат-47) применяется в системах вытяжной вентиляции в животноводческих, птицеводческих и прочих помещениях, требующих большого воздухообмена. Данный вентилятор

может использоваться в поперечной или смешанной системах вентиляции. Квадратная конструкция корпуса вентилятора позволяет осуществлять его монтаж в оконные или стенные проемы. Корпус вентилятора изготавливают из листовой оцинкованной стали, в комплект так же входят легкие жалюзи со втулками. Сам вентилятор изготовлен из алюминия. Вентилятор может комплектоваться двумя двигателями мощностью 0,37 и 0,55 кВт (таблица 1). Основным преимуществом данного вентилятора является низкая загруженность в момент пуска. Вентилятор осевой ВО-7,1 может быть укомплектован четырех и шести лопастным рабочим колесом. Частота вращения может изменяться при помощи частотного или тиристорного преобразователей.

Таблица 1 – Технические характеристики осевых вентиляторов ВО

Показатель	ВО-7,1(Климат-47)	ВО-5,6(Климат-45)
Объем подаваемого воздуха, м <sup>3</sup> /ч	12000±500	8000±500
Масса, кг	27	22
Марка электродвигателя	АД80А6У2	АД80А6У2
Номинальное напряжение, В	380±10%	380±10%
Номинальная частота, Гц	50±1	50±1
Диаметр вентилятора, мм	710	560
Частота вращения вентилятора, об/мин	900	900
Номинальная мощность, кВт	0,37	0,37

Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, которыми комплектуются вентиляторы ВО-7,1 и ВО-5,6, как правило рассчитаны на срок безотказной работы более 15 лет без капитального ремонта при условии их эксплуатации в номинальном режиме работы. Однако в условиях сельскохозяйственного производства срок работы асинхронных машин и их элементов значительно уменьшается. Основной причиной выхода из строя является сложные условия эксплуатации во влажных и агрессивных средах, перегрузки, недостаточный уровень технического обслуживания и ремонта. Все это приводит в большинстве случаев к перегреву двигателя, который чаще всего происходит за счет его перегрузки электрическим током. При превышении нагрузки необходимо снизить ее до номинальной и проследить за изменением температуры, поэтому, задача электротехнической службы состоит в том, чтобы не допускать перегрузок двигателей.

Нами было проанализированы выходы из строя электродвигателей, приводящих во вращение осевые вентиляторы ВО-7,1 в СХ ПАО Белореченское, структурное подразделение – птицефабрика (таблица 2).

Таблица 2 – Данные о выходе из строя двигателей  $P_n=0,37$  кВт за последние 4 года

Год	2015	2016	2017	2018
Количество двигателей, вышедших из строя	23	58	51	42

Для измерения мощности применяются специальные приборы. Причем их многофункциональных моделей совсем мало. Простейшим способом оценки загрузки электродвигателя, является установка амперметра в одну из фаз, который показывает ток в обмотке статора. При увеличении номинального тока на 5% продолжительная работа электродвигателя недопустима по условию нагрева. В этом случае необходимо понизить температуру, например, улучшением вентилирования или уменьшением нагрузки на валу двигателя. Была произведена проверка осевых 6-ти лопастных вентиляторов с двигателем АДМ2П80,  $I_{ном}=1,37$ А,  $n_{ном} = 930$  об/мин эксперимент проводился при напряжении в сети  $U_{сети} = 395$  В. Результаты измерений представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты проверки загруженности осевых вентиляторов

Наименование показателей	Работа двигателя без вентилятора	Работа двигателя с вентилятором
Напряжение, В	388	381
Частота вращения, об/мин	998	863
Сила тока, А	0,86	1,74

Анализируя полученные данные можно сделать следующие выводы:

1. Исследуемые осевые вентиляторы работают с перегрузкой по току в 27%, это приводит к перегреву двигателей особенно в летнее время, а следовательно и выходу из строя.

2. Для снижения выходов из строя двигателей следует использовать 4-х лопастные вентиляторы, или заменить двигатели  $P_n=0,37$  кВт на двигатели  $P_n=0,55$  кВт.

#### Список литературы

1. *Боннет В.В., Прудников А.Ю.* Статистическая оценка параметров изменения частоты вращения ротора асинхронного двигателя // Вестник ИрГСХА. – 2017. – Вып. 80. – С. 125-130.
2. *Карнаухов Д.Н., Муратов С.С., Ракоца И.А.* Энергосберегающая система поддержания микроклимата в птичнике / науч. рук. А.Ю. Логинов, В.В. Боннет // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : материалы регион. науч.-практ. конф. молодых учёных, (5 апр. 2017 г.). – Иркутск, 2017. – С. 189-195.
3. *Логинов А.Ю., Боннет В.В.* Влияние эксцентриситета ротора асинхронного двигателя на его динамические показатели // Актуальные вопросы аграрной науки. – 2012. – № 2. – С. 52-56.

4. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Герасимова М.Н., Логинов А.Ю., Потапов В.В. Диагностический комплекс исследования работы асинхронного двигателя в переходных режимах // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы VII междунар. науч.-практ. конф., (18 апр. 2016 г.). – Саратов, 2016. – С. 189.

5. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Герасимова М.Н., Логинов А.Ю., Потапов В.В. Определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы VII междунар. науч.-практ. конф., (18 апр. 2016 г.). – Саратов, 2016. – С. 183-188.

6. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Герасимова М.Н., Логинов А.Ю., Ракоца И.А. Аппаратный комплекс для исследования работы асинхронного двигателя // Вестник Ангарского государственного Технического университета. – 2016. – № 10. – С. 63-65.

7. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Герасимова М.Н., Логинов А.Ю., Ракоца И.А. Амплитуда колебаний частоты вращения ротора как параметр оценки эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Вестник Ангарского государственного технического университета. – 2016. – № 10. – С. 70-73.

8. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Автоматизированная система для диагностики эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Климат, экология, сельское хозяйство Евразии : материалы VII междунар. науч.-практ. конф., (24-26 мая 2018 г.). – Иркутск, 2018. – С. 233-238.

9. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Анализ методов определения работоспособности асинхронных электродвигателей в процессе эксплуатации // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., (Саратов, 01 – 30 апр. 2013 г.). – Ижевск, 2013. – С. 273-276.

10. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Математическая модель асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6 (105). – С. 94-97.

11. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Метод определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 5 (104). – С. 68-72.

12. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю., Потапов В.В. Экспериментальная проверка способа диагностирования эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 11 (110). – С. 73-77.

13. Ракоца И.А., Муратов С.С., Карнаухов Д.Н. Системы комплексной диагностики электродвигателей в сельском хозяйстве / науч. рук. А.Ю. Прудников, В.В. Боннет // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : материалы регион. науч.-практ. конф. молодых учёных, (5 апр. 2017 г.). – Иркутск, 2017. – С. 211-216.

14. Синельников А.М., Боннет В.В. Анализ методов диагностики неисправностей электрических машин // Вестник ИрГСХА. – 2008. – Вып. 30. – С. 111-114.

15. Синельников А.М., Боннет В.В. Математическая модель диагностики асинхронного двигателя в процессе пуска // Вестник ИрГСХА. – 2009. – Вып. 36. – С. 109-115.

16. Синельников А.М., Боннет В.В. Метод определения технического состояния асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в процессе пуска // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 4 (43). – С. 201-203.

17. Синельников А.М., Боннет В.В. Техническое обслуживание и эффективность диагностирования асинхронных электродвигателей // Вестник ИрГСХА. – 2009. – Вып. 37. – С. 94-98.

## References

1. Bonnet V.V., Prudnikov A.YU. Statisticheskaya ocenka parametrov izmeneniya chastoty vrashcheniya rotora asinhronnogo dvigatelya // [Vestnik IrGSKHA] – 2017. – Vyp. 80. – S. 125-130.
2. Karnauhov D.N., Muratov S.S., Rakoca I.A. EHnergoberegayushchaya sistema podderzhaniya mikroklimata v ptichnike / nauch. ruk. A.YU. Loginov, V.V. Bonnet // [Nauchnye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK : materialy region. nauch.-prakt. konf. molodyh uchyonyh, (5 apr. 2017 g.)]. – Irkutsk, 2017. – S. 189-195.
3. Loginov A.YU., Bonnet V.V. Vliyanie ehkscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya na ego dinamicheskie pokazateli // [Aktual'nye voprosy agrarnoy nauki] – 2012. – № 2. – S. 52-56.
4. Prudnikov A.YU., Bonnet V.V., Gerasimova M.N., Loginov A.YU., Potapov V.V. Diagnosticheskij kompleks issledovaniya raboty asinhronnogo dvigatelya v perekhodnyh rezhimakh // [Aktual'nye problemy ehnergetiki APK : materialy VII mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (18 apr. 2016 g.)] – Saratov, 2016. – S. 189.
5. Prudnikov A.YU., Bonnet V.V., Gerasimova M.N., Loginov A.YU., Potapov V.V. Opredeleniya ehkscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya // [Aktual'nye problemy ehnergetiki APK : materialy VII mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (18 apr. 2016 g.)] – Saratov, 2016. – S. 183-188.
6. Prudnikov A.YU., Bonnet V.V., Gerasimova M.N., Loginov A.YU., Rakoca I.A. Apparatnyj kompleks dlya issledovaniya raboty asinhronnogo dvigatelya // [Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo Tekhnicheskogo universiteta] – 2016. – № 10. – S. 63-65.
7. Prudnikov A.YU., Bonnet V.V., Gerasimova M.N., Loginov A.YU., Rakoca I.A. Amplituda kolebanij chastoty vrashcheniya rotora kak parametr ocenki ehkscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya // [Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta] – 2016. – № 10. – S. 70-73.
8. Prudnikov A.YU., Bonnet V.V., Loginov A.YU. Avtomatizirovannaya sistema dlya diagnostiki ehkscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya // [Klimat, ehkologiya, sel'skoe hozyajstvo Evrazii : materialy VII mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (24-26 maya 2018 g.)] – Irkutsk, 2018. – S. 233-238.
9. Prudnikov A.YU., Bonnet V.V., Loginov A.YU. Analiz metodov opredeleniya rabotosposobnosti asinhronnyh ehlektrodvigatelej v processe ehkspluatacii // [Aktual'nye problemy ehnergetiki APK : materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (Saratov, 01 – 30 apr. 2013 g.)] – Izhevsk, 2013. – S. 273-276.
10. Prudnikov A.YU., Bonnet V.V., Loginov A.YU. Matematicheskaya model' asinhronnogo dvigatelya s ehkscentrisitetom rotora // [Vestnik KrasGAU] – 2015. – № 6 (105). – S. 94-97.
11. Prudnikov A.YU., Bonnet V.V., Loginov A.YU. Metod opredeleniya ehkscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya // [Vestnik KrasGAU] – 2015. – № 5 (104). – S. 68-72.
12. Prudnikov A.YU., Bonnet V.V., Loginov A.YU., Potapov V.V. EHksperimental'naya proverka sposoba diagnostirovaniya ehkscentrisiteta rotora asinhronnogo dvigatelya // [Vestnik KrasGAU] – 2015. – № 11 (110). – S. 73-77.
13. Rakoca I.A., Muratov S.S., Karnauhov D.N. Sistemy kompleksnoj diagnostiki ehlektrodvigatelej v sel'skom hozyajstve / nauch. ruk. A.YU. Prudnikov, V.V. Bonnet // [Nauchnye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK : materialy region. nauch.-prakt. konf. molodyh uchyonyh, (5 apr. 2017 g.)] – Irkutsk, 2017. – S. 211-216.
14. Sinel'nikov A.M., Bonnet V.V. Analiz metodov diagnostiki neispravnostej ehlektricheskikh mashin // [Vestnik IrGSKHA] – 2008. – Vyp. 30. – S. 111-114.
15. Sinel'nikov A.M., Bonnet V.V. Matematicheskaya model' diagnostiki asinhronnogo dvigatelya v processe puska // [Vestnik IrGSKHA] – 2009. – Vyp. 36. – S. 109-115.

16. Sinel'nikov A.M., Bonnet V.V. Metod opredeleniya tekhnicheskogo sostoyaniya asinhronnogo dvigatelya s korotkozamknutym rotorom v processe puska // [Vestnik Kras-GAU] – 2010. – № 4 (43). – S. 201-203.

17. Sinel'nikov A.M., Bonnet V.V. Tekhnicheskoe obsluzhivanie i ehffektivnost' diagnostirovaniya asinhronnyh ehlektrodvigatelej // [Vestnik IrGSKHA] – 2009. – Vyp. 37. – S. 94-98.

#### **Сведения об авторах**

**Боннет Яков Вячеславович** - студент, МГТУ им. Н.Э. Баумана (664047 г. Иркутск, Карла Либкнехта 152, кв.8, тел. 89246367076, e-mail: bvvirk@mail.ru).

**Прудников Артем Юрьевич** – ст. преп. кафедры электрооборудования и физики (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный 1/1, тел. 89247101077, e-mail: mr.groll666@yandex.ru).

#### **Information about the authors**

**Bonnet, Jacob V.** - student of the Bauman MSTU N. Eh. Bauman (664047 Irkutsk, Karl Liebknecht 152 sq. 8 phone 89246367076, e-mail: bvvirk@mail.ru).

**Prudnikov Artem Yur'evich** – senior lecturer. Department of electrical equipment and physics (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk region, village Youth 1/1, tel. 89247101077, e-mail: mr.groll666@yandex.ru).

**УДК 621.365.46:635.64**

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОМАТОВ**

**Бураева Н.Н., Быкова С.М.**

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
г. Иркутск, Россия*

В пищевых отраслях промышленности многих государств томаты являются самой востребованной культурой благодаря ценным питательным и диетическим качествам, большому разнообразию сортов, высокой отзывчивости на применяемые технологии выращивания. Однако имеющееся в настоящее время состояние технологий и оборудования для переработки томатов требует большего развития и усовершенствования. В статье проанализированы существующие виды обработки и сушки томатов для увеличения длительности их хранения и сохранения питательных свойств. Представлены характеристики нескольких самых распространенных методов. Произведен выбор оптимального метода для обезвоживания томатов, на основе ИК-технологий.

*Ключевые слова:* томаты, обработка, сушка, ИК-излучение, сушеный продукт.

## **ANALYSIS OF METHODS OF TECHNOLOGICAL PROCESSING OF TOMATOES**

**Buraeva N.N., Bykova S.M.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

In the food industry of many countries, tomatoes are the most sought-after crop due to its valuable nutritional and dietary qualities, a wide variety of varieties, and high responsiveness to the

applied cultivation technologies. However, the current state of technology and equipment for processing tomatoes requires more development and improvement. The article analyzes the existing types of processing and drying of tomatoes to increase the duration of their storage and preserve the nutritional properties. The characteristics of several of the most common methods are presented. The selection of the optimal method for dehydration of tomatoes, based on IR technology.

*Key words: tomatoes, processing, drying, infrared radiation, dried product.*

На сегодняшний день вопросы хранения приобретают важное экономическое значение, особенно это относится к продовольственным товарам. Для разнообразия товаров данная задача решается по-разному, так как каждый из них нуждается в определённом режиме хранения, зависящем от его состава, свойств и интенсивности протекающих в них процессов.

Во всем мире томаты считаются самой популярной культурой благодаря их ценным питательным и диетическим качествам, большому многообразию сортов, высокой отзывчивости на применяемые методы выращивания [7].

Время хранения свежих плодов томатов небольшой и постоянно ведётся поиск путей продления их сохранности без потери качества.

Особое внимание уделяется сушёным томатам, т. к. биологически-активные антиоксиданты (ликопин,  $\beta$ -каротин, витамин С, полифенолы, флавоноиды) имеются в них в концентрированном виде. Наибольшую ценность представляет ликопин, проявляющий не только антиоксидантные свойства, но и лечебно-профилактические, который может быть использован для производства функциональных продуктов питания и биологически-активных добавок к пище.

Длительное время термин «сушёные томаты» у большинства населения вызывал удивление и воспринимался как нечто экзотичное. В то же время это обычная еда в странах Средиземноморья. Их добавляют в салаты, выпечку, сыры, омлеты, запеканки, овощные пироги, а также в рыбу или птицу и, конечно же, в пиццу и пасту, а также просто едят с ломтиками свежего белого хлеба, запивая вином. Когда-то производство и потребление сушёных томатов ограничивалось итальянским югом. Сейчас с сушёными томатами знакомо большинство европейских стран. У них сильно выраженный аромат, который не сохраняется в такой степени ни у томатов холодильного хранения, ни у замороженных, ни у других продуктов переработки томатов, типичный кисло-сладкий томатный вкус, усиленный за счёт концентрирования при сушке, но без уваренных тонов, присущих томатной пасте. Томаты, подверженные сушке, не развариваются, но в то же время хорошо разжевываются, сохраняют форму кусочков в любом приготовленном блюде [8].

К классическим методикам продления сроков хранения томатопродуктов, относится – сушка, засол, стерилизация, маринование и иные. Более достоверной методикой сохранности томатов считается термическая стерилизация или же сушка. Известно, что при хранении или в процессе переработки в сырье возможно протекание биохимических

процессов, снижающих пищевую значимость готовых продуктов или их порчу [4].

Общепринятые выдающиеся качества используемого для данных целей процесса сублимационной сушки содержит ряд дефектов, связанных с продолжительностью и энергоемкостью процесса.

Ранее применяемые методы классической сушки овощного сырья приводят к потере значимой части на биологическом уровне активных веществ.

Сушка биологического сырья - это тяжелый термофизический и технологический процесс, от многих показателей которого зависит ценность и качество готовой продукции. Из высушенного сырья растительного происхождения получают натуральные фитопродукты такие как: специи, пищевые добавки, детское питание, лечебные масла и др. [5]. В процессе переработки биологического сырья, которое подвергается обезвоживанию, очень важно обеспечить самый лучший результат конечного продукта по качеству и максимально сохранить в нем витамины, целевые компоненты и полезные свойства. Все эти факторы накладывают дополнительные ограничения на режимы сушки, способ обезвоживания и технологический регламент переработки в целом. Конечная цель сушки – это получение биопродукта, обладающего лучшими свойствами и отвечающего всем требованиям транспортировки и хранения [2].

Отрицательным моментом естественной сушки считается то, что сырье можно высушить данным методом до влажности близкой к равновесной, не более. Подобный сухопродукт имеет не высокое качество, энергосодержание и сильно загрязнен; несмотря на кажущуюся простоту организации процесса и не высокую стоимость технического оснащения в масштабах производства естественная сушка оказывается дорогой. Поэтому практически все производители стали уделять внимание искусственной сушке [1].

Существует многообразие способов, методов и средств сушки сырья растительного происхождения, что обосновано особенностями материалов, подвергаемых сушке, видами связи влаги с материалом, целью сушки, экономическими соображениями.

Установки для сушки сырья растительного происхождения классифицируют по ряду признаков:

- по методу применяемому для сушки растительного сырья (конвективный, кондуктивный, инфракрасный, токами высокой и сверхвысокой частоты);
- по давлению, возникающему внутри сушильной камеры (атмосферные, вакуумные, сублимационные);
- по способу движения сушильного агента (с естественной и искусственной циркуляцией);
- по типу работы оборудования (периодического и непрерывного действия);

- по характеру передвижения сушильного агента (прямоточное, противоточное, встречное);
- по конструктивным признакам (камерные, шахтные, коридорные, барабанные, транспортёрные);
- по способу нагрева сушильного агента (паровые, огневые, электрические);
- по виду объекта сушки (твёрдые, жидкие, пастообразные);
- по виду сушильного агента (нагретый воздух, перегретый пар, дымовые газы с нагретым воздухом).

Для основных методов сушки авторами работы [3] была составлена сравнительная характеристика, которая представлена в таблице 1.

Как видно из таблицы 1 инфракрасный метод сушки по многим показателям сопоставим с другими методами, а по энергозатратам на испарение влаги превосходит остальные методы сушки. Данный метод не требует теплоносителя, зачастую способствующего загрязнению обрабатываемого продукта и частичному его уносу. Благодаря высокой проникающей способности ИК-излучения в материал тепловыделение происходит в глубине материала, при этом интенсивность сушки увеличивается в 1,5-2 раза, что ведёт к снижению энергозатрат.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика имеющихся методов сушки

№ п/п	Наименование показателей	Методы сушки			
		Инфракрасный	Конвективный	Сублимационный	СВЧ
1	Источник энергии (тепла)	Излучатели, нагретые до высокой температуры	Нагретый газ, омывающий влажный материал в самых разнообразных условиях	Удаление влаги в два этапа: возгонка льда из замороженного продукта и тепловая досушка в вакууме	Генераторы сверхвысокой частоты
2	Качество вырабатываемого продукта	Сохраняется до 90 % исходных свойств продукта, снижается обсемененность микроорганизмами	Снижение теплопроводности продукта в конце сушки значительно удлиняет процесс, ухудшая качество готового продукта. Добиться стабильного качества можно за счет правильной нарезки, бланширования. Конвективным способом производят 90% сушеных продуктов	Сохраняется форма, цвет, органолептические свойства при минимальных потерях биоактивных веществ, восстанавливаемость 85-95%	Равномерный нагрев практически не зависит от теплопроводности сушильного материала. Специфическое воздействие СВЧ-поля на продукт не обнаружено
3	Время сушки, часов	до 4	8-10	10-20	до 4
4	Восстанавливаемость	85-95 %	60-70 %	85-95 %	85-95 %
5	Достижимая остаточная влажность, %	10 – 12	8,0	8,0	8-12
6	Способность к хранению	более 1 года	0.3 – 0,5 года	более 1 года	более 1 года
7	Энергозатраты на испарение влаги, кВт·ч/кг	0,9-1,2	1,8-3,0	2,7-3,0	2-5

Существует множество показателей, от которых зависит состав томатов, во-первых, разновидность (мясистые, скороспелые, окрас, величина) во-вторых, степень зрелости (красная, розовая, бурая) и условия выращивания (грунт, теплица). Томат свежий в своем составе содержит: а) вода до 95%, б) сахара до 4,5%, (глюкоза, фруктоза и сахароза) в) Аскорбиновая кислота, г) Аминокислоты (аспарагиновая, аминокислотная, глютаминовая) д) полисахариды до 1,3% (с преобладанием клетчатки, а также гемицеллюлозы, крахмал, пектин), е) пигменты (в большей степени ликопин и  $\beta$ -каротин), ж) органические кислоты до 0,8%) ферменты (целлюлаза, амилаза, пектиновые ферменты, фосфорилаза и инвертаза), и) летучие вещества (3-гексенол, 2-изобутилтиозол и В-ионон), они представлены в виде эфиров – 57,5%, длинноцепочных спиртов, углеводов, карбонильных соединений – 31,5% и С3 и С6 спиртов - 11%. Томаты – содержат большое количество витаминов ( $\beta$ -каротин, Е, С, В6, биотин, ниацин, рибофлавин, тиамин, фолатин) и минеральными веществами (калий, натрий, фосфор, магний, железо, цинк, медь). Пектиновые вещества – это важный фактор, который определяет плотность плодовой мякоти. Наибольшее содержание пектиновых веществ у сортов, которые имеют большую плотность плодовой мякоти. Томаты содержат до 0,22% пектиновых веществ [8].

Содержание витамина С, мг/100г, не менее 25, бета-каротина не менее 4,5; рН 4,2-4,4; выход сока не менее 70%. Отходы составляют 4,5-5,0%. Прочность плода на раздавливание 80-00г на 1г массы плода или не менее 4,5кг на плод. К сортам, отвечающим этим требованиям, относятся: Волгоградский скороспелый 323, Подарок, Новинка Приднестровья, Факел, Зорень и др. Они приспособлены к промышленно технологии возделывания и уборки. Механизированную уборку томатов начинают при созревании на кусте 70-80% плодов, используя комплекс машин. В помидорах содержатся белки, ферменты, аминокислоты, моно- и олигосахариды (фруктоза, раффиноза, сахароза), а также полисахариды (клетчатка и пектиновые вещества). Из других веществ - высокое содержание каротиноидов, витаминов (В1, В2, В3, В5, фолиевой и аскорбиновой кислот), органических кислот (лимонная, яблочная, щавелевая, янтарная, винная), высокомолекулярных жирных и фенолкарбоновых кислот. В плодах, кроме того, найдены антоцианы, стерины, тритерпеновые сапонины, абсцизиновая кислота. В листьях незрелых и частично в зрелых плодах содержатся гликоалкалоиды (томатин, томатилин и др.), в листьях - эфирное масло. Кроме того, в развивающихся плодах содержатся летучие спирты (изобутиловый, изовалериановый) и альдегиды (фурфурол, бензальдегид), обуславливающие аромат помидоров. Наконец плоды очень насыщены солями железа, микроэлементами - цинком, медью, фтором, йодом. В них также содержится калий, кальций, магний, фосфор и другие минеральные вещества. [6].

В таблице 2 рассмотрена пищевая ценность сушёных томатов влажностью 14,5%, согласно базе данных продуктов питания (USDA), стандарта РФ сушеных томатов не существует. В 100г. сушёных томатов вполне реально удовлетворяют суточную потребность человека в  $\beta$ -каротине и калии, 65% потребности в аскорбиновой кислоте и железе, 75% – в меди, 50% дневной нормы потребности в ниацине и магнии, 35% – в фосфоре.

Таблица 2 – Пищевая ценность сушеных томатов

Наименование	Содержание в 100г
Углеводы, г	55,7
Сахара	34,8
Другие углеводы	8,9
Пищевые волокна	12,4
Белки, г	13,9
Жиры, г	3,1
Витамины, мг	
$\beta$ -каротин	11,9
<b>витамин С</b>	<b>39,3</b>
Фолацин	69,1
витамин Е	3,1
тиамин (В1)	0,52
рибофлавин (В2)	0,5
ниацин (В3)	9,1
витамин В6	0,34
пантотеновая кислота	1,98
Минеральные вещества, мг	
Калий	3426
Натрий	116
Фосфор	355
Магний	193
кальций	109
Железо	9,08
Цинк	1,9
Медь	1,43
Калорийность, ккал	259

Знать уровень исследуемых показателей очень важно, так как установленный уровень качества продукции, будет являться отправной точкой для совершенствования технологии в ее производстве [10].

В завершение описанных данных можно сделать вывод, что технологическая обработка томатов имеет высокое значение в нашей жизни. Каждый из нас повседневно использует томатопродукты такие как: томатный сок, томатная паста, кетчуп и т.д., процесс приготовления которых на прямую зависит от методов технологической обработки. Из множества существующих способов самым перспективным, позволяющим получать высококачественные продукты с повешенной пищевой ценностью является ИК-сушка, растительного сырья с использованием инфракрасного излучения ученые выделяют как самый экологичный и менее энергоемкий способ.

### Список литературы

1. Алтухов, И.В. Влияние импульсной инфракрасной сушки на сохранность активноразрушающихся веществ/ И.В.Алтухов, Н.В.Цугленок, В.Д.Очиров // Вестник АПК Ставрополя. – 2015. – №1 (17). – С. 7-10.
2. Алтухов, И.В. Методика и алгоритм проведения экспериментальных исследований технологии инфракрасной сушки сахаросодержащих корнеплодов/ И.В.Алтухов, Н.В.Цугленок// Вестник ИрГСХА. – 2015. – Выпуск 66. – С.105-111.
3. Алтухов, И.В.. Особенности работы импульсных ИК-излучателей в технологии сушки корнеклубнеплодов/ И.В.Алтухов, Н.В.Цугленок//Вестник алтайского государственного университета. – 2015. - №4(126) – С. 109 – 114.
4. Гаджиева, А. М. Теоретические основы производства томатопродуктов с использованием биотехнологических процессов / А. М. Гаджиева, Ф. В. Тагирова // Сборник матер. III Всерос. научно-техн. конф. «Повышение качества и безопасности пищевых продуктов». – Махачкала: ИПЦ «Лелек», 2013. – С. 9–11.
5. Касьянов, Г. И. Теоретические разработки и практическая реализация способов переработки томатов / Г. И. Касьянов, В. С. Гринченко, Е. А. Мазуренко // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2014. – № 4. – С. 183–193.
6. Попов В.М. Инновационные способы и средства сушки сельскохозяйственного сырья // *Материалы круглый стол «Инновации, технологии, импортозамещение в агропромышленном комплексе Уральского федерального округа, в рамках Окружной специализированной агропромышленной выставки Уральского федерального округа «Техника. Технологии. Инновации. Наука.» -Тюмень, 2018. – С.21-24.*
7. Попов, В. М. К вопросу об инфракрасной сушке томатов / В. М. Попов, В. А. Афонькина, В. Н. Левинский // Достижения науки — агропромышленному производству: материалы LV междунар. науч.-техн. конф.; Южно-Уральский государственный аграрный университет. — 2016. — С. 267—274.
8. Попов В.М. Результаты исследований качественных показателей процесса ИК-сушки зеленых культур / В.М. Попов, В.А. Афонькина, Е.И. Шукшина, В.Н. Левинский // Материалы Пятдесят третьей международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству». Челябинск. - 2014. – С. 363-367.
9. Попов В.М. Результаты исследований качественных показателей процесса ИК-сушки томатов с установкой сроков хранения/ Афонькина В.А. Левинский В.Н.// Вестник КрасГАУ. – 2018. - №4. – С.174-181.
10. Чернышев С.В. Разработка и научное обоснование технологии сушеных томатов: дис. докт. тех. наук: 05.18.01: защищена 13.10.11: утв. 22.12.11 / Чернышев Сергей. Кишинев: – 2011- С.26 – 43.

### References

1. Altuxov, I.V. Vliyanie impul'snoj infrakrasnoj sushki na soxrannost` aktivnodejstvuyushhix veshhestv/ I.V.Altuxov, N.V.Czuglenok, V.D.Ochirov // Vestnik APK Stavropol`ya. – 2015. – №1 (17). – S. 7-10.
2. Altuxov, I.V. Metodika i algoritm provedeniya e`ksperimental`ny`x issledovaniy texnologii infrakrasnoj sushki saxarosoderzhashhix korneplodov/ I.V.Altuxov, N.V.Czuglenok// Vestnik IrGSXA. – 2015. – Vy`pusk 66. – S.105-111.
3. Altuxov, I.V.. Osobennosti raboty` impul`sny`x IK-izluchatelej v texnologii sushki korneklubneplodov/ I.V.Altuxov, N.V.Czuglenok//Vestnik altajskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2015. - №4(126) – S. 109 – 114.
4. Gadzhieva, A. M. Teoreticheskie osnovy` proizvodstva tomatoproduktov s ispol`zovaniem biotexnologicheskix processov / A. M. Gadzhieva, F. V. Tagirova // Sbornik mater. III Vseros. nauchno-texn. konf. «Povy`shenie kachestva i bezopasnosti pishhevy`x produktov». – Maxachkala: IPCz «Lelek», 2013. – S. 9–11.

5. Kas`yanov, G. I. Teoreticheskie razrabotki i prakticheskaya realizaciya sposobov pererabotki tomatov / G. I. Kas`yanov, V. S. Grinchenko, E. A. Mazurenko // Nauka. Tekhnika. Tekhnologii (politexnicheskij vestnik). – 2014. – № 4. – S. 183–193.
6. Popov V.M. Innovacionny`e sposoby` i sredstva sushki sel`skoxozyajstvennogo sy`r`ya // Materialy` krugly`j stol «Innovacii, texnologii, importozameshhenie v agropromy`shlennom komplekse Ural`skogo federal`nogo okruga, v ramkax Okruzhnoj specializirovannoj agropromy`shlennoj vy`stavki Ural`skogo federal`nogo okruga «Tekhnika. Tekhnologii. Innovacii. Nauka.» - Tyumen`, 2018. – S.21-24.
7. Popov, V. M. K voprosu ob infrakrasnoj sushke tomatov / V. M. Popov, V. A. Afon`kina, V. N. Levinskij // Dostizheniya nauki — agropromy`shlennomu proizvodstvu : materialy` LV mezhdunar. nauch.-texn. konf. ; Yuzhno-Ural`skij gosudarstven`ny`j agrarny`j universitet. — 2016. — S. 267—274.
8. Popov V.M Rezul`taty` issledovanij kachestvenny`x pokazatelej processa IK-sushki zeleny`x kul`tur / V.M. Popov, V.A. Afon`kina, E.I. Shukshina, V.N. Levinskij // Materialy` Pyat`desyat tret`ej mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii «Dostizheniya nauki – agropromy`shlennomu proizvodstvu». Chelyabinsk. - 2014. – S. 363-367.
9. Popov V.M. Rezul`taty` issledovanij kachestvenny`x pokazatelej processa IK-sushki tomatov s ustanovkoj srokov xraneniya/ Afon`kina V.A. Levinskij V.N.// Vestnik KrasGAU. – 2018. - №4. – S.174-181.
10. Cherny`shev S.V. Razrabotka i nauchnoe obosnovanie texnologii susheny`x tomatov: dis. dokt. tex. nauk: 05.18.01: zashhishhena 13.10.11: utv. 22.12.11 / Cherny`shev Sergej. Kishinev: – 2011- S.26 – 43.

#### **Сведения об авторах**

**Буреава Ника Николаевна** – студентка второго курса энергетического факультета, направление подготовки 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89996445643 e-mail: [nika.buraeva@mail.ru](mailto:nika.buraeva@mail.ru))

**Быкова Светлана Михайловна** – старший преподаватель кафедры энергообеспечения и теплотехники, ((664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89041216961, e-mail – [bsm2212@rambler.ru](mailto:bsm2212@rambler.ru))

#### **Information about the authors**

**Buraeva Nika Nikolaevna** - second-year student of the Faculty of Energy, direction of training 13.03.01 - Thermal Power Engineering and Heat Engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89996445643 e-mail: [nika.buraeva@mail.ru](mailto:nika.buraeva@mail.ru))

**Bykova Svetlana Mikhailovna** - Senior Lecturer, Department of Energy Supply and Heat Engineering, (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89041216961, e-mail - [bsm2212@rambler.ru](mailto:bsm2212@rambler.ru))

УДК 621.316:004.7:004.388

### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ РОЗЕТКА С ТЕХНОЛОГИЕЙ IOT**

**Гамаюнов И.Е., Кузнецов Б.Ф.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского.

*г.Иркутск,Россия*

В работе рассматривается разработанная авторами интеллектуальная розетка. Интеллектуальная розетка – устройство, которое включается в обычную розетку (если это розетка-накладка, просто есть еще встраиваемые), и к нему уже подключаются другие электроприборы. Было разработано и опробовано несколько вариантов построения интеллектуальной розетки с использованием системы на кристалле (SystemonaChip–SoC)

ESP 8266. Разработанное устройство позволяет производить измерение потребляемой электроэнергии и в перспективе производить запись измеренных значений. Наличие радиоканала позволяет производить дистанционное включение и выключение нагрузки.

*Ключевые слова:* измерение мощности, интеллектуальная розетка.

## INTELLIGENT SOCKET WITH IOT TECHNOLOGY

**Gamayunov I.E., Kuznetsov B.F.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

The paper deals with an intelligent socket developed by the authors. An intelligent outlet is a device that plugs into an ordinary outlet (if it is a socket-pad, there are just still built-in ones) and other electrical devices are already connected to it. Several options for building an intelligent outlet using the on-chip system (Systemona Chip – SoC) ESP 8266 have been developed and tested. The developed device allows for the measurement of consumed electricity and, in the long run, the recording of measured values. The presence of a radio channel allows you to remotely turn on and off the load.

*Keywords:* power measurement, intelligent socket.

### Введение

Самое понятие, как и устройство "Интеллектуальная розетка" появилось не так давно. Но сейчас уже многие производители выпустили по несколько моделей таких розеток. И эти розетки даже немного продаются.

Интеллектуальная розетка – устройство, которое включается в обычную розетку (если это розетка-накладка, просто есть еще встраиваемые), и к нему уже подключаются другие электроприборы. Как простой переходник. Розетка подключается к домашней Wi-Fi сети. Через специальное приложение для смартфона, или планшета можно управлять розеткой. На расстоянии отключать ее и включать (через интернет, далеко от дома). Включение/отключение по таймеру, статистика работы, и просмотр статистики потребления электричества подключенным устройством (только в некоторых моделях). Функционал зависит от производителя и модели устройства.

Рассмотрим основные области применения интеллектуальной розетки в повседневной жизни:

1. Дистанционное отключать и включать нагрузки, например, освещения;
2. Управление работой по расписанию некоторого устройства;
3. Во время длительного отсутствия дома, можно удаленно включать освещение, имитируя присутствие;
4. Контролировать потребление электрической энергии различными устройствами;
5. Ну и конечно же подключить через умную розетку утюг и не думать, не забыли ли вы его выключить. Так как это можно всегда проверить со своего смартфона[2].

## Задача работы

Основной задачей данной работы является создание концепции и разработка прототипа недорогой интеллектуальной розетки, реализующей максимально полный набор сервисных функций. В данном проекте была также поставлена задача использования недорогих доступных компонентов, и полного документирования аппаратной и программной части для дальнейшего успешного воспроизведения всеми желающими.

## Функциональная схема и компоненты интеллектуальной розетки

Работа над проектом осуществляется на кафедре электрооборудования и физики Иркутского ГАУ с сентября 2018 года. Было разработано и опробовано несколько вариантов построения интеллектуальной розетки с использованием системы на кристалле (SystemonChip–SoC)ESP 8266. Выбранный микроконтроллер обладает следующими основными параметрами:

- Поддерживает Wi-Fi протокол 802.11 b/g/n;
- Поддерживаемые режимы Wi-Fi – точка доступа, клиент;
- Входное напряжение 3,7В – 20 В;
- Рабочее напряжение 3В-3,6В;
- Максимальный ток 220мА;
- Диапазон рабочих температур от -40С° до 125С°;
- 80 МГц, 32-битный процессор;
- Время пробуждения и отправки пакетов 22мс;
- Встроенные TR переключатель и PLL[1].

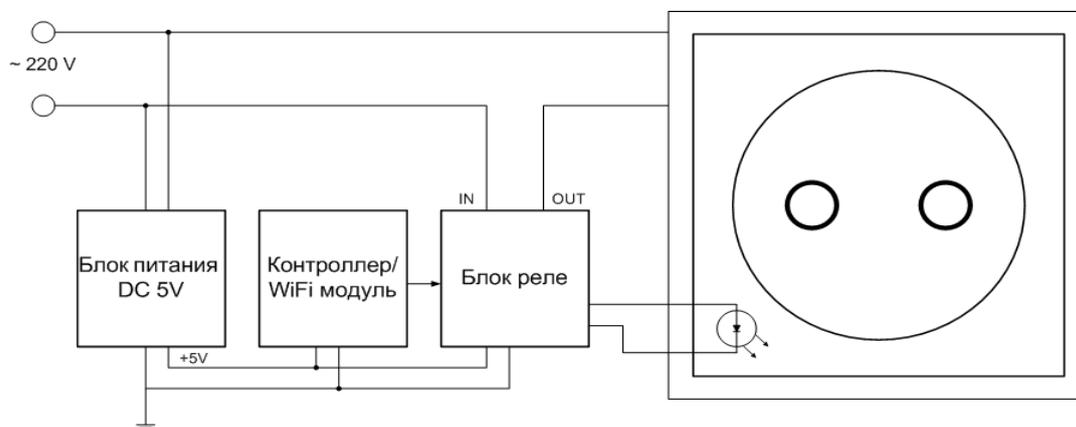


Рисунок 1- Функциональная схема устройства

Функциональная схема разрабатываемого устройства приведена на рисунке 1. В настоящее время измерительная часть устройства в схеме отсутствует и будет разработано на следующем этапе. Измерительная часть системы планируется создать на основе бесконтактного датчика тока (датчик Холла) и измерительного трансформатора напряжения.

Управление нагрузкой планируется осуществлять с помощью электромагнитного реле. Реле - это механический рубильник с управлением, которым можно управлять при помощи микроконтроллера, такого как ESP

8266. При этом гальваническая связь между управляющей электроникой и коммутируемой нагрузкой отсутствует. С помощью реле можно включать и выключать электроприборы, которые подключены к бытовой электросети 220 В [5].

Блок питания реализован по схеме AC-DC преобразователя, и предназначен для обеспечения работы электронной части устройства[4].

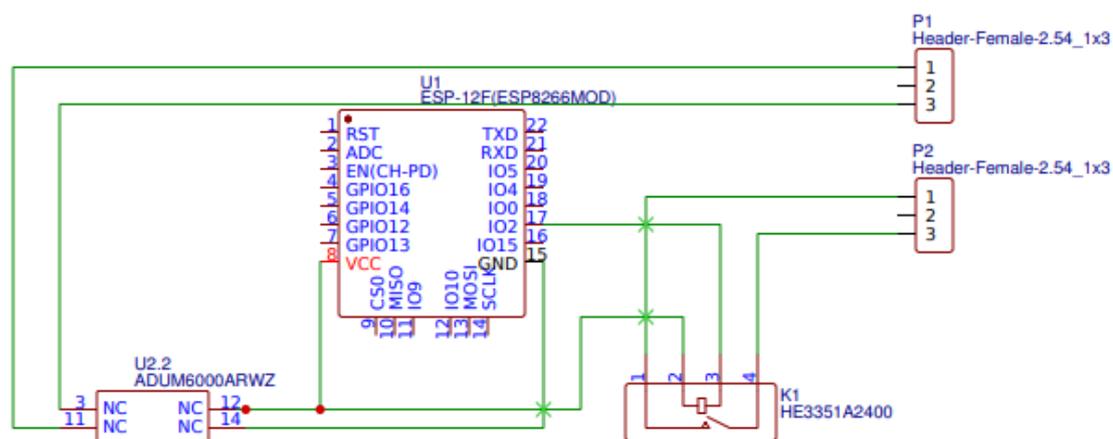


Рисунок 2 - Принципиальная электрическая схема управления нагрузкой интеллектуальной розетки

Принципиальную схему разрабатываемого устройства приведена на рисунке 2 и состоит из следующих элементов:

- Релейного модуля G3MB-202р-служит для отключения потребителя;
- Блок питания 5V DC 1A-служит для питания устройства;
- Микроконтроллер ESP8266- центр управления системы.

### Заключение

Интеллектуальная розетка на сегодняшний день очень востребованный продукт, является перспективным направлением разработки. Интеллектуальная розетка применяются повсеместно, фактически во всех энергетических системах, встречающихся на современных рынках электрических приборов. Широкий ассортимент при доступном диапазоне цен помогают этим приборам завоевать всё больше и больше положительных оценок от потребителей. Особенно учитывая тот факт, что при присутствии интеллектуальной розетки общий уровень потребления электроэнергии значительно снижается. Исходя из вышесказанного можно подытожить, что Интеллектуальная розетка – это крайне важный инструмент в руках каждого человека, стремящегося к экономии и комфорту[5].

Интеллектуальная розетка стремительно набирают интерес среди большого количества пользователей. С течением времени всё может прийти к тому, что они станут такой же привычной частью жилища, как некогда телевизор или телефон.

### Список литературы

1. ESP8266EX Datasheet - Espressif Systems [Электронный ресурс] // [https://espressif.com/sites/default/files/documentation/0aesp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://espressif.com/sites/default/files/documentation/0aesp8266ex_datasheet_en.pdf) (дата обращения: 01.02.2019).
2. Смородин С. Н., Белоусов В. Н., Лакомкин В. Ю. Методы энергосбережения в энергетических, технологических установках и строительстве // Учебное пособие / СМ Смородин, ВН Белоусов, Лакомкин ВЮ – Спб.: СПбТУРП. – 2014.
3. Харке В. Умный дом. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникаций в жилищном строительстве. – Техносфера, 2006.
4. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. – ИД Вильямс, 2006.
5. Петрова З. К. Технологии «умного дома» и энергоэффективная малоэтажная жилая застройка // Architecture and Modern Information Technologies. – 2010. – №. 2. – С. 11.
6. Хацко Д. И., Зрюмова А. Г., Афонин В. С. Принципы и технологии построения «Умного дома» // Ползуновский альманах. – 2017. – №. 4. – С. 202-205.

### References

1. ESP8266EX Datasheet - Espressif Systems [Электронный ресурс] [https://espressif.com/sites/default/files/documentation/0aesp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://espressif.com/sites/default/files/documentation/0aesp8266ex_datasheet_en.pdf) data obrashcheniya 01 02 2019
2. Smorodin S.N., Belousov V.N., Lakomkin V.Yu. Energy saving methods in power, technological installations and construction // Study Guide / S.N. Smorodin, V.N. Belousov, Lakomkin VU - St. Petersburg .: SPbTURP. – 2014
3. Harke V. Smart home. Networking home appliances and communications systems in housing construction. - Technosphere, 2006
4. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence. Modern approach. - EID Williams, 2006.
5. Petrova Z. K. "Smart Home" Technologies and Energy Efficient Low-Rise Residential Buildings // Architecture and Modern Information Technologies. - 2010. - №. 2. - p. 11
6. Khatsko D.I., Zryumova A.G., Afonin V.S. Principles and technologies for building the "Smart Home" // Polzunovsky Almanac. - 2017. - no. 4. - p. 202-205.

### Сведения об авторах

**Гамаюнов Иван Евгеньевич** студент 2 курса направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия, профиль Электрооборудование и электротехнологии в АПК. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный)

**Кузнецов Борис Федорович** – доктор технических наук, профессор кафедры Электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный, тел. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbf@gmail.com](mailto:kuznetsovbf@gmail.com))

### Information about the authors

**Gamayunov Ivan Evgenyevich**- 2nd year student, direction of training 35.03.06 Agroengineering, profile Electrical equipment and electrical technologies in the agricultural sector. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodyozhny)

**Kuznetsov Boris F.** – Sc.D. in Technical Sciences, professor, Department of Electric Systems and Physics. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbf@gmail.com](mailto:kuznetsovbf@gmail.com))

УДК 621.317.791

## РАЗРАБОТКА ПРИБОРА КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И УЧЕТА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

**Дементьев А.С., Кузнецов Б.Ф.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск,  
Россия

Электроэнергия важнейшая базовая отрасль промышленности. Для нормальной работы электрооборудования необходимо соблюдения определенных параметров. В данной статье рассмотрены показатели качества электроэнергии (ПКЭ). Приведены некоторые примеры их негативного влияния на работу электрооборудования. Перечислены распространённые модели анализаторов ПКЭ. Разработано устройство на основе программного микроконтроллера Arduino Mega 2560, позволяющее регистрировать учет потребляемой электроэнергии и производить контроль ПКЭ с записью данных на карту памяти. Произведен выбор компонентов прибора и выполнено их описание. Разработан алгоритм работы программы.

*Ключевые слова:* электроэнергия, показатели качества электроэнергии, микроконтроллер, Arduino, учет электроэнергии.

## DEVELOPMENT OF A CONTROL INSTRUMENT OF THE QUALITY AND ACCOUNTING OF ELECTRICITY CONSUMED

**Dementev A.S., Kuznetsov B.F.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Electricity is the most important basic industry. For normal operation of electrical equipment it is necessary to comply with certain parameters. This article discusses the indicators of power quality (PQE). Some examples of their negative impact on the operation of electrical equipment are given. The common models of PQE analyzers are listed. A device based on the Arduino Mega 2560 software microcontroller has been developed, which allows recording the consumption of electricity and checking the PEC with data recording on a memory card. The selection of the components of the device and made their description. The algorithm of the program has been developed.

*Key words:* electricity, power quality indicators, microcontroller, Arduino, electricity metering.

Современный мир невозможно представить без использования электрической энергии. Она применяется во всех отраслях народного хозяйства: в промышленности, в сельском хозяйстве, на транспорте, в строительстве, коммунальном хозяйстве и быту. Развитие в данных направлениях подразумевает собой совершенствование существующего оборудования и внедрение новых технологий. Электрооборудование, задействованное в данных отраслях, требует соблюдения определенных параметров электроэнергии [1, 2].

К электроэнергии предъявляются требования по ее качеству. ГОСТ 13109-97 определяет показатели и нормы качества электрической энергии такие как: установившееся отклонение напряжения, размах изменения напряжения, доза фликера, коэффициент искажения синусоидальности

кривой напряжения, коэффициент не симметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности, отклонение частоты, длительность провала напряжения, импульсное напряжение. Так же в данном ГОСТ представлены вспомогательные параметры электрической энергии, применяемые при определении показателей качества электроэнергии [3].

Высшие гармонические колебания отрицательно влияют на энергосистему. Так при наличии гармоник в кривой напряжения идет процесс более интенсивного старения изоляции. При прохождении токов высших гармоник по энергосистеме появляются дополнительные потери активной мощности и электроэнергии. Так же гармоники способствуют появлению погрешностей в электроизмерительных приборах [4]. Несимметрия напряжений является актуальной проблемой в сельских распределительных сетях. Известно, что несимметрия отрицательно влияет на работу и долговечность асинхронных электродвигателей. На 5-20% снижается мощность электродвигателя при 5% несимметрии. Срок службы электродвигателя сокращается в 2 раза при 4% уровне несимметрии [5]. Данные примеры показывают актуальность повышения качества электроэнергии.

В настоящее время на рынке имеется достаточное количество устройств для анализа показателей качества электроэнергии (ПКЭ). Популярными моделями являются: ЭРИС-КЭ.02, Энерготестер ПКЭ-06, ИВК "ОМСК М", ION 7650, Fluke 435, MAVOWATT 70, SATECPM175 [6]. Представленные модели отличаются широкой номенклатурой измеряемых величин ПКЭ. Основным недостатком является цена, начинающаяся от 100 тысяч рублей. Некоторые предприятия, в частности сельскохозяйственного направления, не могут позволить приобрести устройство для анализа ПКЭ по экономическим причинам. На таких предприятиях проблемы качества электроэнергии сохраняются и имеется необходимость в анализаторах ПКЭ.

Основной задачей работы является разработка и конструирование комбинированного прибора, предназначенного для измерения ПКЭ и учета электроэнергии на предприятиях в местах с трехфазной потребляемой нагрузкой до 22 кВт. Устройство должно отвечать требованиям электрической безопасности, обеспечивать измерение и фиксацию напряжения и тока по фазам, измерение активной, полной мощности и cosφ на интервале до 1 месяца с дискретностью от 1 секунды до 10 минут.

Устройство реализовано на микроконтроллере ArduinoMega 2560. Данный микроконтроллер из всей линейки Arduino отличается большими вычислительными мощностями, расширенным количеством контактов для подключения различных устройств, имеет 54 цифровых входа/выходов, 16 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем ICSP. Схема устройства приведена на рисунке 1.

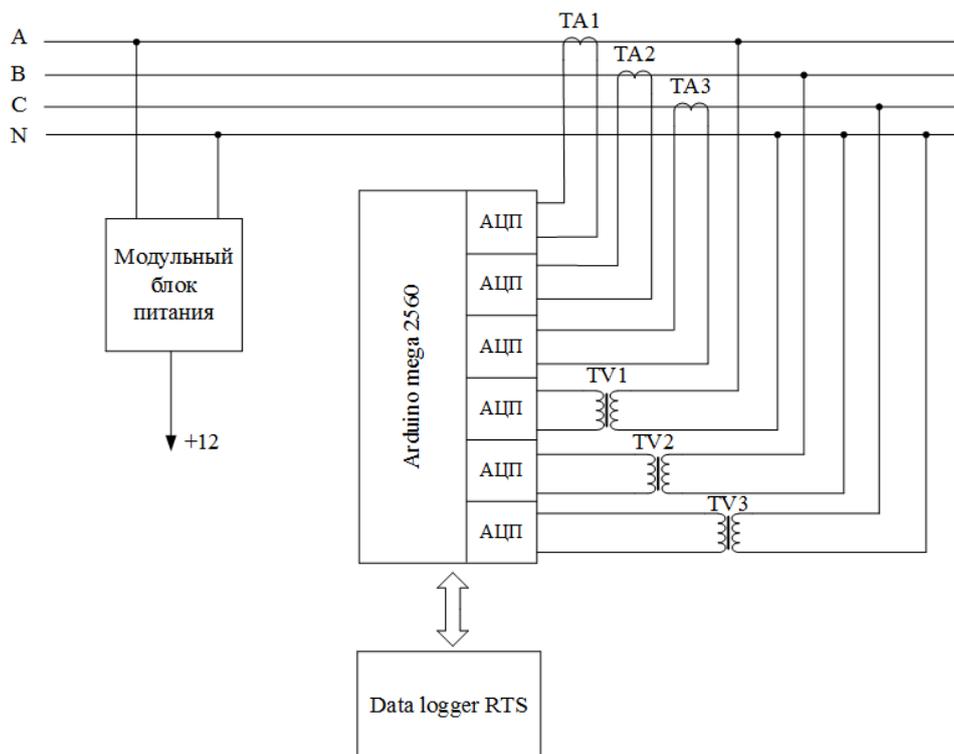


Рисунок 1 – Схема устройства

Сохранение полученных данных реализовано на устройстве DataLoggerShield XD204. Оно способно записывать данные на SD карту памяти. Помимо сохранения данных, в XD 204 имеются часы реального времени с автономным питанием, необходимые для отсчета по времени измерений. Конструктивно XD204 устанавливается на Mega 2560 сверху на разъемах и не требует дополнительных усилий при монтаже.

Измерительная часть устройства выполнена на трех трансформаторах тока ТА и трех трансформаторах напряжения TV. В роли трансформатора тока (ТТ) выступает SCT-013 от компании YHDC. Данный ТТ имеет возможность измерять ток до 100А. За основу трансформатора напряжения (ТН) был взят модульный понижающий трансформатор ТП230В/8-12-24В от компании TDMElectric. Данный ТН имеет возможность подключения нагрузки до 8 ВА. Имеются отводы на вторичной обмотке на 8, 12 и 24В.

Чтобы подключить ТТ и ТН к Arduino, необходимо подготовить выходной сигнал ТТ и ТН, чтобы он соответствовал требованиям к входам аналоговых входов Arduino. Это достигается при помощи резистивного делителя напряжения с нагрузочным резистором для ТТ. Все измерения происходят относительно опорного напряжения аналого-цифрового преобразователя (АЦП) Arduino и равно 5В. При стандартном подключении питания Arduino опорное напряжения АЦП может иметь неточное значение. Для решения данной проблемы в устройстве используется внешнее опорное напряжение, созданное на основе стабилизатора KP142EH12A. Данный

стабилизатор способен поддерживать точное значение опорного напряжения в 5В.

Питание всех устройств осуществляется посредством модульного блока питания DR-60-12. Данный блок имеет на выходе 12В которые далее подаются на DC/DC преобразователь для питания самого микроконтроллера Arduino, т.к. на практике было выявлено, что при подаче 12В на Arduino происходит перегрев микроконтроллера. Питание внешнего опорного напряжения происходит от DR-60-12. Общий вид устройства показан на рисунке 2.

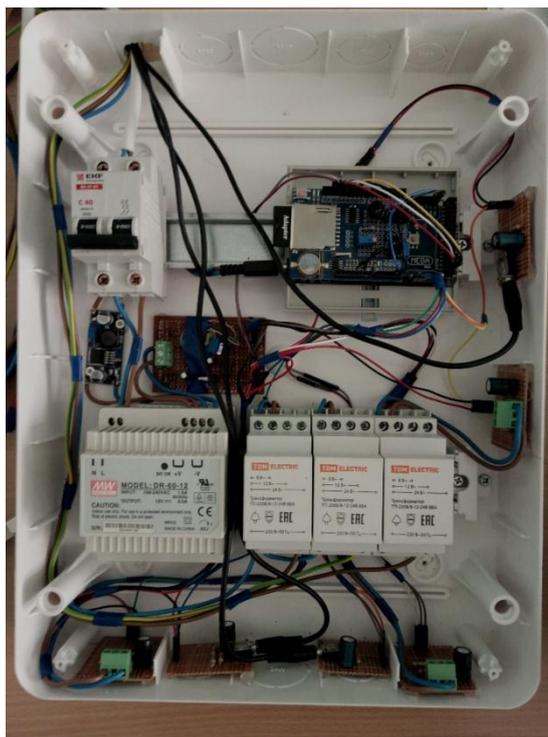


Рисунок 2 – Общий вид устройства

Для измерения мощности потребляемой нагрузки, в первую очередь необходимо получать мгновенные значения тока и напряжения с АЦП контроллера и переводить их в действующие значения. Выражения для действующих значений тока и напряжения имеют вид:

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}, \quad I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt}, \quad (1)$$

где  $u(t), i(t)$  – мгновенные значения напряжения и тока;  $T$  – период колебаний.

В нашем случае,  $u(t), i(t)$  представляют собой дискретные значения  $u(n)$  и  $i(n)$ , где  $n$  – номер значения,  $N$  – количество значений, выражения (1) запишутся в виде:

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} u^2(n)}{N}}, I = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{N-1} i^2(n)}{N}} \quad (2)$$

Исходя из вышеизложенных выражений, формула расчета активной мощности для дискретных отсчетов будет иметь вид:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} u(n) \times i(n) \quad (3)$$

Полная мощность будет определяться, как  $S = UI$ . Коэффициент мощности будет определяться как  $\cos \varphi = \frac{P}{S}$ . Данные выражения основаны на приложении к 8 битным микроконтроллерам компании Atmel [7].

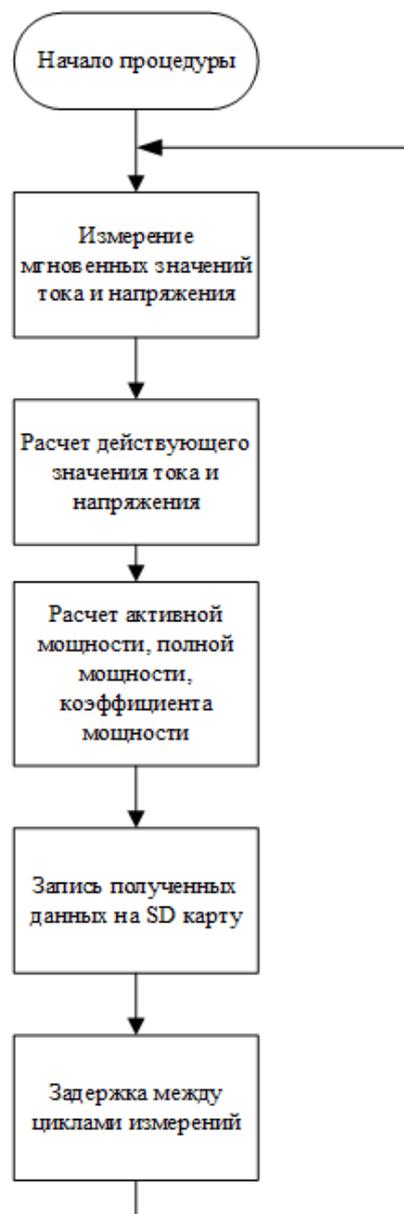


Рисунок 3 – Алгоритм работы программы

На рисунке 3 показан алгоритм работы программы. Для упрощения вывода данных все данные вычисления скомпонованы в библиотеку под названием Emonlib.

Основным результатом проделанной работы является разработка и изготовление прототипа измерителя ПКЭ и учета потребляемой электроэнергии. На основе выполняемых измерений прибором в дальнейшем можно производить вычисления следующих ПКЭ: Установившееся отклонение напряжения, размах изменения напряжения, коэффициент несимметрии напряжений по обратной и нулевой последовательности. Проведенные испытания показали работоспособность прибора, а также выявили ряд недоработок.

Для расширения функциональных возможностей прибора необходимо произвести доработку программного обеспечения микроконтроллера и разработать внешнее программное обеспечение для анализа ПКЭ.

### Список литературы

1. *Рогов Г. В.* Комплексное повышение качества электроэнергии в сложных сетях //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2013. – Т. 322. – №. 4.
2. *Сафонов Д. Г., Тураханов К. Х.* Анализ основных характеристик современных средств измерения показателей качества электроэнергии //Омский научный вестник. – 2010. – №. 1 (87).
3. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - Взамен гост 13109-87; Введ. 1999-01-01. - Москва: Стандартинформ, 2006.
4. *Степанов В. М., Михайлович Б. И.* Влияние высших гармоник в системах электроснабжения предприятия на потери электрической энергии //Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – №. 12-2.
5. *Наумов И. В., Иванов Д. А.* Симметрирующее устройство для трёхфазной четырёхпроводной сети с регулируемыми параметрами //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2007. – №. 4.
6. *Сафонов Д. Г., Тураханов К. Х.* Анализ основных характеристик современных средств измерения показателей качества электроэнергии //Омский научный вестник. – 2010. – №. 1 (87).
7. Atmel AVR465: Single-Phase Power/Energy Meter with Tamper Detection.[Электронный ресурс]Режим доступа: <https://www.microchip.com/wwwAppNotes/AppNotes.aspx?appnote=en591001>, (дата обращения: 26.02.2019).

### References

1. Rogov G. V. Kompleksnoepovy`shenie kachestvae`lektroe`nergii v slozhny`xsetyax // Izvestiya Tomskogo politexnicheskogo niversiteta. Inzhiniringgeoresursov. – 2013. – Т. 322. – №. 4.
2. Safonov D. G., Turaxanov K. X. Analiz osnovny`xarakteristik sovremenny`x sredstv izmereniy pokazatelej kachestvae`lektroe`nergii //Omskij nauchny`j vestnik. – 2010. – №. 1 (87).
3. GOST 13109-97. Normy` kachestvae`lektricheskoye`nergii v sistemax`lektrosnabzheniya obshhego naznacheniya. - V zamengost 13109-87; Vved. 1999-01-01. - Moskva: Standartinform, 2006.

4. Stepanov V. M., Mixajlovich B. I. Vliyanievy`sshixgarmonik v sistemaxe`lektrosnabzheniyapredpriyatianapoterie`lektricheskoye`nergii //IzvestiyaTul`skogogosudarstvennogouniversiteta. Texnicheskienauki. – 2013. – №. 12-2..
5. Naumov I. V., Ivanov D. A. Simmetriruyushheestroystvodyatryoxfaznojchety`ryo'xprovodnojseti reguliruemy`miparametrami //Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogouniversiteta. – 2007. – №. 4.
6. Safonov D. G., Turaxanov K. X. Analizosnovny`xxarakteristiksovremenny`xsredstvizmereniyapokazatelejkachestvae`lektroe`nergii //Omskijnauchny`jvestnik. – 2010. – №. 1 (87).
7. Atmel AVR465: Single-Phase Power/Energy Meter with Tamper Detection. [E`lektronny`jresurs] Rezhimdostupa: <https://www.microchip.com/wwwAppNotes/AppNotes.aspx?appnote=en591001>, (data obrashheniya: 26.02.2019).

#### Сведения об авторах

**Дементьев Александр Сергеевич** – студент 2 курса направление подготовки 35.04.06, Агроинженерия, профиль Электрооборудование и электротехнологии в АПК. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89501384767, e-mail: [feralist@list.ru](mailto:feralist@list.ru))

**Кузнецов Борис Федорович** – доктор технических наук, профессор кафедры Электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbf@gmail.com](mailto:kuznetsovbf@gmail.com))

#### Information about the authors

**Dementev Alexander Sergeevich** - 2nd year student, training course 35.03.06 Agroengineering, the profile Electrical and electrotechnology in the agro industrial complex, Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk district, Molodezhnyvillage, tel. 89501384767, e-mail: [feralist@list.ru](mailto:feralist@list.ru))

**Kuznetsov Boris F.** – Sc.D. in Technical Sciences, professor, Department of Electric Systems and Physics. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbf@gmail.com](mailto:kuznetsovbf@gmail.com)).

УДК 621.181:665.754

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ

**Дыкус И.В., Кудряшев Г.С.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г.  
*Иркутск, Россия*

В настоящей статье произведена оценка объемов отходов сельскохозяйственного производства и использование их для тепловой генерации в технологическом процессе. Исследование выполнено на основе расчета энергетических показателей котельного оборудования, а также подсчета затрат тепловой энергии и воды, которые необходимы для производства молочной продукции. Подсчитана прибыль от использования некоммерческого источника тепловой энергии. В работе представлено исследование

эффективности повторного применения бумаги и картона для выработки тепловой энергии на нужды производства. Произведен расчет тепловых нагрузок на отопление, и по полученным данным был подобран котельный агрегат для сжигания отработанного масла от двигателей внутреннего сгорания.

*Ключевые слова:* топливо, тепловая генерация, энергоэффективность, производственные отходы, ресурсы, технологический процесс, производство, теплоснабжение, котельный агрегат, тепловые нагрузки.

## **EFFICIENCY OF THERMAL GENERATION APPLICATION ON THE BASIS OF SECONDARY USE OF RESOURCES**

**Dykus I.V., Kudryashev G.S.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

This article assesses the volumes of agricultural waste and uses them for thermal generation in the process. The study was carried out on the basis of the calculation of energy indicators of boiler equipment, as well as the calculation of the cost of thermal energy and water that are necessary for the production of dairy products. The profit from the use of non-commercial source of heat energy is calculated. The paper presents a study of the effectiveness of the reuse of paper and paperboard for the generation of thermal energy for the needs of production. The calculation of heat loads on heating was made, and according to the data obtained, a boiler unit was selected for burning waste oil from internal combustion engines.

*Keywords:* fuel, heat generation, energy efficiency, industrial waste, resources, process, production, heat supply, boiler, of the heat load.

Основной производственной деятельностью СХ ПАО «Белореченское» является производство куриных яиц и молочной продукции. В день производится около 50 тонн молока, 450 килограмм сливок и 300 килограмм сметаны. поголовье кур несушек насчитывается до 3,5 млн. Валовое производство яиц 576 млн. штук в год [3].

Для того, чтобы обеспечить сохранность продукции в процессе перемещения в торговую сеть ее помещают в упаковку. Яйца сначала упаковывают в картонные ячейки, а затем фасуют в коробки. За день завод поставляет в магазины около 5000 тысяч коробок. После того, как продукция попадает в магазины, коробки и ячейки выбрасывают, так как вторичное использование лотков для яиц не допускается ветеринарно-санитарными требованиями для птицеводческих хозяйств. Допускается проводить дезинфекцию, но это экономически невыгодно, проще закупить «свежую» партию упаковки, а использованную выбросить. По статистике, количество свалок растет с устрашающей силой, причем в первую очередь именно по причине упаковочных отходов.

Картон – материал, который хорошо поддается вторичной переработке.

Примером переработки картонной упаковки может служить следующая технология. Мы можем использовать картон, как топливо, для подогрева воды на нужды производства. Для эффективного сжигания бумаги и картона перед сжиганием необходимо измельчить в специальном устройстве, которое называется измельчитель или шредер.

Вода на предприятиях молочной промышленности играет важную роль в различных аспектах. Все технологические процессы производства молока и молочной продукции постоянно связаны с поддержанием микробиоценоза. Поверхности панелей, внутренние двери в производственных цехах, заквасочных отделениях, цехах по производству молочных продуктов следует не реже одного раза в неделю промывать горячей водой с мылом и дезинфицировать 0,5%-ным раствором хлорной извести. Поддержание чистоты в помещениях цехов и на территории предприятия может быть обеспечено только при достаточном и надежном водоснабжении. Вода на нужды производства поступает по городским сетям горячего водоснабжения. Однако, можно подогреть некоторое количество воды на самом предприятии и тем самым сэкономить на оплате коммунальных услуг.

Допустим, нам необходимо нагреть воду за 3 часа от 5 °С до 70 °С. Удельная теплоемкость воды 1 ккал/кг·°С. Количество тепла необходимого на нагрев 15 тонн воды определяется по формуле[5]:

$$Q = G_{в}c_{в}\Delta t = 15000 \cdot 1 \cdot (70 - 5) = 975000 \text{ ккал.}$$

Если вода нагревается за 3 часа, то за один час необходимо к воде подвести примерно 325000 ккал.

Теплота сгорания бумаги и картона составляет примерно 4000 ккал/кг. При коэффициенте полезного действия установки по сжиганию бумаги и картона 75%, часовой расход составит[5]:

$$B = \frac{325000}{4000 \cdot 0,75} = 108 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$$

Для упаковки используются трехслойные коробки размером 790x390x430. Вес одной коробки составляет 0,460 кг, а ячейки 0,025 кг. За сутки 2300 кг картона от коробок и 4500 кг картона от ячеек. В итоге за сутки на вторичную переработку поступает около 7 тонн бумаги и картона. За сутки получается 12 Гкал. В денежном эквиваленте экономия составит 11386,9 руб./сут и 341604 руб./мес.

Утилизация отработанного масла путем его сжигания с целью выработки тепловой энергии значительно снижает затраты на отопление. Отработанное масло собирают при замене масел в двигателях и узлах трения автомобилей. Утилизация топливных отходов— это проблема, дорогая в финансировании содержания пунктов сбора, хранения, транспортирования, переработки и отжига. Предприятия, на которых установлены котельные установки на отработке масла, решают проблему не только утилизации отработанного масла, но и значительно экономят на отоплении помещений. Оборудование на отработанных маслах хоть и имеет высокую стоимость, но отопление на нем значительно дешевле в эксплуатации из-за дешевизны топлива. Главное при

процессе переработки масла – это обеспечение экологической и санитарной безопасности [1].

В СХ ПАО «Белореченское» теплоснабжение бокса технического обслуживания и здания ремонтно-механической мастерской в настоящее время осуществляется калориферами КСк-3-12, в которых греющей средой используется горячая вода. Горячая вода поступает на калориферы с ТЭЦ – 11 г. Усолье-Сибирское [2].

Расчетную тепловую нагрузку отопления можно определить по укрупненным показателям по формуле [5]:

$$Q_{max}^{\circ} = \alpha \cdot V \cdot q_0 \cdot (t_j - t_0)(1 + K_{и.р}) \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/ч}$$

где,  $\alpha = 0,96$  – поправочный коэффициент, учитывающий отличие расчетной температуры наружного воздуха для проектирования отопления;  $V = 10056 \text{ м}^3$  – объем здания по наружному обмеру;  $q_0 = 0,5 \text{ ккал/м}^3 \cdot \text{ч} \cdot \text{°C}$  – удельная отопительная характеристика здания;  $t_j = 10 \text{ °C}$  – расчетная температура воздуха в отапливаемом здании;  $t_0 = 38 \text{ °C}$  – расчетная температура воздуха для проектирования отопления в местности, где расположено здание;  $K_{и.р}$  – расчетный коэффициент инфильтрации, обусловленный тепловым и ветровым напором, т.е. соотношение тепловых потерь здания с инфильтрацией и теплоотдачей через наружные ограждения при температуре наружного воздуха, расчетной для проектирования отопления.

$$K_{и.р} = 10^{-2} \sqrt{2 \cdot g \cdot L \left( 1 + \frac{273 + t_0}{273 + t_j} \right) + w_0^2},$$

где,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;  $w_0 = 2,9 \text{ м/с}$  – расчетная для данной местности скорость ветра в отопительный период.

$$K_{и.р} = 10^{-2} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 5,7 \left( 1 + \frac{273 + 38}{273 + 10} \right) + 2,9^2} = 1,052.$$

$$Q_{max}^{\circ} = 0,96 \cdot 10056 \cdot 0,5 \cdot (10 + 38) \cdot 1,052 \cdot 10^{-6} = 0,244 \text{ Гкал/ч}.$$

Согласно паспортным данным расход горячей воды калорифера марки КСк – 3 – 12 при температурном графике 95/70 °C составляет 9490 кг/ч.

Расход горячей воды на четыре калорифера равен:

$$G_{ГВ} = 4 \cdot 9490 = 37960 \text{ кг/ч}.$$

Максимальное количество тепла ( $Q_{кф}$ ), необходимое для обеспечения номинальной теплопроизводительности четырех калориферов, равно

$$Q_{\text{кф}} = 24 \cdot 37960 = 0,911 \text{ Гкал/ч.}$$

На основании выполненных расчетов можно сделать вывод, что тепловая мощность калориферов в  $0,911/0,244 = 3,73$  раз завышена.

Для покрытия отопительной нагрузки бокса ТО и здания РММ предлагается установить водогрейный котел, в котором предлагается сжигать отработанное масло двигателями внутреннего сгорания [2].

Отработанное масло имеет калорийность ( $Q_p^H$ ) 42000 кДж/кг или 34000 кДж/литр при плотности отработанного масла 0,81 кг/ литр.

Расход отработанного масла на водогрейный котел при КПД котла 89% будет равен [5]:

$$B = \frac{244000 \cdot 4,19}{34000 \cdot 0,89} = 33,78 \text{ литр/ч} = 27,35 \text{ кг/ч.}$$

Согласно справки по расходу масла на транспорт в СХ ОАО Белореченское за 2018 год составляет 178,4 т/год. Этого количества отработанного масла хватит на  $1784/27,35 = 6522$  часов работы котельного агрегата при номинальной нагрузке. При нагрузке ниже номинальной этого количества отработанного масла хватит на весь отопительный сезон, который для города Усолье-Сибирское составляет 240 суток (5760 часов) [4].

Таким образом, оценка объемов углеводородных отходов сельскохозяйственного производства показала возможность использования их для тепловой генерации в технологическом процессе. На основании выполненной работы предлагается использовать переработку вторичных ресурсов сельскохозяйственного производства, для замены централизованных поставок ОАО «Иркутскэнерго», что сэкономит финансы предприятия, а также снизит загрязнение окружающей среды.

#### Список литературы

1. *Бобович Б.Б.* Переработка отходов производства и потребления/*Б.Б. Бобович, В.В.Девяткин.*— М.: «Интернет Инжиниринг». – 2000. – С.496.
2. *Зверева Э.Р.* Энергосберегающие технологии и аппараты ТЭС при работе на мазутах /*Э.Р. Зверева, Т.М. Фарахов.* – М.: «Теплотехника». – 2012. – С. 181.
3. СХ ПАО «Белореченское» [Электронный ресурс].Режим доступа: <http://www.belor.ru>. –18.02.2019 г.
4. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. – М.: ГУП ЦПП. – 2003. – С. 109.
5. Тепловой расчет котлов. Нормативный метод. Изд. 3-е, перераб. и доп. – СПб: НПО ЦКТИ, 1998. – С. 256.

#### References

1. Bobovich B.B., Devyatkin V.V. Pererabotka otdokov proizvodstva i potrebleniya [Processing of production and consumption wastes] /B.B. Bobovich, V.V. Devyatkin. — М.: «InternetInzhiniring». – 2000. – S. 496.
2. Zvereva E.H. Energoberegayushchie tehnologii i apparaty TESH pri rabote na mazuatah [Energy-saving technologies and equipment thermal power plant when operating on fuel oils] / E.H.R. Zvereva, T.M. Farahov. – М.: «Teplotekhnika». – 2012. – S. 181.

3. SKH PAO «Belorechenskoe» [Электронный ресурс]. Rezhimdostupa: <http://www.belor.ru>. – 18.02.2019 г.
4. SNiP 23-01-99. Stroitel'nayaklimatologiya [Construction climatology] – М.: GUP CPP. – 2003. – S. 109.
5. Teplovojrashchetkotlov. Normativnyjmetod [Thermal method.Standardcalculation of boilers] – SPb: NPO SKTI, 1998. – S. 256.

#### **Сведения об авторах**

**Дыкус Инна Васильевна** – студентка 4 курса энергетического факультета направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89834668624, e-mail: inna.dykus@mail.ru).

**Кудряшев Геннадий Сергеевич** – доктор технических наук, профессор кафедры энергообеспечения и теплотехники (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89148880030, e-mail: kudryshev@list.ru).

#### **Information about the authors**

**Dykus Inna Vasilievna** – 4-year student of the energy department of the training area 13.03.01 Heat power engineering and heat engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 8983466862, e-mail: inna.dykus@mail.ru).

**Kudryashev Gennady Sergeevich** – doctor of technical Sciences, Professor of the Department of energy supply and heat engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89148880030, e-mail: kudryshev@list.ru).

**УДК 621.31.004.12**

### **ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОЙ СЕТИ 0,4 КВ**

**Жилкина Т.С., Сукьясов С.В.**

*Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск,  
Россия*

В данной работе рассматриваются влияние показателей качества электрической энергии на работу электрооборудования. Ухудшение качества энергии может приводить к нарушению нормальной работы электрооборудования. При этом изменение различных показателей по-разному влияет на работу отдельных видов электроприемников. Проблема качества электроэнергии очень серьезна, что стала синонимом «электромагнитной безопасности». Она влияет на безотказную работу технических средств и выполнение технологических процессов, которые отвечают за безопасность на транспорте в энергетике, и в других областях хозяйствования. Нарушение требований стандарта может привести к человеческим жертвам, существенному экономическому ущербу, нанесение вреда окружающей среде. Контроль за качеством электрической энергии в РФ осуществляют районные электросети.

*Ключевые слова:* электромагнитная безопасность, показатели качества электрической энергии, предельно допустимое значение, нормально допустимое значение, отклонение частоты, отклонение напряжения.

# **INFLUENCE OF QUALITY OF ELECTRIC ENERGY ON THE WORK OF ELECTRIC EQUIPMENT IN THE VILLAGE NETWORK 0.4 KV**

**Zhilkina T.S., Sukyasov S.V.**

*Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

This paper discusses the impact of electrical energy quality indicators on the operation of electrical equipment. The deterioration of the quality of energy can lead to disruption of the normal operation of electrical equipment. At the same time, the change in various indicators has a different effect on the operation of certain types of power consumers. The problem of power quality is very serious, which has become synonymous with "electromagnetic safety." It affects the trouble-free operation of technical means and the implementation of technological processes that are responsible for transport security in the energy sector, and in other areas of management. Violation of the requirements of the standard can lead to loss of life, substantial economic damage, and damage to the environment. Control over the quality of electrical energy in the Russian Federation is carried out by district electric networks

*Key words:* electromagnetic safety, indicators of quality of electric energy, maximum permissible value, normally permissible value, frequency deviation, voltage deviation.

Электроэнергия является товаром передаваемым и потребляемым практически мгновенно. Поэтому к качеству электрической энергии предъявляются повышенные требования, знание истинных их параметров критически важны. Они представляют собой совокупность напряжения, частоты, форму синусоиды электротока, составляет совместимость этих параметров, характеризующих электромагнитную среду [3, 8].

Большинство явлений, влияющих на качество электрической энергии, происходит из-за особенностей совместимости электроприемников и электросети. Требования к ним состоят в нормировании показаний величины напряжения. Параметры величин закреплены в государственном стандарте, где существующие до недавнего времени нормы в ГОСТ 13109-1997 изменены на ГОСТ 32144-2013. В данном стандарте определены следующие требования: отклонения в показаниях напряжения для передачи электрической энергии в узлах не должны быть выше 10% от предельной величины напряжения за участок времени в течении недели [3].

Целью данной работы является: исследование влияния качества электрической энергии на работу электрооборудования.

ГОСТ 32144-2013 устанавливает показатели и нормы качества электрической энергии в электрических сетях систем электроснабжения общего назначения переменного трехфазного и однофазного тока частотой 50 Гц в точках, к которым присоединяются электрические сети, находящиеся в собственности различных потребителей, или приемники электрической энергии (точки общего присоединения) [1, 5].

Рассмотрим влияние основных показателей применительно к электроприемникам, присоединенным к сельским распределительным сетям[10].

### **Влияние по отклонению частоты**

Отклонения частоты могут влиять на работу асинхронных электродвигателей. При увеличении частоты несколько уменьшаются ток электродвигателя, максимальный момент и нагрев, а при снижении частоты они увеличиваются. Однако изменения частоты в пределах нескольких процентов от номинальной практически не нарушают нормальной работы электродвигателей, а также других электроприемников.

$$\Delta f = f - f_H \quad (1)$$

где  $f$  – фактическое значение частоты, Гц;  $f_H = 50$  Гц – номинальное значение частоты.

Снижение частоты происходит при дефиците мощности работающих в системе электростанций. Повышение частоты происходит при резком сбросе нагрузки в системе электроснабжения, – ситуация аварийная и действие ГОСТ 32144-2013 на неё не распространяется, а в установившемся режиме работы сети такое событие весьма редкое. Допустимые величины по ГОСТ:  $\pm 0,2$  Гц и  $\pm 0,4$  Гц.

**Влияние по установившемуся отклонению напряжения.** В сельских электрических сетях наиболее важным показателем качества напряжения является его отклонение. Особенно чувствительны к изменению напряжения осветительные установки. Отклонение напряжения -это отличие фактического напряжения в установившемся режиме работы сети от его номинального значения. Отклонения напряжения от номинальных значений происходят из-за суточных, сезонных и технологических изменений электрической нагрузки потребителей; изменения мощности компенсирующих устройств; регулирования напряжения генераторами электростанций и на подстанциях энергосистем; изменения схемы и параметров электрических сетей. Допустимые величины по ГОСТ:  $\pm 10\%$ .

$$\delta U_y = \frac{U - U_{НОМ}}{U_{НОМ}} \cdot 100\% \quad (2)$$

где  $U$  – действительное значение напряжения в рассматриваемой точке сети;  $U_{НОМ}$  – номинальное напряжение в данной сети.

При понижении напряжения наиболее заметно падает световой поток ламп. При повышении напряжения сверх номинального резко снижается срок службы ламп, что может приводить к быстрому их перегоранию, если длительно нарушаются нормируемые пределы отклонений напряжения. При этом также происходит перерасход электрической энергии. Изменение

светового потока при изменении напряжения приводит к соответствующим изменениям освещённости и, в конечном счете, влияет на производительность труда и утомляемость человека. Отклонения напряжения оказывают большое влияние также на работу асинхронных электродвигателей, которые в сельскохозяйственных электроустановках применяются наиболее часто.

При снижении напряжения уменьшается вращающий момент и частота вращения ротора двигателя, так как увеличивается его скольжение. Понижение напряжения приводит к уменьшению частоты вращения. При значительном снижении напряжения на выводах электродвигателей, работающих с полной нагрузкой, момент сопротивления механизма может превысить вращающий момент, что приводит к «опрокидыванию» электродвигателя, т.е. к его остановке. Понижение напряжения ухудшает и условия пуска электродвигателя, так как при этом уменьшается его пусковой момент. Если электродвигатель длительно работает при пониженном напряжении, то из-за ускоренного износа изоляции срок службы электродвигателя уменьшается.

**Влияние колебаний напряжения.** Колебания напряжения - это быстро изменяющиеся отклонения напряжения длительностью до нескольких секунд. Колебания напряжения вызываются резким изменением нагрузки на рассматриваемом участке электрической сети, например, включением асинхронного двигателя с большой кратностью пускового тока.

Колебания напряжения характеризуются двумя показателями: размахом изменения напряжения  $\delta U_t$  и дозой фликера  $P_t$ . Доза фликера – это мера восприимчивости человека к воздействию колебаний светового потока, вызванных колебаниями напряжения в питающей сети, за установленный промежуток времени. Стандартом устанавливается кратковременная ( $P_{st}$ ) и длительная доза фликера ( $P_{Lt}$ ). Кратковременную определяют на интервале времени наблюдения, равном 10 мин, длительную – на интервале 2 ч.

Предельно допустимое значение для кратковременной дозы фликера в точках общего присоединения потребителей электроэнергии, располагающих лампами накаливания в помещениях, где требуется значительное зрительное напряжение, равно 1,0, а для длительной – 1,38, при колебаниях напряжения с формой, отличающейся от меандра (прямоугольной).

Колебания напряжения (быстрые его изменения со скоростью более 1%/с) особенно неблагоприятно влияют на работу осветительных установок, так как одновременно появляются резкие изменения светового потока, воспринимаемые глазом человека как мигание ламп. Вследствие этого человек быстро утомляется, а производительность его труда снижается. Глубокие колебания напряжения, связанные с пуском в сельских сетях относительно мощных асинхронных двигателей, ухудшают условия пуска, кроме того, может быть нарушена устойчивость работающих электродвигателей.

$$\delta U_t = U_{max} \% - U_{min} \% \quad (3)$$

где  $U_{max}\%$ ,  $U_{min}\%$  - соответственно наибольшее и наименьшее значения напряжения (в процентах) при быстрых его изменениях.

**Влияние несинусоидальности напряжений.** Несинусоидальность напряжения – искажение синусоидальной формы кривой напряжения, то есть наличие в этой кривой высших гармоник, влияет на значение действующего напряжения на зажимах электроприемника. Известно, что сопротивление токам высших гармоник зависит от вида приемника. Гармоники более низких частот, для которых сопротивление электродвигателя относительно невелико, создают в асинхронных электродвигателях дополнительные магнитные поля, что повышает нагрев электродвигателей.

Высшие гармоники, появляющиеся в напряжениях и токах, увеличивают потери мощности и энергии во всех элементах сетей и таким образом ухудшают технико-экономические показатели систем электроснабжения.

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения  $K_U$  определяется по выражению, %:

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^N U^2(n)}}{U_{НОМ}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

где  $U(n)$  – действующее значение  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения, В;

$n$  – порядок гармонической составляющей напряжения;

$N$  – порядок последней из учитываемых гармонических составляющих напряжения стандартом устанавливается  $N = 40$ ;

$U_{ном}$  – номинальное напряжение сети, В.

Установленные стандартом значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения  $K_U$  (усредненные в интервале времени 10 мин.), при напряжении электрической сети 0,38 кВ не должны превышать значений: 8% и 12% [1].

Коэффициент  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения это отношение  $n$ -ой гармонической составляющей напряжения к действующему значению гармонической составляющей основной частоты:

$$K_{U(n)} = \frac{U(n)}{U_{НОМ}} \cdot 100 \% . \quad (5)$$

Установленные стандартом значения коэффициентов гармонических составляющих напряжения  $K_{U(n)}$  (усредненные в интервале времени 10 мин.), при напряжении электрической сети 0,38 кВ не должны превышать значений, указанных ниже:

- значение коэффициентов нечетных гармонических составляющих напряжения, не кратных трём  $K_{U(n)}$ : 6% при  $n=5$ ; 5% при  $n=7$ ; 3,5% при

$n=11$ ; 3% при  $n=13$ ; 2% при  $n=17$ ; 1,5% при  $n=19$ ; 1,5% при  $n=23$ ; 1,5% при  $n=25$ ; 1,5% при  $n>25$ ;

- значения коэффициентов нечетных гармонических составляющих напряжения, кратных трём  $K_{U(n)}$ : 5% при  $n=3$ ; 1,5% при  $n=9$ ; 0,3% при  $n=15$ ; 0,2% при  $n=21$ ; 0,2% при  $n>21$ ;

- значения коэффициентов напряжения четных гармонических составляющих  $K_{U(n)}$ : 2% при  $n=2$ ; 1% при  $n=4$ ; 0,5% при  $n=6$ ; 0,5% при  $n=8$ ; 0,5% при  $n=10$ ; 0,2% при  $n=12$ ; 0,2% при  $n>12$ [1].

**Влияние несимметрии напряжений.** В сельских электрических сетях напряжением 0,38/0,22 кВ преобладают однофазные приемники энергии, поэтому даже нормальные режимы этих сетей, как правило, несимметричны. Несимметричность трёхфазной системы напряжений, то есть наличие в этой системе составляющих нулевой и обратной последовательностей, оказывает различное влияние на действующие значения напряжений отдельных фаз. Несимметричным режимом работы системы электроснабжения называют такой режим, при котором условия работы одной или всех фаз сети оказываются неодинаковыми.

В результате отклонения напряжения у однофазных электроприемников, присоединенных к некоторым фазам, могут выйти за допустимые пределы. Поэтому ГОСТ 32144-2013 рекомендует определять фактические отклонения напряжения у потребителей с учетом падений напряжений обратной и нулевой последовательностей.

Особое значение для трёхфазных электроприемников, и в первую очередь для асинхронных электродвигателей, имеет значение напряжения обратной последовательности. Сопротивление обратной последовательности электродвигателей примерно равно сопротивлению заторможенного электродвигателя и, следовательно, в 5-7 раз меньше сопротивления прямой последовательности. Поэтому даже при малых значениях напряжения обратной последовательности токи обратной последовательности могут достигать больших значений и приводить к дополнительному нагреву электродвигателя, особенно массивных частей роторов.

Несимметрия напряжения характеризуется двумя показателями: коэффициентом несимметрии напряжений по обратной последовательности и по нулевой последовательности.

Коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности определяется по формуле:

$$K_{2U} = \frac{U_{2(1)}}{U_{НОМ}} \cdot 100\% \quad (6)$$

где  $U_{2(1)}$  – действующее значение напряжения обратной последовательности основной частоты, В;  $U_{НОМ}$  – номинальное линейное напряжение, В.

Коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности определяется по формуле:

$$K_{0U} = \frac{U_{0(1)}}{U_{\text{номф}}} \cdot 100\% , \quad (7)$$

где  $U_{0(1)}$  – действующее значение напряжения нулевой последовательности основной частоты, В;  $U_{\text{номф}}$  – номинальное фазное напряжение, В.

Поддержание надлежащего качества электрической энергии имеет важное народнохозяйственное значение. Поэтому ГОСТ 32144-2013 устанавливает общий порядок обеспечения и контроля качества электрической энергии. При проектировании систем электроснабжения проектные организации должны предусматривать применение экономически обоснованных устройств и мероприятий, при помощи которых у электроприемников обеспечивается соблюдение нормативных показателей качества энергии.

Параметры качества электроэнергии влияют на длительность работы подключаемых устройств, часто это становится критично на производствах. Падает производительность линий, увеличивается расход энергии. Так на валу двигателей снижается вращающий момент при падении значений показателей питающей сети. Укорачивается срок службы ламп освещения, световой поток ламп становится меньше либо мерцает, что сказывается на выпускаемой продукции в теплицах. Существенное влияние оказывается на процессы других биохимических реакций [4]. Допустимые величины по ГОСТ: 2% и 4%.

Область допустимых несимметричных режимов может быть оценена по максимально допустимой однофазной нагрузке, при которой показатели несимметрии не выходят за пределы нормы в нормальном режиме. При преобладающей не двигательной нагрузке максимально допустимая однофазная нагрузка составляет 10% от номинальной мощности питающего трансформатора. При преобладании электродвигательной нагрузки максимально допустимая однофазная нагрузка составляет 20% от номинальной мощности питающего трансформатора.

Полное понимание показателей качества электроэнергии с обязательным анализом причин и следствий от их изменения позволяет современным энергосистемам удерживать их в допустимых пределах. В итоге потребителям поступает электроэнергия, полностью соответствующая тем параметрам, которые требуются для продолжения нормального производственного процесса. Стоит отметить, что и сегодня энергетики продолжают искать средства и методики для поддержания параметров сети в допустимых пределах [6].

Принципиально существует три возможности улучшения показателей качества электроэнергии:

- 1) уменьшение сопротивлений элементов системы электроснабжения;
- 2) изменение напряжений симметричных составляющих;

3) ограничение токов симметричных составляющих основной и высших гармонических частот в местах их возникновения [3, 7, 9, 10].

### Список литературы

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения [Электронный ресурс]. – Введен 2014-07-01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200104301> (дата обращения: 04.03.2018).

2. Качество электрической энергии [Электронный ресурс] / ООО «Поликонд». Документация. – Режим доступа: <http://www.policond.ru/dokumentatsiya/item/19-kriterii-kachestva-elektricheskoy-energii.html> (дата обращения: 13.04.2018).

3. Качество электрической энергии и способы его повышения [Электронный ресурс] / Enargys. – Режим доступа: <http://enargys.ru/kachestvo-elektricheskoy-energii-i-sposobyi-ego-povysheniya/#prettyPhoto> (дата обращения: 14.04.2018).

4. Качество электроэнергии. Требования к качеству электроэнергии [Электронный ресурс] / FB.ru. – Режим доступа: <http://fb.ru/article/292985/kachestvo-elektroenergii-trebovaniya-k-kachestvu-elektroenergii> (дата обращения: 14.04.2018).

5. Лукутин, Б. В. Качество электрической энергии. Лабораторный практикум: учеб. пособие / Б. В. Лукутин, И. О. Муравлев, А. И. Муравлев. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 87 с.

6. Основные показатели, определяющие качество электроэнергии [Электронный ресурс] / Электротехнический форум. – Режим доступа: <http://forum220.ru/power-quality.php> (дата обращения: 14.04.2018).

7. Повышение качества электроэнергии, методы, способы, причины [Электронный ресурс] / ПУЭ8. – Режим доступа: <http://pue8.ru/kachestvo-elektroenergii/90-sposoby-i-tehnicheskie-sredstva-povysheniya-kachestva-elektroenergii.html> (дата обращения: 04.03.2018).

8. Скат. Статьи. Показатели качества электроэнергии. Что такое перенапряжение? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skat-ups.ru/articles/kachestvo-elektroenergii-elektricheskoy-energii/> (дата обращения: 14.03.2018).

9. Справочные данные. Качество электроэнергии. Способы улучшения качества электроэнергии в системах электроснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.eti.su/articles/spravochnik/spravochnik\\_486.html](http://www.eti.su/articles/spravochnik/spravochnik_486.html) (дата обращения: 10.04.2018).

10. Сукьясов, С. В. Способы повышения качества электрической энергии в распределительных сетях 0,38 кВ / С. В. Сукьясов, А. В. Рудых // Актуальные проблемы энергетики АПК: материалы VIII междунар. науч.-практ. конф., Саратов, 01-30 апреля 2017 г. – Саратов, 2017. – С. 242-247.

### References

1. GOST 32144-2013. Elektricheskaya ehnergiya. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv ehlektromagnitnaya. Normy kachestva ehlektricheskoy ehnergii v sistemah ehlektrosnabzheniya obshchego naznacheniya [Electric Energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Standards of quality of electrical energy in general-purpose electrical supply systems] [Elektronnyj resurs]. – Vveden 2014-07-01. – Rezhim dostupa: <http://docs.cntd.ru/document/1200104301> (data obrashcheniya: 04.03.2018).

2. Kachestvo ehlektricheskoy ehnergii [Quality of electrical energy] [Elektronnyj resurs] / ООО «Polikond». Dokumentatsiya. – Rezhim dostupa: <http://www.policond.ru/dokumentatsiya/item/19-kriterii-kachestva-elektricheskoy-energii.html> (data obrashcheniya: 13.04.2018).

3. Kachestvo ehlektricheskoy ehnergii i sposoby ego povysheniya [The quality of electrical energy and ways to improve it] [Elektronnyj resurs] / Enargys. – Rezhim dostupa:

<http://energys.ru/kachestvo-elektricheskoy-energii-i-sposobyi-ego-povyisheniya/#prettyPhoto> (data obrashcheniya: 14.04.2018).

4. Kachestvo ehlektroehnergii. Trebovaniya k kachestvu ehlektroehnergii [Power quality. Requirements for the quality of electricity] [Elektronnyj resurs] / FB.ru. – Rezhim dostupa: <http://fb.ru/article/292985/kachestvo-elektroenergii-trebovaniya-k-kachestvu-elektroenergii> (data obrashcheniya: 14.04.2018).

5. Lukutin, B. V. Kachestvo ehlektricheskoy ehnergii. [Quality of electrical energy] Laboratornyj praktikum: ucheb. posobie / B. V. Lukutin, I. O. Muravlev, A. I. Muravlev. – Tomsk: Izd-vo TPU, 2010. – 87 s.

6. Osnovnye pokazateli, opredelyayushchie kachestvo ehlektroehnergii [The main indicators determining the quality of electricity] [Elektronnyj resurs] / Elektrotehnicheskij forum. – Rezhim dostupa: <http://forum220.ru/power-quality.php> (data obrashcheniya: 14.04.2018).

7. Povyshenie kachestva ehlektroehnergii, metody, sposoby, prichiny [Improving the quality of electricity, methods, methods, causes] [Elektronnyj resurs] / PUEH8. – Rezhim dostupa: <http://pue8.ru/kachestvo-elektroenergii/90-sposoby-i-tehnicheskie-sredstva-povyisheniya-kachestva-elektroenergii.html> (data obrashcheniya: 04.03.2018).

8. Skat. Stat'i. Pokazateli kachestva ehlektroehnergii. CHto takoe perenapryazhenie? [Power quality indicators. What is overvoltage?] [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://skat-ups.ru/articles/kachestvo-elektroenergii-elektricheskoy-energii/> (data obrashcheniya: 14.03.2018).

9. Spravochnye dannye. Kachestvo ehlektroehnergii. Sposoby uluchsheniya kachestva ehlektroehnergii v sistemah ehlektrosnabzheniya [Power quality. Ways to improve the quality of electricity in power supply systems] [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [http://www.eti.su/articles/spravochnik/spravochnik\\_486.html](http://www.eti.su/articles/spravochnik/spravochnik_486.html) (data obrashcheniya: 10.04.2018).

10. Suk'yasov, S. V. Sposoby povysheniya kachestva ehlektricheskoy ehnergii v raspredelitel'nyh setyah 0,38 kV [Ways to improve the quality of electric energy in distribution networks of 0.38 kV] / S. V. Suk'yasov, A. V. Rudyh // Aktual'nye problemy ehnergetiki APK: materialy VIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Saratov, 01-30 aprelya 2017 g. – Saratov, 2017. – S. 242-247.

#### **Сведения об авторах**

**Жилкина Татьяна Сергеевна** – магистр 2-го курса энергетического факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89526325873, e-mail: [pandagoo@mail.ru](mailto:pandagoo@mail.ru)).

**Сукьясов Сергей Владимирович** – к.т.н, доцент кафедры электрооборудования и физики (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89027625506, e-mail: [sukyasov@mail.ru](mailto:sukyasov@mail.ru)).

#### **Information about the authors**

**Zhilkina Tatyana Sergeevna** - Master of the 2-nd course of the Faculty of Energy (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhniy Village, tel. 89526325873, e-mail: [pandagoo@mail.ru](mailto:pandagoo@mail.ru)).

**Sukyasov Sergey Vladimirovich** –k.t.s., Associate Professor of the Department of Electrical Equipment and Physics (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhny Village, tel. 89027625506, e-mail: [sukyasov@mail.ru](mailto:sukyasov@mail.ru)).

## МЕТОДЫ И СПОСОБЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

**Жилкина Т.С.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
г. Иркутск, Россия

Моделирование представляет собой универсальный и эффективный метод познания окружающего мира. Процесс решения любой задачи неразрывно связан с формированием того или иного вида модели. Модель – это материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе познания (изучения) замещает объект-оригинал, сохраняя при этом наиболее типичные его черты, характерные для решаемой задачи. При построении модели учитываются только те факторы, которые наиболее существенны для проводимого исследования. Следовательно, фундаментальным свойством модели является то, что она всегда беднее объекта-оригинала. В данной статье рассматриваются кратко методы и способы моделирования в электроэнергетике.

*Ключевые слова:* моделирование, энергетика, электрооборудование, анализ, компьютерный метод, модель.

## METHODS AND METHODS OF MODELING IN ENERGETICS

**T.S. Zhilkina**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky,  
Irkutsk, Russia

Modeling is a universal and effective method of knowing the world around us. The process of solving any task is inextricably linked with the formation of a particular type of model. A model is a material or mentally represented object, which in the process of cognition (study) replaces the original object, while retaining its most typical features characteristic of the problem being solved. When building a model, only those factors that are most relevant to the research being carried out are taken into account. Consequently, the fundamental property of the model is that it is always poorer than the original object. This article briefly discusses the methods and methods of modeling electrical equipment.

*Keywords:* modeling, energy, electrical equipment, analysis, computer method, model.

**Сложные системы в энергетике.** По нашему мнению, энергетика (в широком смысле этого понятия) следует рассматривать и изучать как комплекс совокупно связанных динамических, и сложных развивающихся систем. Необходимость изучения энергетики (например, топливно-энергетического хозяйства) как комплекса таких сложных систем определяется:

- широкой взаимозаменяемостью различных видов энергии и топлива;
- технологическим единством процессов производства, распределения и потребления большинства видов энергии и важнейших топлив, исключающих возможность аккумулирования готовой продукции, а во многих случаях практическим совпадением во времени процессов производства и потребления энергии;
- высокоразвитой централизацией в энерго- и топливоснабжении;

- широким распространением комбинированных топливперерабатывающих и энергогенерирующих производств [3, 6, 7, 9].

В связи с этим большинство экстремальных задач в энергетике принадлежит к такому классу, в котором требуется оптимизировать решения не для отдельно взятого, изолированного элемента, а для сложной и - взаимосвязанной их совокупности, развивающейся во времени. Иначе говоря, в энергетике почти всегда необходимо оптимизировать сложные динамические и развивающиеся системы [3, 6, 7, 9].

В энергетической науке чрезвычайно важно уметь обоснованно выделять внутри единой сложной системы, каковой является развивающееся топливно-энергетическое хозяйство, отдельные входящие в нее системы, которые, в свою очередь, должны быть объектом специальных исследований (конечно, с полным учетом возникающих внешних и собственных внутренних связей этих систем). Подобная оценка отдельных систем как объектов исследования позволит значительно четче формулировать цели изучения отдельных звеньев энергетике, методы их моделирования, характеристику искомой и требуемой исходной информации при рассмотрении систем того или иного типа. Одновременно при изучении энергетике как совокупности сложных систем обычно отдельно рассматриваемые многочисленные группы экстремальных энергетических задач логически объединяются в относительно немногочисленные классы. [3, 6, 7, 9].

Моделирование представляет собой универсальный и эффективный метод познания окружающего мира. Процесс решения любой задачи неразрывно связан с формированием того или иного вида модели. Модель – это материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе познания (изучения) замещает объект-оригинал, сохраняя при этом наиболее типичные его черты, характерные для решаемой задачи [8].

При построении модели учитываются только те факторы, которые наиболее существенны для проводимого исследования. Следовательно, фундаментальным свойством модели является то, что она всегда беднее объекта-оригинала [8].

Использование модели позволяет: понять, как устроен реальный объект, каковы его структура, свойства, законы развития и взаимодействия с окружающим миром; научиться управлять объектом (процессом), выбрать наилучший способ управления при заданных целях; прогнозировать прямые и косвенные последствия реализации заданных способов и форм воздействия на объект.

Эффективная модель должна обладать рядом свойств, таких как [8]: адекватность – степень соответствия объекту оригиналу (полнота модели); универсальность – применимость модели к анализу многочисленной группы объектов и решения широкого класса задач; экономичность – количество вычислительных ресурсов, которые необходимы для реализации модели. Формирование модели – сложный творческий процесс, который

требует от исследователя опыта, интуиции, глубокого знания предметной области и возможностей современной компьютерной техники для принятия компромиссных решений и получения эффективной модели

**Способы моделирования.** Существующие способы моделирования электрооборудования позволяют произвести анализ работы установок до реализации. Любое моделирование представляет собой упрощение и описание процессов в четкую структуру, и именно точность описания позволяет смоделировать более точно работу электроустановки. Моделирование позволяет создать точную эквивалентную копию действующего электрооборудования, на которой специалисты имеют возможность отточить свои навыки и повысить свой уровень подготовки.

Моделирование позволяет оценить состояние системы в идеальной среде в конкретный момент времени и при определенных условиях, что не всегда позволяет оценить правильность работы электроустановки в целом. Является простым, быстрым способом проверить правильность работы установки. Тогда на смену приходит компьютерное моделирование, когда с помощью специализированного программного обеспечения, возможно, оценить работу установки с течением времени и прибегая к более сложным расчетам и зависимостям.

Например, применение программных пакетов электрического моделирования (Multisim, OrCad, Simulink) всех элементов систем электроснабжения по отдельности и в комплексе, где осуществляется с целью проверки существующих результатов энергопотребления и прогнозирования изменения электропотребления при проведении энергоаудита по предложенным мероприятиям. По результатам моделирования электрических систем цехов и целых предприятий создана библиотека шаблонов, с помощью которой исследователю не требуется заново создавать рабочий прототип, а лишь составить свою схему.

Компьютерный анализ является гибким и многофункциональным способом, возможность моделировать разнообразные и смешанные по своей природе процессы позволяет за достаточно короткое время получить необходимый результат. Задавая пределы не идеальности тех или иных компонентов системы, мы получаем достаточно точный расчет работы электроустановок. Сложность данного метода состоит в том, что необходимо заранее учесть и запрограммировать все возможные ситуации и процессы. Такой подход порождает большое количество переменных и зависящих от них параметров, что влечет за собой применение мощной вычислительной техники для обработки информации [1].

Физическое моделирование – один из самых сложных и затратных способов моделирования электроустановок, но является наиболее точным и эффективным. Физическое моделирование добавляет в анализируемую среду некий элемент случайности и не идеальности, шанс возникновения явлений, которые будут влиять на электрические параметры установки и электросети.

Так с течением времени, действиями окружающей внешней среды (температура, влажность, параметры питающей сети и т.д.) материалы и электронные компоненты изменяют свои характеристики (в пределах установленных норм), что неизбежно влечет за собой изменение параметров электроустановки в целом [1,4, 10,11].

Порой эти изменения не поддаются ни прогнозированию, ни четкому описанию, и учесть их при других способах моделирования представляется крайне сложно или даже невозможно. Достоверность, полученных данным способом, таких результатов при физическом моделировании, как правило, проверяется с использованием других видов моделирования применительно к отдельным элементам и составным частям, что достаточно упрощает расчеты или компьютерный анализ.

Рассматривая виды моделирования необходимо упомянуть о том, что все они должны дополнять и перепроверять друг друга. Так в компьютерном анализе очень часто прибегают к созданию физических моделей частей исследуемой системы. И конечно же физическое моделирование, и компьютерный анализ не обходится без проведения определенных вычислений при проектировании, проверке и проходящей наладке технологических установок [5]. Выбор метода моделирования определяется исходя из конкретной задачи и сложности анализируемой среды технологической установки.

## **Методы моделирования**

### **1.Метод конечных элементов**

В настоящее время для практических расчетов в самых различных областях науки используется метод конечных элементов. Известен ряд широко известных и хорошо зарекомендовавших себя конечно элементных программных комплексов для проведения численных расчетов: ANSYS, NASTRAN, ABAQUS, АСПК [4] и т.п.

Метод конечных элементов (МКЭ) — это численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Сущность метода заключена в его названии. Область, в которой ищется решение дифференциальных уравнений, разбивается на конечное количество подобластей (элементов). В каждом из элементов произвольно выбирается вид аппроксимирующей функции. В простейшем случае это полином первой степени. Вне своего элемента аппроксимирующая функция равна нулю.

Значения функций на границах элементов (в узлах) являются решением задачи и заранее неизвестны. Коэффициенты аппроксимирующих функций обычно ищутся из условия равенства значения соседних функций на границах между элементами (в узлах). Затем эти коэффициенты выражаются через значения функций в узлах элементов. Составляется система линейных алгебраических уравнений. Количество уравнений равно количеству неизвестных значений в узлах, на которых ищется решение

исходной системы, прямо пропорционально количеству элементов и ограничивается только возможностями ЭВМ. Так как каждый из элементов связан с ограниченным количеством соседних, система линейных алгебраических уравнений имеет разреженный вид, что существенно упрощает её решение[13].

## **2.Метод граничных элементов**

В отличие от методов конечных элементов в методах граничных элементов описывалась только граница, все остальные данные вычислялись математически. Методы граничных элементов (МГЭ) бывают прямые и непрямые. В прямых МГЭ искомыми переменными краевой задачи являются величины, имеющие реальный физический смысл, например, в задачах теории упругости - усилия и смещения, возникающие в элементах конструкции.

В непрямых МГЭ решение исходной задачи выражается через функции плотности, которые сами по себе не имеют реального физического смысла. После того как функции плотности найдены, значения реальных физических параметров задачи могут быть получены из них путем простого интегрирования.

**Применение математических методов и ЭВМ.** Этот этап, начавшийся в конце 50-х – начале 60-х годов, можно считать исходным. Математические методы применялись в энергетике и раньше, однако более широкие возможности для их использования открылись с появлением ЭВМ. Последние способствовали одновременно бурному развитию новых направлений в математике, например, линейного программирования для решения задач оптимизации. Без ЭВМ их практическое применение было бы невозможно. [12]

Последующие исследования, анализ и обобщения прояснили постепенно причины «недостатков» математического моделирования. Их несколько:

- исключительная сложность большинства энергетических объектов и систем, затрудняющая или даже не позволяющая описать их математически с необходимой точностью;

- неопределенность (неполнота, недостаточная достоверность и т.п.) информации, которую приходится использовать при расчетах, например, на предстоящий период времени;

- многообразии внешних связей изучаемых объектов и систем с окружающей средой (смежными производственными системами и природой);

- влияние «человеческого фактора» – людей в производственных процессах и особенно в органах управления, действия и решения которых нельзя точно предсказать и замоделировать;

- недостаточные параметры и производительность ЭВМ того времени. [12]

## Список литературы

1. Антипин, А. С. Проблемы качества электроэнергии и способы моделирования электротехнологических установок для выявления негативных факторов и явлений, возникающих при эксплуатации данного оборудования / А. С. Антипин, В. Э. Фризен, М. С. Вольхин // Труды первой научно-технической конференции молодых ученых Уральского энергетического института, Екатеринбург, Россия, 16-20 мая 2016 г. – Екатеринбург, 2016. – С. 190-193.
2. Борискин, О. Ф. Конечноэлементный анализ колебаний машин / О. Ф. Борискин, В. В. Кулибаба, О. В. Репецкий. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 1989. – 144 с.
3. Влияние профиля проточной части кипящего слоя на эффективность обработки частиц [Электронный ресурс] / В. Е. Мизонов [и др.] // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2018. – № 4. – С. 54-60. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35512496> (дата обращения: 26.01.2019).
4. Еловенко, Д. А. Исследование теплофизических характеристик теплоизоляционных материалов для новых конструкций цилиндрических стенок автоклавов высокого давления / Д. А. Еловенко, О. В. Репецкий // Известия Иркутской государственной экономической академии (Байкальский государственный университет экономики и права). – 2011. – № 6 (80). – С. 201-206.
5. Колесников, Е. В. Системообразующие принципы проектирования и эксплуатации электротехнологического оборудования [Электронный ресурс] / Е. В. Колесников // Вестник СГТУ. – 2006. – № 1. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemoobrazuyushchie-printsipy-proektirovaniya-i-ekspluatatsii-elektrotehnologicheskogo-oborudovaniya> (дата обращения: 26.01.2019).
6. Мелентьев, Л. А. Методология системных исследований в энергетике / Л. А. Мелентьев. – М.: Наука, 1995. – 289 с.
7. Мелентьев, Л. А. Методы математического моделирования в энергетике. (Тематический сборник работ) / Л. А. Мелентьев; под ред. Л. А. Мелентьева [и др.]. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1966. – 432 с.
8. Моделирование в электроэнергетике: учеб. пособие / А. Ф. Шаталов [и др.]. – Ставрополь: АГРУС, 2014. – 140 с.
9. Мызникова, М. Н. Основополагающие принципы реформирования электроэнергетики [Электронный ресурс] / М. Н. Мызникова // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2015. – № 3. – С. 45-49. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25225971> (дата обращения: 26.01.2019).
10. Репецкий, О. В. Исследование характеристик колебаний рабочих колес турбомашин с расстройкой параметров на основе моделирования уменьшенного порядка методом конечных элементов [Электронный ресурс] / О. В. Репецкий, До Мань Тунг // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. – 2014. – № 1. – С. 60-66. – Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21458667> (дата обращения: 26.01.2019).
11. Репецкий, О. В. Математическое моделирование ресурсных характеристик турбомашин с использованием численных методов и комплекса программ [Электронный ресурс] / О. В. Репецкий, Нгуен Ван Винь // Актуальные вопросы аграрной науки: электрон. науч.-практ. журн. – 2018. – Вып. 28, сент. – С. 56-63. – Режим доступа: [http://agronauka.igsha.ru/vypuski\\_zhurnala/v28.php](http://agronauka.igsha.ru/vypuski_zhurnala/v28.php).
12. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ–ИСЭМ / под ред. Н. И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2010. – 686 с.
13. Трушин, С. И. Метод конечных элементов. Теория и задачи / С. И. Трушин. – М.: АСВ, 2008. – 256 с.

## References

1. Antipin, A. S. Problems of electric power quality and methods of modeling electrical installations for identifying negative factors and phenomena arising during the operation of this equipment / A. S. Antipin, V. E. Fren, M. S. Volkhin // Proceedings of the first scientific and technical conference of young scientists of the Ural Energy Institute, Yekaterinburg, Russia, May 16-20, 2016 - Ekaterinburg, 2016. - P. 190-193.
2. Boriskin, O. F. A finite element analysis of machine vibrations / O. F. Boris-kin, V. V. Kulibaba, O. V. Repetsky. - Irkutsk: Publishing house of ISU, 1989. - 144 p.
3. The influence of the profile of the flow part of the fluidized bed on the efficiency of particle processing [Electronic resource] / V. E. Mizonov [et al.] // Ivanovo State Power Engineering University Bulletin. - 2018. - № 4. - p. 54-60. - Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35512496> (access date: 01/26/2019).
4. Elovenko, D.A. Study of thermophysical characteristics of thermal insulation materials for new designs of cylindrical walls of high-pressure autoclaves / D. A. Elovenko, O. V. Repetsky // News of the Irkutsk State Economic Academy (Baikal State University of Economics and the rights). - 2011. - № 6 (80). - p. 201-206.
5. Kolesnikov, E. V. Systematic principles of design and operation of electrical technology equipment [Electronic resource] / E. V. Kolesnikov // SSTU Bulletin. - 2006. - № 1. - Access mode: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemoobrazuyuschie-printsipy-proektirovaniya-i-ekspluatatsii-elektrotehnologheskogo-oborudovaniya> (appeal date: 01/26/2019).
6. Melentyev, L. A. Methodology of system research in power engineering / L. A. Melentyev. - M.: Science, 1995. - 289 p.
7. Melentiev, L. A. Methods of mathematical modeling in power engineering. (Thematic collection of works) / L. A. Melentyev; by ed. L. A. Melentyeva [et al.]. - Irkutsk: East-Sib. Prince publishing house, 1966. - 432 p.
8. Modeling in electric power industry: studies. allowance / A. F. Shatalov [et al.]. - Stavropol: AGRUS, 2014. - 140 p.
9. Myznikova, MN. Fundamental principles of reforming the electric power industry [Electronic resource] / MN Myznikova // Intellect. Innovation. Investments. - 2015. - № 3. - p. 45-49. - Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25225971> (access date: 01/26/2019).
10. Repetsky, OV. Investigation of the characteristics of oscillations of the impellers of turbomachines with detuning of parameters based on the modeling of reduced order by the finite element method [Electronic resource] / O.V. Repetsky, Do Man Tung // Bulletin of the Siberian State Aerospace University. Academician M.F. Reshetnev. - 2014. - № 1. - p. 60-66. - Access mode: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21458667> (access date: 01/26/2019).
11. Repetsky, OV. Mathematical modeling of resource characteristics of turbomachines using numerical methods and a complex of programs [Electronic resource] / O. V. Repetsky, Nguen Van Vin // Actual issues of agrarian science: electron. scientific-practical journals - 2018. - Vol. 28 Sep - pp. 56-63. - Access mode: [http://agronauka.igsha.ru/vypuski\\_zhurnala/v28.php](http://agronauka.igsha.ru/vypuski_zhurnala/v28.php).
12. System studies in the energy sector: A retrospective of the scientific directions of the AIS / ISEM / ed. N. And. Crap. - Novosibirsk: Science, 2010. - 686 p.
13. Trushin, S.I. The finite element method. Theory and tasks / S.I. Trushin. - M.: DIA, 2008. - 256 p.

#### **Сведения об авторе**

**Жилкина Татьяна Сергеевна**—магистр 2-го курса энергетического факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89526325873, e-mail: [pandagoo@mail.ru](mailto:pandagoo@mail.ru)).

### **Information about the author**

**Zhilkina Tatyana Sergeevna** - Master of the 2-nd course of the Faculty of Energy (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhniy Village, tel. 89526325873, e-mail: pandagoo@mail.ru).

**УДК621.311**

## **ИНФРАКРАСНАЯ ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ**

**Загреддинов С.С., Иванов Д.А.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. *Иркутск, Россия*

Для реализации эффективного диагностирования силовых трансформаторов необходимо применять современные методики контроля состояния и технические средства. Решение задач диагностирования электрооборудования трансформаторных подстанций может быть выполнено на основе инфракрасной (ИК) диагностики. Современные ИК камеры имеют значительное оптическое разрешение, широкий диапазон измеряемых температур. Эти приборы позволяют автоматически измерять температуру в центре визирного перекрытия, выстраивать профиль температуры в режиме реального времени, вести непрерывную запись изображения на носитель информации. Цель ИК диагностики – сократить объем, сроки и стоимость ремонтных работ, увеличить межремонтные сроки и повысить надежность работы системы электроснабжения за счет выявления локальных дефектов.

*Ключевые слова:* тепловизор, мониторинг, защита, трансформатор.

## **INFRARED DIAGNOSIS OF POWER TRANSFORMERS**

**Zagretdinov S.S., Ivanov D.A.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Irkutsk, Russia*

In order to implement effective diagnostics of power transformers, it is necessary to apply modern methods of state control and technical means. The solution of problems of diagnostics of electrical equipment of transformer substations can be performed on the basis of thermal diagnostics. Modern thermal cameras have a significant optical resolution, a wide range of measured temperatures. These devices allow you to automatically measure the temperature in the center of the vizirного overlap, to build a temperature profile in real time, to keep a continuous record of the image on the storage media. The purpose of thermal diagnostics is to reduce the volume, time and cost of repair work, increase the overhaul time and improve the reliability of the power supply system by detecting local defects.

*Keywords:* thermal imager, monitoring, protection, transformer.

При проведении диагностики электроэнергетического оборудования прямо в процессе эксплуатации должны использоваться методы диагностики систем электроснабжения с применением тепловизионной техники.

Задача по своевременному обнаружению температуры (нагревов) токоведущих частей электрооборудования систем электроснабжения является важной. Операция измерения температуры – наиболее распространенная при техническом обслуживании электрооборудования: осмотрах, испытаниях, измерениях различных параметров. Кроме измерения

температур окружающей среды, охлаждающих сред и поверхностей, уделяется внимание оценке температуры токоведущих частей, которые нагреваются при протекании по ним электрического тока. Также у силовых трансформаторов нагреваются при работе изолирующие устройства, обмотки и магнитопроводы. Нагревание становится опасным и превышает допустимые пределы, при перегрузках оборудования, увеличении сопротивления контактов и контактных соединений, загрязнении поверхностей и тому подобное. Недопустимы высокие температуры электротехнических устройств и установок, это может быть причиной их крупных отказов: коротких замыканий, обрывов проводов, пожаров и тому подобное. [1].

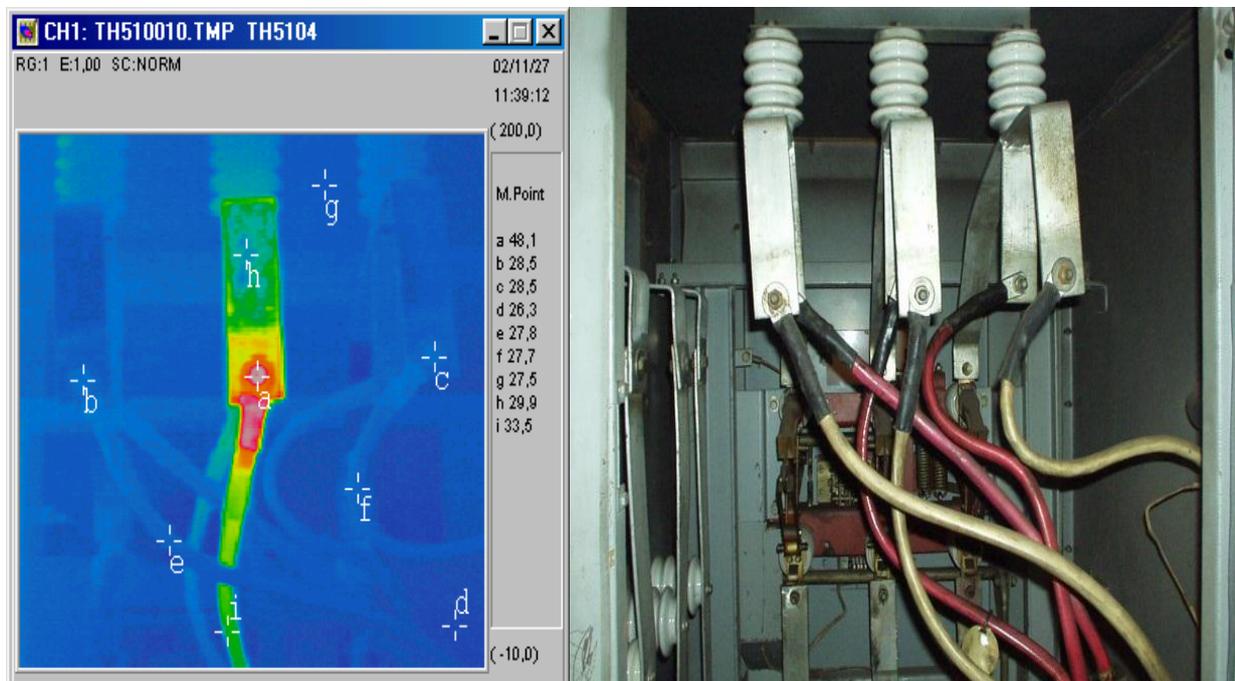
В отличие от традиционных методах контроля электрооборудования, систем электроснабжения которые ориентированы на необходимость отключения потребителей от электрической энергии, тепловизионная диагностика позволяет проводить поэлементную, а также общий мониторинг технического состояния электрооборудования в процессе его функционирования, выявлять многие дефекты на ранних стадиях их роста [2].

Обнаружение дефектов в электроустановках с помощью тепловизора (ИК диагностика) производится непрямым методом, путем измерения температуры наружной поверхности соответствующих узлов (дефектного и бездефектного), а также температуры окружающего воздуха с последующим пересчетом значения температуры перегрева (температурного перепада) и отнесением контролируемого объекта к тому или иному классу неисправности. При этом измерения температуры объектов контроля производят дистанционным методом оптической пирометрии с помощью, как правило, длинноволнового тепловизора (рабочий диапазон длин волн  $8\div 12\text{мкм}$ ). После обнаружения дефектных узлов производится их фиксация во встроенной памяти инфракрасной камеры с абсолютными температурами узлов, окружающей температуры, расстояния до объекта и так далее. Результаты тепловизионной съемки обрабатывают либо по отдельным точкам, в которых температуру измеряют с помощью соответствующих опций тепловизора, либо как тепловые изображения, применяя специализированные программы обработки термограмм.

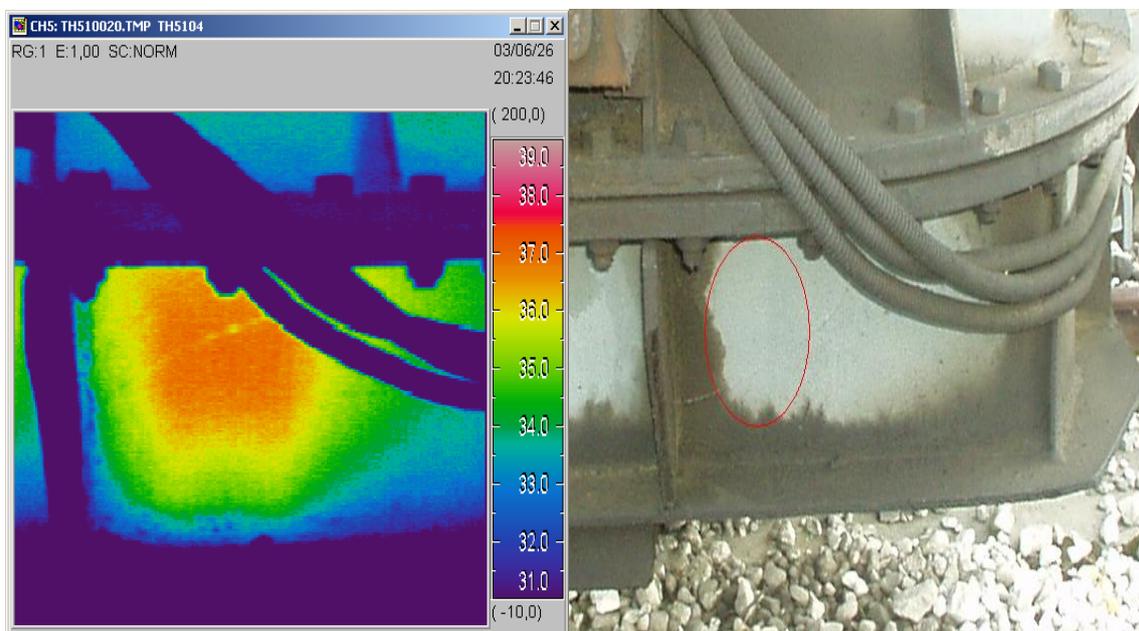
Следующие повреждения могут быть обнаружены в силовых трансформаторах с помощью инфракрасной диагностики: наличие застойных зон в баках за счет шлакообразования, дефекты вводов и систем охлаждения, очаги возникновения магнитных полей рассеяния, разбухания или смещения изоляции обмоток.

На рисунках 1, 2 и 3 приведены примеры инфракрасной диагностики силовых трансформаторов (термограммы и фотографии), которые показывают наглядность и преимущества данной технологии при эксплуатации систем электроснабжения.

В зависимости от условий работы и конструкции трансформатора можно проводить оценку теплового состояния: коэффициенту дефектности, путем сравнения измеренных значений температуры объекта с другим, превышениями температуры, заведомо исправным оборудованием, избыточной температурой, по допустимым температурам нагрева.



**Рисунок 1—Термограмма и фотография вводного устройства трансформатора (На вводе 10 кВ фазы «З» аварийный дефект, требующий немедленного устранения)**



**Рисунок 2—Термограмма и фотография бака силового трансформатора (Наиболее нагретая часть активной части)**

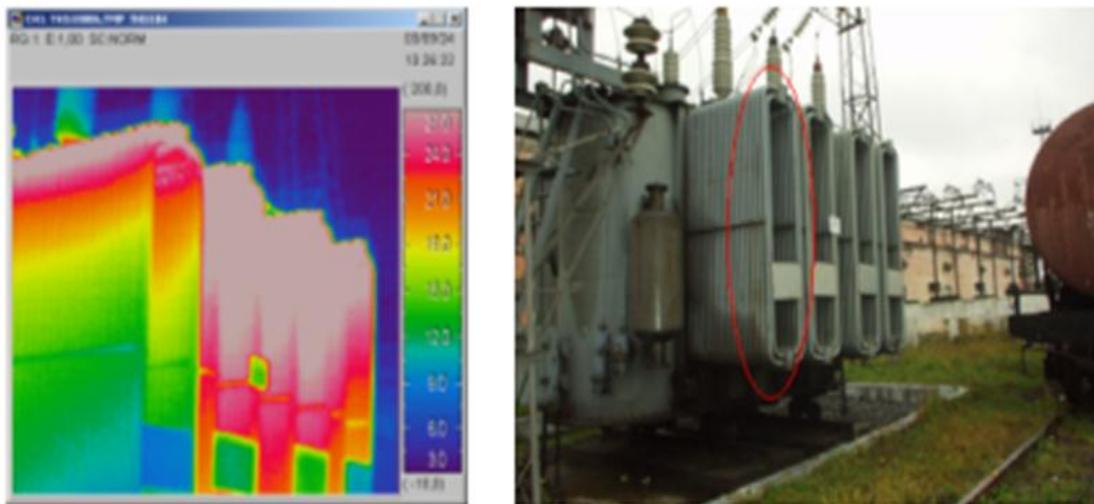


Рисунок 3–Термограмма и фотография радиаторов охлаждения силового трансформатора (Дефект системы охлаждения)

Степень неисправности контактов и контактных соединений оценивается следующим образом:

Повышенная температура  $< 5^{\circ}\text{C}$  – ранняя стадия неисправности, которую следует держать под контролем и принять меры по её устранению во время проведения запланированного по графику технического обслуживания.

Повышенная температура  $5-30^{\circ}\text{C}$  – развивающийся дефект, следует принять меры по устранению неисправности при ближайшем выводе электрооборудования из работы.

Повышенная температура  $> 30^{\circ}\text{C}$  – аварийный дефект, требующий немедленного устранения [3].

Большое влияние на результаты оказывает угол между нормалью к поверхности излучения и осью оптической системы приемника при оценке инфракрасного излучения. Чем больше этот угол, тем меньше потока излучения попадает на поверхность приемника. Этот фактор следует учитывать при выборе точки расположения тепловизионных приборов, стараясь расположить оптическую ось приемника перпендикулярно излучающей поверхности.

Инфракрасную диагностику необходимо проводить при отсутствии солнца (в облачную погоду или ночью), при минимальном воздействии ветра и в период максимальных токовых нагрузок.

При проведении инфракрасного контроля должны учитываться следующие факторы[4]: коэффициент излучения материала, солнечная радиация, скорость потока ветра, расстояние до объекта, значение токовой нагрузки, тепловое отражение и тому подобное.

Ошибки которые оказывают влияние на результаты измерения, при проведении инфракрасной диагностики электрооборудования необходимо устранять незамедлительно. Солнце хорошо нагревает поверхность наблюдаемого объекта и при наличии высоких температур в местах

измерения. Для устранения влияния солнечной радиации необходимо выполнять инфракрасный контроль в ночное время суток или в облачную погоду. Измерения в электроустановках в солнечную погоду рекомендуется проводить для каждого объекта из нескольких точек расположенных диаметрально.

Осуществление инфракрасной диагностики на открытом воздухе следует принимать во внимание возможность охлаждения наблюдаемого объекта потоками ветра. Превышение температуры, измеренное при скорости ветра пять метров в секунду, будет примерно в два раза ниже, чем при скорости ветра один метр в секунду.

Осадки дождя, мокрого снега, тумана в ощутимой степени понижают температуру поверхности объекта и рассеивают инфракрасное излучение каплями воды. Инфракрасную диагностику допускается проводить при небольшом снегопаде с сухим снегом или легком морозящем дожде.

При проведении инфракрасной диагностики электрооборудования, расположенный в закрытых распределительных устройствах, доводится сталкиваться с возможностью получения погрешностей в результате теплового отражения от нагревательных элементов, ламп освещения, соседних фаз и других элементов. Эти причины особенно сильно выявляются при обследовании объектов с малым коэффициентом излучения, обладающие хорошей способностью отражать. В результате термограмма может показать горячую точку (пятно), однако в действительности это просто тепловое отражение. Рекомендуется в этих случаях проводить инфракрасное обследование объекта под различными углами.

При обследовании большое значение имеет расстояние до наблюдаемого объекта ввиду рассеяния и поглощения инфракрасного излучения в атмосфера за счет тумана, снега и других факторов.

В результате измерения огромную погрешность может внести температура окружающей среды. В тех случаях, когда наблюдаемый объект находится на значительном расстоянии или размеры его малы, может возникнуть ситуация, при которой в зону измерения попадает участок внешней среды (воздух и тому подобные факторы) с другой температурой.

Инфракрасная диагностика силовых трансформаторов, является вспомогательным методом диагностики, обеспечивающий наряду с традиционными методами (измерение изоляционных характеристик, тока холостого хода, хроматографического анализа состава газов в масле и др.) получение дополнительной информации о состоянии объекта.

Проведение инфракрасной диагностики силовых трансформаторов позволяет выявить с ее помощью следующие неисправности:

- возникновение магнитных полей рассеивания в трансформаторе за счет нарушения изоляции отдельных элементов магнитопровода (консоли, шпильки и тому подобное);

- нарушение в работе систем охлаждения (вентиляторов, маслонасосов, циркуляции масла в радиаторах) и регенерации масла (термосифонных фильтров) и оценка их эффективности;
- изменение внутренней циркуляции масла в баке трансформатора (образование застойных зон) в результате шламообразования, конструктивных просчетов, разбухания или смещения изоляции обмоток (особенно у трансформаторов с большим сроком службы);
- нагревы внутренних контактных соединений обмоток с выводами трансформатора;
- витковое замыкание в обмотках встроенных трансформаторов тока;
- ухудшение контактной системы устройств регулирования напряжения.

На трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ учебной фермы ФГБОУ ВО «Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского» 26 февраля 2019 года была произведена ИК диагностика силового трансформатора ТМ-400/10.

Тепловизионное обследование проводилось с помощью переносного тепловизора «Hti Ht-02 ThermallmagingCamera» в дневное время при температуре окружающего воздуха  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На рисунке 4 представлены термограммы силового трансформатора ТМ-400/10.



Рисунок 4 – Термограммы силового трансформатора ТМ-400/10 учебной фермы Иркутского ГАУ имени А.А. Ежевского

Анализ термограмм показывает, что самая высокая температура  $21,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  зафиксирована в масле расширительного бака. Температура контактных соединений вводов 10 и 0,4 кВ составляет  $\approx 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что соответствует норме и контакты находятся в удовлетворительном состоянии. Радиаторы силового трансформатора работают правильно и охлаждают масло при работе. Проведённая ИК диагностика трансформатора ТМ-400/10 на трансформаторной подстанции учебной фермы показывает, что силовой трансформатор по температурному режиму работы находится в удовлетворительном состоянии (нагревы отсутствуют, охлаждающие устройства работают), эксплуатация осуществляется правильно.

Итак, осуществление обследования электрооборудования систем электроснабжения выполненного на основе инфракрасной диагностики позволяет снизить объем, продолжительность и стоимость затрат на ремонт, увеличить межремонтные сроки и повысить надежность работы систем электроснабжения за счет обнаружения дефектов местного характера. Инфракрасный контроль, проводимый с помощью современных высокочувствительных портативных тепловизоров, позволяет при минимальных денежных затратах, за короткое время, без вывода оборудования из работы проверять надежность наблюдаемого объекта, обнаружить дефекты на ранней стадии их развития, сократить затраты на техническое обслуживание за счет прогнозирования сроков и объема ремонтных работ.

#### Список литературы

1. Ковалев Г.Ф. Температурный (тепловизионный) контроль электрооборудования в системах сельского электроснабжения / Г.Ф. Ковалев. – Иркутск:ИрГСХА, 2003. – 62 с.
2. Сенновский Д.В. Система достоверного тепловизионного контроля за состоянием электрооборудования – гарант его надежной работы / Д.В. Сенновский, Р.Т. Троицкий-Марков // Энергоназор и энергобезопасность. – 2006. – № 4. – С. 96-100.
3. Костин В.Н. Монтаж и эксплуатация оборудования систем электроснабжения : учеб. пособие / В.Н. Костин. – СПб: СЗТУ, 2004. – 184 с.
4. Бажанов С.А. Инфракрасная диагностика электрооборудования распределительных устройств / С. А. Бажанов. – М.: Энергопрогресс, 2010. – 76 с.

#### References

1. Kovalev G.F. Temperaturnyy (teplovizionnyy) kontrolelektrooborudovaniya v sistemakh sel'skogoelektrosnabzheniya [Temperature (thermal imaging) control of electrical equipment in rural power supply systems] / G.F. Kovalev. – Irkutsk :IrGSKHA. 2003. – 62 s.
2. Sennovskiy D.V. Sistemadostovernogoteplovizionnogokontrolyazasostoyaniyemelektrooborudovaniya – garant ego nadezhnoy raboty [The system of reliable thermal imaging control over the condition of electrical equipment is a guarantee of its reliable operation] / D.V. Sennovskiy. R.T. Troitskiy-Markov // Energonadzor i energobezopasnost. – 2006. – № 4. – S. 96-100.
3. Kostin V.N. Montazh i ekspluatatsiya oborudovaniya sistem elektrosnabzheniya [Installation and operation of equipment of power supply systems]: ucheb. posobiye / V.N. Kostin. – SPb: SZTU. 2004. – 184 s.
4. Bazhanov S.A. Infrakrasnaya diagnostika elektrooborudovaniya raspredelitelnykh ustroystv [Infrared diagnostics of electrical equipment of switchgears] / S. A. Bazhanov. – M.: Energoprogress. 2010. – 76 s.

#### Сведения об авторах

**Загrediнов Сергей Сайфинович** – студент 1 курса магистратуры энергетического факультета, направления подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8-908-6-565-258, e-mail: sergei9607@yandex.ru).

**Иванов Дмитрий Александрович** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электроснабжения и электротехники энергетического факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8-902-1-776-910, e-mail: [ivanov-irk@yandex.ru](mailto:ivanov-irk@yandex.ru)).

### **Information about the authors**

**Zagretdinov Sergei Saifiddinovich** – 1st year student of the magistracy of the Faculty of Energy, areas of training 13.04.02 - Power and Electrical Engineering(664038, Russia, IrkutskRegion, IrkutskDistrict, pos. Molodezhny, tel. 8-908-6-565-258, e-mail: sergei9607@yandex.ru).

**Ivanov Dmitry Aleksandrovich** – candidate of technical sciences, associate professor of the department of power supply and electrical engineering of power engineering faculty(664038, Russia, IrkutskRegion, IrkutskDistrict, pos. Molodezhny, tel. 8-902-1-776-910, e-mail: ivanov-irk@yandex.ru).

УДК 620.92

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ ПРИБАЙКАЛЬЯ**

**Константинов К.А., Лукина Г.В., Подъячих С.В.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

Надежное электроснабжение и эффективное использование природных энергетических ресурсов, относятся к важнейшим стратегическим целям развития энергетики. Согласно Энергетической стратегии России до 2030 г. при разработке проектов по использованию нетрадиционной малой энергетики, поэтому чрезвычайно важным является вопрос достоверной оценки ресурсов НиВИЭ рассматриваемых территорий. Согласно анализа теоретически рассчитанного потенциала НиВИЭ в Россиирегион Прибайкалья является перспективным для создания и внедрения автономных источников возобновляемой энергетики. При этом можно отметить, что потенциал энергии солнца и ветра, несмотря на то, что он распространен неравномерно, и существует ряд определенных проблем, достаточен для обеспечения децентрализованным электроснабжением удаленных поселений и объектов рекреационной и туристической инфраструктур.

*Ключевые слова:* энергия, электроснабжение, энергетические ресурсы, нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, распределенная энергетика.

## **THE POSSIBILITY OF USING NON-CONVENTIONAL ENERGY SOURCES IN DISTRIBUTED ENERGY OF THE BAIKAL REGION**

**Konstantinov K.A., Lukina G.V., Podyachikh S.V.**

Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Reliable power supply and efficient use of natural energy resources are among the most important strategic goals of energy development. According to the Energy strategy of Russia until 2030 in the development of projects for the use of non-traditional small energy, therefore, it is extremely important to assess the resources of the Nivie areas under consideration. According to the analysis of the theoretically calculated potential of Nivie in Russia, the Baikal region is promising for the creation and implementation of Autonomous renewable energy sources. At the same time, it can be noted that the potential of solar and wind energy, despite the fact that it is distributed unevenly, and there are a number of certain problems, is sufficient to provide decentralized power supply to remote settlements and objects of recreational and tourist infrastructure.

*Keywords:* energy, power supply, energy resources, unconventional and renewable energy sources, distributed energy.

Основная часть электроэнергии в высокоразвитых странах, в том числе и Россия, в настоящее время производится централизованно на больших электростанциях. Имеют превосходные экономические показатели благодаря эффекту масштаба и передают электроэнергию на большие расстояния. Их эксплуатация зависит от множества факторов: экономических, экологических, географических и т.д.

В последнее время в мире стремительно растет интерес к нетрадиционной и возобновляемой энергетике. (в ближайшие 30 лет, превысит 40 % общего потребления и в дальнейшем будет увеличиваться). Применение новых методов выработки энергии обеспечит конкурентоспособность новых технологий по сравнению с технологиями, которые эксплуатируют органические ископаемые топлива [3].

К 2024 г. в России планируется увеличить установленную мощность ( $P_{уст}$ ) объектов на основе применения ВИЭ до 5,9 тыс. МВт, что соответствует 2,4% от  $P_{уст}$  в энергосистеме РФ на конец 2015 г. (табл. 1). В энергетической стратегии России к 2020 г. объекты генерации ВИЭ должны достигнуть уровня в 4,5% от  $P_{уст}$  энергосистемы РФ.

Таблица 1 - Целевые объемы ввода мощности объектов ВИЭ, МВт

Вид генерирующих объектов	2015 г.	2016 г.	2020 г.	2024 г.	Всего	
на основе энергии ветра	51	50	500	399	3600	61,3 %
на основе фотоэлектрического преобразования энергии солнца	140	200	270	-	1520	25,9 %
на основе энергии вод (менее 25 МВт)	26	124	159	-	751	12,8 %
Всего	217	374	929	399	5871	100%

На территории Прибайкальского региона работают крупные энергоисточники (ТЭС, ГЭС), которые включены в централизованную СЭС и объекты малой энергетики - для снабжения, в основном, мелких децентрализованных потребителей.

Изолированные потребители системы электроснабжения, отличаются низкими технико-экономическими показателями (КПД ниже 30 %) и не отвечают требованиям качества выработки электроэнергии и ее надежности.

Распределенная энергетика России находится в начале своего становления. Каждый регион индивидуально применяет НиВИЭ, чтобы вытеснить органическое топливо, рассматривает его в качестве дополняющего энергоисточника [1]. Используя новые технологии можно при этом строить и проектировать современные автономные энергосистемы, работающие на местных ресурсах.

Энергия ветра, солнца, воды, геотермальная, а также отходы производства согласно ФЗ об электроэнергетике относятся к НиВИЭ. Соотношение между валовым, технически возможным и экономически оправданным потенциалами для разных этих видов энергий неодинаково. Целесообразность использования каждого вида ресурса в Прибайкалье для получения распределенной энергетики значительно различается по территории и обусловлена прежде всего показателями потенциала, в том числе экономическими, см. табл.2.

Таблица 2 – Потенциал возобновляемых природных энергоресурсов в Прибайкалье

Энергоресурс	Виды потенциала		
	Валовой	Технический	Экономический
Гидроэнергетические, млрдкВт·ч	95	29	16
в Иркутской области	65	20	11
в республике Бурятия	30	9	5
Ветроэнергетические, млрдкВт·ч	100 728	252	1,3
в Иркутской области	69 111	173	0,9
в республике Бурятия	31 617	79	0,4
Гелиоэнергетические, млн т. у.т.	159 400	835	0,06
в Иркутской области	106 700	470	0,03
в республике Бурятия	52 700	365	0,03
Лесная биомасса, млн т. у.т.	51,1	5,6	0,3
в Иркутской области	42	4,6	0,2
в республике Бурятия	9,1	1,0	0,1

*Ветроэнергетический потенциал* Прибайкалья сконцентрирован в месте расположения оз. Байкал. В годовом разрезе данного регион амаксимальное проявление ветропотенциала характеризуется в весенний и осенний периоды с резким понижением в зимний период, значение скорости ветра невелико и не дает оснований для рекомендации по установке ВЭУ. При ее значениях менее 3 м/с применение ВЭУ заранее не оправдано, т.к. у большинства ветроустановок она равна 1,5-2,5 м/с, а средняя многолетняя скорость ветра - основной показатель эффективности и целесообразности использования ветропотенциала для энергетических целей. Величина валового потенциала этого вида энергоресурса в регионе, в настоящее время, позволяет использовать только 0,2 % технического потенциала.

Из рассматриваемого региона только Ольхонский район, включая о. Ольхон, устья рек Селенга и Баргузин, где достаточно велика повторяемость ветров со скоростью, превышающей 5 м/с. создают более благоприятные условия для использования данного энергоносителя. Потенциал ветроэнергетики на территории Байкальского региона изображен на рис. 1.

Для сельскохозяйственных и изолированных от централизованного электроснабжения районов подходят ВЭУ малой мощности. Такие установки сегодня уже конкурентоспособны с дизелями, работающими на привозном

топливе. Однако в некоторых случаях непостоянство скорости ветра заставляет либо устанавливать параллельно с ВЭУ аккумуляторную батарею, либо резервировать ее установкой на органическом топливе. Поэтому по распределению удельного ветропотенциала территория Байкальского региона относится к территориям с низкой эффективностью использования ветрогенерирующих установок.

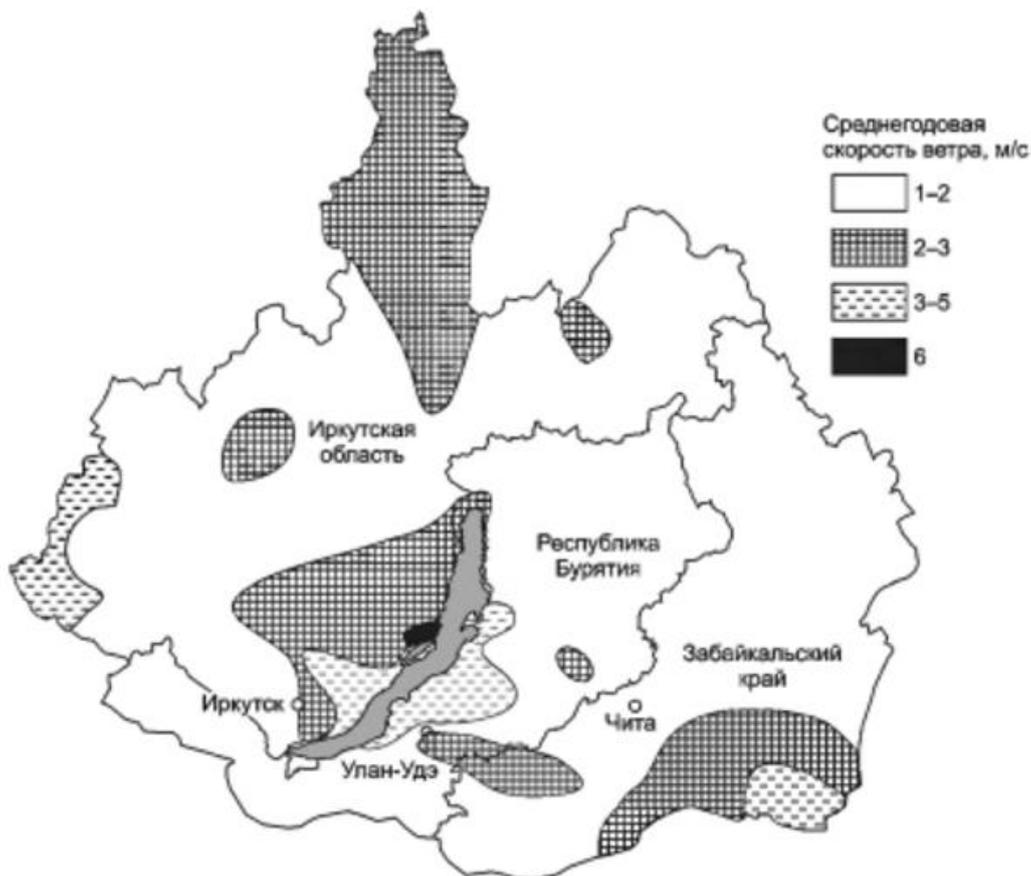


Рисунок 1 –Зонирование территории Байкальского региона по ветропотенциалу

*Гелиоэнергетический потенциал.* Использование гелиопотенциала для энергетических целей считается целесообразным, при годовом приходе солнечной радиации не менее  $1200 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ , с длительностью солнечного сияния - более 2000 ч/год (рис. 2). Приход солнечной радиации на территории Байкальского региона, как и продолжительность солнечного сияния, носит выраженный поясной характер и изменяется от  $900 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  на севере Иркутской области до  $1400 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  в южной части Республики Бурятия и Забайкальском крае. Особо можно выделить такие локальные зоны, как высокогорные участки Республики Бурятия (пос. Ильчир), а также о. Ольхон (оз. Байкал). Однако в них технический потенциал возможно использовать только для производства тепла, а экономически оправданный потенциал этого вида НиВИЭ составляет совсем незначительную долю от валового. Для объектов с распределенной энергетикой, удаленных от централизованного электроснабжения, северных поселков Иркутской области, поселков расположенных в районе оз. Байкал, в рекреационных зонах применение ВИЭ на основе энергии солнца является обоснованной и

целесообразной, например, применение солнечных коллекторов для организации сезонного горячего водоснабжения.

В Республике Бурятия действует одна из самых мощных солнечных установок в России - ПО «Найран» с площадью коллекторов 500 м<sup>2</sup> и производительностью 30 тыс. л горячей воды в сутки. Ее энергией обеспечиваются санатории, дома отдыха, больницы, детские сады, промышленные предприятия. [5].

В настоящее время использование солнечного излучения на цели электро-, так и теплоснабжения потребителей является экономически нецелесообразным в силу затрат на фотоэлектрические преобразователи и солнечные коллекторы.



Рисунок 2 - Зонирование территории Прибайкалья по гелиопотенциалу

*Лесные ресурсы* Байкальского региона характеризуются преобладанием хвойных пород. Одно из ведущих мест в РФ занимает Иркутская область, где наблюдается большая плотность лесонасаждений. Эффективным показателем лесистости (более 90 %) характеризуются Жигаловский, Усть-Кутский, Усть-Удинский, Чунский районы Иркутской области. Для нужд альтернативной энергетики в настоящее время технически возможно использовать лишь 11 %, а экономически - только 1 % от валового потенциала лесной биомассы региона.

*Гидроэнергетический потенциал.* В условиях Прибайкалья, где имеется большое количество гидроресурсов можно сделать вывод о высоком приоритете по их использованию над другими ВИЭ. Существует много

предпроектных разработок о размещении микро ГЭС деривационного и руслового типа в районах: Тафаларии, Усть-Кутском, Казачинско-Ленском. В настоящее время строительство таких объектов сдерживается целым рядом причин: в регионе имеется избыток энерго мощностей. инвестиционные ресурсы для строительства новых отсутствуют, технико-экономические показатели небольших гидроэлектростанций существенно ниже существующих [3].

*Биоэнергетика.* При производстве тепловой и электрической энергии в качестве сырья используют биологическое сырье: биологические отходы, водоросли и лигноцеллюлозные соединения [2]. В Прибайкалье посевные площади растений, отходы которых могут быть использованы для производства биотоплива, недостаточно велики, требуются достаточно большие посевные площади. В условиях региона зима затяжная с низкой среднегодовой температурой. Агропромышленный комплекс распределяет биомассы и органические отходы региона локально.

При общей неконкурентоспособности в современных ценовых условиях энергоснабжения с использованием НВИЭ не следует забывать о социальном факторе, который невозможно оценить в денежном эквиваленте. Солнечный нагрев позволяет обеспечить горячее водоснабжение, которое зачастую отсутствует в небольших сельских объектах образования и здравоохранения, не говоря уже о животноводческих стоянках и метеостанциях.

Огромные территории вокруг озера Байкал являются зонами особого природопользования (заповедники, национальные парки, заказники), а также туристско-рекреационными зонами. На этой территории введены жесткие ограничения на загрязнение окружающей среды, вследствие чего есть предпосылки к активному развитию здесь возобновляемой энергетики.

Хорошим решением может явиться совместное использование солнечных и ветровых установок. В некоторых случаях роль выравнивания производства энергии в сочетании с солнечной и ветровой установками может взять на себя установка, работающая на биогазе.

Самой же значимой проблемой является низкая заинтересованность населения и организаций в применении НВИЭ, что связано с отсутствием специальной стратегии развития малой и возобновляемой энергетики в регионах.

Для Прибайкалья наиболее перспективными способами получения энергии можно назвать, ветро- и гелиоустановки, малые и мини-ГЭС, а также ТЭЦ на древесных отходах. Однако в районах, где альтернативная энергия бы пригодилась, добывать её либо невозможно, либо непродуктивно. Возобновляемые ресурсы экономически необходимы в отдалённых районах, куда очень сложно и дорого завозить топливо или тянуть ЛЭП. Технически суммарная мощность НВИЭ в области оценивается в 5 МВт. Однако лишь не более 15% потенциала приходится на

Усть-Кутский и Катангский районы, где альтернативная энергия бы пригодилась.

Использование НиВИЭ в распределенной энергетике Прибайкалья позволит:

1. Снизить потери электроэнергии при транспортировке из-за максимального приближения электрогенераторов к потребителям электричества, вплоть до расположения их в одном здании.

2. Уменьшить число, протяжённость и необходимую пропускную способность магистральных линий электропередачи.

3. Смягчить последствия аварий на центральных электростанциях и главных линиях электропередач за счет наличия собственных источников энергии.

4. Обеспечить взаимное многократное резервирование электрогенерирующих мощностей (частично).

5. Снизить воздействие на окружающую среду за счет применения средств альтернативной энергетике, более полного использования потенциальной энергии ископаемого топлива.

Полный отказ от мощных центральных электростанций и окончательная децентрализация электрогенерации в настоящее время невозможна как по экономическим соображениям, так и в связи со сложностью управления множеством объектов и их технического обслуживания, необходимостью постоянного поддержания баланса генерации и потребления, необходимостью наличия резервных мощностей.

#### Список литературы

1. *Беляев Л.С.* Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы / Л.С. Беляев, А.В. Лагерев, В.В. Посекалин. - Новосибирск: Наука, 2004, 386 с.

2. *Лукутин Б.В.* Возобновляемые источники электроэнергии: учеб. пособие. / Б.В. Лукутин – Томск: ТПУ, 2008. – 187 с.

3. Распределенная генерация «Малая энергетика-2012» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.combienergy.ru/stat983.html>.

4. Материалы Второй Всероссийской конференции «Развитие малой распределенной энергетике в России» Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.e-arbe.ru/distributedenergy/SDE2012/>.

5. Роль развития малой энергетике в России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.energyresource.ru/a6.php>.

6. Возобновляемая энергия в России: от возможности к реальности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.iea.org/russian/pdf/RenewRussian2003.pdf>

#### References

1. Belyaev L.S. ENnergetika XXI veka: Usloviyarazvitiya, tekhnologii, prognozy [Условия развития, технологии, прогнозы ],Novosibirsk: Nauka, 2004, 386 s.

2. Lukutin B.V. Vozobnovlyaemyeistochnikiehketroehnergii: ucheb. posobie. [Возобновляемые источники электроэнергии],Tomsk: TPU, 2008. – 187 s.

3. Raspredelennayageneraciya «Malayaehnergetika-2012» [Распределенная генерация «Малая энергетика-2012»],Rezhimdostupa: <http://www.combienergy.ru/stat983.html>.

4. MaterialyVtorojVserossijskojkonferencii «Razvitie maloj raspredelennoj ehnergetikivRossii» [Материалы Второй Всероссийской конференции «Развитие малой распределенной энергетики в России»],<http://www.e-apbe.ru/distributedenergy/SDE2012/>.

5. Rol' razvitiyamalojehnergetikivRossii [Роль развития малой энергетики в России],<http://www.energyresource.ru/a6.php>.

6. VozobnovlyaemayaehnergiyavRossii: otvozmozhnostikreal'nosti [Возобновляемая энергия в России: от возможности к реальности],  
<http://www.iea.org/russian/pdf/RenewRussian2003.pdf>.

#### **Сведения об авторах**

1. **Константинов Константин Алексеевич** – магистрант 2 -го курса, направление подготовки 13.03.02, энергетический факультет. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, пос. Молодежный, тел: 89501421396, e-mail:[Axwl@inbox.ru](mailto:Axwl@inbox.ru)

2. **Лукина Галина Владимировна** - кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89501104960, , e-mail:  
[Lukinagv@yandex.ru](mailto:Lukinagv@yandex.ru)).

3. **Подъячих Сергей Валерьевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского. (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89021761226, e-mail:[PSV78@yandex.ru](mailto:PSV78@yandex.ru)).

#### **Information about the authors**

1. **Konstantinov, Konstantin A.** – graduate student 1 -year student, training direction 13.03.02, faculty of energy engineering. Irkutsk state agrarian University. A. A. Izhevskogo. (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, phone: 89501421396, e-mail: [Axwl@inbox.ru](mailto:Axwl@inbox.ru).

2. **Lukina Galina V.** - Ph.D. in Technical Science, Department of Power Supply and Electric Technics, Faculty of Power Supply. Irkutsk State Agrarian University named after Ezhevskiy (Molodezhniy settlement, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. . 89501104960, , e-mail: [Lukinagv@yandex.ru](mailto:Lukinagv@yandex.ru)).

3. **Podiyachikh Sergey V.** – Ph.D. in Technical Science, Department of Power Supply and Electric Technics, Faculty of Power Supply. Irkutsk State Agrarian University named after Ezhevskiy (Molodezhniy settlement, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89021761226, e-mail: [PSV78@yandex.ru](mailto:PSV78@yandex.ru)).

**УДК681.51;004.8**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТЕРМОСТАТА В СЕЛЬСКОМ ДОМЕ**

**Лошкарев С.В., Кузнецов Б.Ф.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, г. *Иркутск*,  
*Россия*

Рассмотренное в данной статье устройство не будет требовать значительных затрат и вмешательства в готовую систему отопления, т.к. конструкция крайне проста: на стандартный вентиль системы отопления через суппорт и муфту монтируется сервопривод, управление сервоприводом осуществляется от контроллера

интеллектуального термостата. Для применения разрабатываемого устройства в доме должна функционировать система отопления с жидким теплоносителем и каждый радиатор системы должен иметь вентиль для регулировки потока теплоносителя через него. Использование в качестве термостата стандартного крана системы отопления поможет значительно упростить установку и удешевить конструкцию.

*Ключевые слова:* интеллектуальный термостат, нейронные сети, самообучение, микроконтроллер.

## THE USE OF AN INTELLIGENT THERMOSTAT IN RURAL HOMES

Loshkarev S.V., Kuznetsov B.F.

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

The device considered in this article will not require significant costs and intervention in the finished heating system, since the design is extremely simple: the servo drive is mounted on a standard valve of the heating system through the caliper and coupling, the servo drive is controlled from the controller of an intelligent thermostat. To use the device being developed in the house, the heating system with a liquid heat carrier must function and each radiator of the system must have a valve to adjust the heat carrier flow through it. Using a standard heating system tap as a thermostat will significantly simplify installation and reduce the cost of construction.

*Keywords:* intelligent thermostat, neural networks, self-learning, microcontroller.

### Введение

Обогрев одна из самых затратных статей содержания загородного жилья в климатических условиях Сибири. Применение электрических генераторов тепла считается наиболее удобным способом обогрева, т.к. требует минимум внимания и легко поддается автоматизации. Однако, постоянный рост тарифов на электроэнергию может сделать этот способ обогрева крайне дорогим и неприемлемым для большей части сельских жителей. Одним из перспективных подходов снижения затрат на обогрев жилища является автоматизация управления на основе новых технологий, таких как: интеллектуальное пространство (в частности, умный дом), интернет вещей, машинное обучение. Системы умный дом, уверенно входят в повседневную жизнь. Многие владельцы собственного жилья готовы внедрять технологические новшества в жизнь и заниматься домашней автоматизацией. Особый интерес вызывают интеллектуальный термостат[3].

Рассмотрим применение интеллектуального термостата для решения задачи снижения потребления электроэнергии. Даже небольшая экономия влечет высвобождение значительных ресурсов, которые пойдут туда, где это действительно необходимо.

Зачем греть помещение, в котором никого нет до комфортной температуры, если можно снизить температуру на несколько градусов и значительно сократить расходы, при этом ничего не потеряв. Например, в ночное время отопление всего дома не требуется и термостаты по всему

дому, кроме спальни, можно снизить температуру, что никак не отразится на комфорте человека и при этом затраты снизятся [3].

### **Принцип работы интеллектуального термостата**

Такой термостат является интеллектуальным устройством, оснащенными вычислительными ресурсами и датчиками температуры. Основываясь на показаниях датчиков температуры устройство способно успешно управлять отоплением. Такое управление основывается на заранее определенных правилах. Относительно недавно были предложены другие принципы управления, правила которых определяется при обучении термостата, т.е. термостат является самообучающимся устройством [1, с. 6].

Интеллектуальный термостат должен отслеживать действия владельца по управлению температурой в помещении, определяя его предпочтения относительно микроклимата в комнатах и впоследствии поддерживать требуемые параметры без участия человека.

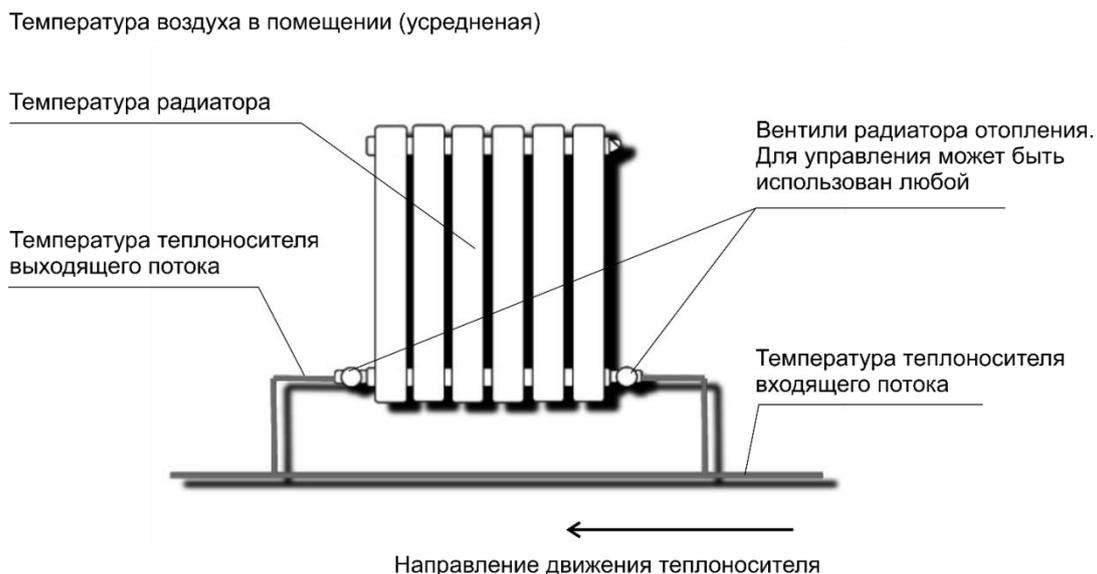
Кроме самообучения такой термостат, как правило, должен иметь возможность включать или выключать отопление удаленно, например, через интернет — так что вы можете использовать свой смартфон, чтобы включить отопление, когда жильцы возвращаетесь или отключиться, когда покидает дом [2, с.5].

Поскольку интеллектуальные термостаты подключены к интернету через Wi-Fi, можно использовать обычный смартфон для управления отоплением, даже не находясь дома или, не покидая своего места.

Чем сложнее инженерные системы, тем выше целесообразность применения интеллектуального термостата. Но установка управляемых клапанов и систем управления на отопление достаточно дорого из-за того, что большинство термостатов предназначено для работы в автономных системах, то есть «напрямую» с отопительными приборами различных типов. Поэтому он может не оправдывает надежд владельца и его затрат.

### **Описание разрабатываемого недорогого интеллектуального термостата**

Предлагаемое в данной работе устройство не будет требовать значительных затрат и вмешательства в готовую систему отопления, т.к. устанавливается на уже существующие вентили в системе отопления. Для применения разрабатываемого устройства в доме должна функционировать система отопления с жидким теплоносителем и каждый радиатор системы должен иметь вентиль для регулировки потока теплоносителя через него (рисунок 1).



**Рисунок 1 - Расположение управляющих вентилях и датчиков температуры в системе отопления**

Управление может монтироваться на стандартный радиаторный вентиль. Конструкция крайне проста: на стандартный вентиль системы отопления через суппорт и муфту монтируется сервопривод, управление сервоприводом осуществляется от контроллера интеллектуального термостата [3, с.18].

В качестве контроллера термостата предполагается использовать популярную систему на кристалле (SoC)ESP8266. Использование ESP8266 позволяет реализовать все возложенные на устройство функции и т.к. имеет достаточно мощные вычислительные ресурсы и достаточное количество портов ввода вывода. Управление через облачные сервисы осуществляется путем подключения устройства по Wi-Fi. Использование открытой платформы Arduino делает его доступным каждому не в ущерб функционалу готового устройства. Система полностью автономна и независима от компьютера, надежна и позволяет гибко перенастроить систему под желания пользователя. При отсутствии связи с термостатом устройство может программироваться вручную. Чаще всего используются режимы независимого программирования по времени суток или по дням недели[3, с.25].

Контроллер ESP8266 анализирует поступающие с датчиков данные и программирует сервомотор или отдает ему команды, чтобы провести коррекцию температуры в помещении [2, с.21]. Принципиальная схема подключения сервопривода приведена на рисунке 2.

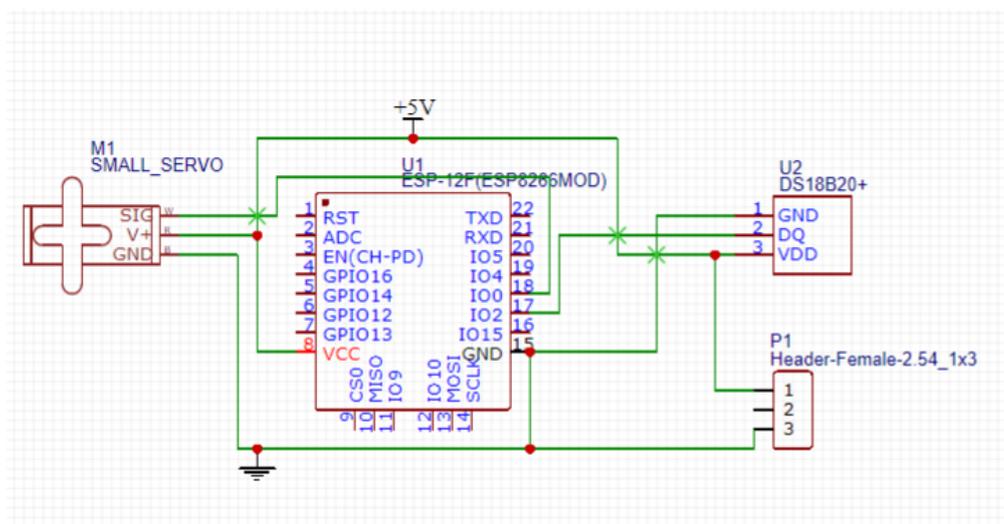


Рисунок 2 - Принципиальная схема подключения ESP8266 к сервоприводу и датчику температуры

Регулятор оснащается встроенным термоэлектрическим генератором (элемент пельтье), что позволяет ему обходиться без внешнего источника питания. Для регулировок используется сервопривод, поворачивающий клапан. При отсутствии связи с термостатом устройство может программироваться вручную. Возможно использование режимов независимого программирования по времени суток или по дням недели.

Использование микроконтроллеров в различных изделиях не только приводит к улучшению всех показателей (стоимость, надежность, потребляемая мощность, габариты), но и позволяет многократно сократить сроки разработки и отодвинуть сроки морального старения изделий, а также придаёт им принципиально новые потребительские качества: расширенные функциональные возможности, модифицируемость, адаптивность и т. д.

Но сам по себе термостат будет малоинтересен без возможности объединения в систему умного дома, имеющую искусственный интеллект. Использование алгоритмов нейросети позволит дать устройству “разум” и возможность обучаться, нейросеть будет изучать пожелания владельца в зависимости от дня недели/времени, и будет самообучаться [3, с. 28].

Связь устройства с интернетом позволяет реализовать удаленное управление с любой точки мира, через приложение на телефоне мы посылаем параметры на облачный сервис, который отправит их нашему интеллектуальному термостату. Так же интеллектуальный термостат связан с домашней сетью для обмена данными и связи с сервером, который будет реализовывать функцию самообучения рассчитывая коэффициенты нейронной сети (рисунок 3).



Рисунок 3 - **Взаимодействие термостата с внешними устройствами**

Использование в качестве термостата стандартного крана системы отопления поможет значительно упростить установку и удешевить конструкцию. Для понимания устройством температуры теплоносителя в радиаторе использован датчик DS18B20 [2, с.11].

### **Преимущества и недостатки интеллектуального термостата**

Установка умного термостата в систему Умного дома дает множество преимуществ для домовладельца, наиболее значимые из них:

- Максимальный комфорт. Система многозонного управления дает возможность настраивать и управлять температурой в каждом из помещений квартиры;

- Интеллектуальное управление. Оборудование изучает привычки владельца и гибко подстраивается под них, регулируя температуру в квартире, исходя из распорядка дня проживающих в ней людей;

- Возможность подключения к новой или модернизируемой системе. Производитель старается выпускать умные термостаты, совместимые с большинством отопительных систем;

- Экономия ресурсов. Грамотно настроенное оборудование позволяет сократить расходы на отопление до 30% за счет исключения излишнего потребления тепла.

К сожалению, последний пункт в домах с централизованным отоплением реализовать не всегда возможно.

Дело в том, что жильцы в многоквартирных домах платят за отопление по так называемым нормативам или по показаниям счетчиков.

Последние могут быть индивидуальными или общедомовыми. В нашем случае, чтобы зарегистрировать факт снижения потребления ресурсов и, соответственно, снизить плату за отопление понадобится установить счетчик тепла в квартире. Это далеко не всегда возможно.

По закону их можно устанавливать только в квартирах с горизонтальной разводкой, когда внутрь заходит один стояк, от которого по кольцу запитываются все радиаторы. Именно на него и монтируется счетчик. Если же в квартиру заходит несколько стояков, а это наиболее распространенный вариант, придется ставить счетчик на каждый из них, что неоправданно дорого и запрещено.

В этом случае общая сумма распределяется между квартирами пропорционально их площади. Таким образом, для того, чтобы получить реальную выгоду от установки умного термостата, придется поставить еще и индивидуальный прибор учета тепловой энергии. Причем не только в своей квартире, но и убедить сделать это весь дом. А сделать это будет непросто, ведь стоимость счетчика достаточно велика.

Кроме того, его установка осуществляется только при наличии разрешения от соответствующей организации. На практике процедура установки счетчика включает получение большого пакета разрешительных документов, среди которых проект подключения, технические условия его осуществления и многое другое. Помимо этого, нужно будет приобрести оборудование и определиться с компанией, которая будет его устанавливать. Все это достаточно хлопотно и затратно [3, с.42].

### **Заключение**

Датчики (терморегуляторы) применяются повсеместно, фактически во всех отопительных системах, встречающихся на современных рынках отопительных приборов. Широкий ассортимент при доступном диапазоне цен помогают этим приборам завоевывать всё больше и больше положительных оценок от потребителей. Особенно учитывая тот факт, что при присутствии термостата общий уровень потребления электроэнергии значительно снижается. Исходя из вышесказанного, можно подытожить, что терморегулятор – это крайне важный инструмент в руках каждого человека, стремящегося к экономии и комфорту.

Умные термостаты стремительно набирают интерес среди большого количества пользователей. С течением времени всё может прийти к тому, что они станут такой же привычной частью жилища, как некогда телевизор или телефон.

### **Список литературы**

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. – Издательский дом Вильямс, 2008.
2. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – Горячая линия–Телеком, 2013.

3. Федоров С. С., Ключева Н. В., Бакаева Н. В. Оптимизация процесса управления системой теплоснабжения зданий //Строительство и реконструкция. – 2015. – №. 5. – С. 90-95.
4. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход. – ИД Вильямс, 2006.
5. Домингос П. Верховный алгоритм: как машинное обучение изменит наш мир. – " Манн, Иванов и Фербер", 2016.
6. Хацко Д. И., Зрюмова А. Г., Афонин В. С. Принципы и технологии построения «Умного дома» //Ползуновский альманах. – 2017. – №. 4. – С. 202-205.

#### References

1. Hajkin S. Nejrornyie seti: polnyj kurs, 2-e izdanie. – Izdatel'skij dom Vil'yams, 2008.
2. Rutkovskaya D., Pili'n'skij M., Rutkovskij L. Nejrornyie seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy. – Goryachaya liniya–Telekom, 2013.
3. Fedorov S. S., Klyueva N. V., Bakaeva N. V. Optimizaciya processa upravleniya sistemoj teplosnabzheniya zdaniy //Stroitel'stvo i rekonstrukciya. – 2015. – №. 5. – S. 90-95.
4. Rassel S., Norvig P. Iskusstvennyj intellekt. Sovremennyj podhod. – ID Vil'yams, 2006.
5. Domingos P. Verhovnyj algoritm: kak mashinnoe obuchenie izmenit nash mir. – " Mann, Ivanov i Ferber", 2016.
6. Hacco D. I., Zryumova A. G., Afonin V. S. Principy i tekhnologii postroeniya «Umnogo doma» //Polzunovskij al'manah. – 2017. – №. 4. – S. 202-205.

#### Сведения об авторах

**Лошкарев Степан Вячеславович** – студент 2 курса направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия, профиль Электрооборудование и электротехнологии в АПК. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный)

**Кузнецов Борис Федорович** – доктор технических наук, профессор кафедры Электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbf@gmail.com](mailto:kuznetsovbf@gmail.com))

#### Information about the authors

**Loshkarev Stepan Vyacheslavovich** - 2nd year student, direction of training 35.03.06 Agroengineering, profile Electrical equipment and electrical technologies in the agricultural sector. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodyozhny)

**Kuznetsov Boris F.** – Sc.D. in Technical Sciences, professor, Department of Electric Systems and Physics. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbf@gmail.com](mailto:kuznetsovbf@gmail.com))

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ ПОЧВЫ

**Мальцев С.Е., Кузнецов Б.Ф.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. *Иркутск, Россия.*

Для повышения эффективности оросительной мелиорации необходимо совершенствовать режим орошения, технику полива, ее механизацию и автоматизацию, создавать новые, более производительные способы орошения. Скорость подачи воды должна соответствовать впитывающей способности конкретной почвы. Полив нужен для того, чтобы: почва была влажной постоянно; равномерно увлажнённой по всей глубине. Разработана электрическая принципиальная схема устройства и дано описание алгоритма работы. Применение автоматизации полива позволяет снизить трудозатраты на приусадебном хозяйстве.

*Ключевые слова:* система автоматизированного полива, ESP8266.

## SYSTEM OF AUTOMATED SOIL IRRIGATION

**Maltsev S.E., Kuznetsov B.F.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Irkutsk, Russia*

To improve the efficiency of irrigation amelioration, it is necessary to improve the irrigation regime, the irrigation technique, its mechanization and automation, to create new, more productive irrigation methods. The rate of water supply must match the absorbency of a particular soil. Watering is needed to: the soil was constantly wet; evenly moistened throughout the depth. An electrical circuit diagram of the device has been developed and a description of the operation algorithm has been given. The use of irrigation automation can reduce labor costs on home gardens.

*Keywords:* automated irrigation system, ESP8266.

### Введение

Орошение является мощным фактором повышения урожайности всех сельскохозяйственных культур. Для повышения эффективности оросительной мелиорации необходимо совершенствовать режим орошения, технику полива, ее механизацию и автоматизацию, создавать новые, более производительные способы орошения.

Орошение является мощным фактором повышения урожайности всех сельскохозяйственных культур. Для повышения эффективности оросительной мелиорации необходимо совершенствовать режим орошения, технику полива, ее механизацию и автоматизацию, создавать новые, более производительные способы орошения. Скорость подачи воды должна соответствовать впитывающей способности конкретной почвы. В связи с этим конструктивно расход капельниц устанавливается равным 1-2 л/ч, под одно растение подается такое количество воды, которое соответствует суммарному испарению за предыдущий период. В силу конструктивных особенностей капельное орошение применимо в условиях неровного рельефа, холмистой и горной местности со значительными уклонами, где неприемлемы другие способы полива.

При проведении полива необходимо учитывать следующие требования:

- почва была влажной постоянно;
- необходимо равномерное увлажнение по всей глубине;
- если влажность почвы будет стабильная, то это положительно влияет на рост и плодородность растений;
- вылитая вода не должна теряться, а должна на сто процентов использоваться растениями;
- полив не должен уплотнять почву и разрушать её структуру;
- вода должна быть тёплой для лучшего усвоения её растениями.

### Задачи работы

Разработать систему полива для автоматизации искусственного орошения почвы на приусадебном участке. Система при поливе не должна уплотнять почву и разрушать её структуру. Применение для подогрева воды солнечной энергии сделает полив более эффективным.

### Функциональная схема и основные компоненты автоматизированной системы полива

План расположения оборудования на участке показан на рисунке 1 а. Основу системы представляет собой накопительный бак, установленный внутри конструкции из прозрачного материала (например, поликарбоната). Такое решение позволяет нагревать воду до температуры необходимой для полива растений.

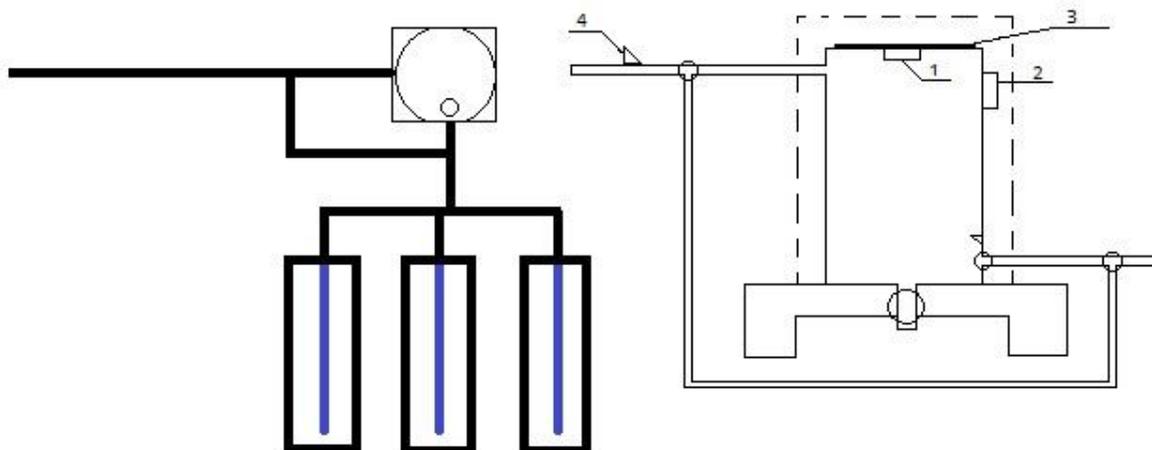


Рисунок 1 –Схема установки для полива: а) расположение оборудования на участке; б) расположение оборудования на накопительном баке: 1 - датчик уровня (НС-SR04 на рисунке); 2 - электрическое табло (Arduino™1637 на рисунке); 3 - солнечная батарея; 4 - датчик температуры

Система следит за уровнем воды в баке и при необходимости производит наполнение бака подключая соответствующий управляемый вентиль. Управление поливом производится по расписанию, составление расписания производится пользователем с применением специального программного обеспечения. Система имеет функцию сброса воды при

температуре воздуха близкой к нулю градусов Цельсия. Это позволит защитить систему от размораживания.

Работы над проектом проводились на кафедре электрооборудования и физики Иркутского ГАУ с января 2018. В настоящее время разработана схема управления поливом с использованием системы на кристалле(SystemonaChip –SoC) ESP8266, которая обладает следующими основными параметрами:

- В основе процессор TensilicaXtensa L106 80 MHz 32-bit;
- Поддержка IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi;
- 14 портов ввода-вывода(из них возможно использовать 11), SPI, I<sup>2</sup>S, UART, 10-bit АЦП;
- Питание 2,2...3,6 В. Потребление до 215 мА в режиме передачи, 100 мА в режиме приема, 70 мА в режиме ожидания. Поддерживаются три режима пониженного потребления, все без сохранения соединения с точкой доступа: Modemsleep (15 мА), Lightsleep (0.4 мА), Deepsleep (15 мкА);

Основным преимуществом ESP8266 является наличие встроенного канала передачи информации(Wi-Fi) и достаточно мощный процессор, ресурсов которого достаточно для решения задач орошения почвы.

Электрическая принципиальная схема разработанного устройства приведена на рисунке 2. Эксплуатация системы полива подразумевает её автономное использование, для реализации этой возможности в систему введены литий ионные аккумуляторы (BAT1 на рисунке 2) емкостью 2000мА/ч и солнечная батарея для зарядки аккумулятора (SC1 на рисунке 2).Выходное напряжение с контролера заряда поступает на DC/DCпреобразователь (P2 на рисунке 2), далее напряжения 3,3 В. Используется для питания всех компонентов системы.

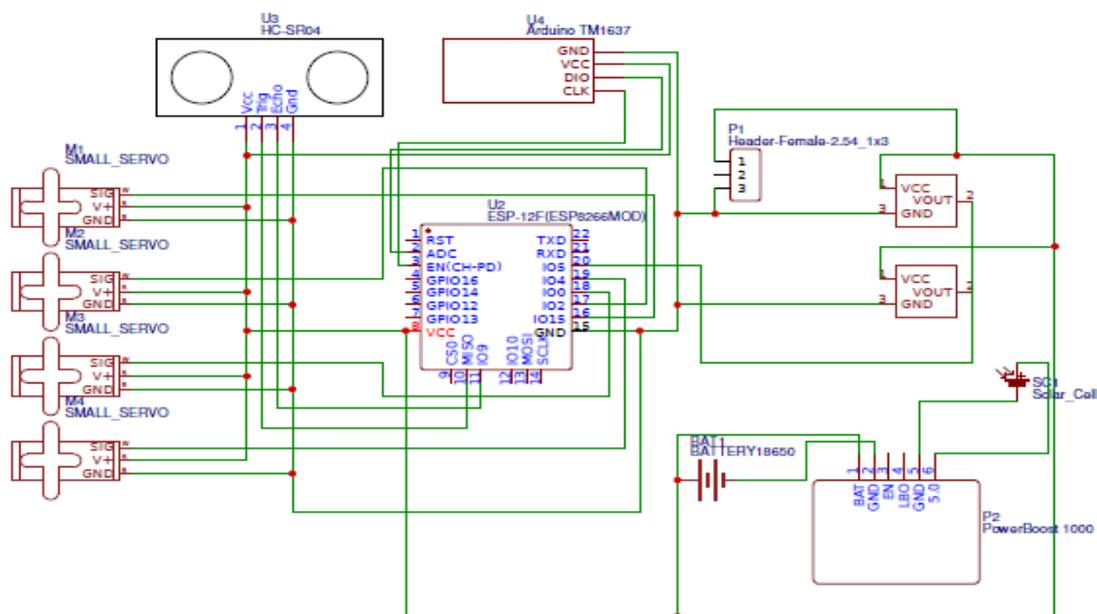


Рисунок 2 –Электрическая принципиальная схема автомата управления поливом

Также в схеме присутствует: серво моторы для подачи воды (M1,M2,M3,M4 на рисунке 2). Датчик уровня (HC-SR04 на рисунке 2) – включен в систему для измерения уровня жидкости в сосуде с помощью ультразвуковых акустических колебаний. По команде, модуль генерирует восемь ультразвуковых импульсов частотой 40кГц, после чего переходит в режим прослушивания, и фиксирует время за которое эти импульсы отразились от объекта и вернулись обратно. Далее, путем вычислений, это время переводится в расстояние до объекта. Электрическое табло (ArduinoTM1637 на рисунке 2) –показывает текущее время и температуру воды, измеряемую датчиками температуры жидкости. Датчик температуры водыDS18B20 – тоже достаточно популярное устройство, а главное он цифровой – значит, выдает готовые значения и работает по протоколу 1-Wire, можно будет использовать библиотеку OneWire. Кроме того, специально для температурных датчиков Dallas DS18B20 есть Arduino-библиотека DallasTemperature.

### **Выводы**

Предложенное в работе устройство позволяет в значительной степени автоматизировать процедуру полива на приусадебном участке, снизив тем самым трудозатраты. Применение системы подогрева воды за счет использования солнечного излучения позволяет повысить эффективность выращивания растений. Кроме того, в системе предусмотрены некоторые дополнительные функции, такие как сброс воды при пониженных температурах воздуха, управление заполнением бака и др.

### **Список литературы**

1.Espressif Systems. ESP8266 Low Power Solutions.Espressif (August 01, 2016) [Электронныйресурс]URL:[https://www.espressif.com/sites/default/files/9b-esp8266-low\\_power\\_solutions\\_en\\_0.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/9b-esp8266-low_power_solutions_en_0.pdf) (Дата обращения 15 февраля 2018).

### **Сведения об авторах**

**Мальцев Сергей Евгеньевич**-студент 2 курса направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия,Иркутский государственный аграрный университет А.А.Ежевского (664038,Россия,Иркутская область,Иркутский район,пос.Молодёжный )

**Кузнецов Борис Фёдорович** –доктор технических наук профессор кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета Иркутский государственный аграрный университет А.А.Ежевского (664038,Россия,Иркутская область,Иркутский район,пос.Молодёжный)тел. 89021723331e-mail:kuznetsovbfg@gmail.com

### **Information about authors**

**Maltsev Sergey**-2nd year student, direction of training 35.03.06 Agroengineering, profile Electrical equipment and electrical technologies in the agricultural sector. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodyozhny)

**Kuznetsov Boris F.** – Sc.D. in Technical Sciences, professor, Department of Electric Systems and Physics. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbfg@gmail.com](mailto:kuznetsovbfg@gmail.com)

УДК 631.563.2

УДК 664.723

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА СУШКИ ЗЕРНА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Непомнящий Е.П., Сукьясов С. В.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск,  
Россия

В данной статье ставится задача рассмотреть несколько распространенных режимов сушки зерна и выбрать оптимальный режим, подходящий к климатическим условиям Иркутской области. Природные условия этого региона отличаются низкой суммой выпадения осадков, большая их часть приходится на период сбора урожая. Это отражается на повышенной влажности зерна. Резкие перепады суточных и сезонных температур, отрицательно сказываются на его хранении. Сушка зерна играет исключительно важную роль послеуборочной обработке. А так как в настоящий момент сушка является ещё и самым ресурсозатратным послеуборочным процессом, данная задача актуальна.

*Ключевые слова: зерно, сушка, температура, влажность, перемещение.*

## **SELECTION OF THE OPTIMAL MODE OF DRYING GRAIN FOR STORAGE IN THE IRKUTSK REGION**

**Nepomniashchii E.P., Sukyasov S. V.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

This article aims to consider several common modes of grain drying and choose the optimal mode suitable to the climatic conditions of the Irkutsk region. The natural conditions of this region are characterized by a low amount of precipitation, most of them are during the harvest. This is reflected in the high humidity of the grain. Sharp changes in daily and seasonal temperatures adversely affect its storage. Grain drying plays an extremely important role in post-harvest processing. And since at the moment drying is also the most resource-intensive post-harvest process, this task is relevant.

*Key words: grain, drying, temperature, humidity, moving.*

Аграрный сектор АПК Сибири занимает значительное место в экономике страны. В Сибири производится 15-18% всей валовой продукции растениеводства России, посевная площадь при этом превышает 20% всей занимаемой площади.

Природно-климатические и производственные условия Сибири существенно отличаются от условий других регионов. Это обусловлено низкой многолетней суммой выпадения осадков не превышающей 300-350 мм. Климат Иркутской области резко-континентальный, с продолжительными холодными зимами (180-200 дней) и резким колебанием суточных и сезонных температур. Средние температуры холодного периода года варьируют от минус 5 °С до минус 40 °С, а теплого от 10 °С до 35 °С. Амплитуда температур в течение года составляет 70-80 °С.

Суровый климат отрицательно сказывается на технологических свойствах зерна. Формирование и созревание зерна происходит при пониженных температурах. Оно подвергается грибковым заболеваниям, а при наступлении ранних заморозком – морозобою[9].

Экстремальность природно-климатических условий предъявляет дополнительные требования к инженерно-технологическому обеспечению работ по уборке, обработке и хранению зерна. Средняя влажность убираемого зерна составляет  $W=20-25\%$  и все убираемое зерно необходимо сушить.

Целью данной работы является анализ существующих методов сушки зерна и выбор наиболее эффективного режима.

Зерносушат до состояния кондиционной влажности, при которой можно хранить длительное время без порчи и потерь. В отличие от сушки других влажных материалов, сушка зерна характеризуется важной особенностью: зерно живой организм, и в процессе сушки необходимо сохранить его жизнедеятельность [1].

При проведении исследования в сравнимых условиях оценки эффективности того или иного режима целесообразно и оправданно использовать следующие показатели:

- время сушки зерна;
- температура и равномерность сушки;
- количество удаленной влаги;
- расход топлива и электроэнергии.

Чтобы правильно выбрать способ и определить нужный режим сушки, необходимо знать структуру, химический состав, технологические свойства и способ хранения этого зерна[3].

Важную роль играет предыстория зерна, то есть его текущая влажность. Различают четыре состояния зерна по влажности – сухое, средней сухости, влажное и сырое. Их интервалы указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Состояние влажности зерна

Культура	Влажность зерна, %					
	Сухое	Средней сухости		Влажное		Сырое
	До	Свыше	До	Свыше	До	Свыше
Пшеница, рожь, ячмень, гречиха	14,0	14,0	15,5	15,5	17,0	17,0

Все способы сушки зерна основаны на двух основных принципах: удаление влаги из материала без изменения её агрегатного состояния, т.е. в виде жидкости; удаление влаги с изменением агрегатного состояния т.е. путем превращения в пар.

Первый принцип осуществляется механическим или сорбционным способом.

Механический способ сушки зерна применяется при наличии свободной влаги путем отжатия, центрифугирования[6].

Затраты энергии на такую сушку сравнительно невелики, но и влажность зерна может быть снижена всего на 1...2 %. А так как для данного региона мы рассматриваем сушку зерна повышенной влажности, этот способ нам не подходит.

Сорбционный способ, или по-другому химическая сушка. В качестве влагопоглотителя используют сульфат натрия, силикагель или хлорид кальция[9]. Такую сушку зерна проводят на площадках под навесами, равномерно смешивая зерно с порошкообразным препаратом. При большой влажности зерна проводят трех-четырёхкратное перемешивание в течение суток.

Продолжительность сушки зависит от исходной влажности семян и относительной влажности наружного воздуха. Так как в период послеуборочной обработки зерна в данном регионе, наблюдается повышенная влажность, использование данного способа становится практически невозможным.

А так же использования ручного труда при перемешивании в течение 5...10 суток тоже является существенным недостатком[6].

Второй принцип сушки зерна связан с затратами теплоты на превращение влаги из жидкого состояние в газообразное. В зависимости от того как, как передается теплота к зерну, различают следующие способы тепловой сушки: конвективный, кондуктивный (контактный), радиационный, электрический (токами высокой частоты) и молекулярный (сублимационный).

При конвективном способе передачи тепла зерну, тепло передается от движущего газообразного теплоносителя – агента сушки. Это может быть нагретый воздух или его смесь с газообразными продуктами сгорания топлива. Он не только передает теплоту материалу, но ещё поглощает и уносит испаренную из него влагу [6].

Этот способ сушки зерна можно применять при различном состоянии зернового слоя.

В плотном неподвижном слое сушка осуществляется различного типа напольными, ромбическими и треугольными сушилками. Их строят в хозяйствах по типовым или индивидуальным проектам [4].

Процесс сушки происходит следующим образом:

В напольной зерносушилке зерно высыпается на сетчатый пол и вручную разравнивают на поверхности;

В ромбических и треугольных транспортёр заполняет пространство между сетками на сушилках. Теплоноситель подаётся под сетчатый пол на напольны, а в треугольных и ромбических сушилках на межсеточное пространство. От влажности зерна зависит весь процесс сушки, и длится он в течение 20...36 ч, а то и больше. Поточный метод при этом способе осуществить невозможно.

Так же недостатками этого способа будет то что:Сушка зерна в напольных сушилках требуют большого ручного труда. При распределение зерна по высоте и по площади сушильной камеры рабочим приходится ходить по насыпи ровняя зерно. Таким образом, местами возникает уплотнения слоя и сопротивление проходу воздуха. Часто при погрузке и разгрузке часть зерна травмируется колесами автомобиля-погрузчика. Сушке на ромбических и треугольных зерносушилках создает большую неравномерность влажности по толщине слоя[4].

В пересыпающем подвижном слое сушка зерна осуществляется зерносушилками барабанного типа. Внутри камеры пустого барабана размещены лопасти и полочки, которые поднимают зерно и распределяют его по всему сечению. Лопасти при вращении поднимают зерно, затем оно падает вниз, и пересыпается с полочки, на полочку пронизываясь агентом сушки.

Зерно в барабанной зерносушилке сушат независимо от его влажности и засоренности; зерно хорошо перемешивается и продувается, при этом оно равномерно нагревается и просушивается. Сушка происходит при температуре агента сушки 150 – 200 °С. Длительность сушки 20 – 40 минут. Съём влаги до 6% [10].

Сушка проходит смесью топочных газов с воздухом (подогрев воздуха в теплообменнике до температуры 200°С приводит к большим энергозатратам). Так же зерно влажностью более 21 % невозможно сушить в потоке (необходим неоднократный пропуск зерна через зерносушилку). Невозможно сушить семенное зерно, жесткий режим сушки отрицательно влияет на качество всхожести зерна (применение мягких режимов сушки приводит к уменьшению производительности) [7].

Кондуктивным, или контактным, называют способ суки зерна, при котором зерно соприкасается с нагретой поверхностью и получает теплоту непосредственно от неё путем теплопроводности. Этим способом можно сушить при нормальном атмосферном давлении или в вакууме.

Сушка зернового слоя, насыпанного непосредственно на горячую поверхность, малоэффективна и требует большого расхода тепла. При таком способе нижний слой зерна, соприкасающийся с горячей поверхностью, быстро нагревается, в это же время поверхностный слой почти не нагревается и не просушивается [5].

В вакуум-сушилках тепло передаётся зерну от стенок паровых труб, а испаряемая влага непрерывно откачивается вакуум-насосом и поступает в конденсатор. Чем больше вакуум в зерносушилке, тем интенсивнее испаряется влага из зерна и тем ниже температура его нагрева.

Значительный расход электроэнергии на работу вакуум – насосов, потребность в установке парового котла и охладителя, а также сложность устройства для обеспечения герметичности поступления зерна в вакуум-сушилку и при выпуске из неё является причиной того, что эти зерносушилки не нашли широкого применения [2].

При радиационном способе сушки теплота к зерну подводится в виде лучистой энергии. Её можно разделить на два вида: естественная (солнечными лучами); искусственная (инфракрасными лучами).

Воздушно-солнечная сушка не потеряла своего значения и сейчас. Этот способ применяют в отдельных случаях для сушки небольших партий семенного зерна, при использовании ручного труда.

Во время естественной сушки зерно рассыпают на открытой площадке где оно нагревается от солнечных лучей, а испарившаяся влага поступает в атмосферу. Скорость солнечной сушки увеличивается при тонком зерновом слое и при наличии ветра над слоем. Достоинством этого метода является то, что солнечная энергия способствует дозреванию зерна и делает его более устойчивым при хранении, так как солнечные лучи уничтожают микроорганизмы [6].

Радиационную передачу тепла зерну можно осуществить при помощи инфракрасных (тепловых) лучей от инфракрасных излучателей. Ламповые генераторы инфракрасного излучения просты и безопасны в работе, но имеют низкий к.п.д. и потребляют около 5 кВт в час на 1 кг испарённой влаги. Так же при облучении слой необходимо непрерывно перемешивать, а испаряемую влагу удалять в атмосферу. После просушенное зерно направлять в охладитель, что усложняет устройство и обслуживание сушилок [3].

Токами высокой частоты влага из зерна испаряется за счет теплоты возникшей в результате трения частиц в поле высокой частоты. При этом материал нагревается в течение нескольких секунд равномерно по всей толщине. Температура зерна в поле ТВЧ быстро повышается (в течение нескольких секунд).

Влияние сушки ТВЧ на семенные и продовольственные качества зерна трактуются разными авторами неоднозначно. Этот способ требует большого расхода электроэнергии (до 7 кВт в час на 1 кг испарённой влаги). Что делает этот способ неподходящим.

В основу сушки зерна заложены явления передачи теплоты от сушильного агента к зерну, испарения влаги с поверхности зерна в окружающую среду. Перемещения влаги из внутренних слоев зерна с большим влагосодержанием к поверхности зерна с меньшим влагосодержанием. Перемещение влаги из слоев с большей температурой к слоям с меньшей влагой. При этом происходит изменение физических, биохимических и других свойств зерна.

Перемещение влаги в зерне зависит от величины перепада влагосодержания и коэффициента диффузии. Внутри зерна перемещение зависит также от разности температур на его поверхности и в центре, причем влага перемещается из мест с большей температурой в места с меньшей. Коэффициент диффузии увеличивается с повышением температуры.

С физической стороны процесс сушки зерна происходит интенсивно при значительном изменении температур. Но следует помнить, что тепловое

воздействие на зерно при определенных условиях оказывает отрицательное влияние на его технологические свойства вследствие денатурации белков. Высокая температура нагрева влечет за собой снижение хлебопекарных качеств, а при сильной нагреве – их полную потерю. Чем выше влажность зерна, тем чувствительней оно к тепловой денатурации. Присушки семенного зерна ограничения температурного воздействия еще более жесткие, поскольку необходимо сохранить биологический потенциал этих семян [6].

Существуют определенная зависимость между основными параметрами процесса сушки (влажностью зерна, температуры нагрева, экспозиции сушки), определяющая его течение без нарушения качества зерна. Сохраняя его оптимальные свойства, а так же обеспечивая идеальные условия для его хранения, даже в таких экстремальных условиях, как в Иркутской области.

Сушка зерна в малоподвижном гравитационном плотном слое лучше всего подходит для данного региона, и будет соответствовать необходимым условиям. К ним относятся шахтные сушилки, имеющие подводящие и отводящие короба, расположенные в шахматном порядке. В этих сушилках зерно движется сверху вниз, проходя большое число чередующихся подводящих и отводящих коробов. При этом могут быть применены прямоточная, противоточная или перекрестная схема продувки потока зерна сушильным агентом. После сушки в сушильной части шахты зерно охлаждается в охлаждающей части, её конструкция не отличается от сушильной. Здесь зерно продувается атмосферным воздухом, при прохождении через слой зерна возрастает его температура и вследствие влагоемкость. Что приводит к дополнительному испарению влаги из зерна. Сушильный агент выполняет функции теплоносителя и влага поглотителя. Интенсивность сушки зерна зависит от температуры, относительной влажности, расхода и скорости сушильного агента.

Для повышения к.п.д. теплогенераторов рекомендуется применение сушки чистым нагретым воздухом. При этом лучше сохраняется качество зерна и уменьшается пожарная опасность. Также получение сушильного агента в виде нагретого воздуха позволяет сжигать в тепло генераторах такое низкосортное топливо как - мазут, уголь, торф и др.

Наиболее экономическую эффективность можно получить при переводе шахтных сушилок на рециркуляционный способ сушки зерна, что позволяет обеспечить значительно большее удаление влаги, снизить неравномерность сушки и расход топлива. Также одновременно с сухим зерном получить просушенные отходы.

#### Список литературы

1. *Атаназевич В. И.* Сушка зерна / *В. И. Атаназевич*; – М.: ДеЛипринт, 2007. – 480 с.
2. *Баум А. Е.* Сушка зерна / *А.Е. Баум, В.А. Резчиков* – М.: Колос, 1983. – 223 с.

3. *Вобликов Е. М.* Послеуборочная обработка и хранение зерна / *Е. М. Вобликов, В. А. Буханцов, Б. К. Маратов, А. С. Прокопец*; Ростов н/Д: МарТ, 2001. – 240 с.
4. *Захарченко И. В.* Послеуборочная обработка семян в Нечерноземной зоне / *И. В. Захарченко*; – М.: Россельхозиздат, 1983. – 263 с
5. *Карпов Б.А.* Технология послеуборочной обработки и хранения зерна / *Б.А. Карпов*; – М.: Агропромиздат, 1987. – 285 с.
6. *Манжесов В.И.* Технология хранения растениеводческой продукции / *В.И. Манжесов, И.А. Попов, Д.С. Щедрин* – М.: КолосС, 2005 – 392 с.
7. *Машины и оборудование для послеуборочной обработки зерна: кат.* – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2003. – 204 с.
8. *Уборка и послеуборочная обработка зерновых культур в экстремальных условиях Сибири.* – М.: ФГНУ Росинформагротех, 2011. – 176 с
9. *Разумовский А. Г.* Качество зерновых культур и пути его повышения в Восточной Сибири / *А.Г. Разумовский, Л.В. Плеханова*; Под ред. *Н. А. Сурина*; Краснояр. НИИСХ. – Новосибирск, 2005. – 176 с.
10. *Самочетов В.Ф.* Техническая база хлебоприемных предприятий / *В.Ф. Самочетов, Г. А. Джорогян, Е.И. Никулин*– М.: Колос 1978 – 272с.

### References

1. Afanasevich V. I. (2007). Sushkazerna [Drying of grain]. Deli print [in Russian].
2. Baum A. E. & Carvers V. A. (1983). Sushkazerna [Grain Drying] M.: Kolos [in Russian]
3. Voblikov E. M., Bukhantsev V. A., Marat B. K., & Prokopets A. S. (2001). Posleuborochnaia obrabotka i khranenie zerna [Post-harvest processing and storage of grain] Rostov n/D: March [in Russian]
4. Zakharchenko I. V. (1983) Tekhnologii aposleuborochnoi obrabotki i khraneniia zerna [post-Harvest treatment of seeds in the non-Chernozem zone]. M: Rosselkhoz nadzor [in Russian]
5. Karpov B. A. (1987) Tekhnologii aposleuborochnoi obrabotki i khraneniia zerna [The technology of post-harvest processing and storage of grain]. M.: Agropromizdat [in Russian]
6. Manzhesov V. I. (2005) Tekhnologii akhraneniia rastenevodcheskoii produktsii [The technology of storage of crop production]. M.: Kolos [in Russian]
7. Mashiny i oborudovanie dlia aposleuborochnoi obrabotki zerna [Machinery and equipment for post-harvest grain processing]. (2003) M.: FGNU Rosinformagrotech [in Russian]
8. Uborka i aposleuborochnaia obrabotka zernovykh kultur v ekstremaalnykh usloviakh Sibiri [Harvesting and post-harvest processing of grain crops in extreme conditions of Siberia]. (2011). – М.: ФГНУ Росинформагротех [in Russian]
9. Razumovsky A. G., & Plekhanov L. V., (2005). Kashestvo zernovykh pitii i khpovysheniia v Vostochnoi Sibiri [Quality of grain crops and ways of its increase in Eastern Siberia] N. A. Surin (Ed); Krasnoyar. NIISKH [in Russian].
10. Smochetov V. F. (1978) Tekhnicheskaia bazakhleboprimnykh predpriiztii [Technical base of grain-receiving enterprises]. M.: Kolos [in Russian]

### Сведения об авторах

**Непомнящий Евгений Петрович** – студент второго курса магистратуры, энергетического факультета, специальности 35.04.06 Агроинженерия (Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве), (664003, Россия, Иркутская область, Иркутск, ул. Киевская 9 «А»), 303. тел. 89025605469 e-mail [zeka.john2018@yandex.ru](mailto:zeka.john2018@yandex.ru).

**Сукьясов Сергей Владимирович** – к.т.н., доцент кафедры электрооборудования и физики – энергетический факультет, Иркутский государственный аграрный университет им. А. А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(3952)237360, e-mail: sukyasov@mail.ru).

#### **Information about the authors**

**Nepomniachtchi Evgeny Petrovich** – student of second year master student, energiticheskogo faculty, specialty 35.04.06 agro engineering (Electrotechnology and electric equipment in agriculture), (664003, Russia, Irkutsk region, Irkutsk, Kievskayastr 9 "A", 303. tel 89025605469 email zeka.john2018@yandex.ru).

**Sukyasov Sergey Vladimirovich** - PhD in Technological Sciences, the associate professor of electric equipment and physics – power faculty, the Irkutsk state agricultural university him. A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, settlement. Youth, ph. 8 (3952)237360, e-mail: sukyasov@mail.ru).

УДК 621.31; 551.521.6

## **ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА РАБОТУ РАЗЛИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

**Палагута В. И., Клибанова Ю. Ю.**

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск,  
Россия*

На сегодняшний день космическая погода стала актуальной для всего современного высокотехнологического общества, так как она оказывает влияние на многие системы на Земле и в околоземном космическом пространстве. В данной работе рассматривается влияние геомагнитной активности на различные энергетические системы: электростанции, линии электропередачи, трансформаторные подстанции и т.д. Проведен обзор работ, посвященный последствиям от влияния изменения космической погоды на работу энергосистем.

*Ключевые слова:* космическая погода, супербури, энергетические системы.

## **EFFECT OF SPACE WEATHER ON THE WORK OF VARIOUS ENERGY SYSTEMS**

**Palaguta V. I., Klibanova Yu. Yu.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

Today, space weather has become relevant for the entire modern high-tech society, as it has an impact on many systems on Earth and in near-Earth space. This paper examines the influence of geomagnetic activity on various energy systems: power plants, power lines, transformer substations, etc. A review of works on the effects of changes in space weather on the operation of power systems was conducted.

*Keywords:* space weather, superstorm, energy systems.

### **Введение**

К зависимости жизни от метеорологических погодных условий на планете Земля человечество привыкло много тысяч лет назад. Грозы и ураганы, засухи и наводнения, внезапные заморозки и длительные оттепели,

туманы и град – далеко не полный перечень погодных явлений, оказывающих самое непосредственное влияние на жизнь человека и на жизнь всех живых организмов нашей планеты. Все это давно известно и люди во многом научились справляться с подобными проблемами, чтобы уменьшить ущерб от неприятностей. Однако бурный технический прогресс выявил еще одну угрозу для современных систем – это воздействие различных явлений «космической погоды». Именно эта, сравнительно молодая область знаний играет все большую роль в жизни всего человечества. В настоящее время термин космическая погода обычно включает в себя изменение условий на Солнце, в солнечном ветре, магнитосфере и ионосфере [1]. Изменения в состоянии околоземного космического пространства могут повлиять на работу и надежность бортовых и наземных технологических систем. Ионосферные, магнитные и гелиогеофизические наблюдения обеспечивают анализа параметров и составление прогнозов космической погоды.

### **Формирование геомагнитной активности**

Геомагнитная активность характеризует степень возмущенности геомагнитного поля за определенный промежуток времени при взаимодействии солнечного ветра (потока плазмы, испускаемого Солнцем) с магнитосферой Земли. Магнитосфера это магнитный щит, который препятствует проникновению заряженных частиц солнечного ветра на поверхность Земли. Возмущение магнитного поля Земли наблюдается в разных диапазонах периодов: медленные длиннопериодные вариации бури и суббури с длительностью соответственно сутки и часы, а также короткопериодные колебания или геомагнитные пульсации с периодами от долей сек до 10 мин. Геомагнитные бури и суббури являются одним из наиболее важных видов геомагнитной активности [1, 2]. Интенсивность таких вариаций описывается геомагнитными индексами:  $Dst$  и  $Kp$ .  $Kp$  - индекс характеризует возмущенность геомагнитного поля в 3-х часовом интервале и выражается в баллах от 0 до 9. Спокойное ( $Kp \leq 2$ ), слабо возмущенное ( $Kp = 2; 3$ ), возмущенное ( $Kp = 4$ ), магнитная буря ( $Kp = 5; 6$ ), сильная магнитная буря ( $Kp \geq 7$ ). Во время больших магнитных бурь происходит резкое понижение горизонтальной  $H$  компоненты магнитного поля на поверхности Земли. Оно создается магнитосферными и ионосферными источникам геомагнитного поля, а также токами, протекающими в земной коре и препятствующими проникновению внешнего поля внутрь Земли.

### **Влияние геомагнитной активности на энергетические системы**

Сильные геомагнитные бури (супербури), способны вызвать серьезные нарушения работы энергосистемы и привести к энергетической катастрофе. Потоки протонов и электронов солнечной плазмы приводят к изменению магнитного поля Земли и к возникновению наведенных токов в линиях электропередач, которые замыкаются через заземленные нейтрали силовых трансформаторов [3]. Самая сильнейшая за всю историю наблюдений

геомагнитная буря была зафиксирована Р. Кэррингтоном и Р. Ходжсоном 1 сентября 1859 г. Так называемое «Событием Кэррингтона» [4]. Во время этого события наблюдались электрические токи в телеграфных проводах, индуцированные геомагнитными возмущениями, а также полярные сияния на всех широтах. Во время одной из магнитосферных бурь в марте 1989 на атомном заводе в Нью – Джерси на Северо-Востоке США вышел из строя мощный силовой трансформатор (рис.1) [3]. Такая крупномасштабная энергокатастрофа была результатом того, что энергосистема не была защищена от воздействия геомагнитных бурь, являющихся по природе явлением электромагнитным.



**Рисунок 1 – Сгоревший силовой трансформатор компании PublicServiceElectricandGasCompany в Нью Джерси во время супербури в марте 1989 г.**

Причиной разрушения энергосистемы были геомагнитно-индуцированные токи, которые возникают во время магнитных бурь. В это же время в провинции Квебек, включая столицу Канады Оттаву, произошло отключение электроэнергии на и всей энергосистемы в целом на 9 часов. Ущерб по разным оценкам составил от 1 до 2 млрд. долларов. Во время бури 24 марта 1990 г. было временно нарушено электроснабжение в некоторых регионах штатов Новой Англии, Нью-Йорка, Пенсильвании, Миннесоты, Квебека и Онтарио. В Миннеаполисе выведено из строя 80% всех магистральных телефонных сетей. 29 апреля 1994 г. вскоре после начала сильной геомагнитной бури на АЭС Maine Yankee полностью был выведен из строя мощный трансформатор сверхвысокого напряжения. Во время сильных геомагнитных бурь также наблюдались перебои в энергетических системах: в 2000 году в Швеции, в 2005 и 2012 годах в северной части Финляндии, в августе 2003 года в северной части США и пограничной части Канады. После Квебекской катастрофы в США подробно анализируется воздействие геомагнитных возмущений на работу энергетических систем. В результате составлена карта территории страны, на которой показана

степень риска для каждого региона, то есть вероятность того, что геомагнитное возмущение будет критическим и создаст угрозу перегорания трансформаторов. В США более 365 подстанций находятся в области риска перегорания во время сильных магнитных бурь.

В России отсутствует контроль воздействия геомагнитных возмущений на объекты энергосистем. Сегодня нет доступной для исследований базы данных о сбоях и авариях на энергетических объектах страны, отсутствует систематический их контроль. Кроме того экономически выгоднее восстановить энергосистему, чем создать систему защиты объектов энергосистемы от воздействий сильных геомагнитных возмущений. Однако известны случаи в Архангельской области, когда на Северной железной дороге регулярно случаются сбои в работе электроники железнодорожного транспорта, приводящие к нештатной работе светофоров, что обусловлено геомагнитной активностью и возникновением в линиях электропередач и рельсах геомагнитно-индуцированных токов [5].

Сильные геомагнитные возмущения могут охватывать значительную часть территории Российской Федерации. Наиболее опасными являются северные регионы Российской Федерации, включающие такие крупные города, как Санкт-Петербург, Мурманск, Архангельск и др., а также прилегающие территории - районы Сибири и средней полосы России. К наиболее уязвимым звеньям энергетических систем регионов Российской Федерации, подверженным реальной опасности при воздействии сильных геомагнитных бурь, относятся протяженные линии электропередачи, атомные станции и их инфраструктура, газо- и нефтепроводы, электроника железнодорожного транспорта, другие энергоемкие объекты.

Авроральная зона — это полоса широт, на которых регистрируются самые мощные магнитные возмущения и самые яркие полярные сияния («аврора» по-английски и означает полярное сияние). В системе магнитных координат область широт с максимальной активностью полярных магнитных бурь представляет собой окружность на широте 65-70°, в центре которой находится магнитный полюс. Так как магнитный полюс смещен от географического в сторону Канады, авроральная зона в географической системе координат будет также смещена в сторону Северной Америки. Во время сильных бурь, северный магнитный пояс Земли может менять свое положение и смещаться на средние широты. И измерения положения северного магнитного полюса Земли показывают, что полюс смещается от берегов Северной Канады в сторону полуострова Таймыр по направлению к Сибири. Вместе с ним смещается и зона интенсивности геомагнитно-индуцированных токов. С 1973 по 1984 год полюс сместился на 120 км, с 1984 по 1994 г. — более чем на 150 км. Скорость дрейфа нарастала с 10 км/год в 1970-х годах до 50 км/год в 2007 г. В настоящее время скорость движения полюса составляет 55 км/год. Если авроральная зона сместится в область повышенной индустриальной активности, то смещение магнитного полюса в сторону Сибири принесет высокий уровень магнитной активности,

что может привести к техногенным последствиям в средних широтах России.

### **Заключение и выводы**

В данной работе обсуждались причины сбоя работы различных энергетических систем, вызванные изменениями геомагнитного поля Земли вследствие влияния космической погоды. На примере нескольких супербурь показано влияние геомагнитной активности на работу энергосистем. Из анализа нескольких работ показано, что одной из причин разрушения данных систем являются геомагнитно-индуцированные токи, возникающие во время магнитных бурь. Таким образом, факторы солнечной и геомагнитной активности представляют реальную опасность для энергетических объектов. Поэтому они должны учитываться наряду с другими опасными факторами при эксплуатации действующих и проектировании будущих энергосистем. Необходимо наблюдать, анализировать и прогнозировать влияние космической погоды на энергетические системы для принятия необходимых мер по предотвращению негативных воздействий на их работу.

### **Список литературы**

1. Владимирский Б. М., Темурьянц Н. А., Мартынюк В. С. Космическая погода и наша жизнь. – Фрязино: «Век 2», 2004. – 224 с.
2. Mishin V. V., Klibanova Yu. Yu., Tsegmed B. Solar wind inhomogeneity front inclination effect on properties of front-caused long-period geomagnetic pulsations / Cosmic research. – 2013. – Vol.51, №2. – P. 96-107.
3. Гуревич В. И. Проблема геомагнитно-индуцированных токов в энергосистемах и её решение / Энергетика и электрооборудование. 2015. № 3. С. 20 – 23 и № 4. С. 30 - 32.
4. Clauer C.R., Siscoe G. The Great Historical Geomagnetic Storm of 1859: A Modern Look // Adv. Space Res. 2006. V. 38(2). P. 115–388.
5. Кузнецов В.Д., Махутов Н.А. Необходимость защиты объектов энергоинфраструктуры от магнитных бурь / Астрокосмический курьер. 2011. Т. 1(73). С. 66–67.

### **References**

1. Vladimirsky B. M., Temuryants N. A., Martynyuk V. S., Space weather and our life. – Fryazino: «Vek 2», 2004. - 224 P.
2. Mishin V. V., Klibanova Yu. Yu., Tsegmed B. Solar wind inhomogeneity front inclination effect on properties of front-caused long-period geomagnetic pulsations / Cosmic research. – 2013. – Vol.51, №2. – P. 96-107
3. Gurevich V.I. The problem of geomagnetic-induced currents in power systems and its solution / Energy and electrical equipment. 2015. № 3. P. 20 - 23 and № 4. P. 30 - 32.
4. Clauer C.R., Siscoe G. The Great Historical Geomagnetic Storm of 1859: A Modern Look // Adv. Space Res. 2006. V. 38(2). P. 115–388.
5. Kuznetsov V.D., Makhutov N.A. The need to protect energy infrastructure facilities from magnetic storms / Astrocosmic courier. 2011. T. 1 (73). С. 66–67.

### **Сведения об авторах**

**Палагута Валентина Игоревна** - студентка 3 курса направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль Энергообеспечение предприятий. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского(664038,

Россия, Иркутская обл., Иркутский р-он, пос. Молодежный, e-mail: [palaguta.valyaaaa@yandex.ru](mailto:palaguta.valyaaaa@yandex.ru))

**Клибанова Юлия Юрьевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, e-mail: [malozemova81@mail.ru](mailto:malozemova81@mail.ru))

#### **Information about the authors**

**Palaguta Valentina Igorevna** -3rd year student training course 13.03.01 Heat power and heat engineering profile energy Supply companies. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, e-mail: [palaguta.valyaaaa@yandex.ru](mailto:palaguta.valyaaaa@yandex.ru))

**Klibanova Yulia Yu.** - candidate of Physico-Mathematical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Electrical Systems and Physics. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, e-mail: [malozemova81@mail.ru](mailto:malozemova81@mail.ru))

УДК621.38; 632.111.51; 632.111.52

### **УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ЗАМОРОЗКОВ**

**Перфильев В. А., Кузнецов Б. Ф., Клибанова Ю. Ю.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

В данной работе исследуются особенности применения агрономической погодной станции для прогнозирования возникновения радиационных заморозков на территории Иркутской области. Показаны основные физические процессы в окружающей среде, определяющие наступление радиационных заморозков. Рассмотрена структура модели теплового баланса системы Земля – Атмосфера, а также процессы радиационной передачи энергии. Рассматривается возможность измерения радиационного баланса с помощью датчика инфракрасного излучения MLX90614.

*Ключевые слова:* радиационные заморозки, эффективное излучение, агрономическая погодная станция

### **MEASURING DEVICE THE RADIATION BALANCE FOR PREDICTING THE OCCURRENCE OF RADIATION FROSTS**

**Perfiliev V.A., Kuznetsov B.F., Klibanova Yu.Yu.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

In this paper we study the features of the application of agronomic weather station to predict the occurrence of radiation frosts in the Irkutsk region. The basic physical processes in the environment that determine the onset of radiation frosts are shown. The structure of the model of the thermal balance of the Earth – Atmosphere system, as well as the processes of radiation energy transfer are considered. The possibility of measuring the radiation balance using a non-contact temperature sensor MLX90614 is considered.

*Keywords:* radiation frosts, effective radiation, agronomic weather station, infrared temperature sensor

## **Введение**

Сельскохозяйственные растения во время своего роста и развития взаимодействуют с целым комплексом природных условий, из числа которых наиболее активны и изменчивы метеорологические факторы. Резко континентальный климат Иркутской области, сформированный в результате взаимодействия солнечной радиации, циркуляции воздушных масс и влагооборота, сильно отличается от других регионов России. Сельское хозяйство нашего региона с высокой степенью зависит от погодных условий и нуждается в соответствующей достоверной информации. Это во многом объясняет выбор применяемых цифровых агрономических технологий в различных отраслях АПК. Современные агрономические погодные станции (метеостанции) позволяют получать погодные данные более релевантные к полям хозяйства, с большей частотой и в реальном режиме времени. Кроме того, они автоматически накапливают данные погодных условий, для дальнейшего анализа факторов, влияющих на урожайность. Все это позволяет получить детальный прогноз погоды, который способствует оперативному реагированию на её изменения.

Своевременно полученные достоверные сведения о вероятности наступления заморозков позволят принять действенные меры для предотвращения потерь сельскохозяйственной продукции.

В данной работе анализируются явления возникновения радиационных заморозков, характерные для районов Иркутской области. Для прогнозирования наступления заморозков используются данные параметров почвы и окружающей среды, полученные при помощи полевой агрометеорологической станции[1]. Предлагается для измерения радиационного баланса использовать датчика инфракрасного излучения MLX90614.

### **Основные факторы и модель возникновения радиационных заморозков**

В зависимости от атмосферных процессов, способствующих формированию заморозков различают адвективные, радиационные и адвективно-радиационные заморозки [2]. Адвективные заморозки обусловлены вторжением холодного воздуха, арктического возникновения обычно в начале весны и в конце осени. Они могут длиться несколько суток подряд, охватывают большие территории и мало зависят от местных условий. Радиационные заморозки характерны в ночные, либо ранние утренние часы, когда ясно и тихо, т.е. безветренно. Они обусловлены интенсивным охлаждением деятельной поверхности в результате излучения. Этот тип заморозков наблюдается в начале весны и поздней осенью в пониженных местах рельефа. Радиационные заморозки могут наблюдаться несколько ночей подряд. Этот тип заморозков мало ожидаем, так как они фиксируются в приземном слое, в то время как температура воздуха на высоте 2 метра имеет положительные значения. Следующий тип заморозков

наиболее коварный для растений – адвективно-радиационные заморозки, поскольку они возникают в результате радиационного охлаждения почвы и приземного слоя воздуха в первую ночь после вторжения холодного воздуха. Они наблюдаются в ранние утренние часы с продолжительностью от одной до двух ночей.

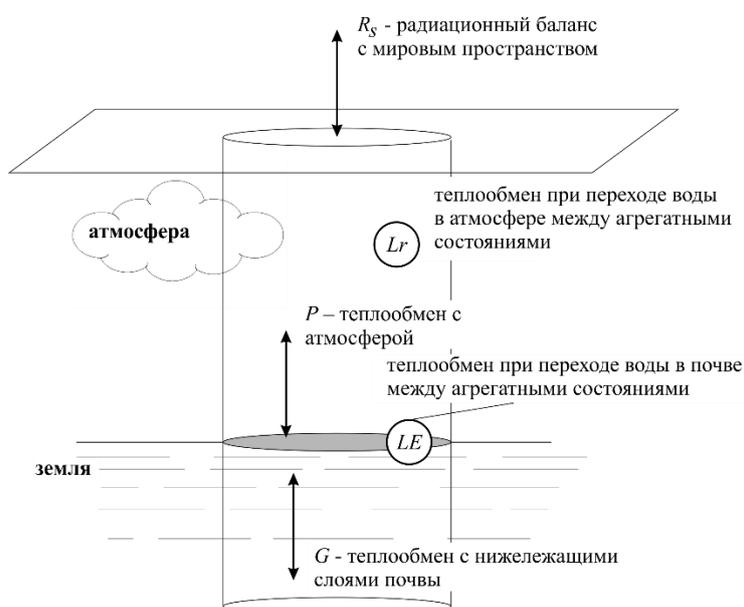
Чтобы спрогнозировать наступление самых опасных заморозков – радиационных, необходимо понять механизм их возникновения. Образование радиационных заморозков во многом зависит от радиационного баланса земной поверхности [3,4]. Радиационный баланс представляет собой разность между приходом и расходом лучистой энергии Солнца. Земная поверхность теряет тепло путем излучения, так как температура её поверхности всегда выше температуры атмосферы.

Уравнение радиационного баланса имеет вид:

$$R = Q(1 - a) - B^*, \quad (1)$$

где  $Q$  – суммарная солнечная радиация, приходящаяся на единицу горизонтальной поверхности,  $a$  – отражательная способность земной поверхности для коротковолновой радиации. Эффективное излучение  $B^*$  – разность между излучением поверхности почвы и противоизлучением атмосферы, показывает фактическую потерю тепла поверхностью Земли и зависит от наличия облачности. Эффективное излучение оказывает большое влияние на температурный режим земной поверхности, следовательно, определяет наступление радиационных заморозков. Для оценки потока нисходящей радиации необходимо при ясном небе иметь данные о приземной температуре воздуха и парциальном давлении водяного пара.

Далее рассмотрим модель теплового баланса системы земля-атмосфера, которая представлена в виде цилиндра, включающего в себя некоторую часть атмосферы и некоторую часть земли (рисунок 1) [4].



## Рисунок 1 - Модель теплового баланса системы земля-атмосфера

Уравнение для данной модели следующее:

$$Q = \pm R \pm P \pm G \pm LE \pm Lr,$$

где  $Q$  – тепловой баланс земной поверхности;  $R$  – радиационный баланс земной поверхности;  $P$  – теплообмен с атмосферой;  $G$  – теплообмен с нижележащими слоями почвы;  $LE$  – теплообмен при переходе воды между агрегатными состояниями;  $Lr$  – теплообмен при переходе воды в атмосфере между агрегатными состояниями.

Для прогнозирования радиационных заморозков, возникновение которых определяется радиационным балансом, необходимо сформировать информационный массив, включающий данные измерений температуры воздуха на различных высотах, влажность воздуха и почвы, а также температуру поверхности земли и на глубине.

### Устройство для измерения радиационного баланса

В основе прибора лежит пироэлектрический датчик, предназначенный для преобразования длинноволнового инфракрасного излучения (с длиной волны 6-14 мкм) в электрический сигнал, с цифровым выходом MLX90614 [5]. Эти датчики имеют угол обзора 90 градусов. Основные параметры сенсора приведены ниже:

Напряжение питания: 3 - 5 В;

Потребляемый ток: до 2.5 мА;

Диапазон измеряемых температур: -70 - +380 °С;

Точность:  $\pm 0.5$  °С;

Угол обзора: 90°;

Протокол обмена данными по каналу I2C адрес 0x5A.

Чувствительным элементом В1 (рисунок 2) служит своеобразный конденсатор – пластина из пироэлектрика с металлическими обкладками. На одну из обкладок нанесен слой вещества, способного поглощать электромагнитное (тепловое) излучение. В результате поглощения энергии температура пластины конденсатора увеличивается и между обкладками появляется напряжение строго определенной полярности. Будучи приложенным к участку затвор-исток встроенного полевого транзистора VT1, оно вызывает изменение сопротивления его канала.

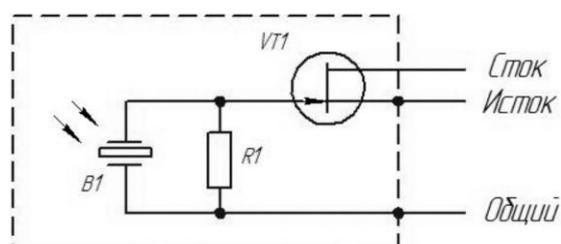


Рисунок 2 - Электрическая схема пироэлектрического датчика

Выходной сигнал снимают с внешнего нагрузочного резистора, включенного в цепь стока транзистора. Через некоторое время, независимо от того продолжает действовать на датчик тепловое излучение или нет, конденсатор разрядится через сопротивление утечки R1 – выходной сигнал спадает до нуля. Зачастую датчики снабжают несколькими чувствительными элементами, соединенными последовательно с чередующейся полярностью. Этим обеспечивают нечувствительность прибора к равномерному фоновому облучению и получение знакопеременного выходного напряжения при перемещении сфокусированного изображения объекта по чувствительной поверхности датчика. Спектральная чувствительность датчика формируется за счет поглощающей способности материала, которым покрыты пластины пироэлектрика. На рисунке 3 приведены различные спектральные характеристики пироэлектрических датчиков. Пироэлектрические датчики со спектральной характеристикой 4 наиболее подходят для дистанционных измерителей температуры.

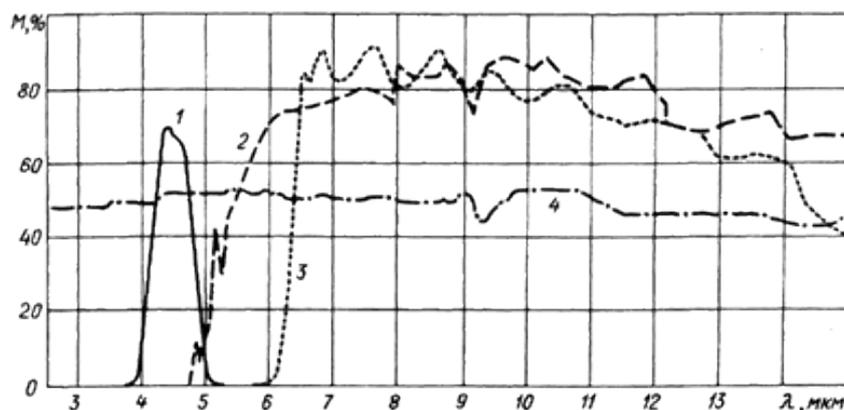


Рисунок 3 - Различные спектральные характеристики пироэлектрических датчиков.  
**1 – для обнаружения пламени; 2,3 – для фиксации движения человека; 4 – для использования в дистанционных измерителях температуры**

Для вычисления радиационного баланса (1) необходимо измерить тепловое излучение от земной поверхности и излучение приходящего из космоса и излучения атмосферы. Для снижения погрешности обусловленной разностью датчиков в данном приборе предлагается применить один датчик инфракрасного излучения (рисунок 4).

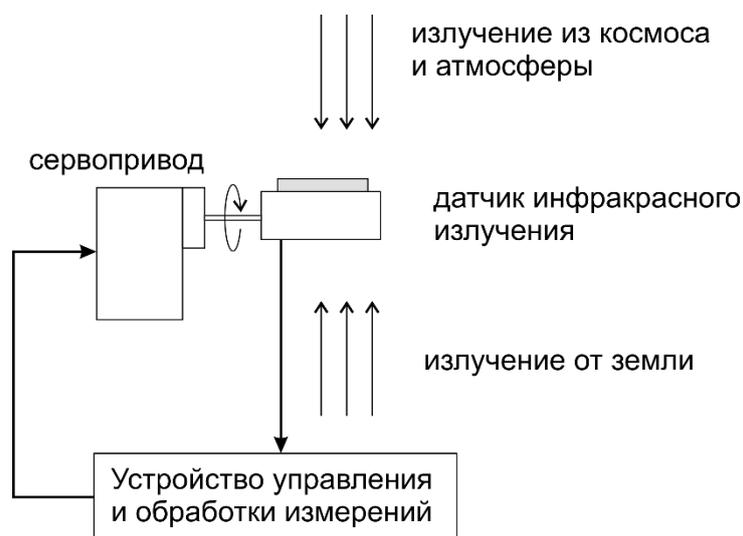


Рисунок 4 - Функциональная схема измерителя радиационного баланса

Изменение положения датчика в пространстве осуществляется сервоприводом, изменяющим ориентацию приемной поверхности датчика на 90 градусов (на поверхность земли или на небо). Измеренные значения передаются на устройство обработки, которое в свою очередь является и устройством управления сервоприводом.

### Заключение и выводы

Детальная информация о погодных условиях, представляемых локальной полевой агрономической станцией, расположенной в зоне анализируемого микроклимата, позволит обеспечить достаточную для хозяйственных нужд надежность прогнозирования радиационных заморозков на сельскохозяйственных угодьях.

В данной работе представлено физическое обоснование возникновения радиационных заморозков, связанное с радиационным балансом. Рассмотрена модель теплового баланса между Земной поверхностью и атмосферой. На основе представленной модели были выявлены основные параметры микроклимата, позволяющие прогнозировать наступление радиационных заморозков. В настоящее время создан прототип полевой агрономической станции, который позволяет автономно выполнять операции по сбору и передаче данных. В дополнение к датчикам измерения параметров окружающей среды данной станции предложено использовать датчик температуры MLX90614. Данный датчик позволяет измерять инфракрасное излучение и на основе этих излучений рассчитывать радиационный баланс.

### Список литературы

1. Малоземов В. Ю. и др. Полевая агрономическая погодная станция с технологией ИОТ // «Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК». Материалы всероссийской научно-практической конференции. – Иркутск: Изд-во Иркутского ГАУ, – 2018 – С. 250–254.
2. Латышева И.В. Агрометеорология. Учебное пособие. – Иркутск Изд. ИГУ 2005. – 140 с.

3. *Матвеев Л. Т.* Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 752 с.

4. *Кузнецов Б. Ф., Клибанова Ю. Ю.* Физические основы и математическая модель возникновения радиационных заморозков. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса» посвященной памяти А.А. Ежевского (15-16 ноября 2018 г.). – Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2018. – С. 186-194.

5. Пирозэлектрический датчик типа MLX90614ESF [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.melexis.com/InfraredThermometer-Sensors/Infrared-ThermometerSensors/MLX90614-615.aspx>. - Загл. с экрана

### References

1. *Malozemov Yu. Yu.* Polevaya agronomicheskayapogodnayastanciya stekhnologiejIOTNauchnyeissledovaniyastudentovvresheniiaktualnyhproblemAPKMaterialyvse rossijskojnauchno-prakticheskoykferenciiIrkutskIzd-voIrkutskogoGAU 2018 S 250 254

2. *Latysheva I. V.* Agrometeorologiya Uchebnoe posobie Irkutsk Izd IGU 2005 140 s

3. *Matveev L. T.* Kurs obshchej meteorologii Fizika atmosfery L Gidrometeoizdat 1984 752 s

4. *Kuznecov B. F. Klibanova Yu. Yu.* Fizicheskie osnovy i matematicheskaya model vozniknoveniya radiacionnyh zamorozkov Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem Problemy i perspektivy ustojchivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa posvyashchennoj pamyatii A A Ezhevskogo 15-16 noyabrya 2018 g Irkutsk Izd-vo Irkutskij GAU 2018 S 186-194

5. Piroe`lektricheskij datchik tipa MLX90614ESF [E`lektronny`j resurs]. - Rezhim dostupa: <http://www.melexis.com/InfraredThermometer-Sensors/Infrared-ThermometerSensors/MLX90614-615.aspx>. - Zagl. s e`krana.

### Сведения об авторах

**Перфильев Валерий Андреевич** – студент 3 курса направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия, профиль Электрооборудование и электротехнологии в АПК. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный)

**Кузнецов Борис Федорович** – доктор технических наук, профессор кафедры Электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского(664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbfgmail.com](mailto:kuznetsovbfgmail.com))

**Клибанова Юлия Юрьевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, e-mail: [malozemova81@mail.ru](mailto:malozemova81@mail.ru))

### Information about the authors

**Perfiliev Valery A.** – 2nd year student training course 35.03.06 Agroengineering, the profile Electrical and electrotechnology in the agroindustrial complex. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, Molodezhny village)

**Kuznetsov Boris F.** – Sc.D. in Technical Sciences, professor, Department of Electric Systems and Physics. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbfgmail.com](mailto:kuznetsovbfgmail.com))

**Klibanova Yulia Yu.** - candidate of Physico-Mathematical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Electrical Systems and Physics. Irkutsk State Agrarian University. A.A.

УДК 631.3

## **МОБИЛЬНАЯ СТАНЦИЯ БПЛА ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ.**

**Поворов В. С., Кузнецов Б. Ф.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. *Иркутск, Россия*

В работе рассмотрены основные области применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве. Приведен анализ проблем, сдерживающих широкое распространения БПЛА для выполнения различных технологических операций. В частности, в качестве основной проблемы, по мнению авторов, является стоимость владения и обслуживание БПЛА. Для решения этой задачи в работе предлагается проект мобильной станции обслуживания БПЛА, которая позволит эффективно использовать парк устройств и обслуживать несколько хозяйств. Разработана конструкция расположения оборудования станции на шасси малотоннажного грузовика ГАЗ-33021 и подробно описана конструкция посадочного места с автоматизированной заменой аккумуляторов БПЛА.

*Ключевые слова:* беспилотный летательный аппарат, применение БПЛА в сельском хозяйстве, аккумуляторная батарея, подзарядка, зарядная станция.

## **MOBILE STATION FOR MAPPING OF AGRICULTURE**

**Povorov V. S., Kuznetsov B. F.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Irkutsk, Russia*

The paper discusses the main areas of application of unmanned aerial vehicles (UAVs) in agriculture. The analysis of problems constraining the wide spread of UAVs to perform various technological operations. In particular, as the main problem, according to the authors, is the cost of owning and maintaining a UAV. To solve this problem, the project of a mobile UAV service station is proposed, which will make it possible to effectively use the fleet of devices and service several farms. The location of the station's equipment on the chassis of a low-tonnage truck GAZ-33021 was developed and the footprint design with automated replacement of UAV batteries was described in detail.

*Keywords:* unmanned aerial vehicle, UAV application in agriculture, battery, recharging, charging station.

### **Введение**

В современном сельском хозяйстве страны существует большое количество возможностей, позволяющих развивать и совершенствовать агротехнологические приемы, в том числе за счет внедрения современных технических разработок других отраслей. Одной из таких возможностей является применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Беспилотные летательные аппараты широко применяются в сельском хозяйстве многих стран [4]. В России основным сдерживающим фактором применения беспилотных летательных аппаратов является их высокая стоимость. В настоящее время массовое производство БПЛА в стране не налажено, на рынке предлагаются аппараты, собранные из импортных комплектующих.

### **Анализ применения БПЛА в сельском хозяйстве**

В настоящее время БПЛА в сельском хозяйстве могут применяться для выполнения целого ряда технологических операций в том числе для приведенных далее [3]. Структурируем эти операции по типам работ.

Полевые работы:

- Высев семян. В настоящий момент есть идеи сеять семена растений с помощью специальных БПЛА, выстреливающие в почву капсулами с семенами[5];

- Обработка урожая. Еще одна потенциальная сфера применения БПЛА в сельском хозяйстве – это равномерные опрыскивания урожая ядохимикатами и специальными удобрениями. С помощью БПЛА фермеры смогут проводить подобные работы удаленно.

Мониторинг и наблюдение[1,2,7].

- Анализ состояния почвы с помощью камер и специально установленных на БПЛА датчиков фермеры анализируют состояние почвы на различных участках и определяют, на каких из них наиболее целесообразно проводить посадку семян [7];

- Видеонаблюдение и охрана полей;

- Наблюдение за посевами фермами и предприятиями сельского хозяйства. Для фермеров очень важно своевременно обнаружить вредителей, от которых гибнут сельхозугодья, чтобы оперативно предпринять необходимые меры. Уже давно известно, что первые признаки ухудшения состояния растений проявляются в изменении хлорофилла. Поэтому, установив на БПЛА инфракрасные камеры, фермеры могут своевременно узнать о начале гибели урожая;

- Картографирование земной поверхности;

- Метеорологические наблюдения;

- Экологический мониторинг.

Ретрансляция сигналов и подобные задачи.

- Передача данных и измерений с станций;

- Ретрансляция радиосигналов с целью увеличения дальности действия каналов связи;

- Использование БПЛА в качестве носителей осветительного оборудования.

Управление поведением живых объектов.

- Использование БПЛА в качестве "пастуха" т.е. управление передвижением табунов лошадей, отар овец и т.д.;

- Отпугивание стай птиц от полей. Ультразвуковые электронные устройства отпугивают птиц, оставаясь неслышимыми для людей. Преимущество данного метода — отсутствие беспокойства для людей. Недостаток метода — некоторые люди (дети, подростки) слышат ультразвук, также у многих он вызывает дискомфорт и головную боль. Однако, более современные отпугиватели, такие как Sititek Пегас, размещаются высоко и ультразвук распространяется только на птиц и не воздействуют на людей. Помимо этого, такие отпугиватели, как Birdchaser работают не по принципу ультразвука: они издадут звуки, имитирующие крики хищных птиц, которые легко прогоняют любых представителей семейства птичьих - от воробьев до более крупных особей. Разумеется, они безвредны для человека[8,9].

Широкому распространению БПЛА в сельском хозяйстве препятствует проблемы технического экономического и организационного характера рассмотрим наиболее значимые из них.

Технические ограничения.

Дальность и время полета - имеется проблема с ограничениями емкости современных литий-ионных аккумуляторов, в ближайшем будущем будет, возможно использование аккумуляторов, на основе кремния или на основе углерода. Что может повысить время пребывания БПЛА в воздухе.

При обслуживании сельскохозяйственных угодий значительной площади оператору приходится многократно возвращать БПЛА на базу для подзарядки или замены аккумуляторных батарей. Подзарядка батарей БПЛА осуществляется на док-станциях и может занимать до 2 часов.

Человеческий фактор.

Вандализм —одна из вероятных угроз эксплуатации БПЛА в автоматическом режиме.

Экономический фактор.

В настоящее время БПЛА для больших хозяйств могут казаться экономически не выгодными потому что приводит к необходимости к обучению и содержанию сотрудников и подготовки площадки для работы и настройки. Низкий коэффициент использования оборудования так как БПЛА будет применяться крайне редко

Для решения указанных проблем возможно применение БПЛА специализированной компанией, имеющей в своем распоряжении оборудование, позволяющее оперативно перемещать в нужную точку БПЛА для проведения работ. В настоящее время на рынке отсутствуют станции для обслуживания БПЛА пригодные для применения в сельском хозяйстве. В данной работе сделана попытка разработки концепции такой станции.

### **Описание мобильной станции обслуживания БПЛА**

Определим основные требования, предъявляемые к мобильной станции обслуживания БПЛА к которым относятся следующее:

1. Мобильность – станция должна легко перемещаться на большие расстояния один из вариантов размещения станции на шасси малотоннажного грузовика;

2. Работа станции должна быть максимально автоматизирована чтобы выполнение проводимых работ не требовало привлечения большего количества специалистов, например, необходимо автоматизировать процесс перезарядки аккумуляторов БПЛА составления летного задания и процесс сбора информации;

3. Перевод станции из транспортного в рабочее положения, должно занимать малое время и не требовать физических усилий.

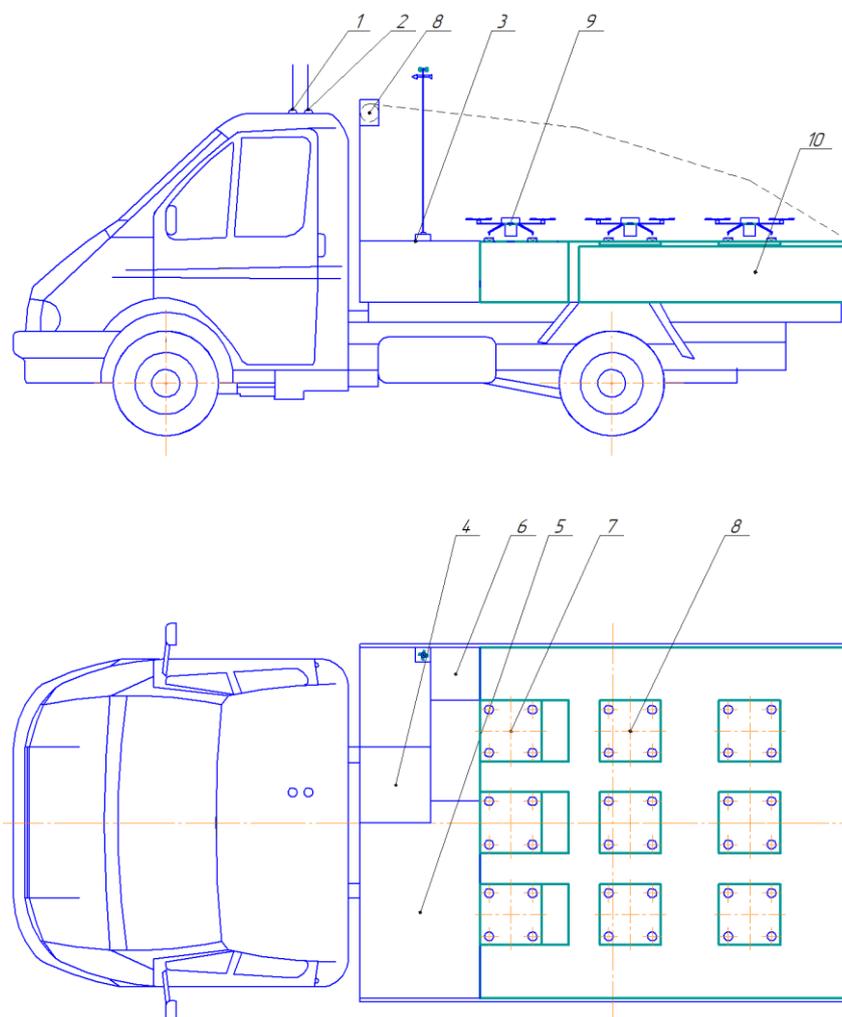


Рисунок 1 – Размещение оборудования на шасси ГАЗ-33021. Обозначения: 1- антенна GSM, 2- антенна Wi-Fi, 3- мачта автономной метеостанции, 4-специализированный компьютер, 5- аккумуляторные батареи и силовой преобразователь напряжения, 6- бензиновый электрогенератор, 7- станции обслуживания БПЛА, 8- посадочные площадки, 9- жалюзи, 10- БПЛА, 11- грузовой отсек.

В данной работе в качестве основы мобильной станции предлагается использовать шасси ГАЗ-33021. Для выполнения всех заданных функций на платформу выбранного шасси необходимо будет установить оборудование (рисунок 1).

Для обеспечения устойчивой сотовой связи мобильная станция должна быть снабжена антенной GSM с усилителем сигнала (позиция 1 на рисунке 1). Для связи с БПЛА предполагается использовать стандарт связи IEEE

802.11 для чего на мобильной станции необходимо установить антенна Wi-Fi для расширения зоны устойчивой связи (позиция 2 на рисунке 1).

Отслеживание погодных условий в частности скорость и направление ветра наличие дождя и других метеорологических факторов влияющих на полет БПЛА на мобильной станции необходимо установить автономную метеостанцию. Датчики автономной метеостанции такие как анемометр и флюгер могут быть размещены на специализированной подъемной мачте (позиция 3 на рисунке 1).

Информация, получаемая от автономной метеостанции необходима для прекращения (или продолжения) выполнения полетных заданий БПЛА. Основной вычислительный ресурс мобильной станции, необходимый для формирования полетного задания и общего управления работой станции должен быть реализован в виде специализированного компьютера способного выдерживать жесткие условия эксплуатации (вибрация, ударные нагрузки, запыленность воздуха, высокая температура окружающей среды) (позиция 4 на рисунке 1). Как правило, решение этих задач возможно на основе использования промышленных компьютеров.

Энергосистема, обеспечивающая электропитанием все специализированные компоненты мобильной станции состоит из аккумуляторных батарей суммарной емкостью порядка 1000 ампер часов и силового преобразователя напряжения, формирующего необходимые уровни и виды напряжений (постоянные и переменные) (позиция 5 на рисунке 1).

Для аварийных случаев и для плановых подзарядок аккумуляторов необходимо предусмотреть наличие бензинового электрогенератора (позиция 6 на рисунке 1). Ядром станции обслуживания БПЛА посадочные площадки для замены аккумуляторов (позиция 7 на рисунке 1), описание принципа работы будет приведено далее.

Для транспортировки БПЛА на станции предусмотрены дополнительные места (позиция 8 на рисунке 1). Для защиты оборудования станции во время транспортировки предусмотрены защитные жалюзи (позиция 9 на рисунке 1).

На рисунке показаны также: обслуживаемые БПЛА (позиция 10 на рисунке 1), грузовой отсек для шансового инструмента (позиция 11 на рисунке 1).

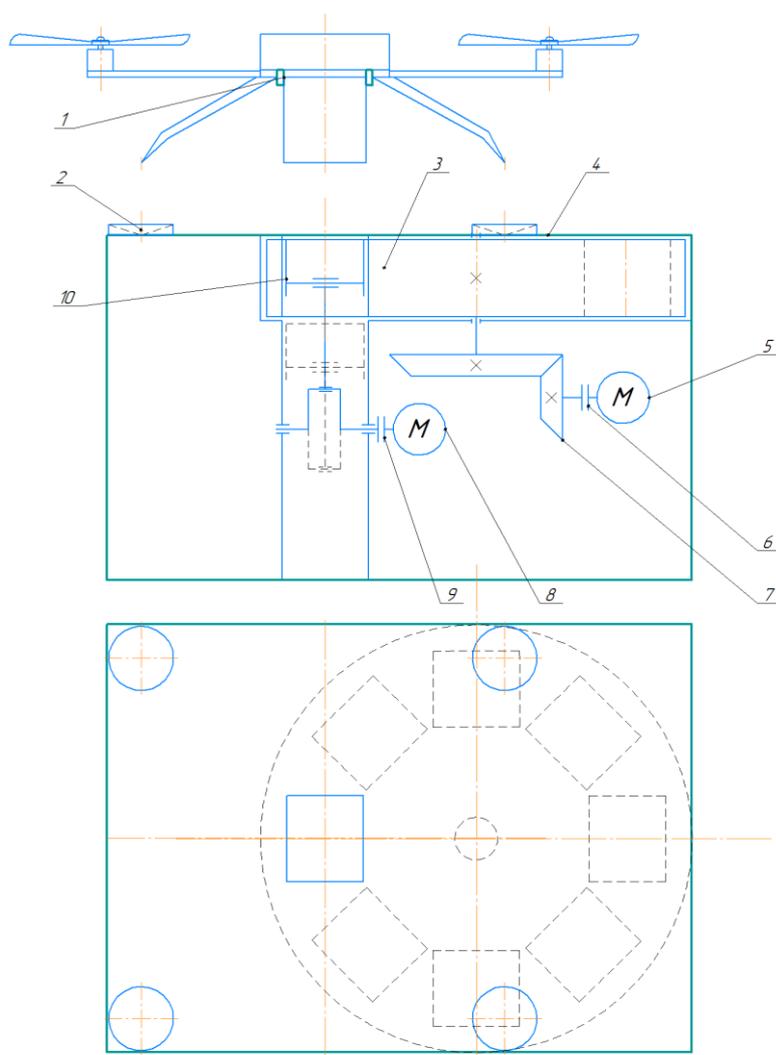
### **Описание зарядной станции**

В данном проекте предлагается конструкция, которая позволит (схема предлагаемой конструкции приведена на рисунке 2):

- исключить участие человека в операции замены батареи;
- сократить время простоя БПЛА;
- производить заряд аккумуляторов в период их нахождения на станции;
- обслуживать несколько БПЛА;
- сбор информации с БПЛА.

Аккумуляторы размещаются в посадочных местах, расположенных в барабане револьверного типа 3. Каждое посадочное место снабжено

контактными площадками, подключенными к контроллеру заряда. Привод барабана осуществляется шаговым двигателем 5 через муфту 6 и конический редуктор 7. Подъем заряженного аккумулятора к месту фиксации на БПЛА и опускание разряженного осуществляется кривошипно-шатунным механизмом 10, приводимым в движение сервоприводом 8 через муфту 9.



**Рисунок 2 – Станция для замены аккумуляторных батарей. 1 – защелки с электромагнитным приводом, 2 - конические ловители, 3 - барабан револьверного типа, 4 – корпус станции, 5 – шаговый двигатель, 6 – муфта, 7 – конический редуктор, 8 – сервопривод, 9 – муфта, 10 - кривошипно-шатунный механизм**

На посадочном столе корпуса станции 4 располагаются конические ловители 2, позволяющие позиционировать БПЛА, совершающий посадку, с заданной точностью. Фиксация аккумулятора на БПЛА осуществляется механическими защелками с электромагнитным приводом 1. После посадки БПЛА, аккумулятор освобождается и оказывается на поршне кривошипно-шатунного механизма, далее поршень перемещается в нижнюю мертвую точку. Затем осуществляется поворот барабана в следующую позицию и под

БПЛА оказывается заряженный аккумулятор. Поршень перемещается в верхнюю мертвую точку и происходит фиксация аккумулятора на БПЛА, после чего БПЛА может взлететь для выполнения задания.

Помимо данных действий БПЛА сможет отправлять станции пакеты данных с нужной пользователю информацией.

Предложенная система автоматической замены аккумуляторов позволит при автоматическом управлении БПЛА исключить участие человека при выполнении поставленных задач. Электрическая принципиальная схема разработанного устройства приведена на рисунке 3.

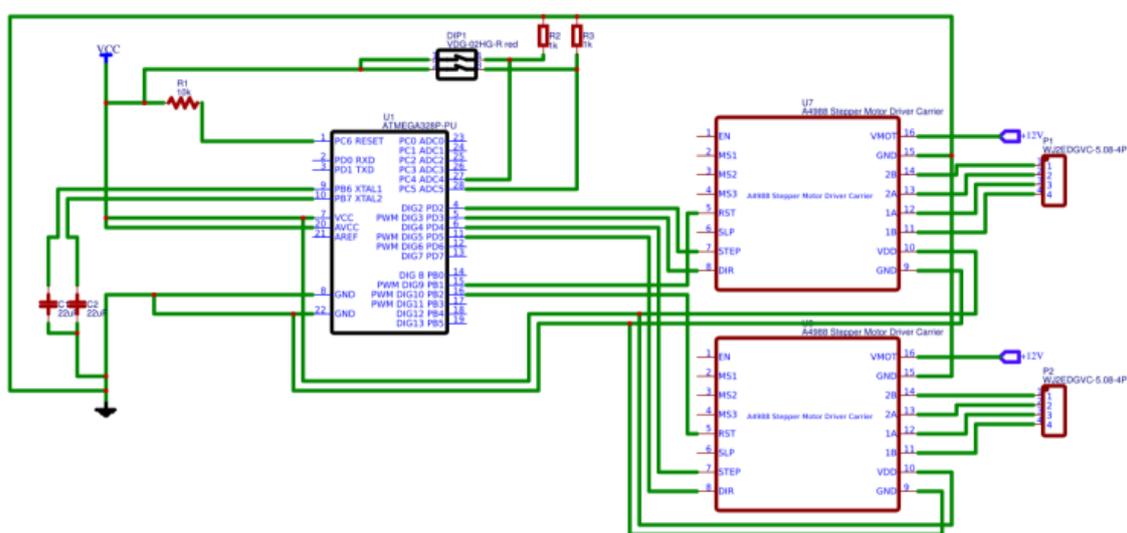


Рисунок 3 –Электрическая принципиальная схема зарядной станции

## Заключение

Разработанная в данном проекте мобильная станция позволит перемещать точку запуска БПЛА в оптимальную позицию. Такой подход расширит площадь охвата БПЛА. Наличие автоматизированных систем обслуживания БПЛА (станция перезарядки аккумуляторов) и системы автоматического формирования полетного задания, должны свести к минимуму затраты на обслуживание в полевых условиях и соответственно уменьшить количество необходимого персонала. Предполагается что экипаж мобильной станции БПЛА должен состоять из 2х человек водитель-механик который также обслуживает энергетическую установку, и инженер-оператор по обслуживанию БПЛА и другой техники станции.

## Список литературы

1. Готов А. А. Применение данных о рельефе для эффективного использования сельскохозяйственных земель //Научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации Геопрофи. – 2013. – №. 4. – С. 20-22.
2. Демисенов А. М. и др. Беспилотные летательные аппараты в системах бесконтактного анализа сельхозугодий //Инновации в сельском хозяйстве. – 2015. – №. 1. – С. 29-32.

3. Коротаев А. А., Новопашин Л. А. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга сельскохозяйственных угодий и посевных площадей в аграрном секторе // Аграрный вестник Урала. – 2015. – №. 12 (142).

4. Хорт Д. О. и др. Опыт и перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в точном земледелии // Нивы Зауралья. – 2016. – №. 5. – С. 62-65.

5. Biocarbonengineering / БиоКарбон Инжиниринг Посадка семян [Электронный ресурс] – Режим доступа: [www.biocarbonengineering.com](http://www.biocarbonengineering.com)

6. Поворов, Н.Н. и др. Станция для автоматической замены аккумуляторных батарей коптеров // Научные исследования студентов в решении актуальных проблем АПК. Иркутск, 01-02 февраля 2018 г. Изд-во: Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского. – 2018. – С. 353-359.

7. БПЛА как основа земледелия ближайшего будущего [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/bpla-kak-osnova-zemledeliya-blizhayshego-budushchego> (Дата посещения: 28.02.2019)

8. Отпугиватели птиц [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.sititek.ru>

9. Birdchaser [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.uavtechnics.com/product/birdchaser/> (Дата посещения: 28.02.2019)

### References

1. Glotov A. A. Primeneniye dannykh xorel'nykh efedlyayefektivnogo ispol'zovaniya sel'skoxozyajstvennykh zemel' // Nauchno-texnicheskij zhurnal pogeodezii, kartografi i navigacii Geoprofi. – 2013. – №. 4. – S. 20-22.

2. Demisenov A. M. i dr. Bepilotny'e letatel'ny'e apparaty v sistemakh beskontaktnogo analiza sel'hozugodij // Innovacii v sel'skom khozyajstve. – 2015. – №. 1. – S. 29-32.

3. Korotaev A. A., Novopashin L. A. Primeneniye bepilotnykh letatel'nykh apparatov dlya monitorirovaniya sel'skoxozyajstvennykh ugodij i posevnykh ploshhadej v agrarnom sektore // Agrarnyj vestnik Urala. – 2015. – №. 12 (142).

4. Xort D. O. i dr. Opyt i perspektivy primeneniya bepilotnykh letatel'nykh apparatov v tochnom zemledelii // Nivy Zaural'ya. – 2016. – №. 5. – S. 62-65.

5. Biocarbonengineering / BioKarbon Inzhiniring Posadka semyan [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: [www.biocarbonengineering.com](http://www.biocarbonengineering.com)

6. Povorov, N.N. i dr. Stanciya dlya avtomaticheskoy zameny akkumulyatornykh batarej kopterov // Nauchny'e issledovaniya studentov v reshenii aktual'nykh problem APK. Irkutsk, 01-02 fevralya 2018 g. Izd-vo: Irkutskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet imeni A.A. Ezhevskogo. – 2018. – S. 353-359.

7. BPLA kak osnova zemledeliya blizhajshego budushhego / [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/bpla-kak-osnova-zemledeliya-blizhayshego-budushchego> (Data poseshheniya: 28.02.2019)

8. Otpugivateli pticz / [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://www.sititek.ru>

9. Birdchaser / [Elektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <http://www.uavtechnics.com/product/birdchaser/> (Data poseshheniya: 28.02.2019)

### Сведения об авторах

**Кузнецов Борис Федорович** – доктор технических наук, профессор кафедры Электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbf@gmail.com](mailto:kuznetsovbf@gmail.com))

**Поворов Василий Сергеевич** – студент 1 курса магистратуры, Агроинженерия, профиль Электрооборудование и электротехнологии в АПК. (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru.).

#### **Information about the authors**

**Kuznetsov Boris F.** – Sc.D. in Technical Sciences, professor, Department of Electric Systems and Physics. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbf@gmail.com](mailto:kuznetsovbf@gmail.com))

**Povorov Vasily Sergeevich** - 1 st year student of the master's program, Agricultural Engineering, Profile Electrical equipment and electrical technologies in the agroindustrial complex. (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhny Settlement, tel. 83952237429, e-mail: mech@igsha.ru.).

УДК 004.8

## **МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЧЕЛОВЕКА В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ**

**Протасов И.А., Кузнецов Б.Ф.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А.Ежевского. *г.Иркутск, Россия*

В этой статье рассматриваются некоторые современные методы локализации положения человека в интеллектуальном пространстве, как правило в жилом помещении. Рассмотрены методы, основанные на видеонаблюдении и методы, основанные на сенсорах. В частности, методы, построенные на регистрации теплового излучения и методы основанные на регистрации давления (регистрация шагов). В заключении работы сделаны выводы о применимости рассмотренных методов в задачах построения интеллектуального пространства частных домов.

*Ключевые слова:* интеллектуальное пространство, локализация положения человека.

## **METHODS OF DETERMINING THE COORDINATES OF A PERSON IN SMART LIVING SPACE**

**Protasov I. A., Kuznecov B. F.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Irkutsk, Russia*

This article discusses some of the current methods of localizing a person's position in the intellectual space, usually in a residential area. Methods based on video surveillance and methods based on sensors are considered. In particular, methods based on the registration of thermal radiation and methods based on the registration of pressure (registration steps). In the conclusion of the work, conclusions are drawn on the applicability of the considered methods in the tasks of constructing the intellectual space of private houses.

*Key words:* intellectual space, localization of human condition.

### **Введение**

Интеллектуальные жилые пространства, дома усадьбы, оснащенные различными сенсорами, а также интеллектуальными сервисами, в том числе

и умными бытовыми приборами определяют будущее среды обитания человека и что немаловажно могут являться системами поддержки людей с ограниченными возможностями и пожилых людей[1].

Отслеживание положения человека в помещении в реальном времени поможет решить ряд важнейших задач, связанных с созданием комфортной среды, ориентированной на контекстный сервис и может выполнять важную роль в распознавании нештатных и аварийных ситуаций.

Основная проблема в локализации положения человека – это то как найти людей в помещении. Исследователи разработали различные методы поиска жителей в помещениях. Многочисленные примеры таких приложений варьируются от вспомогательных технологий и робототехники до поисково-спасательных миссий. Отслеживание - это процесс определения положения объекта в пространстве. Отслеживание стремится определить положение объекта с течением времени. В некоторых случаях, проблема отслеживания может быть сведена к ряду проблем поиска. Однако поиск стационарного объекта часто отличается от поиска движущегося объекта, потому что движущийся объект обладает различными характеристиками. Существуют разнообразные решения для поиска и отслеживания объекта, которые отличаются характеристиками объекта, окружающей средой и используемыми технологиями.

### **Постановка задачи**

Задачей данной работы является обзор существующих методов локализации положения человека в интеллектуальном пространстве. Результаты анализа необходимы для развития этих методов и построение системы локализации положения человека в проекте «Интеллектуальное пространство в загородном доме». Задача локализации в загородном доме усложняется необходимостью отслеживать положение человека на приусадебном участке.

### **Методы определения координат человека в помещении.**

Существует множество технологий: специальные наручные часы с установленными в них сенсорами для получения информации от тела человека; специальные кровати, определяющие лежит ли на них человек; инфракрасные камеры или цветные камеры, микрофоны для определения запросов о помощи. Среди перечисленных средств видеокamеры и микрофоны чаще всего устанавливаются в интеллектуальных пространствах.

### **Видеонаблюдение как метод локализации**

Визуальные данные, главным образом, используются для слежения за перемещением человека и для автоматического распознавания. Используя современные методы распознавания можно классифицировать активность одного или нескольких человек одновременно.

Понимание человеческих действий содержит множество областей применения, таких как безопасность, наблюдение, бытовая помощь и даже развлекательные мероприятия. В технологии определения активности выделяют два этапа, вначале определяется время активности и место, далее

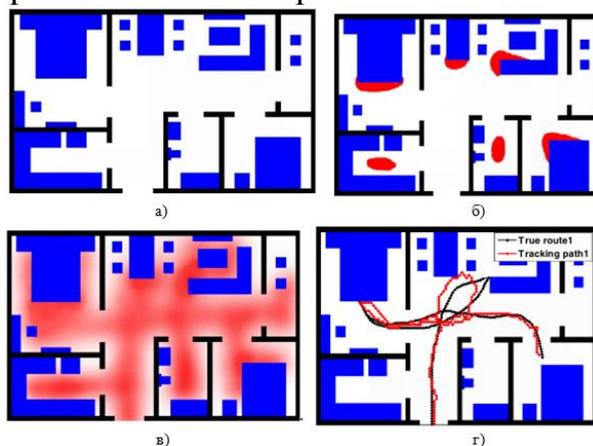
помечается объект или цель применения активности. С модулем определения активности появляется возможность определения некоторого набора действий, содержащих критические состояния, например, падение и тревога пользователей системы в связи с экстраординарными ситуациями.

Современные технологии распознавания человеческой активности базируются на видеонаблюдении за человеком и описание его движения посредством специальных методов, таких как ключевые точки и классификация выполненных действий. Определение и слежение за людьми основано на низкоуровневых технологиях сегментации заднего и переднего фона. Объект, найденный после сегментации переднего фона, используется для выделения признаков, применяемых для описания человека. В работе [2] представлен детальный обзор широко используемых методов определения точек интереса и выделения признаков.

### **Применение тепловых датчиков движения**

Одним из способов локализации местоположения человека в доме является применение тепловых датчиков движения (PIR) [3]. Эта технология может иметь несколько вариантов. Пассивное инфракрасное излучение (PIR) в помещении Отслеживание для Умных Домов Используя план местности и специальный алгоритм анализа информации от тепловых датчиков.

В методе используется план помещения на основе сетки для моделирования среды отслеживания. План помещения на основе сетки подразделяется на сетку положений для каждой из комнат. Информация каждого элемента сетки состоит из двух частей. Первая - это расположение элемента сетки и вторая - вероятность присутствия человека в этом месте. Пример работы алгоритма показан на рис. 1.



**Рисунок 1 - Результаты обработки измерений тепловыми датчиками:  
а) исходный план помещения, б) места стационарного размещения человека, в)  
тепловая карта перемещения по помещению, г) вычисленная траектория  
перемещения человека**

Точность работы алгоритма во многом зависит от количества датчиков, размещенных в помещении. Показатель «нагрева» в следующей области срабатывания датчика PIR. На время срабатывания одного или двух PIR-датчиков предполагаемое направление - от текущего узла к точке с максимальным «тепловым» показателем в текущей области PIR-датчика запуска в течение первой половины периода срабатывания PIR-датчика. В

течение второй половины времени срабатывания ИК-датчика происходит направление от текущего узла к точке с максимальным «тепловым» показателем в следующей области запуска ИК-датчика. Предположим, что отслеживаемый субъект движется с определенной скоростью, тогда время отслеживаемого маршрута можно обозначить как номер сетки на карте маршрута на основе сетки.

### **Применение датчиков давления**

Система SensFloor предложена немецкими исследователями, и является частью интеллектуального пространства, позволяет отслеживать перемещение за счет датчиков, расположенных в полу жилого помещения [4].

Подобная система SmartFloor была описана в работе [5], в которой идентификация и отслеживание людей происходит на основе характеристик их шага. Эта система представляет собой пол с датчиками давления, которые измеряют силу давления, когда человек наступает на плитку. Методы машинного обучения используются для сравнения данных давления с данными человека. Как только человек идентифицирован, его можно отследить на основе информации о местоположении, известной априори о каждой ячейке.

### **Заключение**

В работе рассмотрены только три основных метода локализации положения человека в интеллектуальном пространстве. Это далеко не полный обзор методов, но результаты проведенного анализа уже дают представления о сложности решаемой задачи. Вполне очевидно, что наиболее универсальным методом является использование видеонаблюдения, но в этом случае встает вопрос разработки программного обеспечения, позволяющего проводить распознавание образов с заданной надежностью. Методы, основанные на датчиках применимы только внутри помещения и не позволяют отслеживать положение человека вне зоны из действия.

### **Список литературы**

1. Карпов А. А., Акарун Л., Ронжин А. Л. Многомодальные ассистивные системы для интеллектуального жилого пространства // Труды СПИИРАН. – 2011. – Т. 19. – №. 0. – С. 48-64.
2. Tuytelaars, T., & Mikolajczyk, K. Local Invariant Feature Detectors: A Survey. *Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision*, 3(3), 2007. pp.177-280.
3. Yang D. et al. Passive infrared (PIR)-based indoor position tracking for smart homes using accessibility maps and a-star algorithm // *Sensors*. – 2018. – Т. 18. – №. 2. – С. 332.
4. Steinhage A., Lauterbach C. Sensfloor (r): Ein alsensorsystem für sicherheit, homecare und komfort // *AAL Kongress*. – 2008. – Т. 8.
5. R. J. Orr and G. D. Abowd. The smart floor: a mechanism for natural user identification and tracking. In *CHI'00: CHI '00 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pages 275–276, New York, NY, USA, 2000. ACM Press.

## References

1. Karpov A, Aakarun L, Ronzhin A, L. Mnogomodalnye assistivnyye sistemy dlya intellektualnogo zhilogo prostranstva. Trudy SPIIRAN 2011 T 19 O S 48-64
2. Tuytelaars T, Mikolajczyk K. Local Invariant Feature Detectors: A Survey. Foundations and Trends in Computer Graphics and Vision 3 3 2007 pp 177-280
3. Yang D et al. Passive infrared PIR -based indoor position tracking for smart homes using accessibility maps and a-star algorithm. Sensors 2018 T 18 2 S 332
4. Steinhage A, Lauterbach C. Sensfloor: Ein Aalsensorsystem f r Sicherheit, Homecare und Komfort. AAL Kongress 2008 T 8
5. R. J. Orr and G. D. Abowd. The smart oor: a mechanism for natural user identification and tracking. In CHI 00 CHI 00 extended abstracts on Human factors in computing systems pages 275-276. New York, NY, USA, 2000. ACM Press.

## Сведения об авторах

**Протасов Илья Александрович** – студент 2 курса направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия, профиль Электрооборудование и электротехнологии в АПК. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный)

**Кузнецов Борис Федорович** – доктор технических наук, профессор кафедры Электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, тел. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbf@gmail.com](mailto:kuznetsovbf@gmail.com))

## Information about the authors

**Protasov Ilya Aleksandrovich** - 2nd year student, direction of training 35.03.06 Agroengineering, profile Electrical equipment and electrical technologies in the agricultural sector. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Molodyozhny)

**Kuznetsov Boris F.** – Sc.D. in Technical Sciences, professor, Department of Electric Systems and Physics. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89021723331, e-mail: [kuznetsovbf@gmail.com](mailto:kuznetsovbf@gmail.com))

УДК 629.113.6

## РАЗРАБОТКА СТЕНДА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ ЧАСТОТНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ

**Сайфулин М.С., Логинов А.Ю., Озимов Е.Н.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
г. Иркутск, Россия

Электрические приводы составляют основу производства, технический уровень которого определяет эффективность функционирования технологического оборудования. За счет усовершенствования двигателей, аналоговых, цифровых средств управления, преобразователей и аппаратов, наблюдается развитие экономичности и развитие электрического привода. С переходом на рыночную экономику перед многими

предприятиями встал вопрос экономии ресурсов, в частности, электроэнергии, стоимость которой растет с каждым годом. С переходом на рыночную экономику перед многими предприятиями встал вопрос экономии ресурсов, в частности, электроэнергии, стоимость которой растет с каждым годом. Рассмотрены варианты стенов для изучения работы частотно-регулируемых электроприводов, предложена компоновка для создания стенда по изучению рабочих и механических характеристик электроприводов.

*Ключевые слова:* Асинхронный двигатель, частотный преобразователь, лабораторный стенд, регулирование частоты вращения.

## **DEVELOPMENT OF THE STAND ON THE RESEARCH OF THE WORK OF AN ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH FREQUENCY REGULATION**

**Saifulin M.S., Loginov A.Yu., Ozimov E.N.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Electric drives form the basis of production, the technical level of which determines the efficiency of the process equipment. Due to the improvement of motors, analogue, digital controls, converters and devices, the development of efficiency and the development of electric drive has been observed. With the transition to a market economy, many enterprises faced the issue of saving resources, in particular, electricity, the cost of which is growing every year. With the transition to a market economy, many enterprises faced the issue of saving resources, in particular, electricity, the cost of which is growing every year. The options of stands for studying the operation of frequency-controlled electric drives are considered, the layout for creating a stand for studying the working and mechanical characteristics of electric drives is proposed.

*Keywords:* Asynchronous motor, frequency converter, laboratory bench, speed control.

**Введение.** Электроприводы являются основой производства, уровень которого определяется эффективностью функционирования оборудования. Путем совершенствования электродвигателей, средств управления, преобразователей и аппаратов, наблюдается развитие электрического привода.

Развитие полупроводниковой техники на базе тиристоров с системами автоматического управления позволили широко использовать в производстве регулируемые источники питания.

С переходом на рыночную экономику перед предприятиями встал вопрос экономии ресурсов, в частности, электроэнергии, стоимость которой растет с каждым годом. Одними из главных задач предприятий является; оптимизация производства, рациональный расход ресурсов, средств и сырья, щадящий режим использования оборудования. Большая часть современных механизмов работает именно на электрической энергии, поэтому задача внедрения инновационных технологий обеспечивают высокую эффективность использования электроэнергии. Одной из них является, в частности, применение регулируемых электроприводов на основе частотного преобразователя. [1]

**Цель работы.** Основной целью работы является разработка лабораторного стенда для проведения опытов частотного регулирования асинхронного электропривода, для анализа рабочих и механических характеристик электроприводов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- Изучение альтернативных лабораторных стендов и его составляющих;
- Разработка комплекса демонстрационных примеров для преобразователя частоты;
- Разработка принципа построения лабораторной работы

**Основная часть.** Преобразователем частоты называют полупроводниковый преобразователь, преобразующий переменный ток одной частоты в переменный ток другой частоты [6].

Принцип работы частотных преобразователей заключается в следующем: переменное напряжение промышленной сети выпрямляется диодами и фильтруется конденсаторами для уменьшения пульсаций полученного напряжения[5]. Напряжение подается на мостовую схему, имеющую шесть управляемых транзисторов с диодами, от пробоя напряжением обратной полярности, возникающем при работе с обмотками двигателя, транзисторы подключают антипараллельно [10].

Теоретические разработки по частотному управлению электроприводами были в начале 20-го века, но развитие сдерживалось высокой стоимостью преобразователей частоты. Регулирование частоты вращения возможно осуществлять применением других устройств: электромеханическими преобразователями частоты, вариаторов, дополнительно вводимыми резисторами, гидравлических муфт, [8].

Применение этих устройств неэкономично, требует больших затрат при монтаже и эксплуатации[4] и не обеспечивает высокого качества регулирования скорости.

Принцип частотного метода регулирования – при изменении частоты питающего напряжения (при неизменном числе пар полюсов) можно изменять угловую скорость магнитного поля статора [9].

При постоянном моменте нагрузки  $M_c = \text{const}$  напряжение на статоре должно регулироваться пропорционально частоте. [7]

Преобразователь частоты должен обеспечивать одновременное регулирование частоты и напряжения на статорной обмотке асинхронного двигателя для плавного бесступенчатого регулирования частоты вращения вала асинхронного электродвигателя[3].

Применение регулируемого электропривода обеспечивает энергосбережение и позволяет получать новые качества систем и объектов. Значительная экономия электроэнергии обеспечивается за счет регулирования какого-либо технологического параметра. Если это

транспортёр или конвейер, то можно регулировать скорость его движения. [4]

В настоящее время различными научно-производственными объединениями выпускается широкий ассортимент стенов по изучению регулирования частоты вращения асинхронных электродвигателей для ВУЗов[2]. Нами предлагается разработать лабораторный стенд по курсу «Электропривод», «Автоматизированный электропривод», «Эксплуатация электрооборудования и СА» на основе частотного преобразователя фирмы Schneider Electric марки ATV 312HU40N4 (рис.1), характеристики которого представлены в таблице 1.

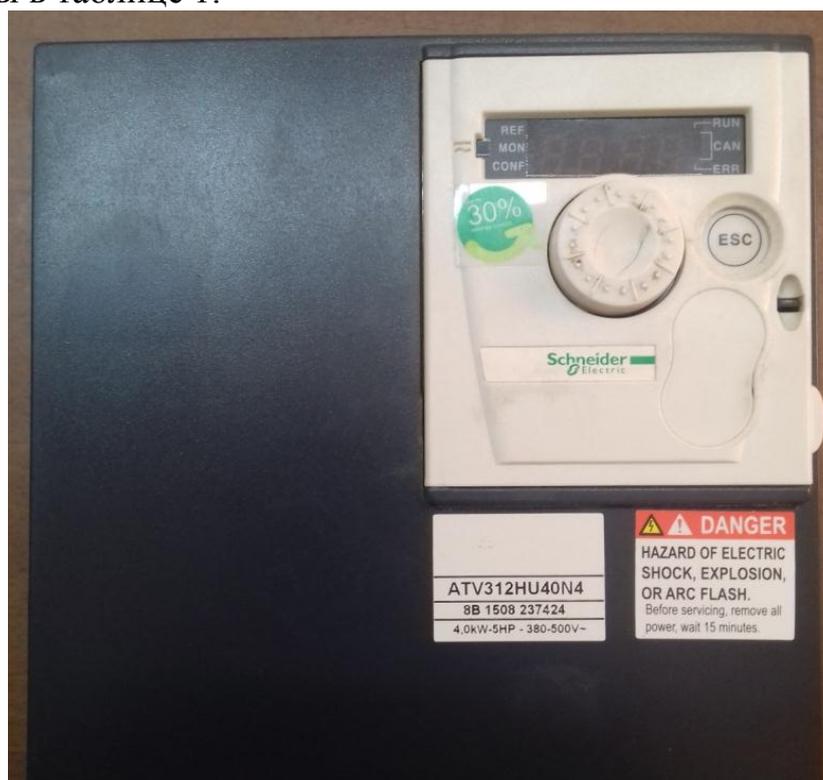


Рисунок 1 – Частотный преобразователь фирмы Schneider Electric марки ATV 312HU40N4

Таблица 1 – Технические характеристики частотного преобразователя фирмы Schneider Electric марки ATV 312HU40N4

серия продукта	Altivar 312
тип устройства или его аксессуаров	Привод с регулируемой частотой вращения
назначение изделия	Асинхронные электродвигатели
специальная область применения продукта	Простая машина
стиль сборки	С радиатором
наименование компонента	ATV312
мощность двигателя, кВт	4 кВт
мощность двигателя, л.с.	5 лс
[Us] номинальное напряжение сети	380...500 В (- 15...10 %)
частота сети питания	50...60 Hz (- 5...5 %)
число фаз сети	3 фазы
линейный ток	13.9 А для 380 В 10.6 А для 500 В

фильтр помех	Встроенный
полная мощность	9.2 кВт·А

Данный преобразователь позволяет управлять трехфазными асинхронными двигателями. Преобразуя неизменное напряжение и частоту электросети в изменяемое напряжение с изменяемой частотой, он позволяет бесступенчато изменять частоту вращения двигателя. Преобразователь встраивается в цепь между электросетью и двигателем. На рисунке 2 изображен внешний вид панели управления.

На панели присутствует светодиодная индикация в виде четырехзначного семисегментного индикатора для вывода рабочих параметров, а также единичные индикатора состояния частотного преобразователя.



Рисунок 2 — Внешний вид панели управления

Клавиши управления и их функции:

Диск цифрового набора. С помощью данного диска можно устанавливать значения параметров, осуществлять выбор.

Кнопка RUN – запуск двигателя

Кнопка STOP/RESET служит для остановки двигателя

Кнопка MODE – переключение режимов настройки частотного преобразователя, а также для блокировки панели управления

После установки параметров с помощью диска цифрового набора нужно установить необходимую частоту, после чего нажать клавишу RUN двигатель при этом начнет вращаться с заданной частотой. Для остановки двигателя следует нажать на клавишу STOP/RESET.

Разработка принципа построения лабораторной работы

При выполнении лабораторной работы студентами будут получаться как теоретические знания о характеристиках различных типов двигателей, так и практические навыки работы с оборудованием стенда.

В первой, теоретической части предлагается ознакомиться с основными принципами работы, преобразователя частоты, электродвигателями.

Вторая, практическая часть работы требует измерения характеристик асинхронного двигателя, а также идентификации системы, построение следящей системы.

Студенты должны построить характеристику каждого двигателя по заданным характеристикам другого двигателя, а также при изменяемой нагрузке поддерживать количество оборотов.

**Выводы.**

Стенд на базе оборудования Schneider Electric, рассматриваемый в рамках данной работы предназначен для использования оборудования в учебных целях для составления лабораторных работ курсов «Электропривод», «Автоматизированный электропривод», «Эксплуатация электрооборудования и СА». Экономическая эффективность использования стенда в учебном процессе не оценивалась.

В ходе выполнения поставленных задач был изучен обучающий стенд, включающий в себя преобразователь частоты и программируемый логический контроллер. Были рассмотрены принципы построения и программирования данных устройств, изучены возможные режимы работы. Следующим этапом работы планируется сборка и монтаж стенда.

#### **Список литературы**

1. Боннет В.В., Логинов А.Ю., Потапов В.В. Уровень технического состояния асинхронного двигателя и его влияние на надежность функционирования производственного процесса // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 9 (72). – С. 200-203.
2. Боннет В.В., Прудников А.Ю. Статистическая оценка параметров изменения частоты вращения ротора асинхронного двигателя // Вестник ИргСХА. – 2017. – Вып. 80. – С. 125-130.
3. Карнаухов Д.Н., Муратов С.С., Ракоца И.А. Энергосберегающая система поддержания микроклимата в птичнике / науч. рук. А.Ю. Логинов, В.В. Боннет // Научные исследования и разработки к внедрению в АПК : материалы регион. науч.-практ. конф. молодых учёных, (5 апр. 2017 г.). – Иркутск, 2017. – С. 189-195.
4. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Герасимова М.Н., Логинов А.Ю., Потапов В.В. Определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы VII междунар. науч.-практ. конф., (18 апр. 2016 г.). – Саратов, 2016. – С. 183-188.
5. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Герасимова М.Н., Логинов А.Ю., Ракоца И.А. Амплитуда колебаний частоты вращения ротора как параметр оценки эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Вестник Ангарского государственного технического университета. – 2016. – № 10. – С. 70-73.
6. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Анализ методов определения работоспособности асинхронных электродвигателей в процессе эксплуатации // Актуальные проблемы энергетики АПК : материалы IV Междунар. науч.-практ. конф., (Саратов, 01 – 30 апр. 2013 г.). – Ижевск, 2013. – С. 273-276.

7. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Математическая модель асинхронного двигателя с эксцентриситетом ротора // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 6 (105). – С. 94-97.

8. Прудников А.Ю., Боннет В.В., Логинов А.Ю. Метод определения эксцентриситета ротора асинхронного двигателя // Вестник КрасГАУ. – 2015. – № 5 (104). – С. 68-72.

9. Рудых А.В., Герасимова М.Н., Боннет В.В. Энергетические характеристики сельскохозяйственных энергоустановок с силовыми полупроводниковыми преобразователями // Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса : материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. памяти Александра Александровича Ежевского, (15-16 нояб. 2018 г.). – Иркутск, 2018. – С. 227-235.

10. Синельников А.М., Боннет В.В. Анализ работы асинхронного двигателя по схемам замещения // Вестник ИрГСХА. – 2008. – Вып. 31. – С. 112-121.

### References

1. Bonnet V.V., Loginov A.Yu., Potapov V.V. Uroven tekhnicheskogo sostoyaniya asinkhronnogo dvigatelya i ego vliyaniye na nadezhnost funktsionirovaniya proizvodstvennogo protsessa // Vestnik KrasGAU. – 2012. – № 9 (72). – S. 200-203.

2. Bonnet V.V., Prudnikov A.Yu. Statisticheskaya otsenka parametrov izmeneniya chastoty vrashcheniya rotora asinkhronnogo dvigatelya // Vestnik IrGSKhA. – 2017. – Vyp. 80. – S. 125-130.

3. Karnaukhov D.N., Muratov S.S., Rakotsa I.A. Energoberegayushchaya sistema podderzhaniya mikroklimata v ptichnike / nauch. ruk. A.Yu. Loginov, V.V. Bonnet // Nauchnyye issledovaniya i razrabotki k vnedreniyu v APK : materialy region. nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh. (5 apr. 2017 g.). – Irkutsk. 2017. – S. 189-195.

4. Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Gerasimova M.N., Loginov A.Yu., Potapov V.V. Opredeleniya ekstsentrismeteta rotora asinkhronnogo dvigatelya // Aktualnyye problemy energetiki APK : materialy VII mezhdunar. nauch.-prakt. konf.. (18 apr. 2016 g.). – Saratov. 2016. – S. 183-188.

5. Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Gerasimova M.N., Loginov A.Yu., Rakotsa I.A. Amplituda kolebaniy chastoty vrashcheniya rotora kak parametr otsenki ekstsentrismeteta rotora asinkhronnogo dvigatelya // Vestnik Angarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2016. – № 10. – S. 70-73.

6. Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu. Analiz metodov opredeleniya rabotosposobnosti asinkhronnykh elektrodvigateley v protsesse ekspluatatsii // Aktualnyye problemy energetiki APK : materialy IV Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.. (Saratov. 01 – 30 apr. 2013 g.). – Izhevsk. 2013. – S. 273-276.

7. Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu. Matematicheskaya model asinkhronnogo dvigatelya s ekstsentrismetetom rotora // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 6 (105). – S. 94-97.

8. Prudnikov A.Yu., Bonnet V.V., Loginov A.Yu. Metod opredeleniya ekstsentrismeteta rotora asinkhronnogo dvigatelya // Vestnik KrasGAU. – 2015. – № 5 (104). – S. 68-72.

9. Rudykh A.V., Gerasimova M.N., Bonnet V.V. Energeticheskiye kharakteristiki selskokhozyaystvennykh energoustanovok s silovymi poluprovodnikovymi preobrazovatelyami // Problemy i perspektivy ustoychivogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa : materialy Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhdunar. uchastiyem. posvyashch. pamyati Aleksandra Aleksandrovicha Ezhevskogo. (15-16 noyab. 2018 g.). – Irkutsk. 2018. – S. 227-235.

10. Sinelnikov A.M., Bonnet V.V. Analiz raboty asinkhronnogo dvigatelya po skhemam zameshcheniya // Vestnik IrGSKhA. – 2008. – Вып. 31. – S. 112-121.

#### **Сведения об авторах**

**Сайфулин Максим Сабирович** – студент четвертого курса энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89246117613, e-mail: maks.saifulin97@gmail.com).

**Логинов Александр Юрьевич** – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электрооборудования и физики. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89041224153, e-mail: slogin87@gmail.com).

**Озимов Евгений Николаевич** – магистрант 1 года энергетического факультета, направление 35.04.06 – Агроинженерия, профиль – электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный 1/1, тел. 89041202604, e-mail: [mr.groll666@yandex.ru](mailto:mr.groll666@yandex.ru)).

#### **Information about the authors**

**Sayfulin Maksim Sabirovich** – fourth-year student of the faculty of energy. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodzhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89246117613, e-mail: maks.saifulin97@gmail.com).

**Loginov Aleksandr Yuryevich** – candidate of Technical Sciences, assistant professor, head of the department of power supply and heating engineers. Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (Molodzhny, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia, 664038, tel. 89041224153, e-mail: [slogin87@gmail.com](mailto:slogin87@gmail.com)).

**Ozimov Evgeniy Nikolayevich** – graduate student 1 years energy Department, specialty 35.04.06 - Electrotechnology and electric equipment in agriculture (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, 89041202604 telephone, e-mail: [mr.groll666@yandex.ru](mailto:mr.groll666@yandex.ru))

**УДК 66.047.355**

### **ТЕХНИЧЕСКИЕ СУШИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СУШКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**

**Салмонов С.Р., Алтухов И.В.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

Сушка - один из самых распространенных и часто используемых методов консервации. Данный процесс состоит из удаления влаги из продукта, возникающего в результате одновременного процесса тепломассопереноса в результате применения тепла. Он широко применяется для снижения содержания влаги (СВ) в овощах, фруктах, травах, зернах, специях, масличных семенах, древесине и других сельскохозяйственных продуктах с высоким (СВ). Процесс сушки может повлиять (частично или полностью) на качество продукции с учетом сенсорных, пищевых и функциональных свойств. Для

успешной операции сушки становится необходимым выбор подходящей техники, особенно для ценных продуктов, включая фрукты и овощи. Главная цель сушки сельскохозяйственных продуктов заключается в снижении содержания воды в них для минимизации микробиологической порчи и ухудшения реакции при их хранении.

*Ключевые слова:* технология, сушка, продукция, энергия, хранение, свойства.

## **TECHNICAL DRYING PLANTS OF THE NEW GENERATION, MULTIFUNCTIONAL USED FOR DRYING AGRICULTURAL PRODUCTS**

**S. R. Salmonov, I. V. Altuhov**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Drying is one of the most common and frequently used methods of preservation. This process consists of the removal of moisture from the product resulting from the simultaneous process of heat and mass transfer as a result of the use of heat. It is widely used to reduce the moisture content (DM) in vegetables, fruits, herbs, grains, spices, oilseeds, wood and other high (DM) agricultural products. The drying process can affect (partially or completely) the quality of the product, taking into account the sensory, nutritional and functional properties. For a successful drying operation, it becomes necessary to select the appropriate equipment, especially for valuable products, including fruits and vegetables. The main purpose of drying agricultural products is to reduce the water content in them to minimize microbiological spoilage and deterioration of the reaction during storage.

*Key words:* technology, drying, production, energy, storage, properties.

### *Новые технологии и методы сушки*

В последние десятилетия новые методы сушки (такие как применение микроволновой (MW) или инфракрасной (ИК) энергии, замораживание и комбинированная сушка) [1,2] были введены в качестве привлекательных альтернатив традиционным методам сушки (обычные методы с использованием горячего воздуха, псевдосжиженного слоя и вакуумной (VC) сушки).

Сушка (MW) приводит к высокому давлению паров внутри сельскохозяйственного продукта, что приводит к более пористой структуре, меньшей усадке и более низкому потреблению энергии. Микроволновая сушка [3]. Технология нагрева MW способствовала изменениям в процессах термической обработки, экономя время обработки в пищевой промышленности. Разработка недорогого и практичного генератора мощности MW, известного как магнетрон, сделала бытовые микроволновые печи популярными в реальной жизни. MW вызывает внутреннее тепловыделение в пищевых материалах за счет вращения молекулы диполярной воды и проводимости ионов в результате изменения электромагнитного поля. Следовательно, когда для сушки сельскохозяйственной продукции применяется нагрев MW, два нагревательных механизма могут вызвать быстрое испарение воды в продуктах. Сушка MW может повысить энергоэффективность и качество высушенных продуктов. Была исследована энергетическая эффективность

при высушивании ломтиков яблока (толщина 5 мм) в MW [7].

При повышении уровня мощности MW энергоэффективность увеличилась с 17,42% до 54,34%. Кроме того, увеличение уровней мощности MW повлияло на коэффициент диффузии влаги. Так же при переработке апельсинового сока использовалась сушка MW, чтобы использовать отходы апельсиновой корки в качестве ценного сырья. Всего пять уровней мощности MW (180, 360, 540, 720 и 900 Вт) были применены в экспериментах с сушкой, и на основе результатов экспериментов были установлены девять моделей сушки. Время высыхания и влажность отходов апельсиновой корки значительно снизились с увеличением уровня мощности MW.

Режимы сушки система сушки MW:

режим 1: фиксированные уровни мощности без контроля температуры;

режим 2: фиксированные уровни мощности с заданными температурами;

режим 3: непрерывная регулировка уровня мощности с контролем температуры с обратной связью;

режим 4: непрерывный Регулировка мощности по времени включения (отношение включения / выключения) и отношение мощности к влажности).

Эффективность сушки MW для различных овощей (сельдерей, морковь, тыква, шпинат и перец) была определена многими исследователями [7].

*Сублимационная сушка* считалась новым методом сушки, при котором замороженные продукты или сельскохозяйственные продукты могут быть высушены сублимацией льда. Продукты, высушенные с использованием сублимационной сушки, сохранили свое первоначальное высокое вкусовое содержание и высокое содержание органических летучих и ароматических кислотных соединений [5]. Однако сублимационная сушка влечет за собой высокие затраты на техническое обслуживание высокопроизводительного компрессора и насоса VC из-за отсутствия жидкой фазы (то есть воды) во время процесса сушки.

*Сушка горячим воздухом (конвективный воздух).*

Данная сушка является наиболее часто используемым коммерческим методом для сушки овощей и фруктов. Во время сушки конвекционный воздушный поток проходит по поверхности продукта, а не через продукты; таким образом, передача тепла из окружающей среды во внутреннюю часть сельскохозяйственных продуктов в значительной степени зависит от теплопроводности продуктов. Часто это приводит к снижению качества и требует длительного времени сушки с низкой энергоэффективностью в течение периода снижения скорости.

*Инфракрасная сушка.* ИК-излучение является частью электромагнитного спектра в диапазоне длин волн 0,78-1000 мкм, используется для термических процессов, связанных с пищевыми продуктами, таких как сушка и пастеризация, а также для определения

качества и безопасности сельскохозяйственных продуктов. ИК сушка является хорошей альтернативой простым методам сушки. По сравнению с обычными методами сушки, ИК сушка эффективна для увеличения скорости сушки сельскохозяйственных продуктов с более высокой энергоэффективностью и подходит для обезвоживания тонких слоев фруктов и овощей, подвергая большие поверхности воздействию ИК-излучения [8]. Однако скорость поглощения ИК-энергии сельскохозяйственными продуктами существенно зависит от их влагосодержания и состава.

*Инфракрасная сушка* обладает преимуществами высокой скорости теплопередачи благодаря компактному нагревателю, простоте управления и сокращенному времени сушки. Несмотря на то, что методы MW и ИК сушки имеют выдающиеся преимущества по сравнению с конвективной сушкой на воздухе, они могут вызывать нежелательные явления, такие как обугливание, неравномерное выделение тепла и ограниченную глубину проникновения в зависимости от компонентов в сельскохозяйственных продуктах [7]. Комбинированные методы сушки (с использованием комбинации горячего воздуха / VC (вакуумной), MW) были введены для компенсации вышеупомянутых недостатков отдельных способов сушки. Комбинированные методы сушки способствуют более быстрому времени сушки с быстрой диффузией влаги и меньшему изменению цвета.

*Новая термическая и горячая воздушная комбинированная сушка HAD.*

Сушка сельскохозяйственных культур часто контролируется такими механизмами, как диффузия и капиллярное действие, которое происходит в пористую область. Это может привести к временным ограничениям из-за большого количества внутреннего сопротивления в продукте. Это сопротивление можно преодолеть с помощью других технологии нагрева. Исследования показывают, что новая термическая технология привела к значительному сокращению времени сушки, повышению эффективности сушки, и получению превосходного качества продукции. Приведенные ниже примеры включают в себя комбинированную сушку HAD и ИК(инфракрасное излучение) HAD, которые хорошо описаны в литературе за последние годы.

Электромагнитное (ЭМ) излучение состоит из спектра электрических и магнитных волн и охватывает широкий спектр от низкочастотной связи, микроволновых печей (MWs), ИК, до гамма-излучение. MWs лежит в спектре ЭМ с частотой от 300 МГц до 300 ГГц. Эти бегущие волны распространяются с четкой мерой времени между наивысшими точками во время колебаний, в диапазоне от 331028 до 3310211с(s). Кроме того, MWs когда попадает на продукт, частично отражается, но большая часть поглощаются продуктом. Поглощенная энергия рассеивается внутри продукта как тепло заряженной частицы. В дальнейшем компонент электрического поля вызывает движение ограниченной заряженной частицы внутри продукта до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие между противостоящими и электрическими силами. Следовательно, внутри

продукта образуется дипольная поляризация. Впоследствии создается интенсивное тепло, которое может быстро расти до 10 ° С в секунду. Именно этот процесс нагрева приводит к объемному прогреву продукта. Быстрый внутренний объемный нагрев, в результате трения, создаваемого вращающимися диполями и движением ионов в продукте сушки.

Кроме того, во время этого процесса происходит массоперенос из-за образования пара внутри продукта, что вызывает водяной пар к поверхности продукта, следовательно, влага может легко быть удалена. Во время комбинированного MW и HAD процесса сушки, влажность с поверхности продукта может быть быстро удален в атмосферу конвективным поток воздуха с минимальными затратами энергии. На рисунке 1 представлена установка для реализации данной технологии.

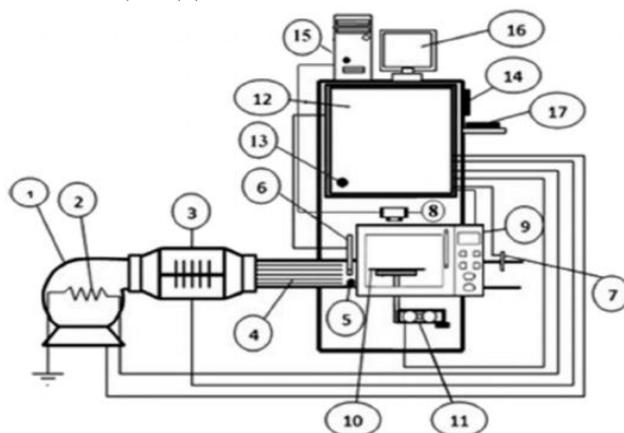


Рисунок 1 – Схема MW-НА сушилки

1. Вентилятор (воздуходувка) 2. Элементы предварительного нагрева 3. Нагревательные элементы 4. Выпрямитель 5. Датчик скорости 6. Датчики относительной влажности и температуры 7. Датчик температуры 8. Цифровая цветная камера 9. Микроволновая печь 10. Камера 11. Тензодатчик, 12. Блок управления 13. Датчик наружной температуры 14. Панель управления 15. Компьютер 16. Монитор 17. Клавиатура.

Данный метод увеличивает скорость сушки, её эффективность и значительно сокращает время сушки [8]. В основе лежит способность MW радиации проникнуть в продукт во время комбинированных MW и HAD и т приводит к контролируемому и точному нагреву, что улучшает скорость сушки, время сушки и качество сельскохозяйственных культур.

Существуют три различных сочетания MW и HAD сушки:

1 Применение MW энергии в начале процесса сушки, в результате чего продукт быстро нагревается, вызывая движение влаги в направлении поверхности продукта и тем самым позволяет легко удалить водяной пар на поверхности в атмосферу, путем применения горячего воздуха (MW и HAD).

2 Применяя энергию MWs после начального периода постоянной скорости. Здесь поверхность продукта сухая и большая часть влаги находится в центре продукта. На этом этапе тепло вырабатывается внутри, и давление его паров вызывает движение влаги к поверхности продукта. Горячий воздух вводится позже после первого периода падения (HAD). Во время периодического изменения воздушного потока, градиенты

концентрации воды уменьшаются из-за постоянного изменения потока воздуха. Вода диффундирует на поверхность и легко рассеивается в атмосфере при введении воздушного потока.

3 Путем применения MW в течение второго периода сушки или конца всего процесса сушки, (HAD + MW). В течение данного процесса, сельскохозяйственные культуры испытывают структурную усадку которая в свою очередь контролирует скорость движения воды (диффузии), что приводит к снижению скорости сушки. И наоборот, во время MW + HAD, усадка структуры ткани может быть предотвращена [8].

Иногда, применение HAD + MWs может улучшить удаление связанной воды из продукта. В дополнение к вышеупомянутым комбинированным режимам, одновременно MW и процесса сушки горячим воздухом (MW-HAD) также был изучен процесс экстенсивного удаления влаги, с различной температурой, скоростью воздушного потока и моделированием комбинаций.

### **Выводы**

Во время одновременной работы MW и горячего воздуха сушка (MW+HAD), нагрев происходит мгновенно и быстро в результате достаточный перенос энергии внутри продукта и конвективное тепло и массообмен следовательно, период постоянной скорости и этап проводимости поверхностного центра в значительной степени исключены. Поскольку сушка продолжается, дополнительный подвод энергии вызывает внутреннее выделение тепла, внутренней температуры, массообмена и давления пара, что приводит к переносу влаги на поверхность, таким образом увеличение скорости сушки. Несколько исследований показали преимущества использования комбинированных MWs для сельскохозяйственных культур.

### **Список литературы**

1. *Гроховски В. А.* Серия химической и технологической инженерии – Москва. 2011. - №5. – Стр. 250–255.
2. *Ширяев, А.С.* Повышение эффективности сушки урожая зерновых, кормовых культур и их грубоизмельченной массы в установках с неподвижным слоем сушимого материала за счет совершенствования сушильной камеры, Ярославль 2002
3. *Гинзбург А.С., Резчиков В.А.* Сушка пищевых продуктов в кипящем слое 1966г, пищевая промышленность.
4. *Главацкий Г.Д., Райков А.К., Баранов Н.Н.* Комплекс конвейерного типа для сушки зерна. // Техника в сельском хозяйстве, № 1, 1998, с.5-7.
5. *Мальтри В., Пётке Э., Шнайдер Б., Комиссаров В.М., Фрегер Ю.Л.; Под ред. Евдокимова В.Г.. Сушильные установки сельскохозяйственного назначения.* 1979 Москва. С 276.
6. *Афонькина В.А., Попов В.М.* Сушка термолабильных культур в ИК - диапазоне с учетом оптических свойств продукта. Вестник Южно-уральского государственного университета. Серия. Энергетика. Выпуск 17, № 26 [294] 2012. С 17-20.

7. *Афонькина В.А., Попов В.М., Захахатнов В.Г. Майоров В.И.* К вопросу управления процессом комбинированной сушки зерна. - Вестник Мордовского университета, №1, 2016, С 33-40

8. *И. А. Озкан, Б. Акбудак, Н. Акбудак.* Микроволновая сушка шпината. Журнал пищевой инженерии. 2007. С. 78-83.

### References

1. Grokhovsky V. A. series of chemical and technological engineering-Moscow. 2011. - №5. - Page. 250-255.

2. Shiryaev, A. S. improving the efficiency of drying crops, forage crops and ground meats of mass in system with fixed bed of the dried material due to the improvement of the drying chamber, Yaroslavl 2002

3. Ginzburg A. S., Rezhnikov V. A. Drying of food products in the fluidized bed 1966, food industry.

4. Glavatsky G. D., Raikov A. K., Baranov N. N. Complex conveyor type for drying grain. // Machinery in agriculture, № 1, 1998, p. 5-7.

5. Malti V., Petka E., Schneider B., Komissarov V. M., Freer Y. L; ed. by V. G. Evdokimova. Drying plants for agricultural purposes. 1979 Moscow. With 276.

6. Afonkina V. A., Popov V. M. Drying of thermolabile cultures in the IR range, taking into account the optical properties of the product. Bulletin of South Ural state University. Series. Energy. Issue 17, № 26 [294] 2012. From 17-20.

Afonkina V. A., Popov V. M., Shakhmatov V. G. Mayorov V. I. on the problem of process control of combined grain drying. - Bulletin of the Mordovian University, №1, 2016, from 33-40

7. I. A. Ozkan, B. Akbudak, N. Akbudak. Microwave drying of spinach. Journal of food engineering. 2007. P. 78-83.

### Сведения об авторах

**Салмонов Саьдуллохон Рахматуллоевич** - студент 1 курса энергетического факультета, направления подготовки Теплоэнергетика и теплотехника, Иркутского государственного аграрного университета им А.А.Ежевского salmonov99@inbox.ru

**Алтухов Игорь Вячеславович** – доктор технических наук, профессор кафедры Энергообеспечения и теплотехники агрохимии, (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89500505500, e-mail: altukhigor@yandex.ru).

### Information about authors

**Salmanov Sadullokhon rakhmatullaevich** - 1st year student of the faculty of energy, direction of training of heat power Engineering and heat engineering, Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky salmonov99@inbox.ru

**Altukhov Igor V.** – doctor of technical Sciences, Professor, Department of thermal Energy and agricultural chemistry, (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, 89500505500 telephone, e-mail: altukhigor@yandex.ru).

УДК 621.31; 551.521.6

## **ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ**

**Синицын Д. В., Клибанова Ю.Ю.**

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
г. Иркутск, Россия*

Геомагнитные возмущения, вызванные изменениями космической погоды, влияют на процессы, в которых существует соотношение между магнитными и электрическими полями. В данной работе рассматривается механизм возникновения геомагнитных индуцированных токов (ГИТ), которые отрицательно воздействуют на работу электрических сетей. Геомагнитные индуцированные токи вызывают насыщение магнитной системы силовых трансформаторов, что приводит к многократному возрастанию несинусоидальных токов намагничивания, которые также циркулируют по электрической сети. В результате чего происходит сбой в работе энергетического оборудования и релейной защиты.

*Ключевые слова:* геомагнитные индуцированные токи, силовой трансформатор, геомагнитные бури

## **PHYSICAL JUSTIFICATION OF THE OCCURRENCE OF GEOMAGNETIC INDUCED CURRENTS AND THEIR IMPACT ON ELECTRIC NETWORKS**

**Sinitsyn D. V., Klibanova Yu.Yu.**

*Irkutsk state agrarian university named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

Geomagnetic disturbances caused by changes in space weather affect the processes in which there is a relationship between magnetic and electric fields. This paper discusses the mechanism of the occurrence of geomagnetic induced currents (GIT), which negatively affect the operation of electrical networks. Geomagnetic induced currents cause saturation of the magnetic system of power transformers, which leads to a multiple increase in non-sinusoidal magnetizing currents, which also circulate through the electrical network. As a result, there is a failure in the operation of power equipment and relay protection.

*Keywords:* geomagnetic induced currents, power transformer, geomagnetic storms

### **Введение**

Космическая погода включает в себя совокупность явлений на Солнце, в околоземном космическом и межпланетном пространстве, в верхней атмосфере, оказывающая влияние на Землю и окружающее её пространство. Возмущения в магнитосфере и ионосфере, вызванные изменением космической погоды, в первую очередь, проявляются в процессах, где существует равновесие магнитных и электрических полей. Во время сильных геомагнитных возмущений (геомагнитных бурь) электрические сети подвергаются опасному воздействию со стороны геомагнитных индуцированных токов (ГИТ) [1]. Такие токи возникают при изменении магнитного поля Земли из-за явления электромагнитной индукции. Возникает вихревое электрическое поле в виде короткого импульса,

пронизывающее всё околоземное пространство, атмосферу и Землю. И если имеется проводящий контур, то в нём появляются электродвижущая сила (ЭДС) и электрический ток. В результате во всех проводящих и технических системах, таких как, протяжённые линии электропередач, линии связи, железнодорожные линии электроснабжения, различные конструкции трубопроводов возникают геомагнитные индуцированные токи, которые достаточно опасны и могут вывести из строя работу всех энергетических объектов.

На подстанциях линий электропередач, геомагнитные индуцированные токи текут через трансформаторные обмотки и по заземлению. В таких энергетических системах эти токи приводят к насыщению трансформаторов, их перегреву и разрушению. Температура наиболее нагретой точки может превысить предельно допустимую температуру при номинальной нагрузке кратковременных и продолжительных аварийных нагрузках, установленную стандартами[2]. Целью настоящей работы является анализ возникновения геомагнитных индуцированных токов во время высокой геомагнитной активности и их влияние на электрические сети.

#### **Формирование геомагнитных индуцированных токов и механизм их проникновения в нейтраль силового трансформатора**

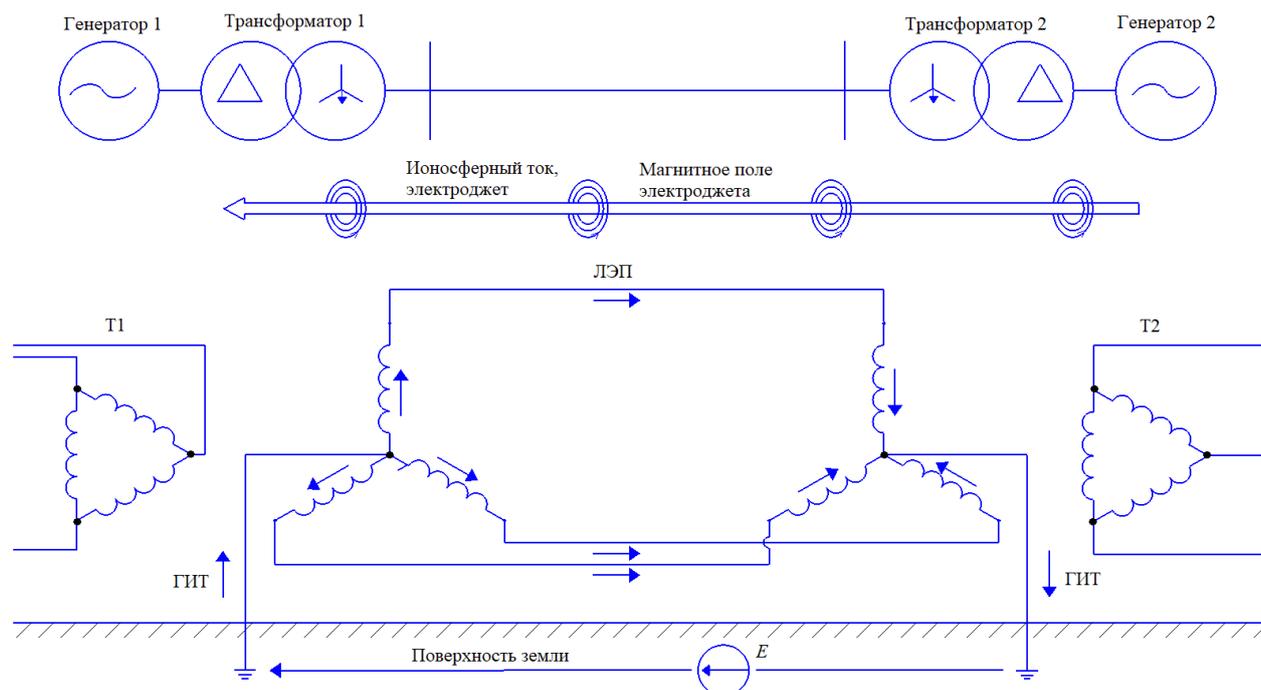
В результате взаимодействия сверхзвукового солнечного ветра (потока ионизированных частиц) с Землей, у которой существует собственное сильное магнитное поле, формируется магнитосфера (область околоземного пространства). Взаимодействие солнечного ветра с магнитосферой Земли вызывает значительные колебания  $H$ -компоненты геомагнитного поля (магнитосферные бури) и приводит к возникновению магнитосферно-ионосферной токовой системе, которая циркулирует над Землей на высотах в сотни и тысячи километров [3]. Интенсивность токовых систем приводит к изменениям магнитного поля Земли. В результате на поверхности Земли, согласно закону Фарадея (закону электромагнитной индукции)

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

возникает разность потенциалов электрического поля и, как следствие, в протяженных линиях электропередач возникают геомагнитные индукционные токи (Geomagnetically induced currents (GIC)).

Между заземленными нейтралями высоковольтных трансформаторов подстанций поверхностный потенциал вызывает протекание геомагнитных индуцированных токов. На рисунке 1 показан механизм проникновения ГИТ в нейтраль трансформатора. ГИТ протекает между двумя подстанциями: ГИТ – подстанция 1 (заземлитель – нейтраль – заземленная обмотка высокого напряжения силового трансформатора T1) – провода воздушной линии электропередачи – подстанция 2 (заземлённая обмотка высокого напряжения силового трансформатора T2 – нейтраль – заземлитель) – ГИТ. Кроме того, резкие изменения ионосферных токов приводят к наведению больших токов в протяженных линиях электропередач[1]. Основные воздействия ГИТ на

электрические сети заключается в насыщении магнитной системы силовых трансформаторов. В результате многократно возрастают несинусоидальные токи намагничивания, которые также циркулируют по электрической сети. Вдобавок, увеличивается потребление реактивной мощности и снижается пропускная способность электрической сети, происходит падение напряжения, появляются высшие гармонические составляющие тока и напряжения, возможны ложные срабатывания релейной защиты и автоматики, и, как следствие, нарушение электроснабжения потребителей [4].



**Рисунок 1** – Механизм проникновения ГИТ в нейтраль силового трансформатора

### Обсуждение и выводы

В данной работе показано, что основное воздействие ГИТ заключается в одностороннем насыщении магнитной системы силовых трансформаторов, приводящем к многократному возрастанию несинусоидальных токов намагничивания. Это достаточно опасно для силовых трансформаторов (возникает дополнительный нагрев обмоток, магнитопровода, масла, конструктивных элементов), а также для режима электроэнергетической системы, поскольку увеличивается потребление реактивной мощности и ухудшается качество электроэнергии. Поэтому актуальной является задача оценки и прогноза степени влияния интенсивности ГИТ на насыщения силовых трансформаторов с различным конструктивным исполнением магнитной системы. Необходимо непрерывно следить за воздействием ГИТ на энергетические сети с возможностью удалённого просмотра текущего состояния, изменения настроек, а также сбора информации. В настоящее время в России отсутствуют рекомендации по повышению надёжности работы энергетических систем во время высокой геомагнитной активности

[5]. Такие рекомендации разработаны Координационным советом Северо-восточной электроэнергетической системы США после магнитной бури 1989 г. [6]. Геомагнитные индукционные токи во время магнитных бурь постоянно фиксируются в энергосистемах мира. Вот несколько примеров, в северной части Финляндии во время магнитных бурь в 2005 и в 2012 годах были зафиксированы ГИТ в нейтралях силовых трансформаторов с амплитудой до 200 А, в Швеции в 2000 г. – с амплитудой около 300 А. В августе 2003 г. в результате воздействия ГИТ на трансформаторы произошел коллапс энергосистем в северной части США и пограничной части Канады. Но не только в Северном полушарии наблюдаются ГИТ, но в Южном полушарии. Их интенсивность намного ниже, чем в северных, но, тем не менее, они имеют большее значение, чем в других, не выделенных областях. В России измерения ГИТ в нейтралях силовых трансформаторов ведутся с ноября 2003 года только на ряде подстанций Кольской энергосистемы.

Из проведенного анализа можно сделать вывод, что во время геомагнитных бурь возникают геомагнитные индуцируемые токи, которые отрицательно воздействуют на электрические сети. Риски развития аварий в энергетических системах возможно снизить за счет предварительного определения возможных значений геомагнитных индуцированных токов в глухозаземленных нейтралях силовых трансформаторов и ограничения их нагрузочной способности в зависимости от интенсивности геомагнитных бурь.

#### Список литературы

1. Вахнина В.В., Кувшинов А.А., Шаповалов В.А., Черненко А.Н., Штырков А.Ю., Минлигареев В.Т. Технологические проблемы, вызванные возмущениями космической погоды, на примере возникновения геоиндуцированных токов в нейтралях силовых трансформаторов электрических сетей / Мир измерений. – 2014. №9. – С. 3-7.
2. ГОСТ 14209-97. Руководство по нагрузке силовых трансформаторов. Межгосударственный стандарт.
3. Пудовкин М.И., Распопов О.М., Клейменова Н.Г. Возмущения электромагнитного поля Земли. Часть II. Короткопериодические колебания геомагнитного поля. — 271 с. изд. — Л.: Изд-во Ленингр.ун-та, 1976.
4. Вахнина В.В., Кувшинов А.А., Кузнецов В.А. Снижение рисков развития аварий в системах электроснабжения при геомагнитных бурях / Гелиогеофизические исследования. – 2013. - №5. – С. 115 – 123.
5. Кузнецов В.Д., Махутов И.А. Физика солнечного земного воздействия и проблемы безопасности энергетической инфраструктуры страны / Вестник российской академии наук. – 2012. – Т.82, №2. – С.110-123.
6. Larose D. Effect of Solar-Geomagnetic Disturbances on Power Systems / The Hydro-Quebec blackout of March 13, 1989/ IEEE Special Publication 90TH0291-5 PWR, 1989.

#### References

1. Vahnina V.V., Kuvshinov A.A., Shapovalov V.A. Chernenko A. N., Shtyrkov A.Y. Minligareev V.T. Tekhnologicheskie problem vyvannyevozmushcheniyamikosmicheskoy pogodynaprimerevoznikoveniyageoinducirovannyhtokov v nejtralyahsilovyhtransformatorovelektricheskikhsetej / Mirizmerenij.-2014.№ 9. – s. 3-7.

2. Gost 14209-97.  
Rukovodstvo ponagruzkesilovyh transformatorov mezh gosudarstvennyj standart.
3. Pudovkin M.I., Raspopov O.M., Klejmenova N.G.  
Vozmushcheniya elektromagnitnogopolyazemli. Chast II.  
Korotkoperiodicheskie kolebaniya geomagnitnogopolya. – 1976. Izd-vo Leningr. Un-ta 271s.
4. Vahnina V.V., Kuvshinov A.A., Kuznecov V.A., Snizhenieriskovrazvitiya avarij v sistemahelektrosnabzheniyaprigeomagnitnyh buryah / Geliogeofizicheskie issledovaniya. – 2013. №5 –s. 115-123.
5. Kuznecov V.D., Mahutov I.A. Fizika solnechnogozemnogovozdejstviya I problem bezopasnostie nergeticheskoi infrastruktury strany / Vestnikrossijskoj akademii nauk. -2012.- T82 №2.-s. 110-123.
6. Larose D. Effect of Solar-Geomagnetic Disturbances on Power Systems / The Hydro-Quebec blackout of March 13, 1989/ IEEE Special Publication 90TH0291-5 PWR, 1989.

### Сведения об авторах

**Синицын Даниил Вячеславович** – студент 3 курса направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль Энергообеспечение предприятий. Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-он, пос. Молодежный, e-mail: [shestakovdaniil1998@yandex.ru](mailto:shestakovdaniil1998@yandex.ru))

**Клибанова Юлия Юрьевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры Электрооборудования и физики энергетического факультета. Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос. Молодежный, e-mail: [malozemova81@mail.ru](mailto:malozemova81@mail.ru))

### Information about the authors

**Sinitcyn Daniil Vyacheslavovich** – 3rd year student training course 13.03.01 Heat power and heat engineering profile energy Supply companies. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, e-mail: [shestakovdaniil1998@yandex.ru](mailto:shestakovdaniil1998@yandex.ru))

**Klibanova Yulia Yu.** - candidate of Physico-Mathematical Sciences, Senior Lecturer of the Department of Electrical Systems and Physics. Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky (Molodezhnyi settlement, Irkutsk, Irkutsk region, 664038, Russia, e-mail: [malozemova81@mail.ru](mailto:malozemova81@mail.ru))

УДК 519.6:311

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ЗАМОРОЗКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

**Чурин А.В., Кузнецов Б.Ф.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, г. Иркутск,  
Россия

Один из факторов который снижает эффективность сельского хозяйства — это заморозки. Прогнозирование радиационных заморозков одна из сложных задач в силу большой пространственной неоднородности. В данной работе сделана попытка разработке метода прогнозирования этого явления за некоторый период времени при помощи локальной метеорологической станции и искусственных нейронных сетей. Метеорологическая станция должна располагаться в зоне исследуемого микроклимата и осуществлять сбор данных. Непрерывная работа станции сможет накапливать данные и

периодически повторять процедуры обучения нейронной сети добиваясь высокой степени обученности распознавания ситуации, предшествующей заморозкам. Работа носит постановочный характер и предваряет планируемые исследования. Так выбор измеряемых параметров обусловлен только анализом литературных источников и будет уточняться в процессе исследования. Вопрос структуры искусственной нейронной сети, способов ее обучения остается открытым и его решение требует наличие реальных параметров некоторого микроклимата.

*Ключевые слова: микроклимат, прогнозирование заморозков, искусственная нейронная сеть.*

## **A RADIATION FROST FORECASTING WITH NEURAL NETWORKS**

**Churin A.V., Kuznetsov B.F.**

*Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

One of the factors that reduces the efficiency of agriculture is freezing. Prediction of radiation frosts is one of the most difficult tasks due to the large spatial heterogeneity. In this paper, an attempt is made to develop a method of predicting this phenomenon for a certain period of time with the help of a local meteorological station and artificial neural networks. The meteorological station should be located in the area of the microclimate under study and collect data. Continuous operation of the station will be able to accumulate data and periodically repeat the training procedures of the neural network achieving a high degree of training to recognize the situation prior to freezing. The work is staged and precedes the planned research. Thus, the choice of measured parameters is determined only by the analysis of literary sources and will be specified in the process of research. The question of the structure of the artificial neural network, the ways of its training remains open and its solution requires the presence of real parameters of some microclimate.

*Key words: microclimate, frost prediction, artificial neural network.*

**Введение.** Заморозком называется понижение температуры воздуха и деятельной поверхности до 0°C и ниже на фоне положительных средних суточных температур воздуха.

Сведения о заморозках требуются для оценки морозо-опасности территорий и обоснования размещения теплолюбивых растений, для установления сроков сева и уборки сельскохозяйственных культур, а также для разработки мер защиты растений от этого опасного явления.

Заморозки, наблюдающиеся весной и осенью в зоне умеренного климата, – нормальное климатическое явление. Опасны для сельскохозяйственных культур только поздние весенние и ранние осенние заморозки, совпадающие с вегетационным периодом сельскохозяйственных культур. По характеру процессов, вызывающих возникновение заморозков, и погодных условий, сопровождающих их, различают три типа заморозков[7].

- Адвективные заморозки. Они возникают в начале весны и в конце осени. При этом происходит понижение температуры воздуха во всем приземном слое. Адвективные заморозки могут длиться несколько суток подряд, охватывают большие территории и мало зависят от местных условий.

- Радиационные заморозки. Они обусловлены интенсивным охлаждением деятельной поверхности в результате излучения в ясные тихие ночи при невысоком уровне средних суточных температур воздуха.

- Адвективно-радиационные заморозки. Они образуются вследствие вторжения холодного воздуха и дальнейшего ночного охлаждения деятельной поверхности при ясном небе.

Иркутская область одна из заморозкоопасных территорий Восточной Сибири.

Снижение ущерба, наносимого заморозками, возможно при своевременном предупреждении сельхозпроизводителей, садоводов и огородников о вероятности таковых. Попытки создания методов и технических средств предсказания радиационных заморозков принимались неоднократно с применением различных подходов. Данная задача осложняется тем, что пространственное распределение заморозка определяется микроклиматическими условиями даже в пределах одного хозяйства [7].

Вариативность и зависимость от местных факторов и микроклиматических параметров условий возникновения заморозков хорошо проиллюстрирована в работе[3]:

«Наночное выхолаживания большое влияние оказывает рельеф местности, наличие поблизости лесных насаждений и водоемов. Густые заросли деревьев и кустарников по склонам возвышенностей, препятствуя стеканию холодного воздуха вниз, ослабляют интенсивность заморозков. Близость леса способствует возникновению заморозков. На полях, удаленных от леса на расстояние 500 м и более, влияние его как фактора, усиливающего интенсивность радиационных заморозков, прекращается. При возникновении адвективных заморозков лес оказывает обратное влияние. И на смежных с лесом полях заморозки оказываются более слабыми. Наличие поблизости полей значительных водоемов (озер, болот), обладающих большой поверхностью испарения, уменьшает вероятность заморозков и делает их менее интенсивными. В каждый конкретный день возникновение заморозков определяется все ходом погоды как в дневные часы, так и в ночное время».

Таким образом, надежное прогнозирование заморозков возможно при наличии достаточной исходной информации для конкретного участка наблюдения.

**Объекты и методы.** Физические процессы в системе «почва-атмосфера», приводящие к появлению заморозков, достаточно хорошо изучены и описаны в литературе. Однако построение прогностической модели на основе этих знаний достаточно проблематично, поскольку требуют значений сложно контролируемых параметров, например, таких как шероховатость, пористость, влагонасыщенность и др.

Используя методику постановки задачи, рассмотрим событие «радиационный заморозок» и сопоставим ему вектор климатических параметров PR (факторов) [6]:

$$PR = [p_{ta1}p_{ta2}p_{ta3}p_{ta4}p_{ta5}p_{tg1}p_{tg2}p_{tg3}p_{ta1}p_c p_{\phi} p_{rg} ],$$

где  $p_{ta1}$ - $p_{ta5}$ - температура приземных слоев воздуха на разных участках °С,  $p_{tg1}$ - $p_{tg3}$ - температура грунта на разной глубине °С,  $p_c$ - облачность неба%,  $p_{\phi}$ -относительная влажность воздуха %,  $p_{rg}$ -излучение земл Вт/м<sup>2</sup>.

Сбор данных для выполнения прогноза должна осуществлять локальная метеорологическая станция, расположенная в зоне анализируемого микроклимата. Набор измеряемых параметров такой метеостанции должен соответствовать вектору PAR, как наиболее полному. Однако остается открытым вопрос построения прогностической модели, которая позволила бы с высокой вероятностью предсказывать заморозки. Для этого можно воспользоваться моделями искусственных нейронных сетей[3].

Такой вариант прогнозирования является перспективным направлением для решения данной задачи и заключается в применение нейронных сетей, обладающих возможностью «самообучаться». Находясь в непрерывной работе, локальная метеостанция сможет накапливать данные и периодически повторять процедуры обучения распознавания ситуации, предшествующей заморозкам. Целью обучения сети является такое подстройка ее весов, чтобы приложение некоторого множества входных сигналов приводило к множеству сигналов на выходе[4].

С точки зрения постановки задачи это есть задача прогнозирования временного ряда температуры приземного слоя:

$$T_A = (FAR, t).$$

При этом следует учитывать, что все элементы вектора  $P_{AR}$  получают еще одно измерение-время и становится двумерным массивом  $PAR_{i,j}$  здесь  $i$ соответствует номеру параметра,  $j$ соответствуют номеру измерения, т.е. положению на оси времени относительно других измерений. Хранение данных организовано в виде сдвигового регистра. Каждое новое измерение вытесняет значение, которое максимально удалено по времени от заносимого значения, реализуя тем самым скользящее временное окно.

На этапе обучения сети происходит формирование матрицы весовых коэффициентов синапсов нейронной сети. Таким образом, происходит самоорганизация нейронной сети, способной прогнозировать временной ряд на один или более шагов вперед. Обучение происходит до тех пор, пока ошибка обучения, равная разности между значениями выхода сети и

целевым значением временного ряда, не будет достаточно малой или перестанет изменять свою величину[2].

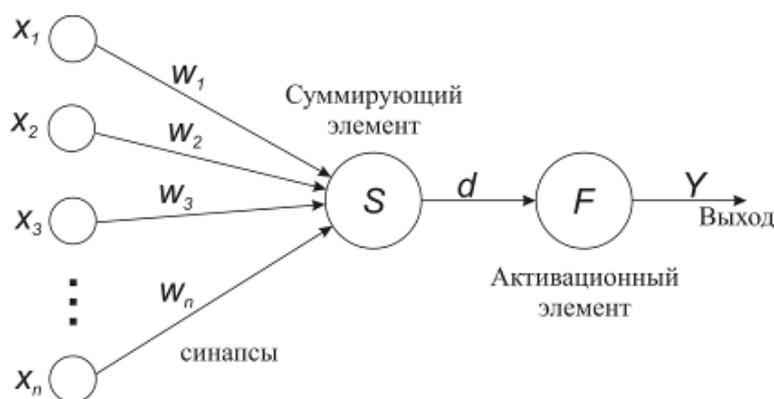


Рисунок 1 - Построение нейросети

Нейросеть – это база, на которой строится искусственный интеллект, его «мозг». Если коротко, нейросеть — это сложная программа, состоящая из огромного множества простых программ, каждая из которых «реагирует» на какой-то свой сигнал. Система работает примерно, как лампочка: при определенном условии «зажигается», а в остальных случаях — нет. Каждая из таких маленьких программ называется нейроном, а нейросеть – это, собственно, гигантская сеть нейронов, объединенных в последовательные слои.

По окончании обучения входы нейронной сети «смещаются» относительно временного ряда на одно значение вперед, то есть на вход обученной сети подается «неизвестный» ей сигнал, который проходя через нее, формирует выходную величину[5].

**Заключение.** В данной работе рассматривается построение модели временного ряда при помощи искусственной нейронной сети. Создание подобных алгоритмов является необходимым в связи с развитием систем автоматического измерения параметров окружающей среды. Нейронная сеть может быть использована в процессе оценки изменения состояния окружающей среды и принятия оперативных решений.

Статья носит постановочный характер и предваряет планируемые исследования. Так выбор измеряемых параметров, массива PAR, обусловлен только анализом литературных источников и будет уточняться в процессе. Задача структуры искусственной нейронной сети, способов ее обучения требует реальных параметров некоторого микроклимата.

#### Список литературы

1. Берлянд М.Е. Предмказание заморозков и борьба с ними// М.Е. Берлянд, П.Н. Красиков. – Л: Гидрометеиздат. 2-е изд. доп. -1960. – 148с
2. Венкевич Г.З. Агрометеорология: Учебное пособие/ Г.З. Венцкевич – Л: – гидрометеорологическое изд-во, 1958. -148

3. Латышева И.В. Агрометеорология: Учебное пособие/ И.В. Латышева –Иркутск Изд-во Игу, 2005. 140 с.
4. Михайленко И.М. Краткосрочное прогнозирования скрытых заморозков/ И.М. Михайленко, В.Н. Тимошин// Агофизика.-2014. -№2(14).-С.22-27.
5. Усков И.Б. Микроклиматология в агрофизике/И.Б. Усков//Агрофизика.-2012-№3. Сю21-30.
6. Чирков Ю.И. Агрометеорология/Ю.И.Чирков-Л.:Гидрометеоиздат, 1986-160с.
7. Электронный ресурс «Википедия»: <https://ru.wikipedia.org/wiki>

#### References

1. Berlyand M.Ye. Predmkazaniye zamorozkov i bor'ba s nimi/ / M.Ye. Berlyand, P.N. Krasikov. – L: Gidrometeoizdat. 2-ye izd.dop. -1960. – 148s
2. Venkevich G.Z. Aгрометеорологиya: Uchebnoyeposobiye/ G.Z. Ventskevich – L: – gidrometeorologicheskoye izd-vo, 1958. -148
3. Latysheva I.V. Aгрометеорологиya: Uchebnoyeposobiye/ I.V. Latysheva –Irkutsk Izd-vo Igu, 2005. 140 s.
4. Mikhaylenko I.M. Kratkosrochnoye prognozirovaniye skrytykh zamorozkov/ I.M. Mikhaylenko, V.N. Timoshin// Agofizika.-2014. -№2(14).-S.22-27.
5. Uskov I.B. Mikroklimatologiya v agrofizike/I.B. Uskov//Agrofizika.-2012-№3. Syu21-30.
6. Chirkov YU.I. Aгрометеорологиya/YU.I.Chirkov-L.:Gidrometeoizdat, 1986-160s.
7. Elektronnyy resurs «Vikipediya»: <https://ru.wikipedia.org/wiki>

#### Сведения об авторах

**Кузнецов Борис Федорович** – доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89021723331, e-mail: [kuzetsovb@mail.com](mailto:kuzetsovb@mail.com) )

**Чурин Александр Васильевич** – студент 2-го курса энергетического факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89025602765 )

#### Information about the authors

**Churin Alexander Vasilievich** - 2nd year student of the Faculty of Energy, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhny Settlement, tel. 89025602765)

**Kuznetsov Boris F.**- Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Electrical Equipment and Physics, Faculty of Energy, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevskogo (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, settlement Molodezhny, tel. 89021723331, e-mail: [kuznetsovb@mail.com](mailto:kuznetsovb@mail.com))

УДК 631.32.641.

## ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ ОТХОДОВ КЕДРОВЫХ ШИШЕК

**Шеметов И.И. Епифанов А.Д.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
г. Иркутск, Россия

Анализируются вопросы переработки отходов кедровых шишек с применением электро-инфракрасного облучения в кормовую добавку для сельскохозяйственных животных и пушных зверей. Приводятся результаты анализов на содержание микроэлементов и питательных веществ и рекомендации по терморadiационным характеристикам сырья и инфракрасных облучателей. Приводится сравнение кедровой муки по питательности и содержанию питательных веществ и микроэлементов с хвойной мукой.

*Ключевые слова:* отходы кедровых шишек, кедровая мука, хвойная мука, электро-инфракрасный нагрев, микроэлементы, питательные вещества.

## **PRODUCTION AND APPLICATION OF FEED ADDITIVE OF CEDAR CONES**

**Shemetov I.I., A.D. Yepifanov**

Irkutsk State Agrarian University. A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

The questions of processing of waste of cedar cones with the use of electro-infrared radiation in feed additive for farm animals and fur-bearing animals are analyzed. The results of analyses on the content of trace elements and nutrients and recommendations on thermal radiation characteristics of raw materials and infrared irradiators are presented. The comparison of cedar flour on the nutritional value and content of nutrients and trace elements with coniferous flour is given.

*Keywords:* waste of pine cones, cedar flour, coniferous flour, electro-infrared heating, trace elements, nutrients.

Отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о том, что наряду с традиционными кормовыми и витаминными добавками в рационе кормления сельскохозяйственных животных широко применяются кормовые добавки, производимые из различных продуктов растительного происхождения, содержащие различные микроэлементы и питательные вещества. К такой кормовой и витаминной добавке можно отнести «муку кедровую», получаемую из отходов кедровых шишек.

В Иркутской области кедровые леса занимают более 50% от всей площади лесов. После добычи кедровых шишек и извлечения из них орешек остаются десятки тысяч тонн отходов от этих шишек (чешуйки и стержни кедровых шишек – на одну тонну добытых орешек остаётся две тонны отходов). Эти отходы остаются перегнивать в тайге или на перерабатывающих пунктах в населённой местности. Кедровые орешки благодаря, наличию в них большого количества питательных веществ и витаминов прочно вошли в рацион населения и используются в пищевой промышленности. Отходы кедровых шишек в начале прошлого века использовались в качестве дубильных и красящих веществ, но с развитием химической промышленности их перестали использовать.

Проведённые анализы (таблица 1) показали, что этих отходах, как и в кедровых орешках, находится много микроэлементов, полезных для животных. Результаты анализов определения питательности кедровой муки (Таблица 2) показали, что в кедровой муке, полученной из отходов кедровых шишек с применением в процессе сушки электро-инфракрасных

нагревателей, находятся питательные вещества, имеющие кормовую ценность.

Таблица 1 – Результаты полуколичественного атомно-эмиссионного определения микроэлементов кедровой муки

Элемент	Содержание, мг/г	Элемент	Содержание, мг/г
Si	21	Li	0.003
Al	4.1	Ni	0.015 0.0006
MgCa	7	Co	0.004
FeNa	5.8	V	0.008
K	4.2	CrM	0.0007
P	1.6	oSn	0.0003
B	104	Be	0.00025
MnTi	8	Sc	0.00045
Zn	0.12 0.35	Ga	0.001
Pb	0.4	Ag	0.00012
Cu	0.37 0.035	Cd	0.0005 0.025
Ba	0.05 0.05	As	0.02
Sr	0.02	Zr	0.0025

Экспериментальные исследования по применению кедровой муки в рационе кормления сельскохозяйственных животных, кур-несушек и пушных зверей (норок) показали высокую эффективность. У молодняка к.р.с. контрольной группы отмечены хорошая поедаемость корма и отсутствие диареи. У кур-несушек в результате добавки кедровой муки в корм отмечено укрепление скорлупы яиц, у норок – улучшение качества меха и более интенсивный рост зверька (увеличение размеров шкуры).

Таблица 2 - Результаты анализов определения питательности кедровой муки

Му-ка кедровая	Химический состав (Г/кг)					Содержимое в 1 кг. корма						Содержимое в абс. %			
	Влага	Сыр. протеин	Сыр. клетчатка	Сыр. зола	Сыр. жир	Корм. ед. кг.	Обмен энерг.	Пер. протеин, г	Сахар, г	Кальций, г.	Каротин г.	Нитраты	Укс. к-та	Молк. к-та	РН
	12.4	3	30	1,4	0,9	0,6	7	4,2	32	6	22	0	0	0	0

Не обнаружены следующие элементы (мг/): Sb<0.003; Bi<0.0002; Ge<0.0002; La<0.002; Nb<0.001; Yb<0.0025.

В рационе кормления сельскохозяйственных животных прочное место занимает кормовая добавка, производимая из веток деревьев хвойных пород – хвойная мука. Сравнение хвойной и кедровой муки (таблица 3) по содержанию микроэлементов и питательных веществ показало ряд достоинств муки, получаемой из отходов кедровых шишек.

Таблица 3- Результаты сравнительного анализа микро и макро элементов хвойной и кедровой муки

Микро и макро элементы	Допустимые уровни, мг/г	Хвойная мука, мг/г	Кедровая мука, мг/г
Нитраты NO <sub>3</sub> (мг/кг)	1000	150	0,0
Нитриты NO <sub>2</sub> (мг/кг)	10	2	0,0
Тяжёлые соли:			
- меди -----			
- ртути -----	100	7,9	0,5
- цинка-----	0,1	нет данных	0,0
- свинца-----	1,2	0,262	0,37
- кадмия-----	10	1,25	0,035
- мышьяка ---	1,0	нет данных	0,0005
Афлотаксин ----	1,0	0,03	0,0
2,4Д-----	0,005	нет данных	не обнаружен
Селен -----	не допуск.	нет данных	не обнаружен
Стронций -----	До 0,5	0,2	не обнаружен
Фтор-----	До 0,1	нет данных	0,02
Молибден -----	0,02	нет данных	не обнаружен
Влажность ----	0,01	0,009	0,0007
Температура сушки	не более 8,0	80-90	60-90
Кальций-----	Не ограничено	4,6	6,0
Фосфор-----		1,4	8,0
Магний-----		1,0	7,0
Калий-----		3,3	104
натрий-----		0,2	1,6
Сера-----		0,8	не обнаружена
Железо-----		12,6	4,2
Йод-----		0,11	0,025
Сахар (г/кг) -----		16	32
Сырая клетчатка(г/кг)			
Каротин (г/кг)		70,6	30
		50	22

Нестабильность урожаев, технические проблемы с организацией быстрого вывоза отходов кедровых шишек из тайги поставили задачу исследования терморadiационных характеристик отходов кедровых шишек урожаев предыдущих лет, остающихся в тайге. Известно, что многие дикорастущие растения повышают свою биологическую ценность оставаясь не переработанными в природных условиях год и более (например, лист бадана). Для проведения эксперимента по исследованию терморadiационных характеристик были взяты отходы кедровых шишек урожаев предыдущих годов. При внешнем осмотре образцов, представленных для исследования, было отмечено изменение цвета отходов от светло-коричневого до тёмно – коричневого и изменение по механическим свойствам – отходы урожая предыдущих лет состояли из более мелких фракций. С целью снижения энергозатрат в процессе сушки

применён прерывный режим работы электро-инфракрасного нагревателя. Экспериментальные исследования проводились по следующей методике - обрабатываемое сырьё подвергалось облучению следующими методами прерывного облучения: с постоянным уровнем энергии и постоянным циклом работы; с возрастающим уровнем энергии и постоянным циклом работы; с уменьшающимся уровнем энергии и постоянным циклом работы и с постоянным уровнем энергии и переменным циклом работы (частотно-прерывный метод). Соотношение между временем облучения и временем паузы определялось коэффициентом диффузии влаги. Чем меньше значение этого коэффициента, тем больше должен быть период паузы.

Результаты экспериментальных исследований подтвердили теоретическое предположение о целесообразности применения частотно-прерывного метода ИК- облучения применительно к отходам кедровых шишек. Удельный расход энергии ниже, чем при других режимах, а сохранение питательных веществ достигает 80-90%. Благодаря изменению своих механических свойств (отходы кедровых шишек прошлых лет имеют более рыхлую структуру) при сушке в установке с инфракрасным облучением имеем более высокий коэффициент диффузии влаги, нежели у отходов текущего года. Это изменение коэффициента диффузии влаги в процессе сушки привело к изменению соотношения между периодами облучения и периодом паузы частотно-прерывного способа управления инфракрасным облучением. Изменение времени цикла сушки будет определять энергосберегающий режим.

Исследования показали, что применение инфракрасных нагревателей при сушке отходов кедровых шишек позволяет максимально сохранять в переработанном сырье питательные вещества и микроэлементы. Результаты анализов кедровой муки, полученной из отходов кедровых шишек в 2002 году и проверенной в 2013 году, показали хорошую сохранность питательных веществ и микроэлементов. Это позволяет сделать вывод, что в результате обработки сырья ИК облучением полученный продукт хорошо сохраняется в течение длительного хранения. В отношении хвойной муки таких данных нет.

Следовательно, можно сделать вывод, что при сушке отходов кедровых шишек урожаев разных лет при переработке их в кедровую муку, энергосберегающий режим сушки будет получен при использовании длинно-волновых инфракрасных излучателей, причём спектр излучения смещается в сторону увеличения длины волны.

Обобщая выше сказанное можно сделать следующие выводы:

1. Переработка *отходов* кедровых шишек в кедровую муку позволит получить дешёвую кормовую и витаминную добавку;
2. Анализ методов нагрева применительно к обработке дикорастущего и культивируемого сырья показал преимущества электро-инфракрасного нагрева;

3. При сушке отходов кедровых шишек целесообразно применять энергоэкономичный частотно-прерывный способ управления ИК облучением с использованием средне и длинноволновых излучателей.

4. В процессе сушки отходов кедровых шишек можно получать целебные фитонциды.

5. Наличие в кедровой муке микроэлементов, полезных для растений, позволяет применять её в качестве минерального удобрения в овощеводстве защищённого грунта.

6. Использование фитонцидов, выделяемые в процессе сушки из сырья, позволит имитировать природный фитоорганический фон леса (кедрового бора) в любом помещении.

#### Список литературы

1. Карпов В.Н., Худоногов А.М. Электротехнология дикорастущих./Пути повышения эффективности использования электрической энергии в сельскохозяйственном производстве Восточной Сибири/ В.Н.Карпов, А.М.Худоногов.- Иркутск, 1992г.

2. Ретях С.М., Лезин Э.Д. Кормовые добавки из древесной зелени / С.М.Ретях, Э.Д.Лезин// Лесная промышленность.-1988.-96с.

3. Сергеев М.П. Производство витаминной муки / М.П.Сергеев// Лесная промышленность.-1983.-40с.

#### References

1. Karpov V.N., Hudonogov A.M. ENlektrotekhnologiyadikorastushchih./Putipovysheniyaehffektivnostiispol'zovaniyaehlektrichesk ojehnnergii v sel'skohozyajstvennomproizvodstveVostochnojSibiri/ V.N.Karpov, A.M.Hudonogov.- Irkutsk, 1992g.

2. Retyah S.M., Lezin E.H.D. Kormovyedobavkiizdrevesnojzeleni / S.M.Retyah, E.H.D.Lezin// Lesnaya promyshlennost'.-1988.-96s.

3. Sergeev M.P. Proizvodstvovitaminnojmuki / M.P.Sergeev// Lesnaya promyshlennost'.-1983.-40s.

#### Сведения об авторах

**Елифанов Александр Дмитриевич** - кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники энергетического факультета . Иркутский аграрный университет им.А.А.Ежевского (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос.Молодёжный, тел.89025786977, e-mail: [EAD57@yandex.ru](mailto:EAD57@yandex.ru)).

**Шеметов Игорь Иванович** - студент 2 курса энергетического факультета (664038, Россия, Иркутская обл., Иркутский р-н., пос.Молодёжный, тел. 89024877639, e-mail: [EAD57@yandex.ru](mailto:EAD57@yandex.ru))

#### Information about authors

**Epifanov Alexander D.** – Ph.D. in Technical Science, Department of Power Supply and Electric Technics, Faculty of Power Supply. Irkutsk State Agrarian University named after Ezhevskiy (Molodezhniy settlement, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89025786977, e-mail: [EAD57@yandex.ru](mailto:EAD57@yandex.ru)).

**Shemetov Igor I** -Electric Technics, Faculty of Power Supply. Irkutsk State Agrarian University named after Ezhevskiy (Molodezhniy settlement, Irkutsk region, 664038, Russia, phone. 89024877639).

## **К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ СЕЛЬСКИМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38 КВ**

**Наумов И.В.<sup>1,2</sup>, Якупова М.А.<sup>1</sup>, Федоринова Э.С.<sup>1</sup>, Карпова Е.С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

<sup>2</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
*г. Иркутск, Россия*

Для повышения качества электрической энергии и эффективности при управлении работой сельских распределительных электрических сетей низкого напряжения в настоящее время возникла необходимость оснащения их специальными пунктами, содержащими технические средства, позволяющие, без участия человека, отслеживать ненормальные процессы в этих сетях, принимать решения и, главное, осуществлять в автоматическом режиме минимизацию воздействия этих процессов на эффективное функционирование всех элементов, а также других потребителей, получающих питание по этой же электрической сети. К таким техническим средствам, в первую очередь, следует отнести автоматически управляемые батареи конденсаторов, предназначенные для минимизирования потоков реактивной мощности, а также управляемые средства нормализации гармонического состава напряжения и устройства симметрирования трехфазной системы напряжений. Все предлагаемые средства не только повышают качество электрической энергии, но и в значительной степени снижают дополнительные потери электрической энергии.

*Ключевые слова:* качество электрической энергии, потери мощности, симметрирование, компенсация реактивной мощности, высшие гармонические составляющие.

## **TO THE QUESTION ON INCREASE OF LEVEL OF CONTROLLABILITY OF RURAL DISTRIBUTION ELECTRICAL NETWORKS WITH VOLTAGE 0,38 KV**

**Naumov I. V.<sup>1,2</sup>, Yakupova M. V.<sup>1</sup>, Fedorinova E. N.<sup>1</sup>, Karpova E.S.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky, *Irkutsk, Russia*

<sup>2</sup>Irkutsk national research technical university, *Irkutsk, Russia*

To improve the quality of electricity and efficiency in the management of rural low-voltage distribution networks, it is now necessary to equip them with special items containing technical means that allow, without human intervention, to monitor abnormal processes in these networks, to make decisions and, most importantly, to automatically minimize the impact of these processes on the effective functioning of all elements, as well as other consumers who receive power on the same electrical network. First of all, it is necessary to carry to such technical means the batteries of condensers intended for minimization of streams of jet power and also the operated means of normalization of harmonious structure of tension and the device of balancing of a three-phase system of tension are automatically operated. All offered means not only increase quality of electric energy, but also substantially reduce additional losses of electric energy.

*Keywords:* quality of electric energy, power loss, symmetry, reactive power compensation, higher harmonic components.

Установлено, что сельские распределительные электрические сети напряжением 0,38 кВ в недостаточной степени оснащены средствами управления, что позволяет относить их к электрическим сетям низкой наблюдаемости [1]. Этот факт не позволяет в достаточной степени эффективно решать вопросы, связанные с энергосбережением и надежной эксплуатацией всех элементов электрической сети, которые снижаются вследствие очень низкого качества электрической энергии, приводящему к увеличению дополнительных потерь и, соответствующему снижению «живучести» электроэнергетических систем. В настоящее время Правилами устройства электроустановок не предусмотрены вопросы компенсации потоков реактивной мощности в сельских распределительных электрических сетях. Вместе с этим, насыщение коммунально-бытовых и потребителей реактивными электроприемниками в достаточно серьезной степени потребляют, как реактивную энергию, так и генерируют высшие гармонические составляющие токов и напряжений в электрическую сеть, вызывая в ней негативные процессы, приводящие в итоге к аварийным ситуациям. Кроме того, установлено, что сельские электрические сети данного класса напряжения объективно работают в условиях значительной несимметрии токов и напряжений, что также приводит к снижению качества и увеличению потерь электрической энергии.

Целью данной статьи является рассмотрение вопросов, связанных с разработкой комплекса технических средств, позволяющих автоматически управлять процессами нормализации качества электрической энергии в рассматриваемых электрических сетях. Рассмотрим, каким образом низкое качество электрической энергии влияет на работу электрической сети и что можно использовать для снижения этого влияния.

Реактивная мощность, характеризующая скорость обмена электромагнитной энергией между источником и пунктом приема, не выполняет полезной работы, но вызывает дополнительные потери активной мощности, снижение пропускной способности и нагрев проводников, а также требует применения источника энергии повышенной мощности [1]. Установлено, что потоки реактивной мощности в достаточной степени влияют на основной показатель качества, регламентирующий значение установившегося отклонения напряжения, вызываемого медленными изменениями токовой нагрузки:

$$\delta U = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} \cdot 100,$$

где  $U$  и  $U_{ном.}$  – соответственно, фактическое и номинальное значение напряжения электропитания. Вот, что происходит с напряжением, в результате существенного изменения этого показателя (рис. 1).

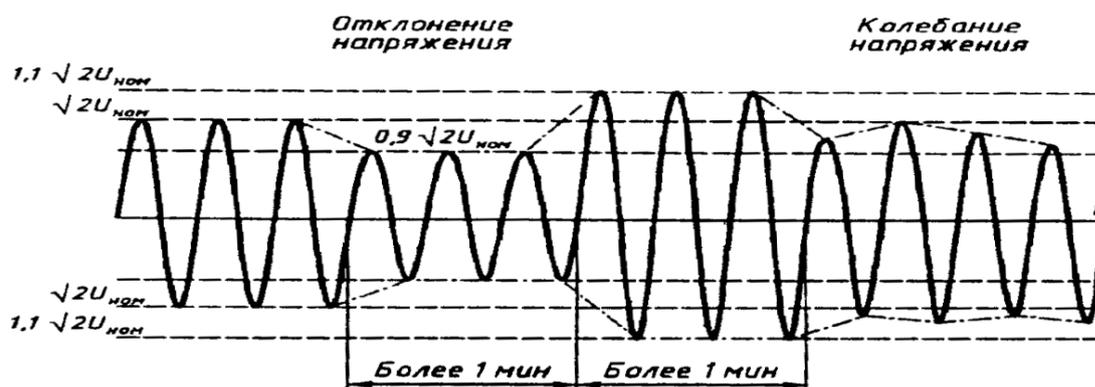


Рисунок 1 – Возникновение отклонения напряжения в результате изменения токовой нагрузки

Как видно из рис. медленные изменения тока нагрузки, приводит к изменению амплитуды номинального напряжения, вызывая его отклонения, а его быстрые изменения сопровождаются резкопеременными изменениями этой амплитуды, вызывая колебания напряжения.

Основными техническими средствами, компенсирующими излишки реактивной мощности в сельских коммунально-бытовых и офисных электрических сетях, можно считать конденсаторные батареи, с автоматическим управлением их мощностью. Конденсаторы изготавливаются в однофазном и трехфазном исполнении для внутренней и наружной установки. Преимущества конденсаторных батарей: малые удельные потери мощности, простота монтажа и эксплуатации, возможность установки около отдельных электроприёмников, малая масса.

Резкий рост применения силовой электроники в быту вызывает искажение волны напряжения или тока, следовательно, система распределения электроэнергии находится в возмущенном состоянии и качество электроэнергии не является оптимальным. Нелинейная нагрузка генерирует гармонические токи, циркулирующие в сети, которые ухудшают качество энергии и являются причиной многочисленных отрицательных эффектов[2,3,4]:

- перегрузка распределительных сетей из-за увеличения действующей величины тока;
- перегрузка нулевых рабочих проводников из-за суммирования гармоник 3-го порядка, создаваемых однофазными нагрузками;
- перегрузка, вибрация и старение трансформаторов, двигателей;
- искажение напряжения питания, что может создать помехи для чувствительных потребителей;
- возмущения в сетях передачи данных или телефонных линиях.

Несинусоидальность напряжения количественно оценивается коэффициентом гармонических составляющих напряжения  $K_{U(n)}$  и суммарным коэффициентом гармонических составляющих напряжения  $K_U$ . Коэффициент гармонических составляющих напряжения определяется как

отношение действующего значения гармоники напряжения определенной частоты к действующему значению напряжения основной частоты:

$$K_{U(n)} = \frac{U_{(n)}}{U_1} \cdot 100\%.$$

Суммарный коэффициент гармонических составляющих напряжения это отношение среднеквадратического значения суммы всех гармонических составляющих до 40-го порядка к действующему значению напряжения основной частоты:

$$K_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^n U_n^2}}{U_1} \cdot 100\%.$$

Причиной возникновения ВГ в электрических распределительных сетях, являются потребители с нелинейной ВАХ и их случайное включение.

Для снижения уровня гармоник в системе сельского электроснабжения наиболее эффективным следует считать применение, так называемых, гибридных устройств. Они представляют собой комбинацию пассивных и активных фильтров

Пассивный фильтр представляет собой последовательно соединённые реактор и батарею конденсатора. Работа фильтра основана на зависимости сопротивлений их элементов от частоты протекаемых в них токах. С увеличением частоты индуктивное сопротивление реактора увеличивается, а батареи конденсаторов – уменьшается пропорционально номеру гармоники. На частоте одной из гармоник индуктивное сопротивление реактора становится равным емкостному сопротивлению батареи конденсаторов, в цепи фильтра возникает резонанс напряжений, сопротивление звена току резонансной частоты равно нулю и оно шунтирует электрическую систему на этой частоте. Пассивные фильтры различаются по схемотехническому исполнению:

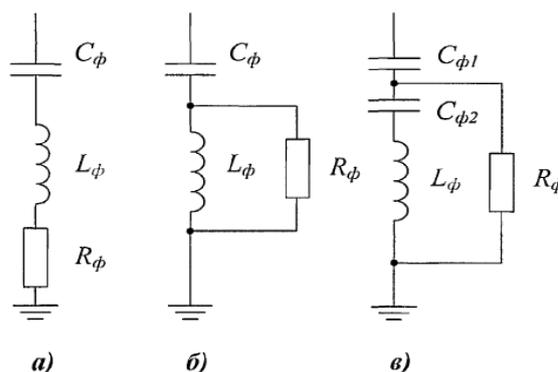


Рисунок 2 –Схемы пассивных фильтров: а – одночастотный фильтр, б – широкополосный фильтр; в- широкополосный фильтр типа С

Активные фильтры гармоник содержат элементы управления, позволяющие изменять частотные характеристики фильтра. Основной принцип работы заключается в том, что фильтр в сеть выдает гармоники в противофазе тем, которые должен поглотить, в результате сложения этих гармоник они друг друга глушат, и основная синусоида остаётся чистой.

АФ имеют следующие достоинства:

- возможность фильтрации до 20 гармоник, что приводит к существенному улучшению массогабаритных показателей аппаратуры
- эффективная работа фильтров в режиме реального времени
- возможность полной компенсации высших гармоник напряжения или тока независимо от амплитуд и начальных фаз гармоник
- возможность наращивания мощности компенсации до требуемого уровня за счёт параллельного подключения идентичных активных фильтров
- отсутствие резонанса с какой-либо гармонической частотой
- отсутствие дополнительных настроек фильтра

Способы компенсации гармоник с использованием АФ:

1. локальный (индивидуальный) – обеспечивается защита критичных нагрузок, подключенных в распределительную сеть, от повышенного уровня гармоник, генерируемых одной из нелинейных нагрузок. Фильтр подключается как можно ближе к наиболее мощной нелинейной нагрузке.

2. глобальный - обеспечивается компенсация высших гармоник, генерируемых нелинейными нагрузками, которые подключены к силовому фидеру электропитания. АФ подключается к главному распределительному щиту.

3. многоуровневый – предусматривает подключение АКГ на нескольких уровнях распределительной сети.

4. каскадный – устанавливается несколько фильтров разной мощности, один АФ компенсирует гармоники мощной нелинейной нагрузки, а второй защищает от высших гармоник других маломощных нелинейных нагрузок.

5. мультикомпенсационный - используется при наличии группы нелинейных нагрузок, один АФ способен компенсировать гармоники от трех нелинейных нагрузок.

Гибридные фильтры – это пассивный фильтр с активной частью, подобной активному фильтру[5].

В схеме пассивной частью гибридного фильтра является один резонансный контур, настроенный на 5-ую, как самую мощную, гармонику, или два контура, настроенные на 5-ую и 7-ую гармоники. Для подавления гармоник более высоких порядков в схему включают широкополосный фильтр.

Варианты гибридных фильтров с параллельным и последовательным подключением силового электронного регулятора относительно сети. (а – параллельно нагрузке, б – последовательно в цепь пассивного фильтра, в – параллельно реактору пассивного фильтра, г – последовательно в сеть).

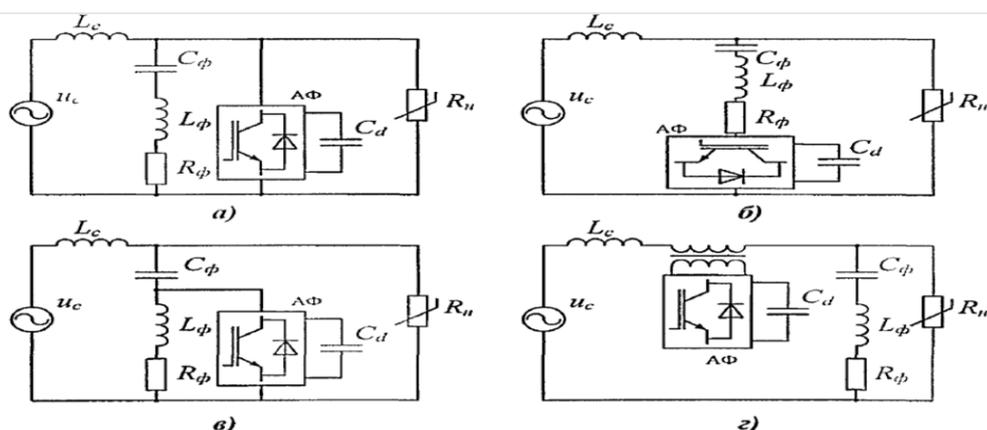


Рисунок 3 – Варианты гибридных фильтров с параллельным и последовательным подключением силового электронного регулятора относительно сети

Несимметрия напряжения, создаваемая статистической и вероятностной несимметрией токов [6, 7, 8] характеризуется коэффициентом обратной последовательности напряжений  $K_{2u}$  и коэффициентом нулевой последовательности напряжений  $K_{0u}$ .

$$K_{2u} = \frac{U_2}{U_{\text{ном. м ф}}} \cdot 100; K_{0u} = \frac{U_0}{U_{\text{ном. ф.}}} \cdot 100$$

$U_{\text{ном. м ф}}$ ,  $U_{\text{ном. ф.}}$  – номинальное значение междуфазного и фазного напряжений.

Несимметрия токов не только изменяет качественный состав электрической энергии, но и вызывает значительные дополнительные потери мощности и электрической энергии [7, 8].

Наиболее эффективным техническим средством, снижающим несимметрию токов и напряжений в электрической сети, следует считать шунто-симметрирующее устройство, с автоматическим регулированием его параметров [9].

Это устройство в автоматическом режиме способно минимизировать потоки нулевой последовательности, и, тем самым, существенно снизить дополнительные потери мощности, что в существенной степени повлияет на тепловые потери и снизит вероятность возникновения пожароопасных ситуаций вследствие перегрева нулевого проводника.

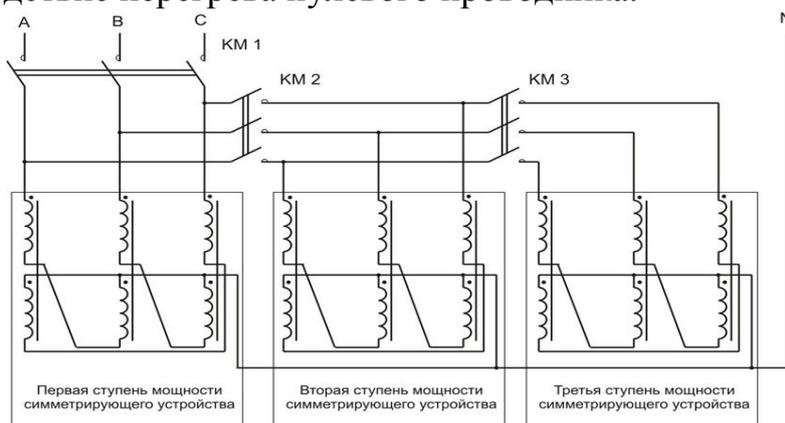


Рисунок 4 – Схема шунто-симметрирующего устройства с автоматическим управлением его параметрами

## Выводы

1. Комплекс технических средств, позволяющих повышать качество электрической энергии за счет снижения уровня гармонических искажений, компенсации реактивной мощности и снижения несимметрии

токов и напряжений позволит многократно снизить дополнительные потери снизить аварийность в сельских распределительных сетях 0,38 кВ.

2. В качестве такого комплекса можно рассматривать низковольтный реклоузел, содержащий предлагаемые технические средства и систему автоматического управления их параметрами.

3. Предлагаемый низковольтный реклоузел можно располагать на шинах ТП 10/0,4 кВ – для группового, либо на вводе непосредственно в жилой дом - для повышения качества электрической энергии и снижения дополнительных потерь мощности.

### Список литературы

1. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов/ Ю.С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.

2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий/ И.В. Жежеленко. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 186 с.

3. Косоухов Ф. Д. Несимметрия напряжений и токов в сельских распределительных сетях/Ф.Д. Косоухов, И.В. Наумов - Иркутск, 2003. – 257с.

4. Косоухов Ф.Д. Снижение потерь от несимметрии токов и повышение качества электрической энергии в сетях 0,38 кВ с коммунально-бытовыми нагрузками/Ф.Д. Косоухов, Н.В. Васильев, А.О. Филиппов- Электротехника. – 2014. - №6 – С. 8-12

5. Левин, М.С. Качество электрической энергии сельских районов /М.С. Левин, А.Е. Мурадян, Н.Н. Сырых– М.: Энергия,1975. – 224 с.

6. Лютаревич А. Г. Анализ схем активных фильтров гармоник/Лютаревич А.Г. [и др.]/ Россия молодая: передовые технологии в промышленности.: Всерос.науч.-техн.конф. – Омск. – 2008 – с 84-88

7. Лютаревич А.Г. Повышение качества электроэнергии в распределительных сетях за счет снижения несинусоидальности кривой напряжения: дис. канд. техн. Наук: 05.14.02 / Лютаревич Александр Геннадьевич; науч. рук. В.Н. Горюнов, Омск: 2009. – 134 с.

8. Наумов И.В. Оптимизация несимметричных режимов системы сельского электроснабжения./ И.В. Наумов – Иркутск, 2001 г. – 217 с.

9. Розанов Ю.К. Гибридные фильтры для снижения несинусоидальности тока и напряжения в системах электроснабжения / Ю.К. Розанов, Р.П. Гринберг – Электротехника. – 2006. №10. – с. 55-60.

10. Патент на изобретение. № 2490968 «Симметрирующее устройство для трехфазных сетей с нулевым проподом» / И.В. Наумов, Д.А. Иванов, С.В. Подьячих, Гантулга Дамдинсурэн; заявитель и патентообладатель Иркутская государственная сельскохозяйственная академия. - 2010144245/07; заявл. 28.10.2010.; опублик. 20.08.2013, Бюл. № 23.

### References

1. Zhelezko Yu.S. Poterie lektroe nergie.Reaktivnayamoshhnost .Kachestvo lektroe nergie: Rukovodstvodyaprakticheskixraschetov/ Yu.S. Zhelezko. – М.:E NAS, 2009. – 456 s.

2. Zhezhelenko I.V. Vy sshiegarmoniki v sistemaxe lektrosnabzheniyaprompredpriyatij/ I.V. Zhezhelenko. – М.: E negroatomizdat, 2000. – 186 s.

3. Kosoukhov F. D. Nesimmetriyanapryazhenijitokov v sel skixraspredelitel ny xsetyax/ F.D. Kosoukhov, I.V. Naumov - Irkutsk, 2003. – 257s.
4. Kosoukhov F.D. Snizheniepoter otnesimmetriitokovipovy sheniakachestvae lektricheskoye nergii v setyax 0,38 kV s kommunal no-by tovy minagruzkami/ F.D. Kosoukhov, N.V. Vasil'ev, A.O. Filippov - E lektrotexnika. – 2014. - №6 – S. 8-12
5. Levin, M.S. Kachestvoe lektricheskoye nergiisel skixrajonov / M.S. Levin, A.E. Muradyan, N.N. Sy ry x – M.: E nergiya,1975. – 224 s.
6. Lyutarevich A.G. Analizsxemaktivny xfil trovgarmonik/ Lyutarevich A.G. [i dr.]/ Rossiyamolodaya: peredovy etexnologii v promy shlennosti.: Vseros.nauch.-texn.konf. – Omsk. – 2008 – s 84-88
7. Lyutarevich A.G. Povy sheniakachestvae lektroe nergii v raspredelitel ny xsetyaxzaschetsnizheniyanesinusoidal nostikrivojnapryazheniya: dis. kand. texn. Nauk: 05.14.02 / LyutarevichAleksandrGennad'evich; nauch. ruk. V.N. Goryunov, Omsk: 2009. – 134 s.
8. Naumov I.V. Optimizaciyanesimmetrichny xrezhimovsistemy sel skogoe lektrosnabzheniya./ I.V. Naumov – Irkutsk, 2001 g. – 217 s.
9. RozanovYu.K. Gibridny efil try dlyasnizheniyanesinusoidal nostitokainapryazheniya v sistemaxe lektrosnabzheniya / Yu.K. Rozanov, R.P. Grinberg –E lektrotexnika. – 2006. №10. – s. 55-60.
10. Patentnaizobretenie. № 2490968 «Simmetriruyushheestrojstvodyatrefazny xsetej s nulevy mpropodom» / I.V. Naumov, D.A. Ivanov, S.V. Pod'yachix, GantulgaDamdinsuren; zayavitel ipatentoobladatel Irkutskayagosudarstvennayaselskoxozyajstvennayaakademiya. - 2010144245/07; zayavl. 28.10.2010.; opublik. 20.08.2013, Byul.№ 23.

#### **Сведения об авторах**

**Наумов Игорь Владимирович** - профессор, доктор технических наук, профессор кафедры электроснабжения и электротехники, Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, Иркутский национальный исследовательский технический университет (тел. 8924608990, e-mail[professornaumov@list.ru](mailto:professornaumov@list.ru), Иркутская обл., Иркутский р-он, п. Молодежный 1/1 ИрГАУ им. А.А. Ежевского, 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83 ИРНТУ)/

**Якупова Марина Андреевна** - аспирантка кафедры электроснабжения и электротехники 1 года обучения, Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (тел. 89086642241, e-mail[yakupovamarina199@yandex.ru](mailto:yakupovamarina199@yandex.ru), Иркутская обл., Иркутский р-он, п. Молодежный 1/1 ИрГАУ им. А.А. Ежевского)

**Федоринова Эльвира Сергеевна** - магистр кафедры электроснабжения и электротехники 2 года обучения, Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского (тел. 89041179752, e-mail[fec89834052365@yandex.ru](mailto:fec89834052365@yandex.ru), Иркутская обл., Иркутский р-он, п. Молодежный 1/1 ИрГАУ им. А.А. Ежевского).

**Карпова Елена Сергеевна** - студент 4 курса (группа ЭП-15-1) Института Энергетики ИРНТУ, Иркутский национальный исследовательский технический университет (тел. 89500658987, 664074, Иркутск, ул. Лермонтова, 83 ИРНТУ).

#### **Information about the authors**

**Naumov Igor V** - Professor, doctor of technical Sciences, Professor of the Department of electricity and electrical engineering, Irkutsk state agrarian University. A. A. Egeskog, national research Irkutsk state technical University (tel. 8924608990, e-mail[professornaumov@list.ru](mailto:professornaumov@list.ru), Irkutsk region, Irkutsk district, Youth section, they Ergou 1/1. A. A. Egeskog, 664074, Irkutsk, Lermontov street, 83 Irkutsk national research technical University)/

**Yakupova Marina Andreevna**, post-graduate student of the Department of electricity and electrical engineering 1 year of study, Irkutsk state agrarian University. A. A. Egeskog (tel

89086642241, e-mail yakupovamarina199@yandex.ru, Irkutsk region, Irkutsk district, Youth section, they Ergou 1/1. A. A. Ezhevsky)

**Fedorinova Elvira Sergeevna**, master of the Department of power supply and electrical engineering 2 years of study, Irkutsk state agrarian University. A. A. Egeskog (tel 89041179752, e-mail fec89834052365@yandex.ru, Irkutsk region, Irkutsk district, Youth section, they Ergou 1/1. A. A. Ezhevsky)

**Karpova Elena**, 4th year student (group EP-15-1) of the Energy Institute of the Irkutsk national research technical University, national research Irkutsk state technical University (tel. 89500658987, 664074, Irkutsk, Lermontov street, 83 Irkutsk national research technical University).

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРОВ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ**

**Ханхасыкова Л.П., Бричагина А.А.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

В статье обращается внимание на преимущества применения в учебном процессе профессиональных образовательных учреждений специальных технических средств обучения – тренажеров. Кратко описывается опыт применения тренажера «Кабина зерноуборочного комбайна Ростсельмаш» на инженерном факультете Иркутского аграрного университета им. А.А. Ежевского. Учебный процесс, построенный с применением тренажера, позволяет активизировать процесс обучения, повысить мотивацию студентов к изучению профильных дисциплин, сократить время на выработку необходимых навыков по эксплуатации зерноуборочных комбайнов. Это повышает эффективность подготовки будущих специалистов сельского хозяйства к профессиональной деятельности.

*Ключевые слова:* профессиональное образование, тренажер, комбайн зерноуборочный, зерновые культуры, уборка урожая.

## **APPLICATION OF SIMULATORS IN PROFESSIONAL EDUCATION**

**Hankhasyкова L.P., Brichagina A.A.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky,  
*Irkutsk, Russia*

The article draws attention to the advantages of using in the educational process of professional educational institutions of special technical means of training - simulators. The experience of using the simulator "Rostselmash combine harvester" at the engineering faculty of the Irkutsk Agrarian University named after A.A. Ezhevsky. The educational process, built with the use of a simulator, allows you to activate the learning process, increase students' motivation to study core disciplines, and reduce the time to develop the necessary skills to operate combine harvesters. This increases the efficiency of training future agricultural specialists for professional activities.

*Key words:* vocational education, simulator, combine harvester, grain crops, harvesting.

Современное профессиональное образование невозможно без применения тренажеров.

Тренажеры – специальные технические средства обучения, моделирующие условия и содержание производственной деятельности человека, позволяющие создавать оптимальные условия для эффективного формирования профессиональных знаний, навыков и умений, необходимых для выполнения этой деятельности [11].

Применение тренажеров позволяет [1, 5, 7, 8]:

– облегчить учащимся переход от теоретических занятий к практической деятельности;

- приблизить учащихся к производственной обстановке, исключая опасность аварий и поломок машин;
- изменять режимы работы оборудования и производственные ситуации в любой момент, что в реальных условиях не возможно;
- имитировать сложные условия работы, в том числе аварийные ситуации, с которыми учащиеся при работе на действующем оборудовании познакомиться не могут;
- моделировать и прогнозировать помехи и неисправности до полного их устранения;
- развивать у учащихся приемы самоконтроля при приобретении многих навыков, особенно при оснащении тренажеров специальными средствами и устройствами обратной связи;

В тренажере можно выделить следующие составные элементы [4]:

- конструктивную, представляющую собой точную и виртуальную копию рабочего места оператора;
- модельную, создающую адекватный образ функционирования оборудования, имитируя протекание в нем базовых процессов;
- дидактическую, включающую рабочее место преподавателя с программой оценки и контроля действий обучающегося или систему автоматизированного контроля над работой обучающегося.

В учебном процессе образовательных учреждений аграрного профиля распространение получили следующие тренажеры [9,10]:

1. моделирующие устройство и функции технических объектов, предназначенные для отработки приемов обслуживания и управления реальными объектами, например, автомобильные тренажеры;
2. предназначенные для формирования умений учащихся, связанных с определенной интеллектуальной деятельностью, например, тренажеры-имитаторы, фиксирующие неисправность работы оборудования, аппаратуры и предназначенные для обучения поиску неисправностей (тренажер для поиска неисправностей электрооборудования трактора, неисправностей топливной аппаратуры и т.д.)

В настоящее время есть возможность при изучении профильных дисциплин использовать компьютерные тренажеры и интернет тренажеры [2,3].

В Иркутском аграрном университете на кафедре «Техническое обеспечение АПК» при подготовке бакалавров, магистров и на курсах повышения квалификации инженерно-технических работников с 2016 г. активно используется тренажер «Кабина зерноуборочного комбайна Ростсельмаш» (рисунок 1).



Рисунок 1 – Использование тренажера в учебном процессе

Рабочее место расположено в пространстве оригинальной кабины, применяемых в конструкциях серийных комбайнов. Рабочее место состоит из сиденья оператора, пульта управления комбайна, педалей тормоза, рулевой колонки. В конструкции тренажера использованы штатные комплектующие (пульт управления, педали и рычаги управления, приборы), либо их имитаторы, занимающие штатные места [6].

Общий вид тренажера представлен на рисунке 2.

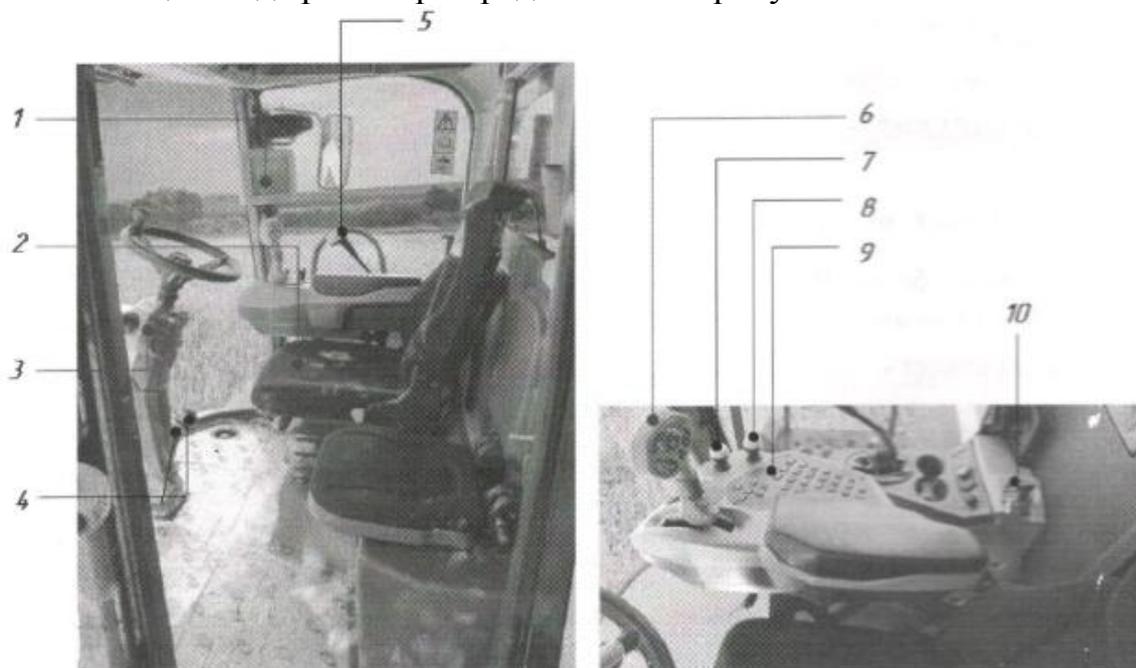


Рисунок 2 – Общий вид тренажера

- 1-модуль терминальный универсальный бортовой информационной системы Adviser;
- 2-кресло обучаемого; 3-рулевая колонка с рулевым колесом;
- 4-педали левого и правого тормоза; 5-рычаг переключения диапазонов;
- 6-многофункциональный рычаг – манипулятор ГСТ; 7- переключатель включения/ выключения жатки; 8- переключатель включения/ выключения молотилки; 9- пульт управления; 10-замок зажигания. [6].

На лабораторных занятиях с применением тренажера студенты:

- изучают состав, расположение органов управления и контрольно-измерительных приборов (КИП) кабины комбайна, а также приобретают практические навыки пользования органами управления;

- учатся управлять комбайном при уборке зерновых культур прямым комбайнированием;

- задают условия выполнения технологического процесса (вид культуры, ширина захвата жатки и т.д.);

- пользуются предлагаемыми заводом-изготовителем рекомендациями по настройке комбайна, имеющимися в базе модуля терминального универсального бортовой информационной системы Adviser;

- осуществляют основные технологические регулировки (частота вращения мотовила, молотильного барабана, вентилятора и т.д.);

- контролируют качество протекания технологического процесса (величиной потерь зерна).

Опыт преподавания дисциплины «Сельскохозяйственные машины» бакалаврам направления «Агроинженерия» показал, что занятия, построенные с применением тренажера, позволяют активизировать процесс обучения, повысить мотивацию студентов к изучению дисциплины. В результате применения тренажера студенты закрепляют теоретические знания, полученные на лекционных занятиях, приобретают умения и навыки эксплуатации зерноуборочных комбайнов «Вектор» и «Акрос», научаются анализировать технологический процесс и оценивать результаты выполнения работ.

Для эффективного использования тренажера в учебном процессе, нами разработан план практического занятия «Уборка зерновых культур прямым комбайнированием».

Таким образом, можно сказать, что применение тренажера «Кабина зерноуборочного комбайна Ростсельмаш» в учебном процессе повышает качество подготовки будущих специалистов сельского хозяйства к профессиональной деятельности.

#### Список литературы

1. Бадмаев Б.Ц. Психология и методика ускоренного обучения / Б.Ц. Бадмаев. - М.: Гуманит. изд. центр Владос. - 1998. - 272 с.

2. Возможности виртуальной реальности для сельского хозяйства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/vozmozhnosti-virtualnoy-realnosti-dlya-selskogo-khozyaystva>. – 26.02.2019.

3. Вычислитель производительности AMAZONE [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <http://www.amazone.ru/6595.asp>. -26.02.2019.

4. Ильина И.Е. Применение автотренажеров при обучении водителей категории «В»: моногр. / И.Е. Ильина, В.В. Лянденбургский, С.А. Пылайкин. – Пенза: ПГУАС. - 2014. – 220 с.

5. Кругликов Г. И. Учебная работа мастера профессионального обучения/ Г.И. Кругликов.-М.: Москва. - 2011. – 192 с.

6. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-101 «Вектор-410» инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

[https://www.zinref.ru/000\\_uchebniki/04800selskoe\\_kombaini/003\\_00\\_kombain\\_zernouborochi\\_rsm\\_101\\_vektor\\_instriksia\\_versia\\_4/006.htm](https://www.zinref.ru/000_uchebniki/04800selskoe_kombaini/003_00_kombain_zernouborochi_rsm_101_vektor_instriksia_versia_4/006.htm). - 26.02.2019

7. *Муравьев Е.М.* Основы теории технологической подготовки: Проблемы содержания и методики технологического обучения / *Е.М. Муравьев.*-М.: Брянск. - 2011. - 309 с.

8. *Скакун В. А.* Организация и методика профессионального обучения / *В.А. Скакун.*-М.: Москва. - 2012. -336 с.

9. Совершенствование подготовки специалистов для предприятий автомобильного транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-podgotovki-spetsialistov-dlya-predpriyatij-avtomobilnogo-transporta>. -26.02.2019

10. Тренажеры сельскохозяйственной техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://autotrenajer.ru/cost/price-15>. -26.02.2019

11. Энциклопедия профессионального образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://libed.ru/knigi-nauka/193686-1-enciklopediya-professionalnogo-obrazovaniya-pod-red-batisheva-elektronny-variant-enciklopediya-izdavalas-1998-m.php>. - 26.02.2019

### References

1. Badmaev B.C. Psihologiya i metodika uskorennoho obucheniya / B.C. Badmaev. - М.: Gumanit. izd. centr Vlados. - 1998. - 272 s.

2. Vozmozhnosti virtual'noj real'nosti dlya sel'skogo hozyaistva [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://iot.ru/selskoe-khozyaystvo/vozmozhnosti-virtualnoy-realnosti-dlya-selskogo-khozyaystva>. – 26.02.2019.

3. Vychislitel' proizvoditel'nosti AMAZONE [EHlektronnyj resurs]. – Re-zhim dostup: <http://www.amazone.ru/6595.asp>. -26.02.2019.

4. П'ина I.E. Primenenie avtotrenazherov pri obuchenii voditelej katego-rii «V»: monogr. / I.E. П'ина, V.V. Lyandenburskij, S.A. Pylajkin. – Penza: PGUAS. - 2014. – 220 s.

5. Kruglikov G. I. Uchebnaya rabota mastera professional'nogo obucheniya/ G.I. Kruglikov.-М.: Москва. - 2011. – 192 s.

6. Kombajn zernouborochnyj samohodnyj RSM-101 «Vektor-410» instrukciya po ehkspluatatsii [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [https://www.zinref.ru/000\\_uchebniki/04800selskoe\\_kombaini/003\\_00\\_kombain\\_zernouborochi\\_rsm\\_101\\_vektor\\_instriksia\\_versia\\_4/006.htm](https://www.zinref.ru/000_uchebniki/04800selskoe_kombaini/003_00_kombain_zernouborochi_rsm_101_vektor_instriksia_versia_4/006.htm). -26.02.2019

7. Murav'ev E.M. Osnovy teorii tekhnologicheskoy podgotovki: Problemy so-derzhaniya i metodiki tekhnologicheskogo obucheniya / E.M. Murav'ev.-М.: Bryansk. - 2011. - 309 с.

8. Skakun V. A. Organizaciya i metodika professional'nogo obucheniya / V.A. Skakun.-М.: Москва. - 2012. -336 с.

9. Sovershenstvovanie podgotovki specialistov dlya predpriyatij avtomobil'nogo transporta [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostup: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-podgotovki-spetsialistov-dlya-predpriyatij-avtomobilnogo-transporta>. -26.02.2019

10. Trenazhery sel'skohozyajstvennoj tekhniki [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://autotrenajer.ru/cost/price-15>. -26.02.2019

11. EHnciklopediya professional'nogo obrazovaniya [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://libed.ru/knigi-nauka/193686-1-enciklopediya-professionalnogo-obrazovaniya-pod-red-batisheva-elektronny-variant-enciklopediya-izdavalas-1998-m.php>. -26.02.2019

**Ханхасыкова Лариса Петровна** – студент 3 курса инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Бричагина Анастасия Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

#### **Information about the authors**

**Khankhasyikova Larisa Petrovna** – the 3th year student of the faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Brichagina Anastasia Aleksandrovna** – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of technical support of agriculture, faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

УДК 631.3.004.54:331.103

### **ПОКАЗАТЕЛИ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН**

**Филиппов С.А., Ильин П.И.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

Основная цель диагностирования – обеспечить максимальную эффективность эксплуатации машин при минимальных затратах на их техническое обслуживание и ремонт. В общем виде эффективность диагностирования тракторов (машин) принято рассматривать в двух аспектах, в первом – диагностирование рассматривается как элемент системы более высокого ранга (системы эксплуатации машин, системы технического обслуживания, надежности); во втором – сам процесс диагностирования как объект исследования. Оба аспекта связаны между собой и подчинены единой цели – оценке показателей и повышению эффективности диагностирования.

Первый аспект оценивает технико-экономическую эффективность по разности эксплуатационных издержек соответственно при отсутствии диагностирования и при его применении.

*Ключевые слова:* диагностирование, машина, процесс, работа, операция, метод, техническое обслуживание, параметр.

### **INDICATORS OF ADAPTATION AND THEIR INFLUENCE IN THE PROCESS OF DIAGNOSING MACHINES**

**S. A. Filippov, P. I. Ilyin**

Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky,  
Irkutsk, Russia

The main purpose of diagnosing is to provide maximum efficiency of operation of machines with minimal costs for their maintenance and repair.

In General, the effectiveness of diagnosing tractors (machines) is considered in two

aspects, in the first-the diagnosis is considered as an element of a higher rank system (machine operation system, system of technical service, reliability); in the second – the process of diagnosis as an object of study. Both aspects are related and are subject to a common goal – to assess indicators and improve the effectiveness of diagnosis.

The first aspect evaluates the technical and economic efficiency of the difference in operating costs, respectively, in the absence of diagnosis and its application.

*Keywords:* diagnosis, machine, process, work, operation, method, maintenance, parameter.

Из известных показателей диагностирования можно выделить три основные группы: технико-экономические, технические и технологические. Первые две группы используются в обоих подходах, а третья – для характеристики процесса диагностирования.

Большие резервы увеличения эффективности диагностирования машин скрыты в совершенствовании самого процесса диагностирования.

Большие резервы увеличения эффективности диагностирования машин скрыты в совершенствовании самого процесса диагностирования. В общеотраслевом нормативном документе [2] предусмотрено семь показателей для оценки системы диагностирования, которые должны определяться на различных этапах её создания, то есть при проектировании, испытании и эксплуатации. Три показателя носят экономический характер:

$\tau_d$  – средняя оперативная продолжительность диагностирования;

$C_d$  – средняя стоимость диагностирования;

$S_d$  – средняя оперативная трудоёмкость диагностирования.

Три из них характеризуют точность, ошибку и правильность диагностирования, то есть носят технический характер, а седьмой показатель – глубина поиска дефекта является технологическим, но охватывает лишь процесс поиска неисправностей.

Для тракторов процесс диагностирования является составной частью процесса технического обслуживания, поэтому проф. Терских И. П. [7] предложил использовать в качестве целесообразности диагностирования отношение среднего времени на диагностирование ко времени на техническое обслуживание  $\mu = \frac{T_d}{T_{ТО}}$ , которое может варьировать от 0 до 1. Однако такая оценка является также по существу косвенной, так как указывает на степень совершенства процесса диагностирования по отношению к процессу технического обслуживания.

Для оценки самого процесса применяются показатели эксплуатационной технологичности, определяемые, в основном, на основе соотношений трудоёмкостей основных и вспомогательных работ.

$$K_D = \frac{\sum_{j=1}^N S_{0j}}{\sum_{j=1}^N S_{0j} + \sum_{j=1}^M S_{Bj}}, \quad (1)$$

где  $S_{0j}$  – основная трудоёмкость  $j$ -й операции, характеризующаяся трудозатраты на непосредственное диагностирование;

$S_{Bj}$  – средняя вспомогательная трудоёмкость  $j$ -й операции диагностирования;

$j$  – номер операции диагностирования;

$N, M$  – число основных и вспомогательных операций.

Этот показатель под названием коэффициент технологичности или коэффициент диагностической доступности иногда представляется несколько в другом виде, выделяя долю вспомогательных работ

$$K_D = 1 - \sum_{j=1}^N S_{vj} / \sum_{j=1}^N S_{oj} + \sum_{j=1}^M S_{vj}, \quad (2)$$

или долю операций, влияющих на удобство, сложность, гигиеничность работы [8].

Метод оценки технологичности машин при техническом обслуживании, на основе сравнения векторов процессов с использованием методов многомерного статистического анализа и теории распознавания образов. Однако трудоёмкость применения этого метода состоит в определении весомости множества показателей и нахождении вектора.

С 1987 года введён нормативный документ [4], предусматривающий согласование характеристик изделия и средств диагностирования, их взаимную приспособленность при диагностировании на стадии «эксплуатация и ремонт». Однако показателей для оценки этого свойства не приводится и указывается на необходимость установления конкретных требований на изделие в целом и его составных частей.

$$K_{\text{пр}}^{\text{вз}} = \sqrt{K_{\text{пр}}^{\text{дс}} \cdot K_{\text{пр}}^{\text{об}}}, \quad (3)$$

где  $K_{\text{пр}}^{\text{дс}}$  – коэффициент приспособленности средства диагностирования,

$K_{\text{пр}}^{\text{об}}$  – коэффициент приспособленности объекта диагностирования,

$$K_{\text{пр}}^{\text{дс}} = \frac{n_{\text{в}}^{\text{дс}}}{n_0^{\text{дс}}}, \quad K_{\text{пр}}^{\text{об}} = \frac{N_{\text{в}}^{\text{об}}}{N_0^{\text{об}}}, \quad (4)$$

где  $n_0^{\text{дс}}$  – число параметров, которое можно измерять без конструктивных изменений средств диагностирования;

$N_{\text{в}}^{\text{об}}$  – число параметров, которое можно измерять без конструктивных изменений объекта диагностирования;

$n_0^{\text{дс}}$  – общее число параметров, диагностируемых с помощью имеющихся диагностических средств;

$N_0^{\text{об}}$  – общее число диагностических параметров объекта.

Коэффициент взаимной приспособленности трактора и диагностических средств при оценке автоматизированных систем диагностирования и его оптимальное значение определяется по минимуму удельных приведенных затрат:

$$\lambda_{\text{опт}} = \left( \frac{A_1}{C_1} \right)^{1/2}, \quad (5)$$

где  $A_1, C_1$  – коэффициенты, характеризующие соответственно затраты и темп их нарастания с увеличением приспособленности.

Недостатком приведённой методики является то, что в ней принято много допущений, она не учитывает влияние человека-оператора, а выражение коэффициента не позволяет выявить его физическую сущность. Громоздкость вычислений является препятствием для оперативной оценки всего трактора, поэтому получены результаты только для одного узла –

гидропривода рулевого управления трактора Т-150К.

Принимая во внимание, что разработка требований, предъявляемых с одной стороны к изготовителям трактора, а с другой – к изготовителям диагностических средств предусмотрена многими нормативными документами к настоящему времени созрела острая необходимость применять достаточно простые показатели и методы их оценки, которые бы чётко указывали, что целесообразно совершенствовать в первую очередь и какой ожидается результат.

Весьма важным является определение таких показателей и соответствующих требований на ранней стадии разработки системы диагностирования. Разработано довольно значительное количество аналогичных зависимостей между трудоёмкостью обслуживания и различными факторами конструкции тракторов. В качестве таких факторов [6] используются число точек обслуживания, их доступность, производительность оператора, мощность двигателя [9], балансовая стоимость трактора [5]. Для прогнозирования затрат труда на разборку - сборку узла выведена функция доступа на основе анализа доступности к составным частям машины

Существующие показатели эффективности диагностирования недостаточно позволяют оценить технологический процесс диагностирования и вскрыть резерв его совершенствования. Применяемые показатели технологичности дают одностороннюю оценку без учёта динамичности протекания процесса во времени. Отсутствуют показатели и методы оценки влияния компонентов системы диагностирования на её эффективность. Совершенствованию подлежат методы оценки показателей на ранней стадии создания системы диагностирования.

«Машина» как технический элемент технологического процесса, должна соответствовать другим его компонентам и быть приспособлена к условиям эксплуатации, техническому обслуживанию и диагностированию, выполнению функциональных задач системы, сочетаться с возможностями человека (оператора-диагноста).

Опыт диагностирования машин показал, что от того на сколько объект приспособлен к диагностированию определёнными диагностическими средствами значительно зависит реализация самого процесса.

Поэтому, не случайно, нормативные документы по контролепригодности предшествовали нормативам по системам и процессам диагностирования, а показатели эффективности идентичны между собой.

Так, из четырех показателей контролепригодности, предусмотренных [3], два основных, характеризующих оперативную трудоёмкость и доступность уже рассматривалась выше, как показатели процесса диагностирования. Отличием является лишь то, что при оценке контролепригодности определяется удельная суммарная оперативная трудоёмкость, отнесённая к одному моточасу наработки трактора:

$$S_{уд} = \frac{S_{дсум}}{T_{экс}}, \quad (6)$$

где  $S_{\text{дсум}}$  – средняя суммарная оперативная трудоёмкость диагностирования трактора за цикл технического обслуживания, чел.-ч.;

$T_{\text{экс}}$  – наработка трактора за цикл технического обслуживания, мото-час.

На объём выполняемых работ оказывает влияние полнота диагностирования, характеризуемая коэффициентом:

$$K_{\text{нд}} = \frac{\Pi_{\text{к}}}{\Pi_{\text{о}}}, \quad (7)$$

где  $\Pi_{\text{о}}$  – число диагностических параметров, установленных для данного параметра, использование которых обеспечивает методическую достоверность проверки.

Также предлагается учитывать долю контролируемых операций технического обслуживания.

Четвёртый показатель контролепригодности оценивает обеспеченность трактора типовыми устройствами сопряжения:

$$K_{\text{о}} = \frac{\Pi_{\text{к}}}{\Pi_{\text{н}}}, \quad (8)$$

где  $\Pi_{\text{к}}$  – число проверяемых параметров при Д-1, Д-2, Д-3, для измерения которых имеются устройства сопряжения и не требуются монтажно-демонтажные работы при установке диагностических средств;

$\Pi_{\text{н}}$  – число проверяемых параметров при Д-1, Д-2, Д-3.

Расчёт этого показателя производится на основе документации трактора с учётом классификации типовых элементов для контроля (ТЭК) [1].

Чем больше значения этих коэффициентов, тем лучше приспособленность трактора к диагностированию, так как сократятся монтажно - демонтажные работы при установке измерительных преобразователей, уменьшится число типоразмеров сопряжений.

В общем случае показатели контролепригодности классифицируются на основные и дополнительные, причём к основным относятся те, которые должны включаться в техническое задание на разработку изделия и быть нормируемыми, а к дополнительным – показатели, которые должны учитывать, факторы, влияющие на уровень основных показателей, а также используемые для оценки мероприятий по обеспечению и повышению уровня приспособленности машин к диагностированию. Методом экспертных оценок определены наиболее значимые показатели, в результате которого к основным показателям отнесены в первый раз:

1. Оперативная трудоёмкость контроля

$$S_k = \sum_{j=1}^m (S_{ki} \cdot n_i), \quad (9)$$

где  $S_{ki}$  – средняя оперативная трудоёмкость контроля при  $i$ -м виде технического обслуживания;

$n_i$  – количество контрольных операций  $i$ -го вида ТО.

2. Оперативная трудоёмкость основных операций контроля

$$S_k^{(o)} = \sum_{j=1}^m (S_i^{(o)} \cdot n_i), \quad (10)$$

где  $S_i^{(o)}$  – оперативная трудоёмкость основных операции контроля в  $i$ -м виде

технического обслуживания;

$m$  – количество видов технического обслуживания.

3. Оперативная трудоёмкость вспомогательных операций контроля

$$S_k^{(B)} = \sum_{j=1}^m (S_i^{(B)} \cdot n_i), \quad (11)$$

где  $S_i^{(B)}$  – средняя трудоёмкость вспомогательных операции в  $i$ -м виде технического обслуживания.

4. Оперативная продолжительность контроля

$$П_k = \sum_{j=1}^m (П_i \cdot n_i), \quad (12)$$

где  $П_i$  – суммарная продолжительность контроля в  $i$ -м виде ТО.

5. Общее время контроля

$$T_k = T_{пзк} + T_{ок} + T_{вк}, \quad (13)$$

где  $T_{пзк}$  – среднее время подготовительно - заключительных операций;

$T_{ок}$  – среднее время основных операций;

$T_{вк}$  – среднее время вспомогательных операций.

При второй экспертной оценке в качестве основных показателей выбраны:

1. Суммарная оперативная трудоёмкость контрольных операций за цикл технического обслуживания

$$S_k = \sum_{i=1, j=1}^{n, m} t_{ij} \cdot B_{ij}, \quad (14)$$

где  $t_{ij}$  – среднее оперативное время контроля;

$B_{ij}$  – число исполнителей, необходимых для выполнения  $i$ -й операции при  $j$ -м виде технического обслуживания.

2. Коэффициент доступности к контрольным точкам, подсчитываемый по формуле (1.3).

3. Коэффициент оснащённости трактора вспомогательными контрольными средствами

$$K_o = \frac{N_y}{N_o}, \quad (15)$$

где  $N_y$  – число параметров, контролируемых встроенными приборами;

$N_o$  – общее число параметров, требующих контроля.

Приведённые показатели характеризуют номенклатуру контролируемых параметров, продолжительность и трудоёмкость их оценки. Если номенклатура параметров определяется конструкцией трактора, то продолжительность и трудоёмкость их оценки является зависимой от применяемых средств диагностирования и человека - исполнителя. То есть, относить показатели трудоёмкости и продолжительности к полностью зависимым от конструкции трактора является неправомерным поскольку эти показатели характеризуют всю систему диагностирования. Кроме упомянутых основных показателей в работе [10] рассмотрены ещё дополнительные показатели в числе которых:

- коэффициент приспособленности трактора к серийным средствам контроля, являющийся отношением количества параметров контролируемых серийными средствами и средствами, установленными на тракторе (в том

числе, прикладываемыми в ЗИП) к общему количеству параметров технического состояния трактора;

- коэффициент унификации подсоединительных мест средств контроля, являющийся отношением числа унифицированных мест к их общему числу;

- количество параметров, контролируемых с места механизатора.

Множество показателей позволяет объёмно оценить свойство приспособленности трактора к техническому обслуживанию и диагностированию [10] предлагает использовать комплексный показатель на основе ранжирования отдельных частных показателей по «весу». При этом «вес» показателей определяется с применением экспертных и статистических оценок. Для прогнозирования трудоёмкости технического обслуживания предложена регрессионная зависимость между трудоёмкостью и конструктивными, эксплуатационно - технологическими факторами трактора. Этот метод позволяет сократить сроки оценки контролепригодности тракторов. Однако факторы довольно обобщённые, характеризующие трактор, как объект назначения и обслуживания (число ёмкостей, число точек смазки, число инструмента и т. п.). Так, ёмкости для масел, точки смазки так же, как и точки диагностирования могут отличаться друг от друга по конструктивным и другим характеристикам. Выбор таких факторов не позволяет на ранней стадии разработки конструкции трактора дать конкретные рекомендации по совершенствованию самого конструкторского узла или точки обслуживания. Предлагается [10] для исследования контролепригодности машин использовать аппарат математической логики и алгебры, описывая объект диагностирования моделью, представляющей собой суперпозиционную функцию:

$$Q = [Y_1(x_{11} \dots x_{in}), \dots Y_i(x_{i1} \dots x_{in})], \quad (15)$$

где  $Y_1(x_{11} \dots x_{in})$  – элементарная суперпозиционная функция, описывающая отдельный узел или агрегат объекта диагностирования;

$x_{in}$  – элементы (сопряжения) узла или агрегата;

$Y_1$  – коэффициент пропорциональности.

В основе этого метода лежит установление взаимосвязи между элементами узла и оценки её влияния на параметры технического состояния этого узла или агрегата. Так как взаимосвязи между элементами узла и узлов агрегата являются разными, то нужно находить каждую суперпозицию функции  $Y_i$ , влияющую на обобщающую функцию  $Q$ , что требует значительного объёма исходных данных и затрудняет применение данного метода.

При разработке мероприятий по повышению уровня приспособленности конструкций тракторов к диагностированию удобно пользоваться экономическим методом оценки, который основывается на сопоставлении приведённых затрат по мероприятиям базового и нового вариантов трактора.

Таким образом, для оценки уровня приспособленности тракторов к

диагностированию имеется значительная номенклатура показателей, что создаёт трудности при оценке и сравнении машин. Существующие модели прогнозирования трудоёмкости обслуживания на основе конструктивных факторов трактора могут быть использованы на самой ранней стадии его разработки, когда ещё нет рабочих чертежей, но известна общая компоновка трактора и не позволяют дать конкретные рекомендации по совершенствованию конкретного конструктивного узла трактора, точки обслуживания.

### ВЫВОДЫ

1. Методы оценки, в основном, рассчитаны на применимость отдельных диагностических параметров и не полностью учитывают виды диагностирования (заводскую, ремонтную, эксплуатационную и специальную).

2. Методы оценки приспособленности техники к диагностированию не рассматриваются системно и не учитывается взаимосвязь компонентов и их влияние на показатели эффективности.

### Список литературы

1. Аристов А. М. Исследование показателей и обоснование методики оценки контролепригодности составных частей тракторов: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – М., 1981. – 20 с.

2. ГОСТ 27518-87 Диагностирование изделий. Общие требования.

3. ГОСТ 24925-81 Техническая диагностика. Тракторы. Приспособленность к диагностированию. Общие технические требования (с Изменением № 1).

4. ГОСТ 26656-85. Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования.

5. Карамзин С. В. Определение трудоёмкости технического обслуживания // Мех. и электр. с.-х., 1973. - № 3. – С. 41 - 43.

6. Соломкин А. П. Эффективность использования ремонтно - обслуживающего потенциала РАПО // Мех. и электр. с.-х., 1986. - № 10. – С. 22 - 23.

7. Терских И. П. Теоретические основы функциональной диагностики машинно-тракторных агрегатов: Дис. ... док. Техн. Наук. – Ленинград - Пушкин, 1973. 1973. – 280 с.

8. Топилин Г. Е., Кильдеев В. В. Критерии анализа приспособленности трактора к техническому обслуживанию и диагностированию // Тракторы и с.-х. машины. – 1984. - № 8. – с. 7 - 10.

9. Халфин М. А. Совершенствование системы технического обслуживания и диагностирования тракторов / обзор: Тракторы и двигатели. – М.: ЦНИИТЭИ тракторсельхозмаш. – 1983. – Вып. 15. - 51 с.

10. Хороших О. Н. Процесс диагностирования автотракторной техники как система «Человек – Прибор - Машина»: Дис. ... канд. техн. наук. – Улан-Удэ, 2005. – 140 с.

### References

1. Aristov, A. M., Study of performance and feasibility of evaluation methods of controlworthy component parts tractors: author. dis. ... kand. tech Sciences. - M., 1981. - 20 p.

2. GOST 27518-87 Diagnostics products. General requirements.

3. GOST 24925-81 Technical diagnostics. Tractors. Adaptability to diagnosis. General technical requirements (as Amended No. 1).

4. GOST 26656-85. Technical diagnostics. Testability. General requirements.

5. Karamzin S. V. determination of the complexity of maintenance // Mech. and electra. S. H., 1973. - № 3. – P. 41 - 43.
6. Solomkin A. P. Efficiency of use of maintenance - maintenance capacities RAPO // Mekh. and electra. S. H., 1986. - № 10. – P. 22 - 23.
7. Terskikh I. p. Theoretical bases of functional diagnostics of machine-tractor units: Dis. ... dokk. Techn. Sciences'. - Leningrad-Pushkin, 1973. 1973. – 280 p.
8. Topilin G, E., Kildeev V. V. Criteria of the analysis of adaptability of the tractor to maintenance and diagnostics // Tractors and agricultural machines. - 1984. - № 8. - p. 7-10.
9. Khalfin M. A. improvement of the system of maintenance and diagnosis of tractors / overview: Tractors and engines. – M.: tsnitei traktorasil-hasmas. - 1983. - Issue. 15. - 51 p.
10. Good O. N. The process of diagnosing automotive equipment as a system of "Man-Device-Machine": Dis. ... kand. Techn. sciences'. - Ulan-Ude, 2005. - 140 p.

#### **Сведения об авторах**

**Ильин Петр Иванович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой “Эксплуатация машинно-тракторного парка, безопасность жизнедеятельности и производственное обучение” инженерного факультета, Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. +79025191511, e-mail: [ipi.academy@mail.ru](mailto:ipi.academy@mail.ru)).

**Филиппов Станислав Александрович** – магистрант 1 курса инженерного факультета направления подготовки 35.04.06 Агроинженерия, Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. +79834123854, e-mail: stan.filippow2013@yandex.ru).

#### **Information about authors**

**Ilyin Petr Ivanovich** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department “Explantation of a Machine-Tractor Park, Vital Safety and Production Training” of the Faculty of Engineering, A.A. Ezhevsky Irkutsk State Agrarian University (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk district, Molodezhny settlement, phone: +79025191511, e-mail: [ipi.academy@mail.ru](mailto:ipi.academy@mail.ru)).

**Filippov Stanislav Aleksandrovich** – 1-st year undergraduate of the engineering faculty of the training direction 35.04.06 Agroengineering, Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhny Settlement, tel. +79834123854, e-mail: stan.filippow2013@yandex.ru).

**УДК 621.431.73-222.004.67**

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВС**

**Цэдашиев Ц.В., Николаев Я.Г., Бураев М.К.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского

В статье описана методика восстановления гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Существенным фактором стабилизации затрат на ремонт машин является восстановление ремонтпригодных изношенных деталей, в особенности, дорогостоящих базисных. Разработанные в последние годы технологические процессы восстановления, как правило, требуют значительных первоначальных затрат на дорогостоящее оборудование и окупаются только при больших годовых программах восстановления. Поэтому одним из важных направлений в ремонте машин является совершенствование традиционных, методов, возможности которых зачастую далеко не

исчерпаны. Одним из таких методов является метод постановки дополнительных элементов, позволяющий, с одной стороны, обеспечить исходную посадку соединения, что является самым главным, а с другой, - обходиться имеющимся на предприятии технологическим оборудованием.

Ключевые слова: технологический процесс, восстановление, гильза цилиндров, втулка, расточка, хонингование.

## **THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF RESTORING THE CYLINDER**

**Tsedashiev Ts.V., Nikolaev Ya.G., Burayev M.K.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky

The article describes the method of restoration of cylinder liners of internal combustion engines. A significant factor in the stabilization of the cost of repairing machines is the restoration of repairable worn parts, especially expensive base ones. Technological restoration processes developed in recent years, as a rule, require significant initial expenses for expensive equipment and pay off only for large annual restoration programs. Therefore, one of the important directions in the repair of machines is the improvement of traditional methods, the possibilities of which are often far from exhausted. One of such methods is the method of setting additional elements, which allows, on the one hand, to provide the initial fit of the joint, which is the most important, and on the other, to manage the existing technological equipment at the enterprise.

Key words: technological process, restoration, cylinder liner, bushing, boring, honing.

Технологический процесс восстановления гильз цилиндров автотракторных дизелей постановкой ремонтных втулок включает следующие блоки операций:

- удаление накипи и коррозионных отложений на наружной поверхности гильзы, зачистка торца гильзы, расточка гильзы;
- рубка ленты на заготовки пластин для втулки;
- изготовление втулки и запрессовка в гильзу;
- снятие фаски на торце гильзы, хонингование.

Таблица 1 – Диаметр расточки в зависимости от толщины ленты

Толщина ленты, мм	Диаметр расточки гильзы, мм
0,52	130,92
0,53	130,94
0,54	130,96
0,55	130,98
0,56	131,00
0,57	131,02
0,58	131,04
0,59	131,06
0,60	131,08

Удаление накипи и коррозионных отложений на наружной поверхности гильзы осуществляется на токарно-винторезном станке 1Д62. Базирование гильзы осуществляется по ее верхнему и нижнему посадочным

пояскам. Расточка гильз производится на алмазно-расточном станке 2Е78П в специальном приспособлении.

Перед расточкой с использованием индикатора закрепленного на шпинделе станка, производится центрирование гильзы в приспособлении с целью предотвращения появления черновин после расточки. Диаметр расточки выбирается в зависимости от толщины ленты, которая будет использована для изготовления втулки (таблица 1). Допуск на диаметр расточки гильзы составляет +0,02 мм для всех значений толщины ленты.

Второй блок операций начинается с резки ленты на заготовки заданной длины. Длина заготовки зависит от толщины ленты и выбирается в соответствии с таблицей 2. Резка ленты на заготовки производится на кривошипном прессе КД 2126Е с использованием цехового отрезного штампа.

Нарезанные пластины сортируются по толщине и направляются на шлифовку торцевых поверхностей. Шлифовка производится с использованием специального приспособления на плоскошлифовальном станке 3Л722-12.

Приспособление позволяет произвести обработку всех четырех сторон пакета с одного зажима. Длина пластины после шлифования должна соответствовать данным таблицы 2. Контроль длины производится с помощью специальной индикаторной скобы с погрешностью не более 0,01 мм. Допуск на длину и не параллельность противоположных сторон - 0,02 мм для всех четырех сторон.

Таблица 2 – Длина заготовки в зависимости от толщины ленты

Толщина ленты, мм	Длина заготовки после отрезка, мм	Длина ленты после шлифования торцов, мм
0,52	411,00	410,06
0,53	411,02	410,08
0,54	411,02	410,11
0,55	411,04	410,13
0,56	411,04	410,16
0,57	411,06	410,19
0,58	411,06	410,23
0,59	411,08	410,26
0,60	411,08	410,29

Следующая операция - зачистка кромок пластины и снятие фаски 0,2\*45° на одной длинной стороне пластины. Заусенцы на кромках пластины удаляется шкуркой 15АМ63 83 СМ1 вручную. Снятие фаски выполняется на точильно-шлифовальном станке 3К634 шлифовальным кругом ПП 40\*40\*203 64С 12П СМ1 8к10.

Третий блок операций - сборка гильзы со втулкой - начинается с радиального обжата втулки. Для этого подготовленную пластину вручную сгибают до приобретения ею цилиндрической формы и в таком виде

вставляют в пресс-форму для радиального обжата.

Разъемная пресс-форма представляет собой два полукольца, стягиваемых винтом. Внутренний диаметр расточки полуколец на 0,02...0,04 мм меньше диаметра расточки гильзы. При вставке пластины в пресс-форму полукольца раздвинуты. После вставки пластины полукольца стягиваются винтом. Перед окончательным зажимом пресс-формы производится выравнивание по высоте состыкованных концов верхней кромки пластины.

В таком состоянии пресс-форма устанавливается на верхний торец восстанавливаемой гильзы и с помощью пресса ОКС 1671 специальным ступенчатым пуансоном втулка перемещается из пресс-формы в гильзу.

После запрессовки втулки на алмазно-расточном станке 2Е78П снимается внутренняя фаска 2х45° на верхнем торце втулки.

Заключительная операция механической обработки – хонингование. Эта операция выполняется на хонинговальном станке 3Г833 алмазными хонинговальными брусками 12\*125 АСБ 250/200 при предварительной обработке и 12\*125 АБС 80/63 - при окончательной. После хонингования внутренний диаметр гильзы должен быть  $13^{+0,04}$  при чистоте поверхности  $R_a = 0,5...1,2$  (контролируется по образцу).[1]

Таблица 3 – Диаметры расточки гильзы и длина ленты

Толщина ленты, мм	Номинальные значения диаметра расточки и длины ленты для гильз цилиндров различных двигателей, мм									
	Ø145 (Д-108, Д-160)		Ø130 (ЯМЗ, А-01М, А-41, СМД-60)		Ø120 (СМД-17...СМД-31)		Ø110 (Д-240, Д-50, Д-65)		Ø105 (Д-37, Д-144, Д-21А)	
	d	I	d	I	d	I	d	I	d	I
0,5	145,89	457,16	130,88	410,01	120,89	378,56	110,89	347,13	105,89	331,40
0,52	145,92	457,20	130,92	410,06	120,92	378,61	110,93	347,18	105,93	331,47
0,54	145,97	457,25	130,96	410,11	120,97	378,66	110,97	347,24	105,97	331,52
0,56	146,01	457,30	131,00	410,16	121,01	378,72	111,01	347,29	106,01	331,58
0,58	146,05	457,35	131,04	410,23	121,05	378,77	111,05	347,35	106,05	331,63
0,6	146,09	457,41	131,08	410,29	121,09	378,83	111,09	347,41	106,09	331,69
0,62	146,13	457,46	131,12	410,34	121,13	378,89	111,13	347,46	106,13	331,74
0,64	146,17	457,52	131,16	410,40	121,16	378,95	111,17	347,52	106,17	331,81
0,66	146,21	457,57	131,20	410,45	121,21	379,00	111,21	347,57	106,21	331,86
0,68	146,25	457,63	131,24	410,51	121,24	379,06	111,25	347,63	106,25	331,92
0,7	146,29	457,69	131,28	410,57	121,28	379,12	111,29	347,70	106,29	331,98
0,72	146,33	457,75	131,32	410,63	121,33	379,18	111,33	347,75	106,32	332,04
0,74	146,37	457,81	131,36	410,68	121,26	379,24	111,37	347,82	106,36	332,10
0,76	146,41	457,86	131,40	410,74	121,40	379,30	111,40	347,87	106,41	332,16
0,78	146,45	457,92	131,44	410,80	121,44	379,36	111,45	347,93	106,44	332,22
0,8	146,49	457,98	131,48	410,85	121,48	379,42	111,49	347,99	106,48	332,28

Вывод. Технологический процесс восстановления гильз цилиндров дизелей А-01М, А-41, СМД-60...66, КамАЗ-740, Д-240 и др. осуществляется

аналогичным образом, на том же оборудовании с применением сменных элементов технологической оснастки. Параметры технологических процессов и размеры элементов технологической оснастки рассчитываются по вышеописанным методикам. Значения наиболее важных конструктивно-технологических параметров при различных толщинах ленты приведены в таблице 3.

#### Список литературы

1. Батищев А.Н. Обоснование рационального способа восстановления деталей. - // Механизация и электрофикация сельского хозяйства, №9 – 12, 1992.
2. Иванов М. С. Эксплуатационные точечные разрушения гильз цилиндров двигателей КАМАЗ / М. С. Иванов, С. М. Иванов, М. К. Бураев // Научные исследования студентов – в практику сельскохозяйственного производства : Материалы научной студенческой конференции 13-15 марта 2007 года.– С.31.
3. Меркулов Е.П. Восстановление гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания термопластическим деформированием. Автореферат канд. дисс. – Челябинск, 2001, - 19 с.
4. Ширай О.Г. Вероятностная модель расчета параметров восстановления гильзы цилиндра постановкой свертной втулки. – Оптимизация и ресурсообеспечение технологических процессов в АПК. – Труды КГАУ, вып. 398 (426): Краснодар, КГАУ, 2002, - с. 166...174.
5. Юдин М.И. Планирование эксперимента и обработка его результатов: Монография. – Краснодар: Издательство Кубанского ГАУ, 2004. – 240 с.
6. Юдин М.И. Технология восстановления посадок соединений деталей постановкой дополнительного элемента / М.И. Юдин, О.Г. Ширай. – Изд-во КубГАУ, 2005. – 92 с.
7. Юдин М.И., Стукопин Н.И., Ширай О.Г. Организация ремонтно-обслуживающего производства в сельском хозяйстве. – КГАУ, Краснодар, 2002, - 939 с.

#### References

1. Batishev A.N. Obosnovanie racional'nogo sposoba vosstanovleniya detalej. - // Mekhanizatsiya i ehlektrofikatsiya sel'skogo hozyajstva, №9 – 12, 1992.
2. Ivanov M. S. EHkspluatatsionnye tochechnye razrusheniya gil'z cilindrov dvigatelej KAMAZ / M. S. Ivanov, S. M. Ivanov, M. K. Buraev // Nauchnye issledovaniya studentov – v praktiku sel'skohozyajstvennogo proizvodstva : Materialy nauchnoj studencheskoj konferencii 13-15 marta 2007 goda.– S.31.
3. Merkulov E.P. Vosstanovlenie gil'z cilindrov dvigatelej vnutrennego sgoraniya termoplasticheskim deformirovaniem. Avtoreferat kand. diss. – CHelyabinsk, 2001, - 19 s.
4. SHiraj O.G. Veroyatnostnaya model' rascheta parametrov vosstanovleniya gil'zy cilindra postanovkoj svertnoj vtulki. – Optimizatsiya i resursoobespechenie tekhnologicheskikh processov v APK. – Trudy KGAU, vyp. 398 (426): Krasnodar, KGAU, 2002, - s. 166...174.
5. YUdin M.I. Planirovanie ehksperimenta i obrabotka ego rezul'tatov: Monografiya. – Krasnodar: Izdatel'stvo Kubanskogo GAU, 2004. – 240 s.
6. YUdin M.I. Tekhnologiya vosstanovleniya posadok soedinenij detalej postanovkoj dopolnitel'nogo ehlementa / M.I. YUdin, O.G. SHiraj. – Izd-vo KubGAU, 2005. – 92 s.
7. YUdin M.I., Stukopin N.I., SHiraj O.G. Organizatsiya remontno-obsluzhivayushchego proizvodstva v sel'skom hozyajstve. – KGAU, Krasnodar, 2002, - 939 s.

#### Сведения об авторах

**Цэдашиев Цэдаши Владимирович**, магистрант инженерного факультета ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежовского, тел. 8(395-2)237-431.

**Николаев Яков Георгиевич**, магистрант инженерного факультета ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского, тел. 8(395-2)237-431.

**Бураев Михаил Кондратьевич**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО Иркутский ГАУ имени А.А. Ежевского, E-mail: [buraev@mail.ru](mailto:buraev@mail.ru). Тел. 8(395-2)237-431.

#### **Information about authors**

**Tsedashiev Tsedashi Vladimirovich**, graduate student of engineering faculty of FSBEI HE Irkutsk State Agrarian University named after AA Ezhevsky, tel. 8 (395-2) 237-431.

**Nikolaev Yakov Georgievich**, graduate student of engineering faculty of FSBEI HE Irkutsk GAU named after A.A. Ezhevsky, tel. 8 (395-2) 237-431.

**Mikhail Kondratievich Buraev**, Doctor of Technical Sciences, Professor Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, E-mail: [buraev@mail.ru](mailto:buraev@mail.ru). Tel. 8 (395-2) 237 431.

УДК 631.354.2.076

### **ПОТЕРИ ЗЕРНА ПРИ КОМБАЙНОВОЙ УБОРКЕ**

**Степанов Н.Н., Бричагина А.А., Степанов Н.В.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

Одним из основных требований, предъявляемых к уборке зерновых культур является минимизация потерь урожая. В статье приведена классификация причин возникновения потерь зерна - биологические, непредвиденные, организационные. Выполнен обзор организационных причин, выявлено, что они могут быть: агрономические, технические, технологические, природно-хозяйственные, экономические и кадровые. Приведены результаты исследований по определению потерь зерна за зерноуборочными комбайнами фирмы «CLAAS», применяемых на территории Иркутской области для уборки пшеницы, ячменя и овса. Установлено, что потери за зерноуборочными комбайнами тем выше, чем больше продолжительность их эксплуатации.

*Ключевые слова:* уборка урожая, зерноуборочный комбайн, потери зерна, молотилка, жатка.

### **GRAIN LOSSES GRAINED GRAIN COMBINE**

**Stepanov N.N., Brichagina A.A., Stepanov N.V.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky,  
*Irkutsk, Russia*

One of the main requirements for grain harvesting is to minimize crop losses. The article provides a classification of the causes of the loss of grain - biological, unforeseen, organizational. A review of organizational causes has been carried out; it has been revealed that they may be: agronomic, technical, technological, natural-economic, economic, and personnel. The results of studies to determine the loss of grain for the combine harvesters of the company "CLAAS", used in the territory of the Irkutsk region for harvesting wheat, barley and oats are given. It is established that the losses for combine harvesters are the higher, the longer the duration of their operation.

*Keywords:* harvesting, combine harvester, grain loss, thresher, header.

Резервом увеличения производства зерна является повышение качества проведения уборочных работ. Одним из основных требований, предъявляемых к уборке зерновых культур является минимизация потерь урожая.

Многочисленные причины потерь зерна можно свести в три группы: биологические (осыпание до уборки, резкое снижение посевных и хлебопекарных качеств зерна в зависимости от колебаний влажности и температуры при дозревании на корню или в валках и т. д.); непредвиденные (засуха, ливневые и затяжные дожди, град, ранние заморозки, пожары и т.д.) и организационные [7].

Организационные причины потерь зерна можно разделить на [1, 3, 9, 10, 12]:

- агрономические,
- технические,
- технологические,
- природно-хозяйственные,
- экономические,
- кадровые.

К агрономическим причинам относятся: неправильный выбор сортов; загущенные или изреженные посевы; полеглость хлебостоя; неправильный выбор сроков уборки; недостаточное внимание к борьбе с вредителями и болезнями зерновых культур; фаза спелости; влажность и урожайность зерна; масса тысячи зерен; массовое отношение зерна к незерновой части хлебной массы; густота стояния и степень полеглости растений; засоренность посевов и т.д.).

Технические причины – конструктивные несовершенства узлов и агрегатов комбайна, плохое техническое состояние машины.

Технологическими причинами являются: режимы работы и технологические регулировки жатки, молотильного аппарата, очистки и других рабочих органов, неправильная разбивка полей на загоны и т.д.

Природно-хозяйственные причины: неудачный выбор полей по расположению, рельефу, плодородию; затягивание уборочных работ; перебои в обеспечении уборочных агрегатов горюче-смазочными материалами, неорганизованный контроль за качеством выполнения уборочных работ и т.д.

Экономические причины потерь - непродуманная система оплаты труда, отсутствие четкого учета собранного зерна и т.д.

Кадровые причины – низкий уровень квалификации комбайнеров.

Источниками потерь за комбайном могут быть жатка (за режущим аппаратом, делителями, мотовилом) и молотилка (за молотильным аппаратом, соломотрясом, очисткой, из-за неплотного закрытия смотровых и регулировочных люков шнеков и элеваторов, щелей в местах соединения рабочих органов) [4, 5, 6, 8, 11].

Согласно агротехническим требованиям [2]:

- за жаткой комбайна допускается до 1% потерь для прямостоячих хлебов и 1,5% для полеглих,
- общие потери зерна из-за недомолота и с соломой должны быть не более 1,5%.

С целью определения потерь зерна за молотилкой была проведена сравнительная агротехническая оценка зерноуборочных комбайнов фирмы «CLAAS». Режимы работы комбайна и технологические регулировки выбирались согласно рекомендациям заводского руководства по эксплуатации.

Исследования проводились при прямом комбайнировании в соответствии с ГОСТ 28301-2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний» [2].

Результаты исследований при уборке пшеницы сорта «Бурятская остистая» (урожайность - 27 ц/га, масса 1000 зерен - 42 г, влажность зерна - 18,8%) на полях с. Герасимово СХ ПАО «Белореченское» Черемховского района Иркутской области приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Потери за зерноуборочными комбайнами «CLAAS» при уборке пшеницы

Марка комбайна / жатки	TUCANO 450/ C 930	TUCANO 450/ C 900	DOMINATOR 108/ C 600
Серийный номер, год выпуска	L1500110, 2017 г	C3201477, 2014 г	094 406608, 1998 г
Ширина жатки, м	9,3	9,0	6,0
Ширина молотилки, м	1,58	1,58	1,58
Потери, %	0,17	0,27	3,8

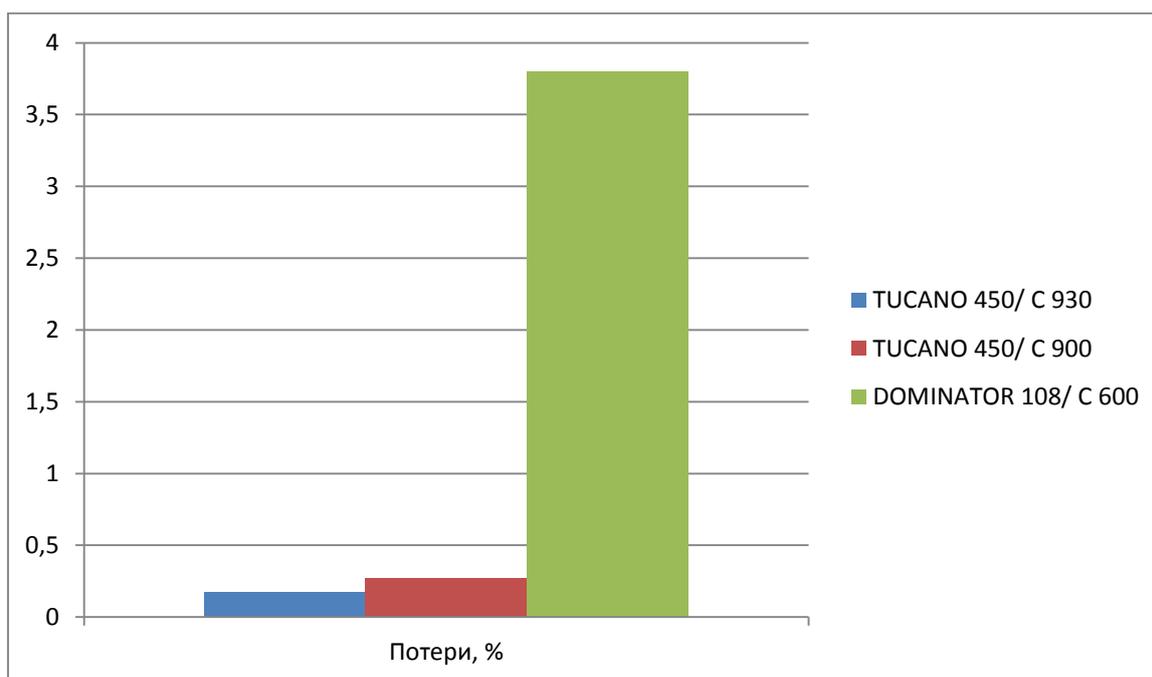


Рисунок 1 – Гистограмма потерь зерна при уборке пшеницы

В результате анализа данных таблицы 1 и рисунка 1, можно сказать, что зерноуборочные комбайны TUCANO 450 показали минимальные потери со значениями 0,17% и 0,27%, а при уборке пшеницы комбайном DOMINATOR 108, 1998 г. выпуска потери составили 3,8%, что превышает нормативные значения.

Результаты исследований при уборке овса сорта «Тулунский -19» (урожайность – 30 ц/га, масса 1000 зерен -37 г., влажность зерна - 18,5%) на полях с. с. Узкий луг, ОП «Петровское» СХ ПАО «Белореченское» Черемховского района Иркутской области приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Потери за зерноуборочными комбайнами «CLAAS» при уборке овса

Марка ЗУК + жатка	DOMINATOR 108 + С 600	DOMINATOR 130 + С 510	DOMINATOR 150 + С 600
Серийный номер, год выпуска	094 08266, 1999 г	156 10317, 2008 г	200 00693, 2007 г
Ширина жатки, м	6,0	5,1	6,0
Ширина молотилки, м	1,58	1,58	1,58
Потери, %	4,44	1,73	2,08

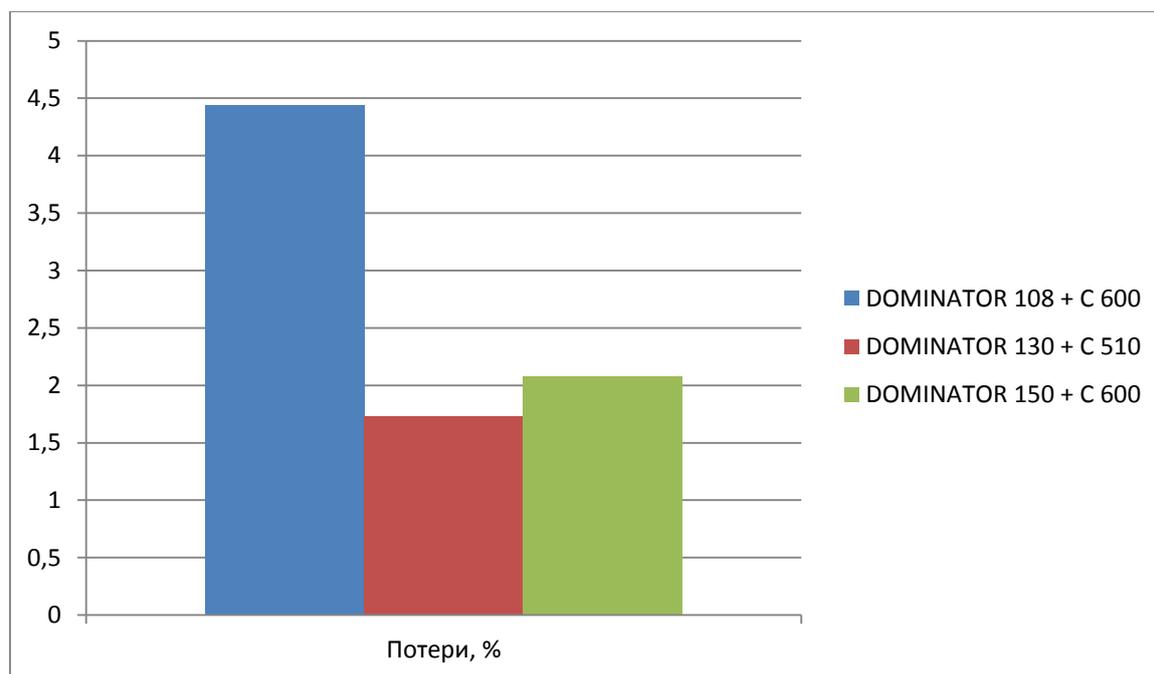


Рисунок 2 – Гистограмма потерь зерна при уборке овса

В результате анализа данных таблицы 2 и рисунка 2, можно сказать, что при уборке овса зерноуборочными комбайнами DOMINATOR 2007 г. и 2008 г. выпуска потери не превышают нормативные значения, а при уборке комбайном DOMINATOR 108 с жаткой С 600 1999 г. выпуска потери составили 4,44%.

Результаты исследований при уборке ячменя сорта «Ача» (урожайность – 30 ц/га, масса 1000 зерен -50 г., влажность зерна – 16,3%) на полях с. с. Узкий луг, ОП «Петровское» СХ ПАО «Белореченское» Черемховского района Иркутской области приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Потери за зерноуборочными комбайнами «CLAAS» при уборке ячменя

Марка ЗУК + жатка	TUCANO 450 + С 930
Серийный номер, год выпуска	С3000019, 2016 г
Ширина жатки, м	9,3
Ширина молотилки, м	1,58
Потери, %	0,25

В результате анализа данных таблицы 3, можно сказать, что при уборке ячменя зерноуборочными комбайнами TUCANO 450 с жаткой С 930 потери практически отсутствуют – составляют 0,25%.

Потери за зерноуборочным комбайном тем выше, чем больше срок его эксплуатации, так как со временем происходит износ узлов и агрегатов комбайна. Причинами возникновения потерь могут являться: износ бичей молотильного барабана, износ планок подбарабана, деформация жалюзи клавиш соломотряса и решет очистки и т.д. Комбайны выпущенные до 2000 г., по-прежнему используются в хозяйствах Иркутской области, выработали свой ресурс.

#### Список литературы

1. *Адамчук В.В.* Исследование показателей оценки работы зерноуборочных комбайнов/ *В.В. Адамчук [и др.] // С.-х. машины и технологии.* - 2014. - № 1. - С. 14-17
2. ГОСТ 28301-2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний». – Введ.1.07.2017. –М.: Стандартинформ. - 2017. – 39 с.
3. *Дягилев А.* Уборка зерновых как зеркало культуры земледелия предприятия / *А. Дягилев // Техника и оборудование для села.* - 2007. - № 6. - С. 22-23.
4. *Жалнин Э. В.* Классификация потерь зерна и их оценка / *Э. В. Жалнин // Сельский механизатор.* - 2014. - № 9. - С. 4-6.
5. *Иовлев Г. А.* Обзор испытаний зерноуборочных комбайнов на качество выполнения процесса обмолота зерновых культур/ *Г.А. Иовлев Г. А., И.И. Голдина / Теория и практика мировой науки .-* Екатеринбург: Свердлов. рег. отд. «Международная академия аграрного образования». - 2017. - №11. – С. 56-62.
6. *Ловчиков А.П.* Рекомендации по снижению потерь и механических повреждений зерна при уборке урожая/ *А.П. Ловчиков, С.М. Коновалов, М.М. Константинов, Л.А. Клаузер, Н.С. Путин // Техническое состояние и режимы работы рабочих органов молотилки комбайна.* –Челябинск: изд-во ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия». - 2012. – С. 25-27.
7. *Морозов А.Ф.* Пути снижения потерь зерна при уборке урожая / *А.Ф. Морозов, А.Н. Пугачев.* – М.: Колос. – 1969. – 248 с.

8. Выбор зерноуборочного комбайна: одна урожайность, разные условия// Техника и оборудование для села. - 2017. - № 7. - С. 12-13.
9. Ломакин С. Г. Формирование парка зерноуборочных комбайнов с учётом условий уборки: статья в журнале/ С.Г. Ломакин, В.Е. Бердышев // Вестник РГАУ МСХА им. К.А. Тимирязева . -2016. - № 5 (75). – С. 7-12.
10. Рациональный подход к уборке зерновых культур машинами / Редакция CLAAS. CLAAS // Техника и оборудование для села. - 2015. - № 5. - С. 20-22.
11. Семин, А. Н. Исследование эффективности технологического процесса обмолота зерновых культур / А.Н. Семин, Г.А. Иовлев // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. - 2018. - № 7. - С. 25-27.
12. Федорова, О. А. Факторы, влияющие на показатели использования зерноуборочных комбайнов / Федорова О. А. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2017. - № 4 (48). - С. 239-245.

### References

1. Adamchuk V.V. Issledovanie pokazatelej ocenki raboty zernouborochnyh kombajnov/ V.V. Adamchuk [i dr.] // S.-h. mashiny i tekhnologii. - 2014. - № 1. - S. 14-17
2. GOST 28301-2015 «Kombajny zernouborochnye. Metody ispytaniy». – Vved.1.07.2017. –М.: Standartinform. - 2017. – 39 s.
3. Dyagilev A. Uborka zernovyh kak zerkalo kul'tury zemledeliya predpriyatiya / A. Dyagilev // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - 2007. - № 6. - S. 22-23.
4. ZHalnin E.H. V. Klassifikaciya poter' zerna i ih ocenka / E.H. V. ZHalnin // Sel'skij mekhanizator. - 2014. - № 9. - S. 4-6.
5. Iovlev G. A. Obzor ispytaniy zernouborochnyh kombajnov na kachestvo vypolneniya processa obmolota zernovyh kul'tur/ G.A. Iovlev G. A., I.I. Goldina / Teoriya i praktika mirovoj nauki .- Ekaterinburg: Sverd. reg. otd. «Mezhdunarodnaya akademiya agrarnogo obrazovaniya». - 2017. - №11. – S. 56-62.
6. Lovchikov A.P. Rekomendacii po snizheniyu poter' i mekhanicheskikh povrezhdenij zerna pri uborke urozhaya/ A.P. Lovchikov, S.M. Konovalov, M.M. Konstantinov, L.A. Klauzer, N.S. Pitin // Tekhnicheskoe sostoyanie i rezhimy raboty rabochih organov molotilki kombajna. –CHelyabinsk: izd-vo FGBOU VPO «CHelyabinskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya». - 2012. – S. 25-27.
7. Morozov A.F. Puti snizheniya poter' zerna pri uborke urozhaya / A.F. Moro-zov, A.N. Pugachev. – М.: Kolos. – 1969. – 248 s.
8. Vybor zernouborochnogo kombajna: odna urozhajnost', raznye usloviya// Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - 2017. - № 7. - S. 12-13.
9. Lomakin S. G. Formirovanie parka zernouborochnyh kombajnov s uchyotom uslovij uborki: stat'ya v zhurnale/ S.G. Lomakin, V.E. Berdyshev // Vestnik RGAU MSKHA im. K.A. Timiryazeva . -2016. - № 5 (75). – S. 7-12.
10. Racional'nyj podhod k uborke zernovyh kul'tur mashinami / Redakciya CLAAS. CLAAS // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - 2015. - № 5. - S. 20-22.
11. Semin, A. N. Issledovanie ehffektivnosti tekhnologicheskogo processa ob-molota zernovyh kul'tur / A.N. Semin, G.A. Iovlev // EHkonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij. - 2018. - № 7. - S. 25-27.

12. Fedorova, O. A. Faktory, vliyayushchie na pokazateli ispol'zovaniya zerno-uborochnykh kombajnov / Fedorova O. A. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitet-skogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2017. - № 4 (48). - S. 239-245.

#### Сведения об авторах

**Степанов Николай Николаевич** - студент 2 курса инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Бричагина Анастасия Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Степанов Николай Васильевич** - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

#### Information about the authors

**Stepanov Nikolay Nikolaevich** - the 2th year student of the faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Brichagina Anastasia Aleksandrovna** – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of technical support of agriculture, faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Stepanov Nikolai Vasilievich** - candidate of technical Sciences, fssociate Professor of the Department of Machine and Tractor Park Operation, Life Safety and Professional Education of the faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsky District, Molodezhny Village, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

УДК 631.354.2.076

### АНАЛИЗ БУНКЕРНОГО ЗЕРНА ЗЕРОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ «CLAAS»

**Степанов Н.Н., Бричагина А.А., Степанов Н.В.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
г. Иркутск, Россия

В статье дана классификация механических потерь зерна, возникающих при уборке зерновых культур. Проанализированы факторы, влияющие на величину потерь, основные из которых – технологические регулировки молотильного аппарата. Приведены результаты исследований по определению качества зерна в бункерах зерноуборочных комбайнов фирмы «CLAAS», применяемых на территории Иркутской области для уборки пшеницы, ячменя и овса. В отобранных образцах определялось процентное содержание: основного зерна, зерновой примеси, дробленого зерна, зерна в колосках и пленках, обрубленного зерна, сорной примеси. Установлено, что качество зерна соответствует предъявляемым агротехническим требованиям.

*Ключевые слова:* уборка урожая, качество зерна, дробление зерна, молотильный аппарат, бункер комбайна.

## ANALYSIS OF BUNKER GRAIN OF «CLAAS» COMBINE HARVESTERS

**Stepanov N.N., Brichagina A.A., Stepanov N.V.**  
Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky,  
*Irkutsk, Russia*

The article gives a classification of the mechanical losses of grain arising during the harvesting of grain crops. The factors affecting the magnitude of losses are analyzed, the main of which are technological adjustments of the threshing apparatus. The results of studies to determine the quality of grain in the bins of combine harvesters of the company "CLAAS", used in the territory of the Irkutsk region for harvesting wheat, barley and oats are given. In selected samples, the percentage content of the main grain, grain admixture, crushed grain, grains in spikelets and films, crushed grain, weed impurity was determined. It was established that the quality of the grain meets the requirements of agrotechnical requirements.

*Key words:* harvesting, grain quality, grain crushing, threshing machine, combine bunker.

Одним из резервов увеличения производства зерновых культур является повышение качества зерна. При прямом комбайнировании к качеству бункерного зерна предъявляются следующие агротехнические требования [2]:

- чистота зерна (содержание целых зерен основной культуры) должна быть не ниже 95%,

- количество дробленых и обрушенных зерен не должно превышать для семенного зерна - 1%, для продовольственного - 2%.

При уборке зерновых культур зерно подвергается механическому воздействию рабочими органами комбайнов. Наличие повреждений негативно сказывается на хранении зерна, на его товарных, хлебопекарных и посевных качествах [3, 10].

Механические повреждения принято делить на две большие группы [4, 6, 10]:

1. Макроповреждения – дробление зерна вдоль и поперек, его плющение и обрушивание.

2. Микроповреждения – полностью выбит или частично поврежден зародыш; повреждена оболочка зародыша или около него; поврежден эндосперм; внутренние повреждения (вмятины, ушибы –«синяки»).

Зерна с макроповреждениями по своим физико-механическим свойствам значительно отличаются от целых и поэтому легко отделяются на любых современных зерноочистительных и сортировальных машинах.

Микроповреждения могут быть обнаружены только при тщательном осмотре зерна с помощью лупы 10-кратного увеличения, определении всхожести, окрашивании зерна и т.д [10].

В процессе уборки хлебной массы зерноуборочными комбайнами механические повреждения зерна, в наибольшей степени, происходят при

обмолоте. Наличие повреждений зависит главным образом от следующих факторов [1, 5, 7, 8, 9]:

- секундной подачи хлебной массы в молотильный аппарат;
- частоты вращения барабана;
- величины молотильного зазора;
- конструктивных особенностей молотильного аппарата (диаметр и длина барабана, тип барабана и подбарабанья, число бичей, угол обхвата барабана подбарабаньями);
- физико-механических свойств зерна (влажности, прочности и т.д.).

С целью определения качества зерна в бункерах зерноуборочных комбайнов фирмы «CLAAS», работающих на территории Иркутской области, нами были проведены исследования при уборке различных зерновых культур. Режимы работы комбайна и технологические регулировки выбирались согласно рекомендациям заводского руководства по эксплуатации.

Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 28301-2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний». Применялась нижеследующая методика [2].

Для анализа бункерного зерна из среднего образца выделялись навески массой 50 г. по ГОСТ 13586.3. Анализ проводился по ГОСТ 30483.

Навески разбирались на следующие фракции:

- основное зерно,
- зерновую примесь,
- дробленое зерно,
- зерно в колосках и пленках,
- обрушенное зерно (для пленчатых культур),
- сорную примесь.

При анализе навески шуплое зерно (зерно невыполненное, сморщенное, легковесное, деформированное вследствие неблагоприятных условий развития и созревания) и зерно других зерновых культур относили к основному, а все битые, независимо от величины отбитой части, относили к дробленому зерну. К обрушенному зерну относили зерно, потерявшее полностью или частично оболочку. Зерно в колосках и пленках очищали, отход относили к сорной примеси, а зерно — к зерновой примеси. К сорной примеси относили органические и минеральные примеси, семена сорняков.

Каждую фракцию взвешивали с погрешностью  $\pm 0,1$  г.

Массовую долю дробленого (обрушенного) зерна  $D_{др(об)}$ , %, вычисляли по формуле

$$D_{др(об)} = \frac{q_{др(об)}}{q_o + q_{др(об)} + q_{к.п}}, \quad (1)$$

где  $q_{др(об)}$  - масса дробленого (обрушенного) зерна, г;

$q_o$  - масса основного зерна, г;

$q_{к.п}$  - масса зерна в колосках и пленках, г.

Содержание сорной примеси  $P_c$ , %, вычисляли по формуле

$$P_c = \frac{q_c}{q_n} \times 100\%, \quad (2)$$

где  $q_c$  - масса сорной примеси, г;

$q_n$  – масса навески, г.

Массу 1000 зерен определяли по двум навескам одного из опытов согласно ГОСТ 10842.

Результаты исследований при уборке пшеницы сорта «Бурятская остистая» (урожайность - 27 ц/га, масса 1000 зерен – 39,06 г, влажность зерна – 19,1 %) комбайном TUCANO 450 (серийный номер - С3201477, год выпуска - 2014) с жаткой С900 приведены в таблице 1

Таблица 1 – Анализ бункерного зерна пшеницы

Наименование показателя	1-я навеска		2-я навеска		3-я навеска		Среднее арифметическое значение	
	Масса, г.	Содержание %	Масса, г.	Содержание %	Масса, г.	Содержание %	г	%
1.Содержание основного зерна и зерновой примеси, всего	49,46	98,92	49,26	99,85	49,43	99,86	49,38	98,76
в том числе: - основное зерно	49,05	98,10	48,87	97,74	48,78	97,56	48,90	97,80
- зерновая примесь дробленое (битое) зерно	0,41	0,82	0,31	0,62	0,65	1,30	0,46	0,92
зерно в колосках и пленках	0	0	0,08	0,16	0	0	0,03	0,06
обрушенное зерно (для пленчатых культур)	0	0	0	0	0	0	0	0
2.Содержание сорной примеси	0,54	1,08	0,74	1,48	0,57	1,14	0,62	1,24

В результате анализа данных таблицы 1 можно сказать, что чистота зерна пшеницы бункере составляет 98,76 %, дробленое зерно – 0,92 %.

Результаты исследований при уборке ячменя сорта «Ача» (урожайность - 30 ц/га, масса 1000 зерен – 45,44 г, влажность зерна – 14,1 %) зерноуборочным комбайном TUCANO 450 с жаткой С900 (серийный номер - С3000019, год выпуска - 2016) приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Анализ бункерного зерна ячменя**

Наименование показателя	1-я навеска		2-я навеска		3-я навеска		Среднее арифметическое значение	
	Масса, г.	Содержание %	Масса, г.	Содержание %	Масса, г.	Содержание %	г	%
1. Содержание основного зерна и зерновой примеси, всего	49,80	96,97	49,99	97,84	49,99	97,72	49,93	99,85
в том числе: - основное зерно	48,45	96,9	48,34	96,68	48,78	97,56	48,52	97,05
- зерновая примесь дробленое (битое) зерно	0	0	0,08	0,16	0,08	0,16	0,05	0,11
-зерно в колосках и пленках	0,35	0,7	0,57	1,14	0,23	0,46	0,38	0,77
- обрушенное зерно (для пленчатых культур)	1,00	2,0	1,00	2,0	0,9	1,8	0,97	1,9
2.Содержание сорной примеси	0,2	0,4	0,01	0,02	0,01	0,02	0,07	0,15

В результате анализа таблицы 2 можно сказать, что чистота зерна ячменя в бункере составляет 97,05%, дробленое зерно- 0,11%, обрушенное зерно – 1,9%.

Результаты исследований качества бункерного зерна различных культур приведены в таблице 3.

**Таблица 3 – Качество бункерного зерна**

№	Культура, сорт	Урожайность, ц/га	Масса 1000 зёрен	Марка комбайна / жатки, серийный номер, год выпуска комбайна	Содержание сорной примеси, %	Содержание дроблёного зерна, %
1	Пшеница, "Бурятская остистая"	27	39,06	TUCANO 450 + C900, C3201477, 2014	1,24%	0,92%
2	Пшеница, "Бурятская остистая"	27	39,08	DOMINATOR 108, 09406608, 1998	0,56%	0,74%
3	Овёс, "Тулунский 19"	30	34,04	DOMINATOR 150 + C600, 20000693, 2007	3,32%	0,69%
4	Овёс, "Тулунский 19"	30	34,06	DOMINATOR 150 + C600, 15610317 2007	1,56%	0,00%
5	Ячмень, "Ача"	30	45,44	TUCANO 450 + C900, C3000019, 2016	0,15%	0,11%

В результате анализа полученных результатов, установлено, что качество зерна в бункере зерноуборочных комбайнов фирмы «CLAAS» вне

зависимости от вида культуры, ее урожайности и применяемого комбайна, соответствует агротехническим требованиям.

### Список литературы

1. *Адамчук В.В.* Исследование показателей оценки работы зерноуборочных комбайнов/ *В.В. Адамчук [и др.]* // С.-х. машины и технологии. - 2014. - № 1. - С. 14-17.
2. ГОСТ 28301-2015 «Комбайны зерноуборочные. Методы испытаний». – Введ.1.07.2017. –М.: Стандартинформ. - 2017. – 39 с.
3. *Деревянко Дмитрий.* Влияние травмирования зерна на качество семенного материала / *Дмитрий Деревянко* // Международный сельскохозяйственный журнал. - 2011. - №5. - С. 50-51.
4. *Жалнин Э. В.* Классификация потерь зерна и их оценка / *Э. В. Жалнин* // Сельский механизатор. - 2014. - № 9. - С. 4-6.
5. *Иовлев Г. А.* Обзор испытаний зерноуборочных комбайнов на качество выполнения процесса обмолота зерновых культур/ *Г.А. Иовлев Г. А., И.И. Голдина* / Теория и практика мировой науки .- Екатеринбург: Свердлов. рег. отд. «Международная академия аграрного образования». - 2017. - №11. – С. 56-62.
6. *Ловчиков А.П.* Рекомендации по снижению потерь и механических повреждений зерна при уборке урожая/ *А.П. Ловчиков, С.М. Коновалов, М.М. Константинов, Л.А. Клаузер, Н.С. Путин* // Техническое состояние и режимы работы рабочих органов молотилки комбайна. –Челябинск: изд-во ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия». - 2012. – С. 25-27.
7. *Морозов А.Ф.* Пути снижения потерь зерна при уборке урожая / *А.Ф. Морозов, А.Н. Пугачев.* – М.: Колос. – 1969. – 248 с.
8. Рациональный подход к уборке зерновых культур машинами / *Редакция CLAAS. CLAAS* // Техника и оборудование для села. - 2015. - № 5. - С. 20-22.
9. *Семин, А. Н.* Исследование эффективности технологического процесса обмолота зерновых культур / *А.Н. Семин, Г.А. Иовлев* // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. - 2018. - № 7. - С. 25-27.
10. *Шейченко В. А.* Исследование микроповреждений и макротравмирования зерна при его уборке зерноуборочными комбайнами / *В. А. Шейченко [и др.]* // Техника и оборудование для села. - 2016. - № 1. - С. 24-27.
11. *Федорова, О. А.* Факторы, влияющие на показатели использования зерноуборочных комбайнов / *Федорова О. А.* // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. - 2017. - № 4 (48). - С. 239-245.

### References

1. Adamchuk V.V. Issledovanie pokazatelej ocenki raboty zernouborochnyh kombajnov/ V.V. Adamchuk [i dr.] // S.-h. mashiny i tekhnologii. - 2014. - № 1. - S. 14-17.
2. GOST 28301-2015 «Kombajny zernouborochnye. Metody ispytanij». – Vved.1.07.2017. –М.: Standartinform. - 2017. – 39 s.
3. Derevyanko Dmitriy. Vliyanie travmirovaniya zerna na kachestvo semennogo materiala / Dmitriy Derevyanko // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. - 2011. - №5. - S. 50-51.
4. ZHalnin EH. V. Klassifikaciya poter' zerna i ih ocenka / EH. V. ZHalnin // Sel'skij mekhanizator. - 2014. - № 9. - S. 4-6.
5. Iovlev G. A. Obzor ispytanij zernouborochnyh kombajnov na kachestvo vypolneniya processa obmolota zernovyh kul'tur/ G.A. Iovlev G. A., I.I. Goldina / Teoriya i

практика мировой науки .- Екатеринбург: Sverd. reg. otd. «Mezhdunarodnaya akademiya agrarnogo obrazovaniya». - 2017. - №11. – S. 56-62.

6. Lovchikov A.P. Rekomendacii po snizheniyu poter' i mekhanicheskikh povrezhdenij zerna pri uborke urozhaya/ A.P. Lovchikov, S.M. Konovalov, M.M. Konstantinov, L.A. Klauzer, N.S. Pitin // Tekhnicheskoe sostoyanie i rezhimy raboty rabochih organov molotilki kombajna. –CHelyabinsk: izd-vo FGBOU VPO «CHelyabinskaya gosudarstvennaya agroinzhenernaya akademiya». - 2012. – S. 25-27.

7. Morozov A.F. Puti snizheniya poter' zerna pri uborke urozhaya / A.F. Morozov, A.N. Pugachev. – M.: Kolos. – 1969. – 248 s.

8. Racional'nyj podhod k uborke zernovyh kul'tur mashinami / Redakciya CLAAS. CLAAS // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - 2015. - № 5. - S. 20-22.

9. Semin, A. N. Issledovanie ehffektivnosti tekhnologicheskogo processa ob-molota zernovyh kul'tur / A.N. Semin, G.A. Iovlev // EHkonomika sel'skohozyajstvennyh i pererabatyvayushchih predpriyatij. - 2018. - № 7. - S. 25-27.

10. SHEjchenko V. A. Issledovanie mikropovrezhdenij i makrotravmirovaniya zerna pri ego uborke zernouborochnymi kombajnami / V. A. SHEjchenko [i dr.] // Tekhnika i oborudovanie dlya sela. - 2016. - № 1. - S. 24-27.

11. Fedorova, O. A. Faktory, vliyayushchie na pokazateli ispol'zovaniya zernouborochnyh kombajnov / Fedorova O. A. // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitet-skogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. - 2017. - № 4 (48). - S. 239-245.

#### **Сведения об авторах**

**Степанов Николай Николаевич** - студент 2 курса инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Бричагина Анастасия Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Степанов Николай Васильевич** - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка, безопасности жизнедеятельности и профессионального обучения инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

#### **Information about the authors**

**Stepanov Nikolay Nikolaevich** - the 2th year student of the faculty of engineering(664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Brichagina Anastasia Aleksandrovna** – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of technical support of agriculture, faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Stepanov Nikolai Vasilievich** - candidate of technical Sciences, fssociate Professor of the Department of Machine and Tractor Park Operation, Life Safety and Professional Education of the faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsky District, Molodezhny Village, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

# ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОВРЕЖДЕНИЯ КЛУБНЕЙ ПРИ УБОРКЕ КАРТОФЕЛЯ

**Ханхасыкова Л.П., Кузьмин А.В.**

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия*

В статье проанализированы процессы повреждения клубней при уборке картофеля. Рассмотрена строение клубней и особенности их биологии. Процесс повреждения клубней при посадке отличается от процесса повреждения их при уборке. Это зависит от степени зрелости клубней картофеля. При хранении картофеля после уборки до посадки картофель окончательно дозревает: происходит опробкование кожуры, усиливается дыхание и повышаются потери влаги на испарение. Одновременно с этим в клубнях происходят сложные физиолого-биологические процессы, сопровождающиеся превращением крахмала в сахара и обратно, но при этом содержание крахмала несколько снижается, так как часть сахаров окисляется в процессе дыхания. Одновременно со снижением влаги в клубнях происходит и уменьшение их плотности. Механическая прочность клубней является одним из решающих факторов, при определении максимальных скоростей работы рабочих органов. Механическая прочность мякоти клубня неразрывно связана с её внутренним строением и физическим состоянием. Максимальная скорость соударения клубня с абсолютно-жестким материалом в значительной степени зависит от модуля упругости мякоти, коэффициента восстановления формы, массы клубня, кривизны соприкасающихся поверхностей и допускаемых контактных напряжений. Увеличение модуля упругости и коэффициента восстановления формы (осенние клубни) ведет к резкому уменьшению максимальной скорости соударения и наоборот. Увеличение кривизны соприкасающихся поверхностей, при прочих равных условиях ведет к уменьшению максимальной скорости соударения. Этим можно объяснить то, что клубни получают различные повреждения при ударе их с одинаковой скоростью о металлические поверхности по длине, ширине и толщине. Волновой процесс позволяет по-новому подойти к рассмотрению вопроса разрушения клубней картофеля при соударении их с рабочими органами машин и приводит к необходимости учета многих факторов ударной системы: физических свойств, жесткости соударяющихся тел, плотности, упругих параметров, конфигурации, геометрических размеров, скорости, времени соударения, площади первоначального контакта.

*Ключевые слова: процессы повреждения, физиолого-биологические процессы, прочность клубней, скорость соударения, волновой процесс.*

## THE STUDY OF THE PROCESSES OF DAMAGE OF TUBERS DURING HARVESTING POTATOES

**Khankhasykova L., Kuzmin A.**

*Irkutsk state agrarian University named after Ezhevsky A., Irkutsk, Russia*

The article analyzes the processes of damage to tubers when harvesting potatoes. The structure of tubers and features of their biology are considered. The process of damaging the tubers during planting is different from the process of damaging them during harvesting. This depends on the degree of maturity of the potato tubers. When storing potatoes after harvesting before planting, the potatoes finally ripen: there is a probing of the rind, increased breathing and increased loss of moisture for evaporation. At the same time, in tubers there are complex physiological and biological processes, accompanied by the conversion of starch into sugar and

back, but the starch content is somewhat reduced, since some sugars are oxidized during respiration. Simultaneously with the decrease in moisture in the tubers, there is a decrease in their density. Mechanical strength of tubers is one of the decisive factors in determining the maximum speed of the working bodies. The mechanical strength of the tuber pulp is inextricably linked to its internal structure and physical condition. The maximum rate of collision of a tuber with a completely rigid material largely depends on the modulus of elasticity of the pulp, the coefficient of shape recovery, the mass of the tuber, the curvature of the contacting surfaces and the permissible contact stresses. An increase in the modulus of control and the coefficient of shape recovery (autumn tubers) leads to a sharp decrease in the maximum collision rate and Vice versa. An increase in the curvature of the contiguous surfaces, all other things being equal, leads to a decrease in the maximum collision rate. This can be explained by the fact that the tubers get different damage when they hit with the same speed on the metal surface in length, width and thickness. The wave process allows a new approach to the consideration of the issue of destruction of potato tubers when they collide with the working bodies of machines and leads to the need to take into account many factors of the shock system: physical properties, rigidity of the colliding bodies, density, elastic parameters, configuration, geometric dimensions, speed, time of collision, the area of the initial contact.

*Keywords: the damage processes, physiological and biological processes, the strength of the tubers, the impact velocity, the wave process.*

Чувствительность клубней к механическим повреждениям, вызываемыми нагрузкой различного характера (статистической или динамической) является серьезной проблемой в механизации уборочных и погрузочно-разгрузочных работ.

Для исследования причин механических повреждений и их качественной оценки имеют значение их биологические особенности. Клубень – живой организм с высоким содержанием влаги (около 75 %), крахмала (17 %), сахаров, клетчатки, пектиновых и других веществ.

Установлено, что механическая прочность клубня связана с его внутренним строением и физическим состоянием.

Поскольку количество и соотношение отдельных компонентов в клубнях при хранении изменяется вследствие физиолого-химических процессов, то, очевидно, что процесс повреждения клубней при посадке будет отличаться от процесса повреждения их при уборке.

При этом повреждаемость клубней картофеля при уборке более значительна, чем при посадке, так как она зависит от степени зрелости картофеля. Так, если при уборке копателем зрелого картофеля повреждается около 5 % клубней, то при уборке незрелого картофеля этот показатель возрастает почти в 3 раза и достигает 14 %. Еще более высокий процент механически поврежденных зрелых и незрелых клубней (соответственно 12 и 54 %) наблюдается при уборке картофеля комбайном [1]. При хранении же картофеля после уборки до посадки картофель окончательно дозревает: происходит опробкование кожуры, усиливается дыхание и повышаются потери влаги на испарение. Одновременно с этим в клубнях происходят сложные физиолого-биологические процессы, сопровождающиеся превращением крахмала в сахара и обратно, но при этом содержание крахмала несколько снижается, так как часть сахаров окисляется в процессе

дыхания. Одновременно со снижением влаги в клубнях происходит и уменьшение их плотности. Кроме того, уменьшение содержания влаги ведет к увеличению упругих свойств мякоти клубней [2].

Механическая прочность клубней является одним из решающих факторов, при определении максимальных скоростей работы рабочих органов. Механическая прочность мякоти клубня неразрывно связана с её внутренним строением и физическим состоянием. Мякоть клубня состоит из клеток, между которыми расположены межклеточные пластинки. В состав межклеточных пластинок входят пектиновые вещества, которые являются основным цементирующим материалом, связывающим клетки друг с другом. В связи с тем, что у клеток мякоти клубня нет строгой ориентации в пространстве, можно предположить, что клубень является изотропным телом, то есть прочность мякоти одинакова во всех направлениях [3].

Прочность клубня характеризуется временным сопротивлением сжатию мякоти  $\sigma_B$ , которое определяется при сжатии цилиндрических или прямоугольных образцов, вырезанных из клубня и контактными напряжениями  $\sigma_z$ , определяемыми при сжатии целого клубня между различными деформаторами. Контактные напряжения  $\sigma_z$  зависят от формы соприкасающихся поверхностей, модуля упругости, коэффициента Пуассона.

Согласно решению контактной задачи, данной Герцем и развитой в трудах А.Н. Динника, И.Я. Штаермана, М.С. Кролевец и других, напряжения при центральном сжатии тел, имеющих поверхность второго порядка равны [3]:

$$\sigma_z = \frac{3}{2} \frac{P}{\pi \cdot a_0 \cdot b_0} \sqrt{1 - \frac{x^2}{a_0^2} - \frac{y^2}{b_0^2}}, \quad (1)$$

где  $P$  - сжимающее усилие, Н;

$a_0$  и  $b_0$  - полуоси эллипса давления, м.

Рассмотрим случай осесимметричного удара двух клубней,двигающихся поступательно, полагая, что относительная скорость вращения их равна нулю. Обозначим скорости клубней  $v_1$  и  $v_2$ . Тогда относительная скорость перемещения  $v = v_1 + v_2$ . Пусть в некоторый момент времени клубни коснутся друг друга. При этом произойдет осесимметричный удар. Клубни начнут деформироваться, и кинетическая энергия относительного движения перейдет частично в потенциальную энергию деформации, а частично будет потеряна на трение в месте контакта, на образование ударных волн, нагрев и т.д. Разобьем время удара на две части: первая половина – первый акт удара – начинается от момента первого касания клубней и кончается моментом наибольшего сжатия, вторая половина удара – второй акт удара – от момента наибольшего сжатия до момента последнего касания. А.И. Вольниковым [4] получена следующая формула для определения максимальной скорости соударения клубня с абсолютно жестким материалом при осесимметричном ударе из условий неповреждения мякоти:

$$v_{\max}^2 = \frac{\pi\theta^4 \cdot F_1(k) \cdot E_1^3(k)}{60 \cdot k_g^2 \cdot m \cdot k_3 (k_{1,1} + k_{1,2} + k_{2,1} + k_{2,2})^3} [\sigma_z]^5, \quad (2)$$

где  $\theta = \frac{4(1-\mu)}{E}$  - коэффициент упругости мякоти клубня;

$\mu$  - коэффициент Пуассона мякоти клубня;

$E$  - модуль упругости мякоти клубня, Па;

$F_1(k) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\partial\varphi}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \varphi}}$  - полный эллиптический интеграл по модулю;

$k_g$  - коэффициент восстановления формы клубня;

$m$  - масса клубня;

$[\sigma_z]$  - допускаемые контактные напряжения мякоти клубня, Па.

Анализ данного выражения показывает, что максимальная скорость соударения клубня с абсолютно-жестким материалом в значительной степени зависит от модуля упругости мякоти, коэффициента восстановления формы, массы клубня, кривизны соприкасающихся поверхностей и допускаемых контактных напряжений. Увеличение модуля упругости и коэффициента восстановления формы (осенние клубни) ведет к резкому уменьшению максимальной скорости соударения и наоборот. Увеличение кривизны соприкасающихся поверхностей, при прочих равных условиях ведет к уменьшению максимальной скорости соударения. Этим можно объяснить то, что клубни получают различные повреждения при ударе их с одинаковой скоростью о металлические поверхности по длине, ширине и толщине [3].

Увеличение скоростного режима работы ведет к увеличению ударного импульса и соответственно к возможному повреждению клубней.

Контактные напряжения, соответствующие моменту начала разрушения клубня, зависят от площади контакта соприкасающихся поверхностей. Эта зависимость для клубней, например сорта «Лорх», может быть аппроксимирована уравнением:

$$\sigma_z^{\max} = 3,1\sigma_B - F \lg E, \quad (3)$$

где  $\sigma_B$  - временное сопротивление сжатия мякоти клубня, Па;

$E$  - модуль упругости мякоти клубня, Па;

$F$  - площадь контакта, м<sup>2</sup>.

Таким образом, зависимость контактных напряжений от площади контакта прямо пропорциональна. Контактные напряжения максимальны при деформации клубня цилиндром диаметром 6,5 мм (25,7...30,4 Н/мм<sup>2</sup>) и минимальны при сжатии клубня между параллельными плоскостями по наименьшему размеру (толщине) (11,8 Н/мм<sup>2</sup>).

А.И. Вольников [3] также выдвигает предположение, что при статических деформациях происходит смещение клеток друг относительно друга и сжимающее напряжение равномерно распределяется на все клетки. В

результате увеличивается разрушающее усилие и деформация. С увеличением скорости деформации волна напряжений на клетки распределяется неравномерно. В результате чего возникают местные пики напряжений, и происходит лавинообразное разрушение клеток (уменьшается разрушающее усилие).

По мнению же В.Г. Гагулиной [5], при соударении рабочих органов сажалки с клубнями картофеля внутри клубня происходят похожие процессы. Так как, большинство растительных клеток не способны менять свою форму, ввиду того, что они окружены толстой, прочной и малоупругой оболочкой – клеточной стенкой, то в начале, после мгновенного сжатия вследствие ударной волны, перемещается межклеточная жидкость и содержимое клетки внутри нее, а после разрушения структуры клубня, в зоне разрушения, продолжается перемещение среды, состоящей из смеси межклеточной жидкости, крахмальных зерен и других компонентов клеточного содержания клубня. При этом скорость перемещения частиц на разных участках фронта пластической волны различна и зависит от силы, скорости удара, площади контакта, времени соударения, формы, внутреннего строения и физических свойств клубня. Иногда быстро движущиеся частицы могут обгонять медленно движущиеся и в среде, как бы образуется складка, то есть произойдет перехлест, где одному и тому же значению времени соответствует несколько значений перемещения, скорости и ускорения (ветвь неустойчивого режима). Среда перестает быть однородной: в зоне сближения плотность частиц возрастает, а в зоне удаления уменьшается, отчего может образоваться внутренняя трещина. Волновой процесс позволяет по-новому подойти к рассмотрению вопроса разрушения клубней картофеля при соударении их с рабочими органами машин и приводит к необходимости учета многих факторов ударной системы: физических свойств, жесткости соударяющихся тел, плотности, упругих параметров, конфигурации, геометрических размеров, скорости, времени соударения, площади первоначального контакта.

Многие исследователи указывали на большую зависимость механических повреждений клубней от конструкции и формы рабочих органов. Так, например, М.Т. Ткачев [6] показал, что лопастной элеватор в 2,65 – 6,53 раза производительнее пруткового элеватора при одинаковой повреждаемости клубней. Г.П. Солодухин [7] исследовал роторный сепарирующий рабочий орган и отметил, что при хорошем крошении пласта почвы повреждения клубней здесь наименьшие (4-5 %). П.К. Белевич [8] указывал, что применение ротационных рабочих органов (битеров) также позволит снизить повреждаемость клубней картофеля при уборке. П.Т. Тукс [9] отмечал, что картофелекопатели швырального типа гораздо меньше повреждают клубни, чем копатели с элеваторами. А.И. Бжезовская [4] тоже склонялась к выводу, что ротационные рабочие органы: прутковые роторы, ротационные сепараторы, битерные сепараторы и другие по характеру динамического воздействия отличаются от элеваторов и грохотов, что

позволяет создавать более высокие скорости соударения, необходимые для разрушения почвенных комков при допустимых повреждениях клубней. А.И. Бжезовская также отмечала, что в случае пруткового элеватора при изменении диаметра прутков изменяется степень механических повреждений клубней. Так, объем поврежденной при ударе ткани увеличивается с уменьшением диаметра прутка до определенного значения скорости соударения, после которого зависимость меняет свой характер на противоположный: чем меньше диаметр прутка, тем меньше величина повреждения. Таким образом, конструкция и форма рабочих органов оказывает значительное влияние на степень механических повреждений клубней.

Материал покрытия рабочих органов также оказывает влияние на степень повреждения клубней. Так, резиновое покрытие металлических прутков элеваторов в случае прямых ударов значительно смягчает удар и уменьшает механические повреждения клубней [10], а в случае скользящих ударов наоборот увеличивает повреждения кожуры клубней [11]. А.И. Бжезовская применяла покрытие обрешиненных прутков и полых резиновых элементов пленкой фторопласта толщиной 0,55 мм. Такое покрытие показало полное преимущество при скользящем ударе и почти не уступало обрешиниванию при прямом ударе.

Режимы работы рабочих органов также оказывают огромное влияние на степень механических повреждений клубней при прочих равных условиях. А так как многие исследователи указывали на первостепенное значение скорости соударения, то режимы работы рабочих органов также выдвигаются на первый план по влиянию на степень механических повреждений клубней картофеля при уборке машинами.

Скорость продольных волн велика. Так для мякоти картофеля, модуль упругости и плотность которой при ударных воздействиях соответственно равны 45 МПа и 1100 кг/м<sup>3</sup>, скорость продольных волн будет 200 м/с.

При ударе, как уже отмечалось, в упругих телах возникают колебания, причем напряжения и деформации могут достигать опасных для прочности значений. Расчет максимальных перемещений точек тела при ударе, а также соответствующих деформаций и напряжений выполняется с помощью аппарата теории колебаний. При этом надо иметь в виду, что силы, воздействующие на клубень в процессе удара, заранее неизвестны. Эти силы могут быть найдены лишь из совместного решения уравнений движения частиц мякоти клубня и ударяющего тела. Известно, что механические свойства конструкционных материалов не зависят от скорости нагружения, но предел текучести, например, у стали, увеличивается с увеличением скорости нагружения, приближаясь к пределу прочности. Предел прочности мало зависит от скорости нагружения. Для мякоти клубней картофеля предела текучести не существует, а предел прочности растет (особенно при статическом нагружении). Соударение клубней картофеля с массивными

рабочими органами и друг с другом рассмотрим с учетом распространения волн упругих деформаций [12].

В процессе удара за малый промежуток времени  $dt$  ударяющее тело пройдет путь  $dS = V dt$ , создавая на торце деформацию сжатия  $\varepsilon$ . От торца эта деформация будет распространяться вдоль клубня со скоростью  $C$  и за время  $dt$  создаст сжатие на длине  $S = C dt$ . Считая на бесконечно малом отрезке  $dS$  деформацию  $\varepsilon$  распределенной равномерно, найдем деформацию и напряжения на торце:

$$\varepsilon = \frac{dS}{S} = \frac{V dt}{C dt} = \frac{V}{C}, \quad \sigma = E \cdot \varepsilon = E \frac{V}{C}.$$

Полученный результат говорит о том, что в пятне контакта клубня и ударяющего тела деформации и напряжения зависят только от скорости ударяющего тела. Так для мякоти картофеля при ударе разрушения наступают при напряжениях от 2 до 3 МПа, то предельной будет скорость соударения  $V = \sigma \frac{C}{E}$ , то есть от 9 до 13 м/с. В зоне контакта при этой скорости мякоть будет повреждаться независимо от массы ударяющего тела.

### **Выводы**

Таким образом, механические повреждения клубней зависят от многих факторов, в том числе существенную роль играют такие, как форма, конструкция, материал покрытия и режимы работы рабочих органов картофелеуборочных машин.

### **Список литературы**

1. Гусев С.А., Старовойтов В.И. Послеуборочная доработка и хранение картофеля / С.А. Гусев, В.И. Старовойтов. - М.: Моск. Рабочий, 1989. -133 с.
2. Климарев В.П. Исследование некоторых показателей прочности клубней и повреждения их картофелесажалками: Дис. ... канд. техн. наук / В.П. Климарев. - Горький, 1974.
3. Вольников А.И. Исследования рабочего процесса посадочного аппарата картофелесажалки и показателей прочности клубней картофеля: Дис. ... канд. техн. наук / А.И. Вольников. - Горький, 1972.
4. Бжезовская А.И. Исследование сопротивления клубней картофеля механическим повреждениям, вызываемым динамическими нагрузками: Дис. ... канд. техн. наук / А.И. Бжезовская. - Минск, 1970.
5. Гагулина В.Г. Исследование причин повреждения клубней картофеля при посадке вычерпывающим аппаратом и изыскание способов их снижения: Дис. ... канд. техн. наук / В.Г. Гагулина. - Л., 1980.
6. Ткачев М.Т. Исследование и изыскание сепарирующих рабочих органов картофелеуборочных машин: Дис. ... канд. техн. наук / М.Т. Ткачев. - Минск, 1956.
7. Солодухин Г.П. Изыскание и исследование ротационного рабочего органа для рыхления и сепарации почв в картофелеуборочных машинах: Дис. ... канд. техн. наук / Г.П. Солодухин. - Горький, 1963.
8. Белевич П.К. К анализу способов разрушения почвенных комков и пласта картофельной грядки / П.К. Белевич // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. - М., 1966.
9. Тукс П.Т. Влияние уборки и хранения на качество картофеля / П.Т. Тукс //Рост и развитие картофеля / Пер. с англ.- М., 1966.

10. *Безрукий Л.П.* Исследование процесса разрушения почвенных комков и повреждаемости клубней на рабочих органах картофелеуборочных машин: Дис. ... канд. техн. наук / *Л.П. Безрукий*. – Минск, 1962.

11. *Grassert, V., & F. Papenhagen, 1979: Zur Züchtung auf geringe Schwarzfleckigkeitsneigung bei Kartoffeln. 1 Mitt. Vergleich von Methoden zur Schwarzfleckigkeitsbestimmung. Arch. Züchtungsforsch. 9, 293-298.*

12. *Заводнов С.В.* Исследование взаимодействия клубней картофеля с рабочими органами сельскохозяйственных машин: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / *С.В. Заводнов*. - М., 2002. -145 с. - Библиогр.: с. 135-145.

## References

1. *Gusev, S. A., Starovoitov, V. I.* Posleuborochnaya dorabotka i khraneniye kartofelya [Post-Harvest processing and storage of tofel] / *S. A. Gusev, V. I. Starovoitov*. - М.: Mosk. Worker, 1989. -133 p.

2. *Klimarev V. P.* Issledovaniye nekotorykh pokazateley prochnosti klubney i povrezhdeniya ikh kartofelesazhalkami [Study of some indicators of the strength of tubers and damage to them by potato-planters]: Dis. ... kand. tech. Sciences / *V. p. Klimarev*. - Grief cue, 1974.

3. *Volnikov, A. I.* Issledovaniya rabocheho protsessa posadochnogo apparata kartofelesazhalki i pokazateley prochnosti klubney kartofelya [The study of the working process of the planting machine and indicators of potato tubers strength]: Dis. ... kand. tech. Sciences / *A. Volnikov*. - Gorky, 1972.

4. *Brezovska A. I.* Issledovaniye soprotivleniya klubney kartofelya mekhanicheskim povrezhdeniyam. vyzyvayemym dinamicheskimi nagruzkami [Study of resistance of potato tubers to mechanical damage caused by dynamic loads]: Dis. ... kand. tech. Sciences / *A. I. Brezovska*. - Minsk, 1970.

5. *Gagulina V. G.* Issledovaniye prichin povrezhdeniya klubney kartofelya pri posadke vycherpyvayushchim apparatom i izyskaniye sposobov ikh snizheniya [ Investigation of the causes of damage to potato tubers during planting with a scooper and finding ways to reduce them]: Dis. ... kand. tech. Sciences / *V. G. Gagulina*. - L., 1980.

6. *Tkachev M. T.* Issledovaniye i izyskaniye separiruyushchikh rabochikh organov kartofeleuborochnykh mashin [Research and research of separating working bodies of potato harvesters]: Dis. ... kand. tech. Sciences / *M. T. Tkachev*. - Minsk, 1956.

7. *Solodukhin G. P.* Izyskaniye i issledovaniye rotatsionnogo rabocheho organa dlya rykhleniya i separatsii pochv v kartofeleuborochnykh mashinakh.[Research and study of rotary working body for so Izyskaniye i issledovaniye rotatsionnogo rabocheho organa dlya rykhleniya i separatsii pochv v kartofeleuborochnykh mashinakh il loosening and separation in potato harvesters]: Dis. ... kand. tech. Sciences / *G. P. Solodukhin*. - Gorky, 1963.

8. *Belevich P. K.* K analizu sposobov razrusheniya pochvennykh komkov i plasta kartofelnoy gryadki [To the analysis of methods of destruction of soil lumps and layer of potato beds] / *P. K. Belevich* // Mechanization and electrification of socialist agriculture. - М., 1966.

9. *Tux, P. T.* Vliyaniye uborki i khraneniya na kachestvo kartofelya [The Effect of harvesting and storage on the quality of potatoes] / *P. T. Tux* //Growth and development of potatoes / TRANS. from English. - М., 1966.

10. *Bezruky L. P.* Issledovaniye protsessa razrusheniya pochvennykh komkov i povrezhdayemosti klubney na rabochikh organakh kartofeleuborochnykh mashin [Study of the process of destruction of soil lumps and damage to tubers on the working bodies of potato harvesters]: Dis. ... kand. tech. Sciences / *L. p. Bezruky*. - Minsk, 1962.

11. *Grassert, V., & F. Papenhagen, 1979: Zur Züchtung auf geringe Schwarzfleckigkeitsneigung bei Kartoffeln. 1 Mitt. Vergleich von Methoden zur Schwarzfleckigkeitsbestimmung. Arch. Züchtungsforsch. 9, 293-298.*

12. *Zavodnov S. V. Issledovaniye vzaimodeystviya klubney kartofelya s rabochimi organami selskokhozyaystvennykh mashin [Study of interaction of potato tubers with working bodies of agricultural machines]: Dis. ... kand. tech. Sciences: 05.20.01 / C. V. Zavodnov. - M., 2002. -145 p. - Bibliogr.: p. 135-145*

#### **.Сведения об авторах**

**Ханхасыкова Лариса Петровна** – студент 3 курса инженерного факультета (664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89641092640, e-mail: [khanlora1566@gmail.com](mailto:khanlora1566@gmail.com))

**Кузьмин Александр Викторович** - доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис и общеинженерные дисциплины», Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского: Россия, 664038, Иркутская Область, г. Иркутск, пос. Молодежный; Тел.: 89503835361, E-mail: [Kuzmin\\_burgsha@mail.ru](mailto:Kuzmin_burgsha@mail.ru).

#### **Information about the authors**

**Khankhasyкова Larisa Petrovna** – 3rd year student of the faculty of engineering; Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89641092640, e-mail: [khanlora1566@gmail.com](mailto:khanlora1566@gmail.com)

**Kuzmin Aleksandr Viktorovich** - doctor of technical Sciences, Professor of Department "Technical service and engineering disciplines", Irkutsk state agrarian University. A. A. Izhevskogo: Russia, 664038, Irkutsk Region, Irkutsk, the village Youth; Tel.: 89503835361, E-mail: [Kuzmin\\_burgsha@mail.ru](mailto:Kuzmin_burgsha@mail.ru).

УДК 631.356.46

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ДЛЯ УБОРКИ МОРКОВИ**

**Скорняков Р. В., Бричагина А.А.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

В статье проанализированы применяемые технологии уборки моркови. Установлено, что в Иркутской области морковь целесообразно убирать машинным способом при использовании принципа уборки, основанного на подкапывании пласта с корнеплодами, с последующей сепарацией их от почвы, растительных остатков и камней. Рассмотрена технология уборки моркови на примере фермерского хозяйства ИП «Глава КФХ Скорняков В.А.» Иркутского района, с применением картофелеуборочного комбайна немецкой фирмы GRIMME SE-140, переоборудованного для уборки моркови. Установлено, что на сепарирующих органах комбайна наблюдается повышенное механическое повреждение корнеплодов, имеются потери за счет их просыпания через прутки элеваторов и в местах перехода массы с одного сепарирующего устройства на другое.

*Ключевые слова:* корнеплоды, морковь, уборка урожая, картофелеуборочный комбайн, лемех

## **APPLICATION OF THE POTATO BARRIER COMBINE FOR CLEANING CARROTS**

**Skornyakov R.V., Brichagina A.A.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, *Irkutsk, Russia*

The article analyzes the applied technology for cleaning carrots. It has been established that in the Irkutsk region it is advisable to remove carrots by machine when using the principle of harvesting, based on undermining the reservoir with roots, with their subsequent separation from the soil, plant residues and stones. The technology of harvesting carrots is considered on the example of the farm “Head of KFH Skornyakov V.A.” of the Irkutsk region using a potato harvester by the German company GRIMME SE-140 converted for harvesting carrots. It has been established that there is an increased mechanical damage to root crops on the harvesting organs of the combine, there are losses due to their spilling through the rods of the elevators and in the places of mass transfer from one separating device to another.

*Keywords:* roots, carrots, harvesting, potato harvester, plowshare

При производстве моркови наиболее трудоемким процессом является уборка урожая. Технологический процесс уборки этой культуры состоит из следующих операций: удаление ботвы, извлечение корнеплодов из почвы, отделение их от почвенных и растительных примесей, погрузка в транспортное средство [2, 6].

В настоящее время широко используется следующая технология: морковь подкапывается скобой, закрепленной на навесном устройстве трактора, затем корнеплоды вручную подбираются, отделяются от ботвы и очищаются от почвы. После чего морковь загружается в тару. Уборка сопровождается значительными затратами труда и большими потерями урожая, достигающими порой 30...35% в виде оставленных в почве корнеплодов.

Применяемые морковуборочные машины можно разделить по принципу работы на два типа: выкапывающие вместе с пластом почвы и извлекающие за ботву – теребильные [2, 3, 7, 11].

Машины выкапывающего типа подрезают почвенный пласт и подают его вместе с корнеплодами на сепарирующие рабочие органы. Машины менее требовательны к состоянию агрофона, более просты по конструкции и высокопроизводительны. Основной их недостаток – наличие большого количества почвы в ворохе и значительное повреждение корнеплодов.

Машины теребильного типа извлекают плоды из почвы за ботву. В этом случае пласт почвы также подкапывается лемехами, но эта операция предназначена только для нарушения связи растения с почвой. В машину почвенный пласт, за исключением почвы, налипшей на корнеплоды, не подается. Эффективность применения машины зависит от состояния ботвы на момент уборки, засоренности поля, схемы посева и т.д. Машины, осуществляющие уборку моркови тереблением, могут работать только на легких почвах.

В процессе механизированной уборки моркови важнейшей задачей является отделение клубней от почвенных комков и выделение товарной фракции. Согласно агротехническим требованиям допускается

загрязненность вороха при уборке корнеплодов не более 18%, повреждение плодов – менее 8% [10, 11].

Рабочие органы сортировальных машин разделяют поступающий ворох в основном по геометрическим размерам и фрикционным свойствам клубней и комков почвы.

Для отделения корнеплодов от примесей применяются сепарирующие поверхности. Они могут быть роликовые, транспортерные (ременные и сетчатые), грохотные (решётные), барабанные (ротационные) и комбинированные [12].

Основными качественными показателями работы сепарирующих поверхностей являются точность разделения обрабатываемой массы, степень повреждаемости корнеплодов, на которые среди прочих факторов влияют физико-механические свойства корнеплодов [8].

Физико-механические свойства корнеплодов моркови зависят от сорта, условий выращивания и почвенно-климатической зоны. Масса и размер корнеплодов находятся в прямой зависимости от урожайности. Чем она выше, тем крупнее корнеплоды. Живая ткань корнеплода может разрушаться при статических нагрузках или динамическом воздействии на него. Среднее усилие раздавливания колеблется в пределах 511...987 Н. При динамической нагрузке повреждение клубней зависит от материала поверхности и скорости удара. Предельно допустимые скорости при ударах в момент перехода с одного сепарирующего рабочего органа на другой составляют: о металлическую решетку – 1,4... 1,7 м/с; о гладкую металлическую решетку – 2,2...3,1 м/с; о супесчаную почву 6,2 – м/с. прочность клубней увеличивается по мере их созревания [4, 5, 14].

Согласно ГОСТ Р 51782-2001 «Морковь столовая свежая, реализуемая в розничной торговой сети. Технические условия», морковь в зависимости от качества подразделяется на три класса: экстра, первый и второй (таблица 1).

Таблица 1 - Требования к моркови по классам качества [1]

Наименование показателя	Характеристика и норма для классов		
	экстра	первого	второго
Содержание корнеплодов, лишенных кончиков, поломанных (длиной не менее 7 см), с порезами, поврежденными плечиками головки, % от массы, не более	Не допускается	5,0	10,0
Наличие земли, прилипшей к корнеплодам, % от не более	Не допускается	1,0	1,0

Фермерские хозяйства в Иркутской области, как правило, не специализируются на одном виде продукции. Так в ИП «Глава КФХ Скорняков В.А.» Иркутского района возделывается несколько культур: картофель, морковь, свекла, капуста и черная редька. Большая часть площадей занята под картофелем, под морковь отводится 25 га.

В хозяйстве возделывается морковь сорта «Шантанэ», имеющая конические плоды с тупым концом длиной 10-15 см и диаметром 4-6 см. Масса одного плода колеблется в пределах 150-200 г. Корнеплоды полностью погружены в почву.

Посев моркови осуществляется сеялкой с междурядьем 75 см в две строчки. Для уборки моркови применяется картофелеуборочные комбайн немецкой фирмы GRIMME SE-140 (рисунок 1).



Рисунок 1- Картофелеуборочный комбайн GRIMME SE-140 [13]

Комбайн предназначен для уборки картофеля и других корнеплодов. Комбайн однорядный, в зависимости от комплектации может выкапывать плоды из гребней или гряд. При движении по сепарирующим рабочим органам комбайна корнеклубнеплоды очищаются от примесей (почвы, ботвы, камней). Общее устройство комбайна показано на рисунке 2.

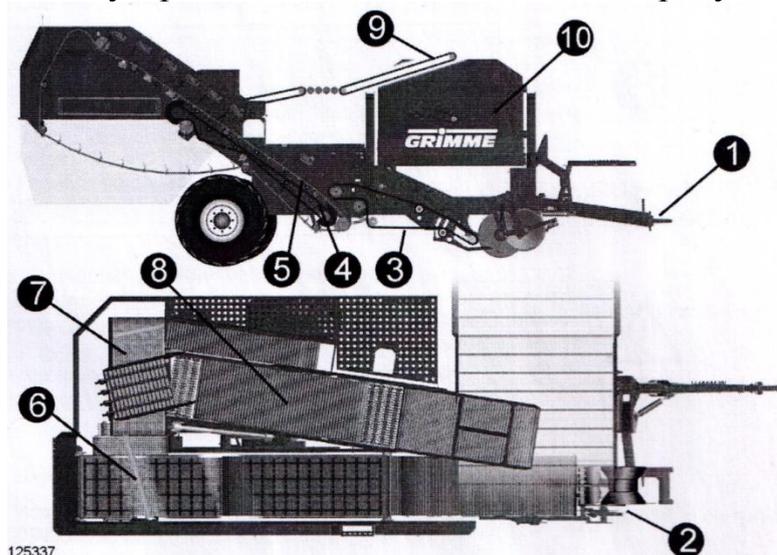


Рисунок 2 – Общее устройство картофелеуборочного комбайна GRIMME SE-140 [9]

1-управляемое дышло, 2- подкапывающие органы, 3- первый сепарирующий элеватор, 4 – второй сепарирующий элеватор, 5- транспортер для грубого отделения ботвы и сорняков, 6 – первое сепарирующее устройство с отбойным валиком, 7 – второе сепарирующее устройство, 8 - сортировочный стол, 9 –загрузочный элеватор, 10 – бункер.

Для уборки моркови на комбайн устанавливается специальное приспособление – лемеха для извлечения корнеплодов из почвы, и щетки для перемещения их на первый сепарирующий элеватор (рисунок 3).



Рисунок 3 – **Переоборудование комбайна для уборки моркови**  
1- лемеха для выкапывания корнеплодов, 2 - щетки

Режимы работы комбайна и технологические регулировки выбираются согласно рекомендациям заводского руководства по эксплуатации.

В результате анализа работы комбайна на уборке моркови с 2013 г. по настоящее время выявлен ряд недостатков:

1. Наблюдается повышенное повреждение корнеплодов на сепарирующих поверхностях из-за большой скорости движения транспортеров и элеваторов.

2. Имеются потери корнеплодов из-за просыпания через прутки элеваторов первого сепарирующего устройства, так как шаг прутков больше чем размеры поперечного сечения корнеплода.

3. Имеются потери за счет проваливания корнеплодов в местах перехода вороха со второго сепарирующего элеватора (поз. 4 на рисунке 1) на первое сепарирующее устройство (поз. 6).

4. Периодически забивается зазор между отбойным валиком и транспортером первого сепарирующего устройства (поз. 6). Особенно часто (до пяти раз в день) это происходит при работе на увлажненных почвах и при большой глубине подкапывания.

5. При увеличении глубины подкапывания комки почвы, летящие с сепарирующих устройств (поз. 6, 7) попадают на рабочих, находящихся у сортировочного стола (поз. 8).

Это объясняется тем, что конструкция машины разрабатывалась для уборки картофеля и режимы работы рабочих органов выбирались с учетом

физико-механических свойств картофельного вороха и корнеплодов и не подходят для уборки моркови.

Работе над устранением выявленных недостатков будет посвящена выпускная квалификационная работа.

### Список литературы

1. ГОСТ Р 51782-2001. Морковь столовая свежая, реализуемая в розничной торговой сети. Технические условия. - М.: ИПК Издательство стандартов. – 2001 - 8 с.
2. Максимов П.Л. Комплекс машин для уборки моркови/ П.Л. Максимов, Л.А. Неустроев, А.А. Мякишев // Картофель и овощи. - № 4. – 2003. – С. 23-24.
3. Максимов П.Л. Универсальные технические средства для уборки корнеклубнеплодов: автореф. дис. ...д-ра техн. наук : 05.20.01 / П.Л. Максимов.- Москва. - 2003. – 52 с.
4. Овощеводство: учеб. для вузов / Г. И. Тараканов [и др.] ; под ред. Г. И. Тараканова, В. Д. Мухина. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС. - 2003. - 471 с.
5. Соколов Г.Я. Овощеводство открытого грунта : учеб. пособие для вузов / Г. Я. Соколов ; Иркут. гос. с.-х. акад. - Иркутск : ИрГСХА. - 2004 - . Ч. 1. - 185 с.
6. Опыт внедрения перспективных технологий возделывания и уборки моркови : науч. аналит. обзор / Л. М. Колчина, Н. В. Романовский, В. И. Шамонин. - М. : Росинформагротех. - 2009. - С. 66-68.
7. Колчина Л.М. Перспективная техника для уборки моркови и других овощных культур / М.Л. Колчина // Картофель и овощи. – 2015. - № 7. – С. 23-24.
8. Романовский Н.В. Результаты исследования технологий механизированного производства столовой моркови / Н.В. Романовский, В.И. Шамонин, С.В. Пантелеев // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. Сборник научных трудов СЗНИИМЭСХ. – 2003. – Вып. 74. – С. 83-87.
9. Руководство по эксплуатации картофелеуборочного комбайна SE-140 / Оригинальное руководство по эксплуатации GRIMME. – 402 с.
10. Сазонова, Л.В. Как вырастить и сохранить морковь в Нечерноземной зоне РСФСР / Л.В. Сазонова. – М: Агропромиздат, 1994. – 79 с
11. Сельскохозяйственные машины: учеб. для вузов / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин. - М. : КолосС. - 2008. - 816 с.
12. Торопов Л.А. Сепарирующие устройства картофелеуборочных машин/ Л.А. Торопов, П.Л. Максимов, И.А. Дерюшев // Материалы Всероссийской научно-практической конференции: Иновационный потенциал сельскохозяйственной науки XXI века: Вклад молодых ученых-исследователей. Ижевск, 24-27 октября 2017 г.- 2017. – С. 254-258.
13. GRIMME / Картофельная техника [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://www.grimme.com/de/producttypes/erntetechnik-kartoffel/se-140> - 22.02.2019.
14. Радишевский Г.А. Размерно-массовые характеристики корнеплодов моркови, как основание для выбора параметров сортировальных поверхностей / Г.А. Радишевский, С.Р. Белый, Д.В. Наркевич, Е.Ю. Журавский [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rep.bsatu.by/bitstream/doc/1170/1/Radishevskij-G-A-Razmerno-massovye-harakteristiki-korneplodov-morkovi-kak-osnovanie-dlya-vybora-parametrov-sortirovalnyh-poverhnostej.pdf>- 22.02.2019.

### References

1. GOST R 51782-2001. Morkov' stolovaya svezhaya, realizuemaya v roznichnoj trgovoj seti. Tekhnicheskie usloviya. - М.: ИПК Издательство стандартов. – 2001 - 8 с.

2. Maksimov P.L. Kompleks mashin dlya uborki morkovi/ P.L. Maksimov, L.A. Neustroev, A.A. Myakishev // Kartoffel' i ovoshchi. - № 4. – 2003. – S. 23-24.
3. Maksimov P.L. Universal'nye tekhnicheskie sredstva dlya uborki korne-klubneplodov: avtoref. dis. ...d-ra tekhn. nauk : 05.20.01 / P.L. Maksimov.- Moskva. - 2003. – 52 s.
4. Ovoshchevodstvo: ucheb. dlya vuzov / G. I. Tarakanov [i dr.] ; pod red. G. I. Tarakanova, V. D. Muhina. - 2-e izd., pererab. i dop. - M. : KolosS. - 2003. - 471 s.
5. Sokolov G.YA. Ovoshchevodstvo otkrytogo grunta : ucheb. posobie dlya vuzov / G. YA. Sokolov ; Irkut. gos. s.-h. akad. - Irkutsk : IrGSKHA. - 2004 - . CH. 1. - 185 s.
6. Opyt vnedreniya perspektivnyh tekhnologij vozdeystviya i uborki morkovi : nauch. analit. obzor / L. M. Kolchina, N. V. Romanovskij, V. I. SHamonin. - M. : Rosinformagrotekh. - 2009. - S. 66-68.
7. Kolchina L.M. Perspektivnaya tekhnika dlya uborki morkovi i drugih ovoshch-nyh kul'tur / M.L. Kolchina // Kartoffel' i ovoshchi. – 2015. - № 7. – S. 23-24.
8. Romanovskij N.V. Rezul'taty issledovaniya tekhnologij mekhaniziro-vannogo proizvodstva stolovoj morkovi / N.V. Romanovskij, V.I. SHamonin, S.V. Panteleev // Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva. Sbornik nauchnyh trudov SZNIIMEHSHKH. – 2003. – Vyp. 74. – S. 83-87.
9. Rukovodstvo po ehkspluatacii kartofeleuborochnogo kombajna SE-140 / Original'noe rukovodstvo po ehkspluatacii GRIMME. – 402 c.
10. Sazonova, L.V. Kak vyrastit' i sohranit' morkov' v Nechernozemnoj zone RSFSR / L.V. Sazonova. – M: Agropromizdat, 1994. – 79 s
11. Sel'skohozyajstvennye mashiny: ucheb. dlya vuzov / N. I. Klenin, S. N. Kiselev, A. G. Levshin. - M. : KolosS. - 2008. - 816 s.
12. Toropov L.A. Separiruyushchie ustrojstva kartofeleuborochnykh mashin/ L.A. Toropov, P.L. Maksimov, I.A. Deryushev // Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii: Inovacionnyj potencial sel'skohozyajstvennoj nauki XXI veka: Vklad molodyh uchenyh-issledovatelej. Izhevsk, 24-27 oktyabrya 2017 g.- 2017. – S. 254-258.
13. GRIMME / Kartoffel'naya tekhnika [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa:<https://www.grimme.com/de/producttypes/erntetechnik-kartoffel/se-140> - 22.02.2019.
14. Radishevskij G.A. Razmerno-massovye harakteristiki korneplodov morko-vi, kak osnovanie dlya vybora parametrov sortiroval'nyh poverhnostej / G.A. Radishevskij, S.R. Belyj, D.V. Narkevich, E.YU. ZHuravskij [EHlektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://rep.bsatu.by/bitstream/doc/1170/1/Radishevskij-G-A-Razmerno-massovye-harakteristiki-korneplodov-morkovi-kak-osnovanie-dlya-vybora-parametrov-sortirovalnyh-poverhnostej.pdf>- 22.02.2019.

#### **Сведения об авторах**

**Скорняков Роман Владимирович** – студент 3 курса инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Бричагина Анастасия Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

#### **Information about the authors**

**Skornyakov Roman Vladimirovich** – the 3th year student of the faculty of engineering(664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Brichagina Anastasia Aleksandrovna** – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of technical support of agriculture, faculty of engineering (664038,

**УДК 377.6**  
**СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**Пермякова Т. А., Павлова М.А., Коваливнич В. Д.**  
Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

Среднее профессиональное образование (СПО) – это уровень профессионального образования, который направлен на подготовку специалистов-практиков и работников среднего звена для всех отраслей. Среднее профессиональное образование можно получить в таких учебных заведениях как: техникум, училище, колледж, а также в вузе, если вуз проводит обучение по программам СПО. В статье приведены данные о контингенте студентов, обучающихся по программам СПО по данным мониторинга качества подготовки кадров. Выполнен анализ контингента на основе современных нормативных документов в области среднего профессионального образования и существующей практики оценки функционирования учебных учреждений.

**THE STATE AND PROBLEMS OF AGRARIAN SECONDARY VOCATIONAL EDUCATION**

**Permyackova T. A., Pavlova M. A., Kovalivnych V. D.**

*Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

Secondary vocational education (SPO) is a level of professional education that is aimed at training practitioners and mid – level workers for all industries. Secondary vocational education can be obtained in such educational institutions as: College, College, College, as well as in high school, if the University provides training on the programs of SPO.

The article presents a contingent of students enrolled in the SPO program according to the monitoring of the quality of training. The purpose of the article on the basis of the analysis of modern normative documents in the field of secondary vocational education and the existing practice of the functions of educational institutions of this level to consider the problems of this constitutionally guaranteed type of education.

Среднее профессиональное образование в России является важным звеном непрерывного образования, а также подготовки, переподготовки и повышения квалификации кадров [2].

В учреждениях среднего профессионального образования обеспечивается [2]:

- непрерывность и последовательность формирования глубоких и прочных знаний, определяющих общекультурную, социальную и профессиональную компетентность;

- эффективная реализация возрастной потребности подростков в профессиональной ориентации и практической направленности обучения;

- возможность своевременно, с учетом осознанно проявленных интересов, осуществлять ориентацию учащихся на дополнительную профессиональную специализацию и повышение уровня образованности;
- преемственность основных этапов процесса формирования профессионального мастерства (начального, среднего и высшего профессионального образования).

Средние специальные учебные заведения достаточно равномерно распределены по субъектам РФ, функционируют не только в крупных городах, но и в других населенных пунктах, что имеет большое значение для удовлетворения региональных образовательных и кадровых потребностей. Характер среднего профессионального образования соответствует основным требованиям подготовки специалистов в современных условиях рынка труда. Относительно низкая стоимость и краткие сроки обучения делают его более выгодным как для отдельных граждан, так и в масштабах государства [1].

Проанализируем данные представленные в информационном бюллетене о результатах мониторинга качества подготовки кадров. [1]

В настоящее время в стране реализация программ СПО осуществляется в 4676 организациях и филиалах, в том числе: 3306 профессиональной образовательной организации и 578 филиалах, 350 образовательных организациях высшего образования и 442 филиалах.

Государственные и муниципальные образовательные учреждения составляют – 4174, из них в городских поселениях - 4155, 521 - в сельских поселениях, 502 – частные образовательные организации.

Контингент студентов, обучающихся по программам СПО по данным мониторинга качества подготовки кадров, составил 2931294 в т.ч. 2479411 очной формы обучения, 2151782 за счет бюджетных средств бюджетной системы РФ.

Обучаются в государственных и муниципальных организациях СПО по России 94,1% студентов, в частных организациях получают специальности 5,9% студентов. Проходят подготовку квалифицированных рабочих и служащих 18,6%, специалистов среднего звена – 81,4%.

По Иркутской области контингент студентов получающих среднее профессиональное образование - 57687 человек, что составило 1,97% от контингента студентов СПО по России. Контингент обучающихся по программам подготовки квалифицированных рабочих, служащих составляет 11,86 тыс. чел. (20,6% от общей численности обучающихся), по программам подготовки специалистов среднего звена – 45,83 тыс. чел. (79,4% от общей численности обучающихся) [4].

На очной форме обучается 46,695 тыс. чел (1,9% от контингента РФ), за счет бюджетных средств бюджетной системы РФ - 45,277 тыс. чел. (2,1% от контингента РФ).

В Иркутской области обучаются в государственных и муниципальных организациях 96,3% студентов, в частных организациях 3,7%. Проходят

подготовку по программам подготовки квалифицированных рабочих, служащих - 20,6%, специалистов среднего звена - 79,4% [4].

Из числа учебных заведений реализующих программы СПО по Иркутской области принявших участие в мониторинге реализация программ СПО осуществляется в 107 организациях (государственных и муниципальных - 100, 7 – частных образовательных организаций), в том числе: 83 профессиональных образовательных организациях и 10 филиалах, 5 образовательных организациях высшего образования и 9 филиалах. В городских поселениях - 97, в сельских поселениях - 10.

Контингент обучающихся по образовательным программам среднего профессионального образования составляет 2 931,294 тыс. чел. (увеличение относительно 2016 года на 2,8%). Основная часть контингента (82,1%) обучается в профессиональных образовательных организациях. 2 758 196 человек (94,1% от общей численности студентов СПО в России) обучаются в государственных и муниципальных образовательных организациях, 173 098 человек – в частных образовательных организациях.

По сравнению с прошлым отчетным периодом (мониторинг 2017 года) доля обучающихся в частных образовательных организациях возросла с 5,6% до 5,9% от общей численности студентов. 84,6% обучающихся получают образование по очной форме обучения. Тенденция роста контингента обучающихся образовательных организаций, реализующих программы СПО, наблюдается во всех федеральных округах Российской Федерации.

Подготовка кадров осуществляется по 485 профессиям и специальностям: 221 профессия и 264 специальности среднего профессионального образования. Образовательные программы по 43 профессиям и специальностям реализуются по ФГОС четвертого поколения.

Прием в образовательные организации на программы СПО в 2018 г. составил 950,8 тыс. человек, что на 1,9 % больше предыдущего года. Средний балл аттестата абитуриентов, зачисленных на очную форму обучения, составляет 3,82. Он различен в зависимости от уровня образовательных программ: 3,88 по программам подготовки специалистов среднего звена; 3,56 по программам подготовки квалифицированных рабочих, служащих. Среди принятых на обучение 28,2% имеют средний балл аттестата не менее 4-х баллов.

По Иркутской области средний балл аттестата студентов, принятых в образовательные организации на обучение по очной форме обучения за счет средств бюджетов бюджетной системы РФ и по договорам об оказании платных образовательных услуг составляет 3,81 (показатель по РФ - 3,91) по программам подготовки специалистов среднего звена и 3,48 (показатель по РФ - 3,56) по программам подготовки квалифицированных рабочих, служащих. [4]

В образовательной деятельности СПО за 2018 г. доля обучающихся за счет бюджетных средств бюджетной системы РФ в общей численности студентов СПО 73,42%. Удельный вес численности студентов, обучающихся

по профессиям и специальностям СПО из ТОП-50, в общей численности студентов, обучающихся по программам СПО – 32,0%. Удельный вес численности студентов, обучающихся по профессиям и специальностям СПО, реализуемым по ФГОС СПО четвертого поколения, в общей численности студентов, обучающихся по программам СПО – 4,05%. Удельный вес численности студентов, обучающихся по профессиям и специальностям СПО из ТОП-Регион, в общей численности студентов, обучающихся по программам СПО – 23,03%. Число поданных заявлений о приеме на обучение по программам СПО в расчете на 100 бюджетных мест (по очной форме обучения), в том числе по профессиям и специальностям составило 196,53, т.е. Конкурс по поданным заявлениям на очную форму обучения по всей совокупности профессий и специальностей СПО составил 1,97 на одно бюджетное место. Удельный вес численности студентов, обучающихся по программам СПО на основе договоров о целевом обучении, в общей численности студентов, обучающихся по программам СПО – 1,06%.

По международной деятельности СПО в 2018 г. показателей мониторинга удельный вес студентов, обучающихся по программам СПО, прошедших обучение (стажировку/практику) не менее месяца за рубежом или в расположенных на территории РФ иностранных компаниях, в общей численности студентов – 0,07% Удельный вес численности иностранных студентов, обучающихся по программам СПО, в общей численности студентов, обучающихся по программам СПО (приведенный контингент) – 1,04%.

Показатели уровня подготовки выпускников образовательных программ СПО мониторинга являются такие показатели как Численность студентов, обучающихся по программам СПО, участвовавших в региональных чемпионатах «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia) – 9447 чел. Численность студентов, обучающихся по программам СПО, участвовавших в региональных этапах олимпиад, конкурсов профессионального мастерства – 2589 чел. Численность студентов, обучающихся по программам СПО, участвовавших во всероссийских и международных олимпиадах, конкурсах профессионального мастерства – 3990 чел. Удельный вес получивших золотую, серебряную или бронзовую медаль или медальон за профессионализм, в общей численности студентов образовательной организации, участвовавших в региональных чемпионатах, национальном чемпионате «Молодые профессионалы» (WorldSkills Russia), обучающихся по программам СПО – 54,35%

По показателям мониторинга реализации программ ДПО удельный вес обученных по программам повышения квалификации в численности обученных в образовательной организации по программам ДПО - 84,37%, удельный вес обученных по программам профессиональной переподготовки в численности обученных в образовательной организации по программам ДПО – 15,63%.

По Иркутской области за последние три года в ССУЗах увеличение контингента составило 2,6%, из них на очной форме обучения увеличение

составило 1,6%, снижение контингента обучающихся на местах за счет бюджетных средств бюджетной системы РФ составило 0,3%. Конкурс на специальности из перечня ТОП-50 составил 1,7 человек на место [4].

Наряду с имеющимися положительными результатами работы в последние годы появилось немало проблем, негативно влияющих на качество профессиональной подготовки, переподготовки и повышения квалификации руководителей и специалистов, кадров массовых профессий, в том числе для агропромышленного комплекса [5]:

- морально устарела и слабо обновляется учебно-материально-техническая база (в образовательных учреждениях практически отсутствует учебная литература и технические средства для использования новых технологий обучения, в том числе дистанционного обучения);

- ослаблены связи образовательных учреждений с работодателями (профессиональные ассоциации и союзы не оказывают должного влияния на развитие образовательной системы, содержание образовательных программ и качество подготовки специалистов; снижена мотивация руководителей, специалистов и рабочих кадров к повышению квалификации);

- содержание образования не в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым обществом и сельскохозяйственной отраслью к личности и уровню профессиональной компетентности выпускников аграрных образовательных учреждений;

- недостаточно обновляется материально-техническая база учебно-опытных и учебно-производственных хозяйств, отдельные учхозы не отвечают современным требованиям, что отрицательно сказывается на качестве практического обучения студентов и учащихся;

- имеет место диспропорция в объемах подготовки кадров по уровням образования и регионам России;

- выпускники сельских школ не имеют равных возможностей с жителями городов для получения качественного среднего (полного) общего образования, что затрудняет их поступление на учебу в аграрные образовательные учреждения;

- недостаточно финансирование подготовки квалифицированных кадров;

- маленькая стипендия для студентов СПО по сравнению со стипендией студентов ВО.

Решение названных проблем позволит повысить качество обучения в учреждениях среднего профессионального образования.

#### **Список литературы**

1. Главный информационно-вычислительный центр, Информационная система анализа деятельности образовательных организаций в сфере высшего и среднего профессионального образования // Информационный бюллетень о результатах мониторинга качества подготовки кадров Российской Федерации 2018 г. – 2018. - [http://indicators.miccedu.ru/indicators/]

2. Журнал «среднее профессиональное образование», [<http://www.portalspo.ru>]

3. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, [[http://old.mcx.ru/documents/document/v7\\_show\\_print/7050.191.htm](http://old.mcx.ru/documents/document/v7_show_print/7050.191.htm)]
4. Сибирский федеральный округ Иркутской области, [<http://indicators.miccedu.ru/monitoring/?m=spo>]
5. Лыткина В. С. Проблемы среднего профессионального образования в современных условиях // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 25. – С. 41–43. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/770493.htm>.

#### References

1. The main information and computer center, Information system analysis of educational organizations in the field of higher and secondary vocational education, [<http://indicators.miccedu.ru/indicators/>]
2. "Journal" secondary vocational education", [<http://www.portalspo.ru>]
3. Ministry of agriculture of the Russian Federation, [[http://old.mcx.ru/documents/document/v7\\_show\\_print/7050.191.htm](http://old.mcx.ru/documents/document/v7_show_print/7050.191.htm)]
4. Siberian Federal district of Irkutsk region, [<http://indicators.miccedu.ru/monitoring/?m=spo>]
5. Lytkina V. S. Problems of secondary vocational education in modern conditions // Scientific and methodical electronic journal "Concept". – 2017. – Т. 25. – С. 41–43. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/770493.htm>.

#### Сведения об авторах

**Пермякова Татьяна Андреевна** – студент 4 курса, Инженерного факультета, Иркутского государственного аграрного университета имени А. А. Ежевского, (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89526391647, gmail:tatianapermyackova65@gmail.com)

**Павлова Марина Андреевна** – студент 4 курса, Инженерного факультета, Иркутского государственного аграрного университета имени А. А. Ежевского, (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89025686004, e-mail:marina\_pavlova\_1996@mail.ru)

**Коваливнич Виктория Дмитриевна** - Иркутский государственный аграрный университет имени А. А. Ежевского, (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89500902261, e-mail:kovaliv07@mail.ru).

#### Information about the authors

**Permyakova Tatiana Andreevna** – student of 4 course, engineering faculty, Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky, (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, tel 89526391647, gmail:tatianapermyackova65@gmail.com)

**Pavlova Marina Andreevna**-student of 4 course, engineering faculty, Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky, (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk region, village Youth, tel. 89025686004, e-mail:marina\_pavlova\_1996@mail.ru)

**Kovalivich Victoria Dmitrievna** - Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky, (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, tel 89500902261, e-mail:kovaliv07@mail.ru).

УДК 631.3.023

**РАСЧЕТ РАМЫ ТЯЖЕЛОГО КУЛЬТИВАТОРА КПЭ-3,8 ДЛЯ  
НАВЕШИВАНИЯ НА ТРАКТОРА ТИПА «КИРОВЕЦ»**

**Моисеев А.В., Шелопугин М.Е., Косарева А.В., Поляков Г.Н.**  
Иркутский государственный аграрный университет, г. Иркутск, Россия

В современных условиях, при недостаточном количестве средств на приобретение новой техники необходимо изыскивать возможность обработки почвы имеющейся в хозяйстве техникой. Таким образом, в процессе эксплуатации сельскохозяйственная техника переоборудуется под необходимые условия. Работоспособность переоборудованной техники необходимо проверять. В статье рассмотрен переоборудованный тяжелый культиватор КПЭ-3,8, применяемый для обработки паровых полей в хозяйствах Иркутской области. Для этого проведен анализ приложенных нагрузок к рабочим органам культиватора и выполнен проверочный расчет рамы на прочность.

Результаты расчета показали, что данная конструкция имеет достаточный запас прочности (около 20%) и может успешно эксплуатироваться в заданных условиях.

*Ключевые слова:* проверочный расчет, расчет на прочность, усилия, нормальные и касательные напряжения, моделирование.

## **CALCULATION OF THE FRAMEWORK OF THE KIEV-3,8 HEAVY CULTIVATOR FOR HANGING AT THE KIROVETS TRACTOR TYPE**

**Moiseev A., Shelopugin M., Kosareva A., Polyakov G.N.**  
Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

In modern conditions, with an insufficient amount of funds for the purchase of new equipment, it is necessary to find the possibility of tillage with less cost and the equipment available in the economy. Thus, in the course of operation, agricultural machinery will be reequipped under the necessary conditions. The performance of the converted equipment must be checked. We have considered a refurbished heavy cultivator KPE-3.8 used for processing steam fields in the farms of the Irkutsk region. For this, the analysis of the applied loads to the working bodies of the cultivator was carried out and the verification calculation of the frame was performed. The calculation results showed that this design has a margin of safety and can be successfully operated under the specified conditions.

*Keywords:* verification calculation, calculation for strength, forces, normal and tangential stresses, modeling.

С целью лучшего очищения поля от сорняков, большего накопления в почве влаги и минеральных веществ, проводят обработку поверхностного слоя почвы лаповыми культиваторами.

В современных условиях, когда небольшие сельскохозяйственные предприятия находятся в условиях жесткой конкуренции и недостаточного количества средств на приобретение новой техники и ГСМ, необходимо изыскивать возможность обработки почвы с меньшими затратами средств, используя имеющуюся в наличие технику.

В частности, в некоторых хозяйствах Иркутского района используются переоборудованные культиваторы КПЭ-3,8 [6,9]. При проведении предпосевной обработки почвы и обработки паровых полей трактор К-701 навешивают две секции культиватора КПЭ-3,8, рамы которых сваривают в одну, рисунок 1. В результате чего, перераспределяются усилия на рабочие органы и меняется нагрузка на раму культиватора.

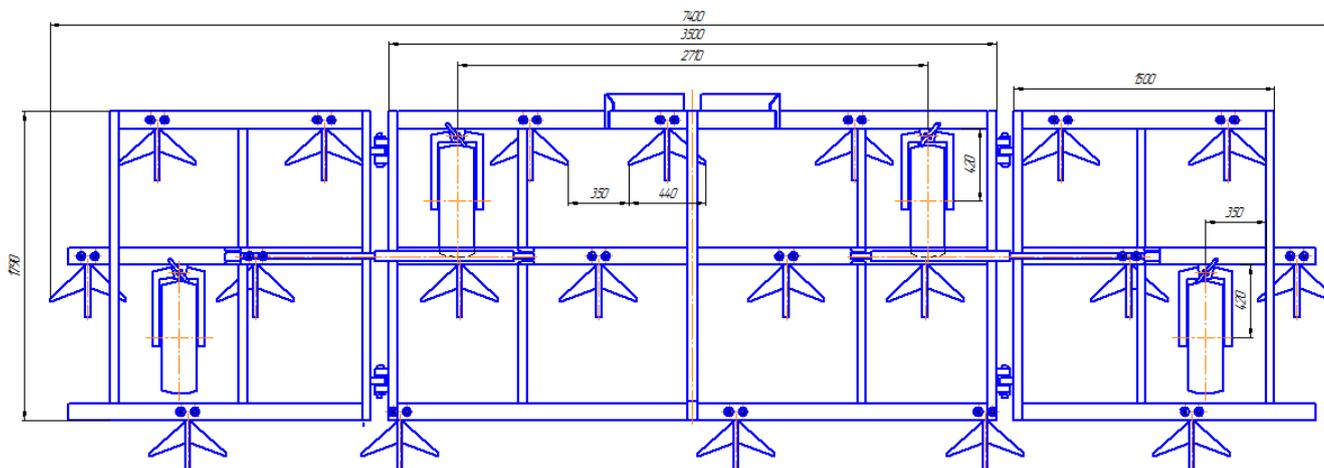


Рисунок 1- Схема сдвоенного культиватора КПЭ-3.8

Для оценки работоспособности и надежности переоборудованного культиватора выполним проверочный расчет рамы в рабочем положении.

При проектировании несущих конструкций машин нагрузки разделяют на основные (нормативные), случайные и аварийные. К основным относят нагрузки, действующие на конструкцию в условиях ее нормальной эксплуатации [1].

К случайным - совокупность одновременно действующих нагрузок в сочетании, наихудшем для прочности рассчитываемого элемента конструкции и характеризующиеся некоторым статистическим распределением; к аварийным - нагрузки, вероятность появления которых мала [1].

Для нашего случая, основными нагрузками будем считать силу тяжести  $G_K$  культиватора и усилия, возникающие на лапах культиватора, тяговое сопротивление и силу сопротивления почвы ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ). Случайными - наезды на препятствия, неровности поля, неравномерность движения трактора в начале движения и при остановках и т.п.

Величина расчетного усилия, учитывая, что максимально-возможная перегрузка корпуса при встрече с участком переуплотненной почвы, камнем и т.д. будет учтена с помощью коэффициента перегрузки  $\alpha$ , который для тяжелых почв равен 3,2 [1].

При прочностных расчетах исходят из наиболее неблагоприятного сочетания случайных и основных нагрузок (максимальных нагрузок) [3].

Силу тяжести культиватора приложим к опорным колесам. Величину усилий распределим пропорционально расстояниям опорных колес от центра тяжести агрегата.

Таким образом, опорные реакции колес будут равны:

$$G_{K1} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{3} G_K \right) = 383H, \quad (1)$$

$$G_{K2} = \frac{1}{2} \left( \frac{2}{3} G_K \right) = 767H, \quad (2)$$

где  $G_{K1}$  и  $G_{K2}$  - опорные реакции колес культиватора первого и второго ряда соответственно.

Силы сопротивления почвы, действующие на лапы культиватора, зависят от геометрических размеров лапы, глубины обработки и от состояния почвы, рисунок 2. Так как силы сопротивления перекатыванию составляют незначительную величину, то при расчете ими можно пренебречь [7].

При расчете будем считать, что величина горизонтальной составляющей пропорциональна ширине захвата лапы и удельному сопротивлению почвы [8].

$$F = q \cdot b, \quad (3)$$

где  $q$  - удельное сопротивление почвы, Н/мм;

$b$  - ширина захвата лапы, мм

$a$  - глубина обработки, мм.

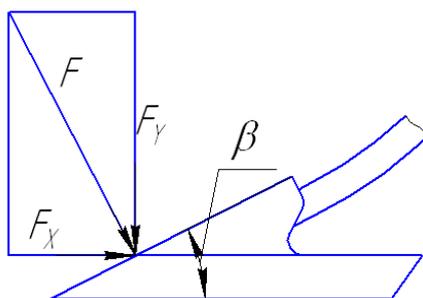


Рисунок 2 – Силы, приложенные к лапе культиватора

Кроме этого, необходимо учитывать, что величина сопротивления первого ряда стрелчатых лап примерно в два раза больше, чем для лап второго ряда [8].

Рассмотрим случай первой культивации полей с тяжелыми типами почв, на глубину 10-12 см. Тогда, с учетом расстановки лап по рядам принимаем [4]:

для первого ряда  $q=1,5$  Н/мм

для второго и третьего ряда  $q=0,75$  Н/мм

Проекцию сил сопротивления на горизонтальную ось (X) определим:

$$F_x = q \cdot b \cdot \sin \beta, \quad (4)$$

где  $\beta$  - угол крошения почвы [3].

Горизонтальные составляющие сил сопротивления почвы, действующие на одну лапу культиватора, по рядам, соответственно будут равны:

$$F_{X1} = 1,5 \cdot 440 \cdot \sin 18^\circ = 203H,$$

$$F_{X2} = F_{X3} = 0,75 \cdot 440 \cdot \sin 18^\circ = 103H,$$

Вертикальная составляющая сил сопротивления определится по формуле:

$$F_y = F \cdot \cos \beta, \quad (5)$$

и составит на одну культиваторную лапу:

$$F_{y1} = 1,5 \cdot 440 \cdot \cos 18^\circ = 627H,$$

$$F_{y2} = 0,75 \cdot 440 \cdot \cos 18^\circ = 314H.$$

При расчете рамы учтем следующее. Все силы, приложенные к культиваторной лапе, согласно теореме о параллельном переносе силы приложим к раме, в местах крепления стоек стрельчатых лап. Тогда, согласно выше упомянутой теореме необходимо добавить момент от каждой из сил, относительно точки переноса.

Учитывая это, расчетная схема будет выглядеть следующим образом, рисунок 3.

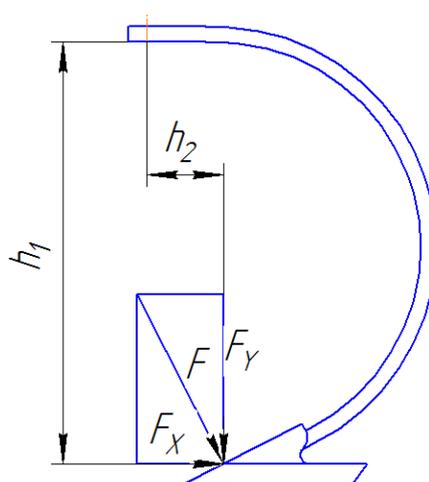


Рисунок 3 - Расчетная схема культиватора.

Согласно расчетной схеме моменты определим следующим образом:

$$M_x = F_x \cdot h_1, \quad (6)$$

$$M_Y = F_Y \cdot h_2. \quad (7)$$

Суммарные моменты соответственно будут равны геометрической сумме проекций моментов:

$$\sum M_1 = \sqrt{M_{X1}^2 + M_{Y1}^2} = 122.3 \text{ Н} \cdot \text{М} , \quad (8)$$

$$\sum M_2 = \sum M_3 = \sqrt{M_{X2}^2 + M_{Y2}^2} = 61.4 \text{ Н} \cdot \text{М} . \quad (9)$$

Приложим полученные значения сил и моментов с учетом коэффициента перегрузки к конструкции, рисунок 4 и проведем расчет на прочность в программе АПМ Win.Machine модуль Structure 3D [5].

Программа позволяет рассчитывать любые конструкции, состоящие из пластин, стержней и оболочек разными типами загрузжений и типами закреплений. В основе расчета положен метод конечных элементов.

Метод конечных элементов (МКЭ) связан с приближенной минимизацией функционала той же задачи в вариационной постановке.

МКЭ в общих чертах состоит в следующем:

1. Область, занимаемая рассматриваемым телом, мысленно разделяется на ряд конечных подобластей, которые называют конечными элементами.

2. Предполагается, что КЭ взаимодействуют между собой лишь в узлах. К узлам КЭ прикладываются силы, уравнивающие напряжения на границе элемента.

3. За основные неизвестные принимаются перемещения узлов, которые определенным образом должны быть связаны с узловыми силами.

4. Выбирается система функций, однозначно определяющая перемещения в пределах рассматриваемого КЭ в зависимости от перемещений его узлов.

5. Зная перемещения любой точки внутри КЭ, на основании дифференциальных зависимостей Коши и закона Гука можно получить выражения для компонент тензора деформации и тензора напряжений [1].

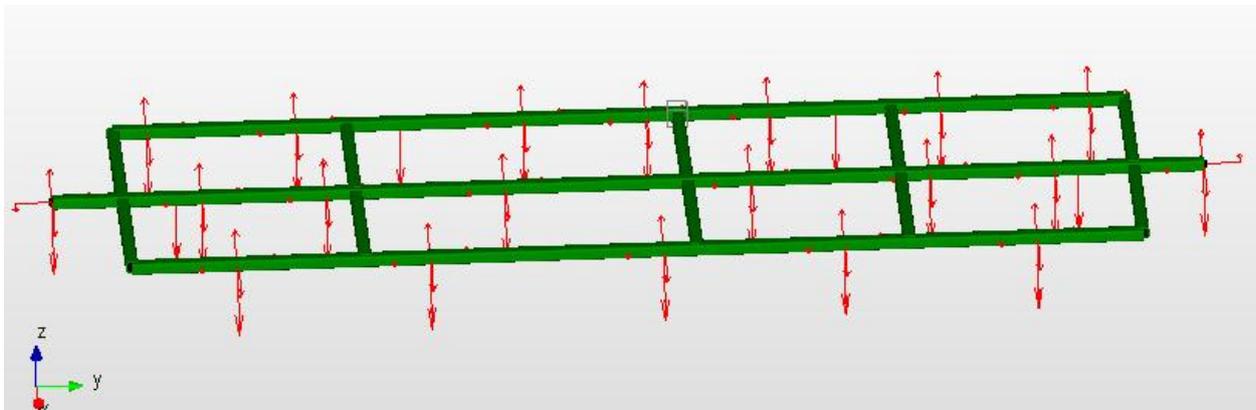


Рисунок 4 - Расчетная схема переоборудованного культиватора КПЭ-3.8

В результате анализа расчетов выявлено, что максимальную нагрузку несет передняя продольная часть рамы, максимальные равны 1995Н (200кг), рисунок 5.

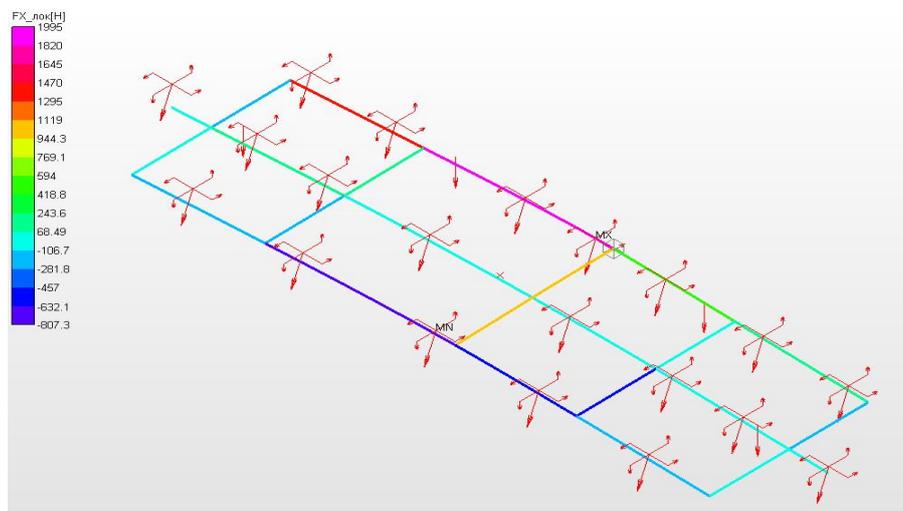


Рисунок 5- Величина и распределение нагрузки по конструкции рамы культиватора

При этом, учитывая, что рама изготавливается из углеродистых сталей и имеет стандартное сечение, полученные в результате расчётов напряжения, рисунок 6, как в раме, так и поперечном сечении составляют соответственно: в элементах рамы не более 189МПа и близки к пределу текучести материала ( $\sigma_T \approx 250$ МПа). В таких условиях нагружения материал будет работать в упругопластичной зоне. Напряжения в сечении составляют не более 83 МПа и не превышают допускаемой величины. При этом недонапряжение составило почти 20 % [10]. Это свидетельствует о запасе прочности несущей конструкции.

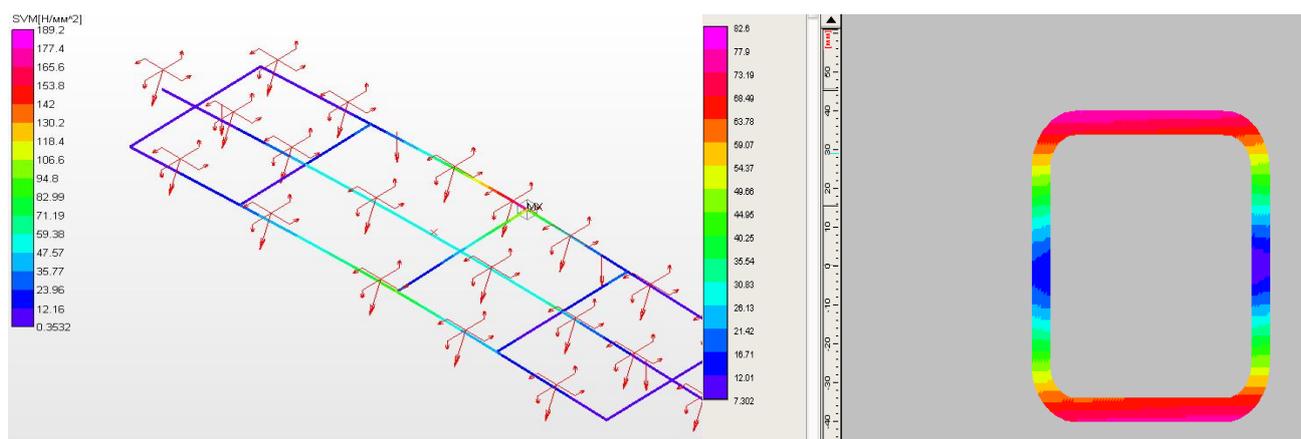


Рисунок 6 - Напряжения в элементах конструкции и поперечном сечении рамы переоборудованного культиватора

Таким образом, переоборудованная рама культиватора КПЭ-3,8 имеет запас прочности (не менее 20%) и может эксплуатироваться на любых типах

почв. Но при динамических нагрузках (движение по пересеченной местности) и значительных перегрузках (наезд на препятствие) этого запаса может быть недостаточно.

### Список литературы

1. Жилкин В.А. Расчеты на прочность и жесткость элементов сельскохозяйственных машин. Часть I. Теоретические основы проектирования элементов сельхозмашин: Учебное пособие. Челябинский государственный агроинженерный университет. – Челябинск, 2005.- 427 с.
2. Трубилин Е.И.. Сельскохозяйственные машины (конструкция, теория и расчет) Часть I: Учебное пособие / Е.И. Трубилин, В.А. Абликов, А.Н. Лютый, Соломатина Л.П..- Краснодар: КГАУ, 2-е издание перераб. и дополн., 2008. -200 с.
3. Романов А.С. Совершенствование лап тяжелых культиваторов с использованием низкоуглеродистых не легированных сталей: Автореферат дис. кан.тех.наук - Саратов, 2000-19 с.
4. Проектирование сельскохозяйственных машин и оборудования в растениеводстве. Ставропольский государственный аграрный университет: Учебное пособие, Ставрополь: Агрус, 2017.-66с.
5. Замрий А.А. Проектирование и расчет методом конечных элементов трехмерных конструкций в среде АРМ Strucyure 3D/ Замрий А.А..-М.:НТЦ АРМ, 2004.- 336с.
6. Основные технические данные тяжелых культиваторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://helpiks.org/7-60916.html> -20.02.2019
7. Решетов В.Н. Детали машин/ В.Н.- Решетов М.: Машиностроение, 1989,-420с.
8. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин: в 3 т./ под ред. Красничко А.В..-М.: Машиностроение, 1961.-864с.
9. Сельхозтехник. Каталог техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://selhoztechnik.com/kultivator-kpe-3-8> -20.02.2019
10. Писаренко Г.С. Соппротивление материалов/ Писаренко Г.С., Агареев В.А., Квитка А.Л., Уманский Э.С..-Киев: Вища школа, 1986.-775 с.

### References

1. Zhilkin V.A. Raschety na prochnost' i zhestkost' elementov sel'skohozyajstvennyh mashin. Chast' I. Teoreticheskie osnovy proektirovaniya elementov sel'hozmashin: Uchebnoe posobie. Chelyabinskij gosudarstvennyj agroinzhenernyj universitet. – Chelyabinsk, 2005.- 427 s.
2. E.I. Trubilin. Sel'skohozyajstvennyye mashiny (konstrukciya, teoriya i raschet) Chast' I: Uchebnoe posobie / E.I. Trubilin, V.A. Ablikov, A.N. Lyutyj, Solomatina L.P..- Krasnodar: KGAU, 2-e izdanie pererab. i dopoln., 2008. -200 s.
3. Romanov A.S. Sovershenstvovanie lap tyazhelyh kul'tivatorov s ispol'zovaniem nizkouglerodistyh ne legirovannyh stalej: Avtoreferat dis. kan.tekh.nauk - Saratov, 2000-19 s.
4. Proektirovanie sel'skohozyajstvennyh mashin i oborudovaniya v rastenievodstve. Stavropol'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet: Uchebnoe posobie, Stavropol': Agrus, 2017.-66s.
5. Zamrij A.A. Proektirovanie i raschet metodom konechnyh elementov trekhmernih konstrukcij v srede ARM Strucyure 3D/ Zamrij A.A..-M.:NTC ARM, 2004.-336s.
6. Osnovnye tekhnicheskie dannye tyazhelyh kul'tivatorov [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://helpiks.org/7-60916.html> -20.02.2019
7. Reshetov V.N. Detali mashin/ V.N.-Reshetov M.: Mashinostroenie, 1989,-420s.

8. Spravochnik konstruktora sel'skohozyajstvennyj mashin: v 3 t./ pod red. Krasnichnko A.V..-M.: Mashinostroenie, 1961.-864s.

9. Sel'hoztehnik. Katalog tekhniki [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa:<https://selhoztehnik.com/kultivator-kpe-3-8-20.02.2019>

10. Pisarenko G.S. Soprotivlenie materialov/ Pisarenko G.S., Agareev V.A., Kvitka A.L., Umanskij E.S..-Kiev: Vishcha shkola, 1986.-775 s.

#### **Сведения об авторах**

**Моисеев Алексей Викторович**– студент 2 курса инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89041183074, e-mail: [alekseimoiseev@gmail.ru](mailto:alekseimoiseev@gmail.ru)).

**Шелопугин Максим Евгеньевич** - студент 2 курса инженерного факультета факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89243774356, e-mail: [max.shme@yandex.ru](mailto:max.shme@yandex.ru))

**Косарева Анна Викторовна**- кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и общинженерных дисциплин (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(914)944-42-28, e-mail: [ankosar@mail.ru](mailto:ankosar@mail.ru))

**Поляков Геннадий Николаевич** - кандидат технических наук, доцент технического обеспечения АПК (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 8(902)5669965)

#### **Information about the authors**

**Moiseev Alexey Viktorovich** - 2nd year student of the Faculty of Engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 8902 ....., e-mail: ..... @Mail.ru)

**Shelopugin Maksim Evgenievich** - 2nd year student of the Faculty of Engineering Faculty (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 8902 ....., e-mail: [max.shme@yandex.ru](mailto:max.shme@yandex.ru))

**Kosareva Anna Viktorovna** - candidate of technical sciences, associate professor of the department of technical service and general engineering disciplines (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 8(914)944-42-28, e-mail: [ankosar@mail.ru](mailto:ankosar@mail.ru)).

**Polyakov Gennady Nikolaevich** - Candidate of Technical Sciences, associate professor of technical support of the agroindustrial complex (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 8 (902) 5669965)

УДК 631.354.02

## **ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВОК МОТОВИЛА НА ПОТЕРИ ЗЕРНА ЗА ЖАТКОЙ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА**

**Чебаков Р.А., Евтющенко А.А., Бричагина А.А.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

Регулировки мотовила зерноуборочного комбайна (частота вращения вала мотовила, высота установки мотовила над режущим аппаратом, вынос вала мотовила) влияют на величину потерь зерна за жаткой при уборке зерновых культур. В результате анализа рекомендаций по технологическим настройкам мотовила, представленных в инструкции по эксплуатации современного комбайна, определено, что удовлетворительная работа комбайна возможна при скоростях движения до 7...7,5 км/ч.

При повышении скорости до 8...10 км/ч, происходит увеличение потерь зерна из-за выбивания его из колоса. Установлено, что увеличение частоты вращения вала мотовила при скоростях 4...7 км/ч сделает работу мотовила более эффективной.

*Ключевые слова:* сельскохозяйственные машины, зерноуборочный комбайн, уборка зерновых культур, рекомендуемые параметры, мотовило, потери зерна.

## **THE EFFECT OF ADJUSTMENTS MOTORED ON LOSS OF GRAIN OVER THE HEADER COMBINE HARVESTERS**

**Chebakov R.A., Evtushchenko A.A., Brychagina A.A.**  
Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky,  
*Irkutsk, Russia*

Adjustments of the combine harvester reel (rotation speed of the reel shaft, installation height of the reel over the cutting unit, reel shaft retraction) affect the amount of grain lost behind the header when harvesting grain crops. As a result of the analysis of recommendations for technological settings of the reel, presented in the operating instructions of a modern combine, it was determined that satisfactory operation of the combine is possible at speeds of up to 7 ... 7.5 km / h. When the speed increases to 8 ... 10 km / h, there is an increase in grain losses due to knocking it out of the ear. It has been established that an increase in the frequency of rotation of the reel shaft at speeds of 4 ... 7 km / h will make the reel work more efficient.

*Key words:* agricultural machines, combine harvester, harvest of grain crops, recommended parameters, reel, grain loss.

При уборке зерновых культур часть потерь зерна за комбайном приходится на потери за жаткой, из них 40...50 % вызваны неправильной настройкой мотовила. Поэтому выбор режимов работы мотовила, обеспечивающих минимальное количество потерь зерна, является актуальной задачей [2, 7].

Мотовило предназначено для подвода стеблей к режущему аппарату, направления их после среза на шнек жатки и освобождения режущего аппарата для приема новых стеблей.

В процессе работы валы граблин мотовила совершают сложное движение - поступательно движутся вместе с машиной со скоростью  $v_m$  и вращаются вокруг центра вала мотовила с угловой скоростью  $\omega$ . Траектория, которую описывают валы граблин, представляет собой циклоиду. Мотовило будет работоспособным, если валы граблины будут совершать движение по удлинненным циклоидам (рисунок 1).

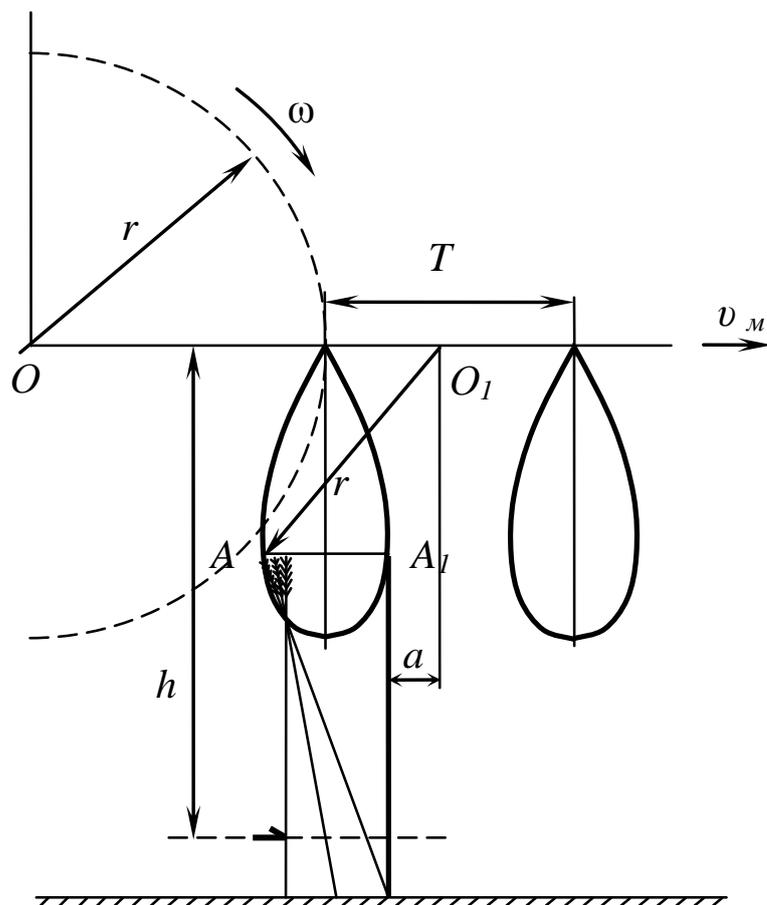


Рисунок 1 – **Траектория движения планки мотвила**  
 $r$  – радиус мотвила (расстояние от центра вала мотвила до граблины),  
 $T$  – шаг траектории граблины,  
 $h$  – высота установки мотвила над режущим аппаратом,  
 $a$  – максимальный вынос мотвила относительно режущего аппарата.

Это возможно в случае, если показатель кинематического режима работы мотвила  $\lambda > 1$ . Показатель кинематического режима  $\lambda = u/v_m$ , где  $u = \omega r$  - окружная скорость граблин,  $v_m$  - поступательная скорость комбайна. При прямом комбайнировании рекомендуемые значения  $\lambda$  находятся в пределах 1,5...1,9 [1, 4, 10].

Основными технологическими регулировками мотвила являются: изменение частоты вращения вала, высота установки мотвила над режущим аппаратом, вынос вала мотвила. Они выполняются в зависимости от вида и состояния хлебостоя [3, 6, 8].

Частота вращения вала мотвила оказывает наибольшее влияние на величину потерь за жаткой, ее необходимо изменять при каждом изменении рабочей скорости движения комбайна.

При недостаточной частоте вращения большое количество стеблей срезается без участия мотовила, вследствие чего, часть их падает на поверхность поля. При этом ухудшается очистка режущего аппарата от срезанной массы, что приводит к потере срезанных стеблей. Слишком большая частота вращения вала мотовила приводит к выбиванию зерна за счет удара валов граблин по колосьям.

Для хлебных злаков максимальная окружная скорость валов граблин не должна превышать  $u_{p \max} \leq 2,6$  м/с, что соответствует частоте вращения  $n=46$  об/мин [4, 10].

Вынос вала мотовила (расстояние между перпендикуляром, опущенным из центра вала мотовила до режущего аппарата) оказывает влияние на качество очистки режущего аппарата от срезанных растений и на подачу их к шнеку. При прямом комбайнировании хлебов высотой 0,6...0,8 м и густотой от 350 растений на 1 м<sup>2</sup> вынос мотовила, может быть в пределах не более 60...80 мм [4].

Вынос вала мотовила влияет на эффективность его работы, которая оценивается величиной коэффициента полезного действия  $\eta$ :

$$\eta = \frac{AA_1}{T}, \quad (1)$$

где  $AA_1$  - размер максимальной хорды петли траектории, мм (рисунок 1).

$$T = \frac{2\pi r}{z\lambda}, \quad (2)$$

где  $z$  - число планок, шт.

Принято считать, что КПД удовлетворителен, если  $\eta=0,4...0,5$ . В этом случае потери колосьев за мотовилом не будут превышать величин, предусмотренных агротехническими требованиями [4].

Качество выполнения регулировок отдельных узлов машины зависит, в том числе, от того, какие указания по ним имеются в инструкциях по эксплуатации. Проанализируем рекомендации по установке мотовила, представленные в инструкции по эксплуатации современного комбайна (таблица 1, рисунок 2) [5].

Таблица 1 – Рекомендации по установке мотовила из инструкции по эксплуатации зерноуборочного комбайна

Состояние хлебного массива	Положение граблин (рисунок 2)	Высота среза стеблей АВ
Нормальный прямостоящий или частично полеглый	Д	100
Высокий (свыше 50 см)	Г, Д	100
Низкорослый (30 – 40 см)	Е, Ж	50
Полеглый	Ж, И	50-150

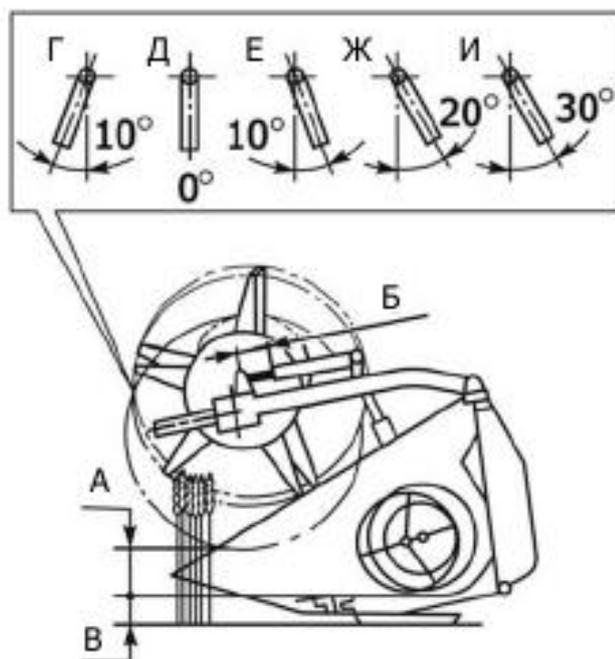


Рисунок 2 – Положение пальцев граблин мотовила

Видно, что при предлагаемой установке мотовила по высоте центр тяжести срезанного стебля находится выше вала граблин и, следовательно, стебель будет перекидываться через вал граблин вперед по ходу машины и падать на почву, что является недопустимым. Кроме того, значительный вынос мотовила приведет к неравномерности подачи хлебной массы, что вызовет падение части стеблей на почву, и потери зерна в солому и полову вследствие временных перегрузок молотильного аппарата, соломотряса и очистки.

Проанализируем рекомендации по выбору частоты вращения мотовила и скорости движения комбайна, представленные в той же самой инструкции по эксплуатации (таблица 2) [5].

Таблица 2. – Рекомендации по выбору скорости движения комбайна

Частота вращения мотовила, об/мин	14-50		
	Скорость комбайна для уборки пшеницы, км/ч при урожайности, ц/га		
Ширина захвата жатки, м	20	30	40
5	7,8-11,2	5,3-7,7	4,0-5,8
6	6,7-9,6	4,5-6,4	3,4-4,8
7	5,7-8,2	3,8-5,5	2,9-4,1
9	4,7-6,7	3,2-4,5	2,4-3,4

В результате анализа рекомендаций по технологическим настройкам мотовила, представленных в инструкции по эксплуатации современного комбайна, определено, что удовлетворительная работа комбайна возможна

при скоростях движения до 7...7,5 км/ч. При повышении скорости до 8...10 км/ч, происходит увеличение потерь зерна из-за выбивания его из колоса. При этом, необходимо обеспечить скоростную характеристику мотовила в пределах до 2,6 м/с (частота вращения мотовила – до 43 об/мин). Установлено, что увеличение частоты вращения вала мотовила при скоростях 4...7 км/ч сделает работу мотовила более эффективной.

#### Список литературы

1. Гуляев, В.П. Сельскохозяйственные машины. Основы расчета машин для возделывания и уборки зерновых культур / В. П. Гуляев. – Изд-во Лань. - 2018. -240с.
2. Жалнин Э. В. Классификация потерь зерна и их оценка / Э. В. Жалнин // Сельский механизатор. - 2014. - № 9. - С. 4-6.
3. Карпенко А.Н. Сельскохозяйственные машины / А. Н. Карпенко, В. М. Халанский. – 5-е изд., пераб. и доп. – М.: Колос. - 1983. – 495 с.
4. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные машины / Н. И. Кленин, С. Н. Киселев, А. Г. Левшин – М.: Колос. - 2008. – 816 с.
5. Комбайн зерноуборочный самоходный РСМ-101 «Вектор» инструкция по эксплуатации и техническому обслуживанию. – Ростов-на-Дону.: ООО КЗ Ростсельмаш. - 2015. – 450 с.
6. Машины для уборки зерновых культур: учебное пособие/ В. И. Горшенин, Н. В. Михеев, Ю. А. Тарабукин, С. В. Соловьёв. – Изд-во. Мичурин. гос. агр. ун-та. - 2006. -214 с.
7. Морозов А.Ф. Пути снижения потерь зерна при уборке урожая / А.Ф. Морозов, А.Н. Пугачев. – М.: Колос. – 1969. – 248 с.
8. Перевалов, В.М. Сельскохозяйственные машины. Машины для уборки зерновых колосовых культур и послеуборочной обработки зерна: учеб.-метод. Пособие / В. М. Перевалов, Г. Н. Поляков.- Иркутск, Изд-во ИрГСХА. - 2014. - 80 с.
9. Сельскохозяйственные машины. Краткий курс: учебное пособие / Г. С. Юнусов, И. И. Максимов, А. В. Михеев, Н. Н. Смирнов. – Йошкар-Ола: Мар. Гос. Ун-т. - 2009. – 152 с.
10. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Е. С. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов, Е. Г. Султан-Шах – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. - 1977. – 568 с.

#### References

1. Gulyaev, V.P. Sel'skohozyajstvennyye mashiny. Osnovy rascheta mashin dlya vozdel'yvaniya i uborki zernovyh kul'tur / V. P. Gulyaev. – Izd-vo Lan'. - 2018. -240s.
2. ZHalnin E.H. V. Klassifikaciya poter' zerna i ih ocenka / E.H. V. ZHalnin // Sel'skij mekhanizator. - 2014. - № 9. - S. 4-6.
3. Karpenko A.N. Sel'skohozyajstvennyye mashiny / A. N. Karpenko, V. M. Ha-lanskij. – 5-e izd., perab. i dop. – М.: Kolos. - 1983. – 495 s.
4. Klenin N. I. Sel'skohozyajstvennyye mashiny / N. I. Klenin, S. N. Kiselev, A. G. Levshin – М.: Kolos. - 2008. – 816 s.
5. Kombajn zernouborochnyj samohodnyj RSM-101 «Vektor» instrukciya po ehkspluatatsii i tekhnicheskomu obsluzhivaniyu. – Rostov-na-Donu.: ООО KZ Rostsel'mash. - 2015. – 450 s.
6. Mashiny dlya uborki zernovyh kul'tur: uchebnoe posobie/ V. I. Gorshenin, N. V. Miheev, YU. A. Tarabukin, S. V. Solov'yov. – Izd-vo. Michurin. gos.agr. un-ta. - 2006. -214 s.
7. Morozov A.F. Puti snizheniya poter' zerna pri uborke urozhaya / A.F. Moro-zov, A.N. Pugachev. – М.: Kolos. – 1969. – 248 s.

8. Perevalov, V.M. Sel'skohozyajstvennyye mashiny. Mashiny dlya uborki zer-novykh kolosovykh kul'tur i posleuborochnoj obrabotki zerna: ucheb.-metod. posobie/ V. M. Perevalov, G. N. Polyakov.- Irkutsk, Izd-vo IrGSKHA. - 2014. - 80 s.

9. Sel'skohozyajstvennyye mashiny. Kratkij kurs: uchebnoe posobie / G. S. YUnusov, I. I. Maksimov, A. V. Miheev, N. N. Smirnov. – Joshkar-Ola: Mar. Gos. Un–t. - 2009. – 152 s.

10. Teoriya, konstrukciya i raschet sel'skohozyajstvennykh mashin / E. S. Bosoj, O. V. Vernyaev, I. I. Smirnov, E. G. Sultan-SHah – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashino-stroenie. - 1977. – 568 s.

#### **Сведения об авторах**

**Евтющенко Антон Александрович** – студент 3 курса инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Чебаков Роман Александрович** – студент 3 курса инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Бричагина Анастасия Александровна** – кандидат технических наук, доцент кафедры технического обеспечения АПК инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

#### **Information about the authors**

**Evtuschenko Anton Aleksandrovich** – the 3th year student of the faculty of engineering(664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Chebakov Roman Aleksandrovich** – the 3th year student of the faculty of engineering(664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

**Brichagina Anastasia Aleksandrovna** – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department of technical support of agriculture, faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 83952237429, e-mail: [mech@igsha.ru](mailto:mech@igsha.ru)).

УДК 631.356.4:658.562

## **ОБЗОР ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ**

**Антипин А.И., Кузьмин А.В.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия

В статье сделан обзор технологий уборки картофеля, а также схем картофелеуборочных машин. Рассмотрены способы уборки. Приводится сравнение уборки копателями и комбайнами. При комбайновом способе уборки различают три варианта: прямое комбайнирование, раздельная (двухфазная) комбайновая уборка (подбор комбайнами валков, заранее уложенных на поверхность поля картофелекопателями) и уборка комбинированным способом. Применявшиеся картофелеуборочные машины в зависимости от расположения рабочих органов делились на прямоточные, прямоточно-поворотные и кольцевые. Современные прямоточные машины для уборки картофеля имеют, как правило, Г-образную технологическую схему, осуществляя поворот при выгрузке клубней. В основу Гриммовской технологии положено гребнеобразование перед посадкой клубней с образованием междурядий, в

которые укладываются твердые почвенные комки и камни, в дальнейшем по ним осуществляется проход сельскохозяйственной техники. Под воздействием веса машин крупные почвенные комки будут разрушаться. Особенностью всех европейских машин для уборки картофеля является наличие замедлителей (активаторы, сепарации пальчикового типа), установленных над элеваторами, ботвоудаляющих валиков после первого и второго элеваторов и вальцовых комкоудаляющих устройств. Большинство ведущих фирм мира ведут интенсивные разработки механических сепараторов, которые не потеряли своего значения. Рассматриваются ротационные типы сепараторов причем, отмечено, что замена поступательного движения (прутковый элеватор) или возвратно-поступательного (грохот) на вращательное движение дисков способствует более активному разрушению пласта, улучшает интенсивность просеивания почвы. Роторные сепараторы получили распространение благодаря эффективности и простоте конструкции. Излишнее усложнение их конструкций не приводит к существенному повышению эффективности работы, в то же время усложняет и удорожает изготовление сепаратора. Роторы со сложной формой поверхности склонны к залипанию при обработке влажного вороха, что ведёт к потере эффекта от формы поверхности.

*Ключевые слова: способы уборки, картофелеуборочные машины, роторные сепараторы, форма поверхности, повреждение клубней.*

## **AN OVERVIEW OF THE MAIN TECHNOLOGIES FOR HARVESTING POTATOES**

**Antipin A., Kuzmin A.**

*Irkutsk state agrarian University named after Ezhevsky A., Irkutsk, Russia*

The article gives an overview of potato harvesting technologies and schemes of potato harvesters. Methods of cleaning are considered. A comparison of cleaning diggers and harvesters. When combine harvesting method there are three options: direct harvesting, separate (two-phase) combine harvesting (selection of rolls harvesters, pre-laid on the surface of the field by potato diggers) and cleaning in a combined way. Used potato harvester depending on the location of the working bodies was divided into straight-through, straight-through, rotary, and roundabout. Modern direct-flow machines for harvesting potatoes have, as a rule, an L-shaped technological scheme, carrying out a turn when unloading tubers. The basis of the Grimm technology is the comb formation before planting tubers with the formation of inter-rows, in which solid soil lumps and stones are laid, in the future they are used for the passage of agricultural machinery. Under the influence of the weight of machines large soil lumps will be destroyed. A feature of all European machines for harvesting potatoes is the presence of inhibitors (activators, separation finger type) installed above the elevators, botopasi rollers after the first and second elevators and roller comodule devices. Most of the world's leading companies are actively developing mechanical separators, which have not lost their importance. Rotary discusses the types of separators and noted that the replacement of the progressive movement (bar the Elevator) or reciprocating (crashing) on the rotational movement of the discs contributes to a more active destruction of the layer improves the intensity of sifting of the soil. Rotary separators have become widespread due to the efficiency and simplicity of the design. Excessive complication of their designs does not lead to a significant increase in efficiency, at the same time complicates and increases the cost of the separator. Rotors with a complex surface shape are prone to sticking when processing a wet heap, which leads to a loss of effect from the surface shape.

*Keywords: harvesting, potato harvester, rotary separators, the shape of the surface, damage to the tubers.*

Ранее основные технологии возделывания включали весеннюю обработку почвы, посадку картофеля, междурядную обработку почвы с подкормкой и опрыскиванием от вредителей, одно или два окучивания до смыкания ботвы, скашивание ботвы и непосредственно уборку [1]. Технологический процесс уборки картофеля независимо от применяемых средств механизации включает следующие основные операции: подкапывание (выкапывание) клубней, отделение (сепарация) клубней от почвы, отрыв клубней от ботвы, удаление ботвы и растительных примесей, отделение камней и других примесей, погрузка клубней в тару или в транспортные средства [2].

В основном практическое применение находили три способа уборки:

- 1) выкапывание клубней картофелекопателями с укладкой их на поверхности и последующим ручным подбором;
- 2) уборка картофелекопателями с прицепными рабочими столами, на которых рабочие вручную выбирают клубни и грузят их в тару;
- 3) уборка комбайнами.

На первый взгляд уборка копателями выгоднее, чем уборка комбайнами. Так, производительность двухрядного комбайна составляет в среднем 0,44 га/час, в то время как копателя – 0,6-0,7 га/час, да и расход топлива у трактора меньше в 1,9 раза. К тому же техническое обслуживание и ремонт копателей проще. Но уборка копателями была выгодна, когда была возможность привлекать на уборку дешевую рабочую силу из города. Однако, в настоящее время, необходимо тяжелый ручной труд по подборке картофеля хорошо оплачивать. Помимо этого, ручной подбор сопровождается большими потерями в виде присыпанных клубней. Так, по данным М.Б. Угланова [3], потери при уборке копателями достигают 30 %.

Поскольку уборка комбайнами нам представляется перспективнее, чем другие способы, остановимся на рассмотрении данного способа.

Теоретические основы картофелеуборочной техники, в частности комбайнов, были разработаны в ведущих НИИ: ВИСХОМе, ВИМе, НИИКХ и др., такими учёными, как Горячкин В.П., Мацепуро М.Е., Колчин Н.Н., Петров Г.Д., Сорокин А.А., Виноградов В.И., Дорохов А.П., Грищенко Ф.В., Ельцов Е.И., Пшеченков К.А., Кутепов Б.П., Верещагин Н.И., Угланов М.Б. и другими.

При комбайновом способе уборки различают три варианта: прямое комбайнирование, отдельная (двухфазная) комбайновая уборка (подбор комбайнами валков, заранее уложенных на поверхность поля картофелекопателями) и уборка комбинированным способом.

Прямое комбайнирование используют в условиях удовлетворительной и хорошей сепарации вороха на комбайнах на легких и средних по механическому составу почвах, где комбайн может отделять почву от клубней.

Раздельный способ уборки пока ещё не получил достаточно широкого распространения, за исключением отдельных районов в США. Раздельный

способ уборки обладает такими преимуществами: клубни подсушиваются в поле, снижается опасность повреждения кожуры, повышается их лежкость. Так, по данным исследовательской станции в Германии, удельный вес поврежденных клубней, убранных картофелеуборочными комбайнами, составлял при прямом способе уборки 54 %, а при отдельной уборке – 30 % [4]. Однако, уменьшить повреждаемость клубней при отдельной уборке вряд ли возможно, так как клубни два раза проходят через рабочие органы копателя. Это особенно заметно, если в поток подбираемой массы попадают камни.

При комбинированном способе уборки в междурядье двух рядков, убираемых комбайном, картофелекопателем - валкоукладчиком укладываются клубни с двух или четырех смежных рядков. Производительность комбайна при этом повышается. Однако использовать комбинированный способ уборки можно только в благоприятных условиях, когда комбайн удовлетворительно работает при прямом комбайнировании [2].

В Забайкалье, в 1930 – 1950-е гг., основным способом уборки был отдельный с применением картофелекопателей и с последующим ручным подбором урожая. В 1960-е гг. он постепенно заменяется на более производительное прямое комбайнирование, которое с этого периода и фактически до настоящего времени является главным способом уборки в картофелеводстве региона [5].

Применявшиеся картофелеуборочные машины в зависимости от расположения рабочих органов делились на прямоточные, прямоточно-поворотные и кольцевые. Каждая из машин этих типов имела свои преимущества. Так машины прямоточного типа были разработаны в 50-е годы в СССР. Процесс работы комбайна данного типа осуществлялся следующим образом. Корытообразные лемеха подкапывали два рядка картофеля и всю подкопанную массу передавали на главный элеватор пруткового типа, где отсеивались мелкие почвенные фракции, а не просеивавшиеся через элеватор почвенные комки, камни, клубни и ботва подавались на два пневматических баллона, вращающиеся на встречу друг другу. При прохождении между баллонами значительная часть почвенных комков, в условиях оптимальной влажности, разрушалась и отсеивалась на элеваторе – транспортере, который подавал оставшиеся почвенные комки, клубни и ботву на нижний ботвоудаляющий транспортер, резиновое полотно которого при движении вверх втягивало ботву между валиками нижнего и верхнего ботвоудаляющих транспортеров и сбрасывало на поверхность почвы под машину. Клубни при этом отрывались от ботвы и скатывались на транспортер – переборщик. По обеим сторонам от него стояли по одному, два рабочих, отбиравших оставшиеся почвенные комки и камни, отбрасывая их по машину. Полнота отделения ботвы обеспечивалась воздушным потоком от вентилятора, прижимавшим ботву к поверхности нижнего ботвоудаляющего транспортера и направляющим её к стыку с верхним

ботвоудаляющим транспортером. С транспортера – переборщика чистые клубни попадали в бункер, а затем в корзины, которые устанавливались на опрокидывающиеся створки сбрасывателя корзин. Корзины по мере наполнения опускались на поверхность почвы, при этом дно бункера закрывалось, и на место заполненной устанавливалась незаполненная корзина [1]. Затем по параллельным бороздам проходил трактор с тележкой, в которую производился сбор убранных картофеля и опорожненных корзин. В принципе идея прямоточных машин абсолютно правильная. Так как эти машины не требуют непрерывного сопровождения транспортным средством.

Современные прямоточные машины для уборки картофеля имеют, как правило, Г-образную технологическую схему, осуществляя поворот при выгрузке клубней. Данная схема получила распространение среди европейских фирм, производящих технику для уборки картофеля в 80-е годы.

Однако применение таких машин потребовало разработки специальных интенсивных технологий на стадии возделывания. Так, голландская технология предусматривает создание рыхлой мелкокомковатой структуры почвы в зоне клубневого гнезда. Эта технология отличается высоким уровнем воздействия почвообрабатывающей техники на почву в процессе обработки перед посадкой, посадке и периоде роста картофеля до смыкания ботвы. При этом в момент появления всходов проводят обработку почвы пропашной фрезой – гребнеобразователем, которая за один проход рыхлит почву и формирует гребень высотой 23 см. Почва после такой обработки в гребне остается рыхлой до самой уборки. К недостаткам данной технологии можно отнести образование почвы с повышенным уплотнением в междурядьях, но на уборку урожая данного сезона это не влияет, а в последующем ликвидируется за счет специальной обработки. Однако в силу того, что машины, выпускаемые фирмой «Локвуд» обладают малой массой, величина уплотнения почвы по глубине даже при многократном прохождении незначительна (около 30...40 см) [1].

В основу Гриммовской технологии положено гребнеобразование перед посадкой клубней с образованием междурядий, в которые укладываются твердые почвенные комки и камни, в дальнейшем по ним осуществляется проход сельскохозяйственной техники. Под воздействием веса машин крупные почвенные комки будут разрушаться. Вся дальнейшая обработка гребней при посадке и возделывании предназначена для поддержания в них заданной почвенной структуры.

Особенностью всех европейских машин для уборки картофеля является наличие замедлителей (активаторы, сепарации пальчикового типа), установленных над элеваторами, ботвоудаляющих валиков после первого и второго элеваторов и вальцовых комкоудаляющих устройств.

Данные технологические элементы становятся возможными к применению на картофелеуборочных машинах, благодаря особенностям технологий возделывания. Так, применение пальчиковых активаторов

возможно благодаря отсутствию крупных комков и хорошо разрыхляемой оструктуренной почве, а ботвоудаляющие валики применимы при отсутствии длинных растительных остатков и без стыковых ремней полотен элеваторов. Отсутствие ботвы на поле обеспечивается качественной работой ботвоуборочных машин, которые оставляют ботву высотой  $4 \pm 1$  см от поверхности почвы. Вальцовые комкоудаляющие устройства позволяют качественно производить процесс сепарации от почвенных комков, благодаря разнице кинематических параметров вальцов, связанной с различием фрикционных свойств компонентов [1].

В СССР была разработана также Заворовская технология для самоходного четырехрядного комбайна – погрузчика КСК-4-1. Она подробно изложена в трудах Петрова Г.Д., Пшеченкова К.А., Верещагина Н.И. и др.

Максимальный уровень комбайновой уборки, достигнутый в России в 1993 г., составил 53 %. Однако после этого периода начался спад по ряду объективных причин, среди которых следует назвать низкое качество изготовления комбайнов, высокая стоимость машин, высокие повреждения клубней и большая масса машин. Попытка применить картофелеуборочную технику производства Германии, Голландии и других европейских государств также не увенчалась успехом из-за чрезвычайно высокой стоимости машин. В то же время рынок России стал насыщаться дешёвыми копателями из Белоруссии, которые на сегодня составляют основную массу картофелеуборочной техники России.

Одной из важнейших задач повышения уровня механизации возделывания картофеля является определение необходимого парка комбайнов с учетом посадочных площадей в хозяйствах, технологии возделывания и почвенно-климатических условий. В качестве критерия для определения численности можно предложить производительность комбайна на один рядок равный 0,2 га/ч. В таком случае, по мнению И.Е. Кущева [1], для получения уровня механизации близкого к максимальному в России необходимо иметь: 53118 однорядных машин, 24882 двухрядных, 7788 трехрядных, 3296 четырехрядных. А, учитывая то, что в России происходит разукрупнение сельскохозяйственных предприятий, возникновение мелких фермерских и других хозяйств, наиболее эффективными являются однорядные комбайны в диапазоне от 50 до 200 га.

Однако при всей перспективности уборки картофеля комбайнами, при данном способе уборки наблюдается большой процент поврежденных клубней, чем при других. Как выяснилось, при уборке повреждается в среднем 40 % клубней по массе. Если принять общее количество повреждений за 100 %, то из этого следует, что только на перепадах повреждается 67,5 %, а на перепадах и сепарирующих органах вместе повреждается уже 95 % клубней [6].

Большинство ведущих фирм мира ведут интенсивные разработки механических сепараторов, которые не потеряли своего значения. В настоящее время резервы повышения эффективности большинства серийно

выпускаемых рабочих органов исчерпаны, в исследования направлены на создание новых устройств с высокой эффективностью сепарации при незначительных повреждениях клубней.

В работе Верменко Я.И., где рассматриваются ротационные типы сепараторов [7], отмечено, что замена поступательного движения (прутковый элеватор) или возвратно-поступательного (грохот) на вращательное движение дисков способствует более активному разрушению пласта, улучшает интенсивность просеивания почвы. Причём, если при нормальной влажности почвы сепарирующая способность пруткового элеватора и дискового сепаратора мало отличается, то при повышенной влажности почвы все преимущества на стороне дискового сепаратора.

Большую работу по исследованию роторных сепараторов провёл Б.П. Шабельник [8]. В результате был создан двухъярусный сепаратор. Роторы нижнего яруса - транспортирующие имеют волнистую поверхность. Роторы верхнего яруса - очищающие, трёхлопастные с соотношением диаметра вписанной окружности к диаметру описанной окружности 1:3. Выступы всех роторов верхнего и нижнего ярусов работают в фазовом кинематическом режиме, а между собой - в противофазовом режиме.

Американское оборудование "Eskel" включает сортировальную машину, имеющую специальный стол для сепарации картофельного вороха [9]. В качестве основных рабочих элементов применяются сменные ролики-роторы, которые могут быть как с волнистой, так и с пальцевой формой поверхности.

На финский комбайн "Juko" роторно-пальцевый сепаратор устанавливается для очень тяжелых и влажных условий уборки [8].

### **Выводы**

1. В настоящее время среди основных задач, решаемых при разработке картофелеуборочной техники, стоит проблема создания картофелеуборочных комбайнов, обладающих максимальной сепарирующей способностью при минимальных повреждениях клубней, способных работать на всех типах почв

2. Из всех рабочих органов комбайна наиболее опасны (с точки зрения механических повреждений клубней) сепарирующие органы и перепады.

### **Список литературы**

1. *Куцев И.Е.* Разработка разветвляющейся технологии уборки картофеля с обоснованием параметров и режимов работы сепарирующих устройств / *И.Е. Куцев*: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. – Рязань, 1999.

2. *Петров Г.Д.* Картофелеуборочные машины / *Г.Д. Петров.* - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1984. -320 с.

3. *Угланов М.Б.* Разработка комплекса машин для уборки картофеля на основе совершенствования рабочих органов и рационального их сочетания / *М.Б. Угланов*: Дис. ... д-ра техн. наук: 05. 20. 01. – Рязань, 1989 – 475 с.: ил. – Библиограф.: С. 397-410.

4. *Картофелеводство зарубежных стран / Б.П. Литун, А.И. Замотаев, Н.А. Андрюшина.* - М.: Агропромиздат, 1988. -167 с.

5. Кушнарев А.Г. Картофель в Забайкалье / А.Г. Кушнарев. – Новосибирск: Наука, 2003. -232 с.
6. Зернов В.Н. Анализ повреждаемости клубней картофеля рабочими органами картофелеуборочного комбайна. Отчет о НИР/НИИ картоф. хоз-ва / В.Н. Зернов - М., 1978.
7. Верменко Я.И. Исследование процесса сепарации в картофелеуборочных машинах с ротационными рабочими органами / Я.И. Верменко: Дисс... канд. техн. наук. - Киев, 1964. - 215 с.
8. Шабельник Б.П. Разработка технологического процесса очистки корнеплодов и создание конвейеров-очистителей свеклоуборочных машин / Б.П. Шабельник: Дисс... докт. техн. наук. - Харьков, 1986. - 497 с.
9. *Eskel potato equipment* [Текст] // Spudmun. July – August, 1986.-VOL.24, № 6 -P.15.
10. *Juko: potato harvester and cultivator* [Текст]. Oy Juko Ltd. SF – 23110. Finland.

### References

1. Kushev I. E. Razrabotka razvetyayushcheysya tekhnologii uborki kartofelya s obosnovaniyem parametrov i rezhimov raboty separiruyushchikh ustroystv [The Development of the branching technology of harvesting potatoes with the justification of parameters and modes of operation separating devices] / I. E. Kushev: Dis. ... d-RA tekhn. Sciences: 05.20.01. - Ryazan, 1999.
2. Petrov G. D. Kartofeleuborochnyye mashiny [Potato Harvesters] / G. D. Petrov. - 2nd ed., pererab. i dop. - M.: mechanical engineering, 1984.-320 p.
3. Uglanov M.B. Razrabotka kompleksa mashin dlya uborki kartofelya na osnove sovershenstvovaniya rabochikh organov i ratsionalnogo ikh sochetaniya [The Development of a complex of machines for the harvesting of potatoes based on the improvement of the working bodies and their rational combination.] M.B. Uglanov: d-RA tekhn. Sciences: 05. 20. 01. – Ryazan, 1989 – 475 p.: Il. – Bibliographer.: P. 397-410.
4. Kartofelevodstvo zarubezhnykh stran [Potatoes foreign countries] / B. P. Litun, A. I. Zamotaev, N. Andryushina. - Moscow: Agropromizdat, 1988.-167 p.
5. Kushnarev A. G. Kartofel v Zabaykalye [Potatoes in Transbaikalia] / A. G. Kushnarev. - Novosibirsk: Science, 2003.- 232 p.
6. Zernov V. N. Analiz povrezhdayemosti klubney kartofelya rabochimi organami kartofeleuborochnogo kombayna. Otchet o NIR/NII kartof. khoz-va [Analysis of damage of potato tubers by working bodies of potato harvester. Research report/Institute. hoz-va]/ V. N. Zernov-M., 1978.
7. Vermenko, J. I. Issledovanye processa separatsiybv kartofeleuborochnykh mashinah s rotornimy rabochimy organamy[Study of the separation process in the potato machines with rotary working bodies] [Text]: Diss... Cand. tech. sciences'. - Kiev, 1964. - 215 p
8. Shabelnik B. P. Razrabotka tekhnologicheskogo processa ochistky korneplodov i sozdanye conveyorov-ochistiteley sveklouborochnykh mashin [Development of technological process of clearing of roots and creation of conveyors, cleaners of beet harvesting machines] [Text]: Diss... doctor. tech. sciences'. - Kharkov, 1986. - 497 p.
9. *Eskel potato equipment* [Text] // Spudmun. July – August, 1986.-VOL.24, № 6-P. 15.
10. *Juko: potato harvester and cultivator*. Oy Juko Ltd. SF – 23110. Finland.

### Сведения об авторах

**Антипин Алексей Игоревич** – студент 3 курса инженерного факультета (664038, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89025456355, e-mail: [alekseant@mail.ru](mailto:alekseant@mail.ru))

**Кузьмин Александр Викторович** - доктор технических наук, профессор кафедры «Технический сервис и инженерные дисциплины», Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского: Россия, 664038, Иркутская Область, г. Иркутск, пос. Молодежный; Тел.: 89503835361, E-mail: [Kuzmin\\_burgsha@mail.ru](mailto:Kuzmin_burgsha@mail.ru).

#### **Information about the authors**

**Antipin Aleksey Igorevich** – 3rd year student of the faculty of engineering; Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89025456355, e-mail: [alekseant@mail.ru](mailto:alekseant@mail.ru)

**Kuzmin Aleksandr Viktorovich** - doctor of technical Sciences, Professor of Department "Technical service and engineering disciplines", Irkutsk state agrarian University. A. A. Izhevskogo: Russia, 664038, Irkutsk Region, Irkutsk, the village Youth; Tel.: 89503835361, E-mail: [Kuzmin\\_burgsha@mail.ru](mailto:Kuzmin_burgsha@mail.ru).

УДК 631.363.21

### **ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНОВОЙ ДЕРТИ, ПОЛУЧЕННОЙ ПОСЛЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ НА ДРОБИЛКЕ ИЗ-0,5М**

**Абросимов А.В., Пальвинский В.В.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск,  
Россия

Концентрированные корма являются неотъемлемой составляющей в рационах сельскохозяйственных животных. В личных подсобных хозяйствах и крестьянско-фермерских хозяйствах в качестве концентратов в основном используют зерно различных культур. Перед скармливанием зерно необходимо измельчать, так как размер частиц влияет на качество усвоения. Для измельчения в малых хозяйствах большое распространение получили маломощные молотковые дробилки. К таким измельчителям относится дробилка ИЗ-0,5М. Определены гранулометрический состав и модуль помола зерновой дерти пшеницы, овса и ячменя, в зависимости от кратности проходов через дробилку. Дана оценка о соответствии гранулометрического состава продуктов измельчения зоотехническим рекомендациям и существующим стандартам.

*Ключевые слова:* гранулометрический состав, зерновая дерть, измельчение зерна, модуль помола, молотковая дробилка.

### **GRANULOMETRIC COMPOSITION OF GRAIN DIRTY, OBTAINED AFTER CRUSHING IN A CRUSHER IZ-0.5 M**

**Abrosimov A.V., Palvinsky V.V.**

Irkutsk State Agrarian University named after A.A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia

Concentrated feed is an integral part of the diets of farm animals. In private farms and peasant farms as concentrates used grain of different cultures. Before feeding the grain it is necessary to grind, as the particle size affects the quality of assimilation. For grinding in small farms are widespread low-power hammer mills. Such shredders include crusher IZ-0,5M. The granulometric composition and grinding module of grain wheat, oats and barley, depending on the multiplicity of passes through the crusher are determined. The assessment of compliance of granulometric composition of products of grinding with zootechnical recommendations and normative-technological documentation is given.

*Key words:* granulometric composition, grain turf, grain grinding, grinding module, hammer mill.

Агропромышленный комплекс Иркутской области включает в себя 160 сельскохозяйственных организаций, 2418 крестьянских (фермерских) хозяйств и 65 индивидуальных предпринимателей, 215,6 тысяч личных подсобных хозяйств населения, 1182 некоммерческих объединений .[17].

Значительное количество поголовья сосредоточено в малых личных подсобных и малых крестьянских фермерских хозяйствах. Распределение поголовья с.-х. животных и птицы по категориям хозяйств представлены в таблице 1 [13].

Вызывает интерес распределение поголовья по хозяйствам. Так, доля с.-х. животных, приходящаяся на ЛПХ и КФХ составляет: КРС – 77,4%, в том числе коровы - 79 %; свиньи – 43,2%; птица – 9,9 %. Это свидетельствует о значительном вкладе ЛПХ и КФХ в производства молока и мяса КРС и свиней.

Таблица 1 – Поголовье сельскохозяйственных животных в Иркутской области по категориям хозяйств за период 2013-2017 г.г., тыс.гол

Вид с.-х. животных	Категория хозяйства	2013	2014	2015	2016	2017
Крупный рогатый скот	Всего, в т.ч.:	277,1	279,0	274,6	283,8	290,3
	КФХ	32,6	37,5	38,6	54,4	63,5
	ЛПХ	179,7	176,1	171	165,7	161,2
	организации	64,8	65,4	65	63,7	65,7
Коровы	Всего, в т.ч.:	133,4	134,5	129,5	136,1	134,7
	КФХ	13,9	15,7	16,8	25,7	28,6
	ЛПХ	89,6	87,6	82,6	81,6	77,8
	организации	29,9	31,2	30,1	28,8	28,3
Свиньи	Всего, в т.ч.:	200,4	198,4	198,1	193,2	188,6
	КФХ	23,1	22,6	23,7	20,6	16,7
	ЛПХ	73,0	67,5	65,5	65,1	64,7
	организации	104,3	108,3	108,8	107,5	107,1
Птица	Всего, в т.ч.:	7174,2	7357,5	7522,4	7776,2	7508,2
	КФХ	15,0	4,7	3,5	2,3	2,5
	ЛПХ	744,6	718,6	713,9	731,8	744,2
	организации	6414,6	6634,2	6805	7042,1	6761,5

Руководителям ЛПХ и КФХ для повышения продуктивности своего поголовья и повышения эффективности использования кормов следует обращать внимание на рациональные научно-обоснованные рационы кормления, а так же на зоотехнические требования касательно размеров скармливаемых частиц.

Трудно представить эффективное кормление сельскохозяйственных животных без использования в рационе концентрированных кормов. Они являются основным компонентом в рационах свиней и птицы. Для КРС их применяют в качестве дополнения к основным кормам. В годовой структуре

рациона концорма составляют у КРС 20-50 %; у свиней до 70 %; у птицы – до 90% от годовой потребности энергии [9, 12].

Чтобы повысить усвояемость зерновых кормов их необходимо измельчать до определенных размеров. Измельченное на дробилках зерно называется зерновой дертью.

В комбикормовом производстве различают три степени размола зерна. При размере частиц 0,2-1,0 мм – мелкий; 1,0-1,8 мм – средний; 1,8-2,6 мм – крупный [16].

При определении степени измельчения зерна в хозяйствах используют зоотехнические рекомендации в зависимости от вида животного, его физиологической группы вида зерна. Для КРС – не более 3 мм; для поросят-сосунов – 0,8 мм; для поросят-отъемышей – 0,9-1,1 мм; для свиней беконного откорма – 1,2-1,6 мм; для сельскохозяйственной птицы при сухом типе кормления 2-3 мм и мельче при приготовлении влажных мешанок [11, 15].

Нормативно-регламентирующими документами на комбикорма-концентраты ограничивается максимальный размер фракций, входящих в смесь определяемых по остатку на сите. По данным стандартам остаток на сите с диаметром отверстий 3 мм не должен превышать: для выращиваемых и откармливаемых в хозяйствах телят и молодняка КРС – не более 10%; для молочных коров, нетелей и быков производителей – не более 25%; для цыплят (1-4 дней) и молодняка кур (1-7 недель) – не более 5%; для остального молодняка кур и кур несушек – не более 2%; для бройлеров – не более 15%; для свиней, выращиваемых и откармливаемых в хозяйствах – не более 5% [1, 2, 5, 6, 7].

Вызывают интерес исследования зарубежных авторов [8]. Так, например, опыты Канзасского государственного университета в США показали, что эффективность потребления свиньями корма размером частиц 500 мкм оказались на 6 % эффективнее в сравнении с размером частиц 900 мкм. При этом автор приводит данные, что разное зерно необходимо измельчать по-разному. Так, зерно с высоким содержанием клетчатки, например ячмень, следует измельчать более мелко в сравнении с пшеницей, которое рекомендуется измельчать до 900 мкм. Авторы утверждают, что экономический эффект от сокращения размера частиц корма от 1100 до 750 микрон в свиноводческом хозяйстве полного цикла (от опороса до откорма) с поголовьем 100 свиноматок позволит сэкономить 4750 долларов США. Данный эффект достигается за счет повышения усвояемости корма.

Следует так же обращать внимание на структуру корма. Для свиней частиц размером больше 1 мм не должно быть более 50%. Частиц размером менее 0,5 мм не больше 35-40% [10].

Необходимо учитывать, что переизмельченный корм размером менее 500 мкм резко повышает риск возникновения язвы желудка у свиней. Скармливание тонко измельченных концентратов КРС в чистом виде может приводить к пищеварительным расстройствам и снижению продуктивности животных [8].

В животноводстве для подготовки зерновых кормов к скармливанию используют измельчители небольшой мощности, работающие по принципу свободного удара. Как правило, это молотковые дробилки открытого или закрытого типа с жестко или свободно закрепленными молотками.

В личных подсобных хозяйствах и небольших крестьянско-фермерских хозяйствах в силу дешевизны и простоты конструкции широкое распространение молотковые дробилки с жестко закрепленным ножом (молотком) производительностью 120, 170, 250, 300, 320, 350, 400 кг/ч. С объемом зернового бункера от 5 до 25 литров и мощностью от 0,5 до 2,2 кВт.

Технические характеристики дробилок представлены в таблице 2 [14].

В стандартной комплектации дробилка поставляется с боковым ситом с диаметром отверстий 5 мм. Из всего типоразмерного ряда, из восьми дробилок, лишь к двум дополнительно входит сито с диаметром ячейки 4 мм. Эти дробилки имеют производительность 320 и 400 кг/час соответственно. Так же в паспорте измельчителя указано, что для более грубого измельчения предприятием выпускаются сита диаметром 6 мм, которые необходимо приобретать отдельно на заводе изготовителе или через дилеров. При приобретении дробилки данные сита у дилеров отсутствовали.

Таблица 2 – Техническая характеристика измельчителей зерна

№	Характеристика	Ед. изм	ИЗ-05	ИЗ-15	ИЗ-05М	ИЗ-15М	ИЗ-14	ИЗ-14М	ИЗ-25	ИЗ-25М	
			Показатель								
1	Производительность, до *	кг/ч	170	170	250	250	300	320	350	400	
2	Потребляемая мощность	Вт	800	800	1200	1200	1200	1300	1200	1300	
3	Режим работы		продолжительный								
4	Тип электродвигателя		коллекторный однофазный								
5			ДК-105-370	ДК-110-750-12				ДК-100-1000	ДК-110-750-12	ДК-100-1000	
6	Напряжение	В	220								
7	Частота в сети питания	Гц	50								

\* При влажности перерабатываемого зерна 12%.

Для того, чтобы получить более мелкий помол без наличия дополнительного сита с меньшим диаметром отверстий, возможно прибегнуть к методу многократного пропускания измельчаемого продукта через дробилку.

В доступных литературных источниках не удалось найти данные о качественных показателях работы данных дробилок при однократном и многократном пропуске измельчаемого материала.

В связи с вышеизложенным, была поставлена цель определить гранулометрический состав и модуль помола получаемой на дробилке дерти в зависимости от количества проходов через дробилку для зерна пшеницы, ячменя и овса. Данные культуры выбраны, так как являются наиболее часто используемыми в качестве концентрированного корма в небольших хозяйствах.

Опыты проводились в Аларском районе в ЛПХ Абросимов В.А. В качестве исследуемой дробилки был использован измельчитель зерна ИЗ-05М. Отбор проб осуществлялся согласно ГОСТ 13496.0 [3]. Обработка результатов осуществлялась в лаборатории на кафедре Технического обеспечения АПК инженерного факультета ФГБОУ Иркутского ГАУ. Гранулометрический состав зерновой дерти определялся в соответствии с ГОСТ 13496.8-72 [4].

Качественным показателем оценки полученной на дробилке дерти является гранулометрический состав продуктов измельчения.

Реальные частицы полученной дерти не имеют правильной формы и поэтому, на практике их крупность оценивают эквивалентным диаметром

$$D = 1,24 \sqrt[3]{V_3} \quad (1)$$

где  $V_3$  – объем равновеликого шара, равный действительному объему зерна.

В совокупности частицы дерти имеют различные размеры в разных пропорциях, следовательно, их размер и распределение носят случайный характер. Тогда для их оценки необходимо использовать методы математической статистики.

Для этого определяют средневзвешенный размер измельченных частиц, называемый модулем помола и определяемый выражением (1).

$$M = \frac{3,5P_3 + 2,5P_2 + 1,5P_1 + 0,5P_0}{P}, \quad (2)$$

где  $P_3, P_2, P_1$  – масса навески на ситах с диаметром отверстий 3, 2, 1 мм соответственно, кг;  $P_0$  – масса навески на дне коробки классификатора;  $P$  – общая масса навески, кг.

Для определения составляющих использовался решетный классификатор с набором сит диаметром 5, 3, 2, 1, 0,5 и 0,25 мм. Взвешивание навесок выполнялось на ВЛКТ-500-М.

Результаты опытов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Техническая характеристика измельчителей зерна

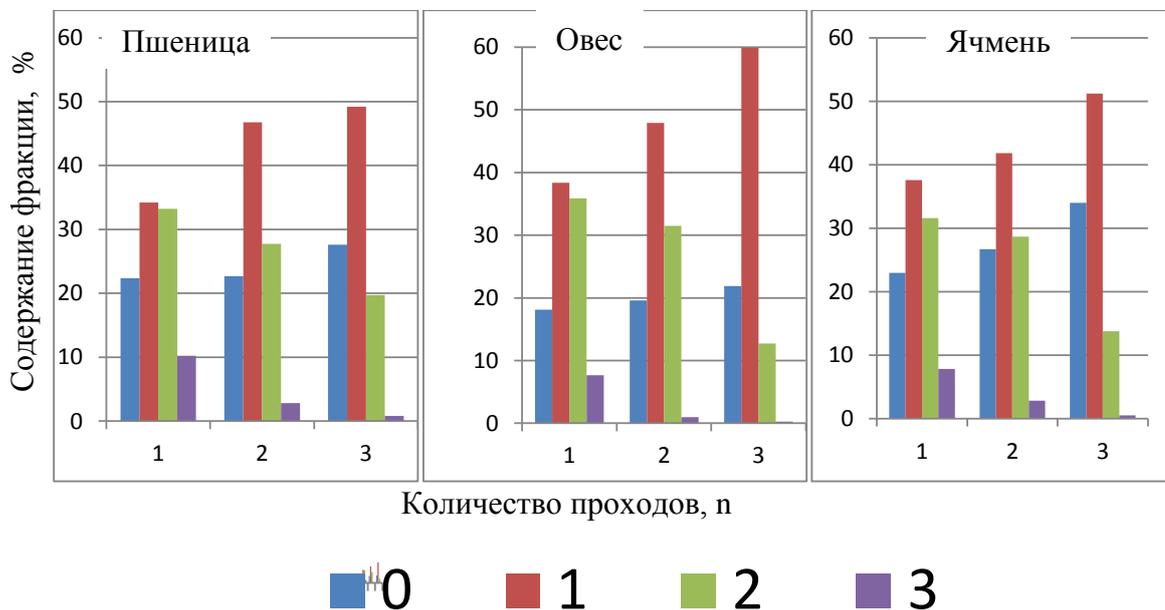
№ сита	Культура		
	Пшеница	Овёс	Ячмень

	1пр	2пр	3пр	1пр	2пр	3пр	1пр	2пр	3пр
0	22,36	22,66	27,58	21,59	26,19	34,01	18,13	19,61	21,88
1	34,19	46,77	49,19	37,59	41,83	51,21	38,36	47,9	59,87
2	33,23	27,74	19,75	31,61	28,68	13,78	35,86	31,5	12,73
3	10,22	2,83	0,82	7,83	2,82	0	7,65	0,99	0,26
Модуль помола	1,78	1,61	1,33	1,74	1,56	1,12	1,89	1,64	1,37

В силу незначимости остатки на ситах 0,5; 0,25 и остатки на дне коробки объединены и представлены под номером сита №0 (дно классификатора). Наличие очень тонкого помола (пылевидной фракции) размером частиц менее 0,2 мм во всех опытах находилось в пределах зоотехнических норм и не превышало 20%.

Так же следует отметить существенный положительный момент – это отсутствие целых зерен после однократного пропуска через дробилку.

Гранулометрический состав для визуального анализа удобно представлять в виде гистограмм распределения (рис 2). Результаты опытов позволяют выявить следующие закономерности. Количество частиц со средневзвешенным размером 2,5 мм (остаток на сите с диаметром ячейки 2 мм прошедший через сито с диаметром ячейки 3 мм) во всех трех опытах сокращается от прохода к проходу.



Остаток на: 0 – дне классификатора; 1, 2, 3 – на ситах с диаметром 1, 2, 3 мм

Рисунок 1 – Гранулометрический состав зерновой дерги пшеницы, овса и ячменя в зависимости от количества проходов

Количество частиц со средневзвешенным размером 1,5 мм от прохода к проходу увеличивается. Самые высокие показатели наблюдаются при измельчении овса, меньше – ячменя, самые низкие при измельчении

пшеницы, при этом при третьем проходе прирост частиц совсем незначительный.

Прирост частиц со средним размером 500 мкм (остаток на дне классификатора), так же наблюдается во всех случаях.

На рисунке 2 представлен график изменения модуля помола зерновых культур в зависимости от количества пропусков через измельчитель.

Из рисунка видно, что модуль помола ячменя подчиняется линейному закону. Для пшеницы – зависимость близка к линейной. Для овса подчиняется нелинейному закону. Нелинейность растет по мере уменьшения прочности зерна. На рисунке также представлены линии тренда предполагаемого модуля помола, в зависимости от 4-х и 5-ти кратного пропуска через машину.

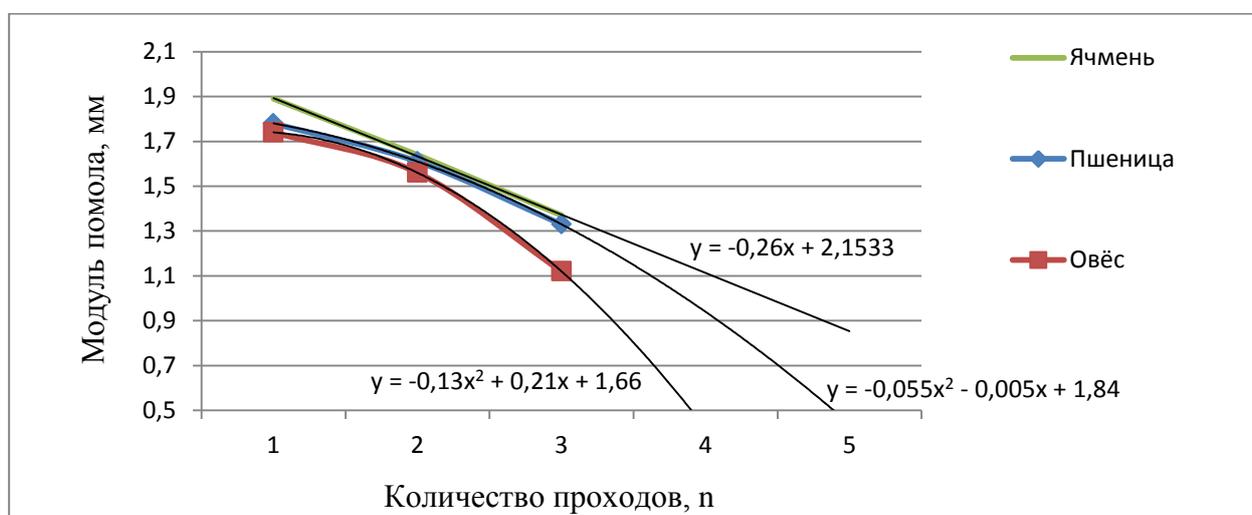


Рисунок 2 – Модуль помола зерновой дерти пшеницы, овса и ячменя в зависимости от количества проходов

В таблице 4 представлена оценка на соответствие продуктов измельчения зоотехническим рекомендациям по степени измельчения [11, 15].

Таблица 4 – Оценка продуктов измельчения, полученных на дробилке ИЗ-0,5М на соответствие зоотехническим рекомендациям

Вид и физиологическая группа животного	Модуль помола, мм	Культура								
		Пшеница			Овёс			Ячмень		
		1пр	2пр	3пр	1пр	2пр	3пр	1пр	2пр	3пр
КРС	не более 3	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Поросята сосуны	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Поросята отъемыши	0,9-1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Свиньи беконного откорма	1,2-1,6	-	+	+	-	+	+	-	-	+

С.-х. птица при сухом типе кормления	2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
--------------------------------------	-----	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Из таблицы становится очевидным, что качество работы поставляемой комплектации с ситом диаметром 5 мм не соответствует зоотехническим рекомендациям по большинству параметров. При этом для поросят сосунов и отъемышей машина производит недостаточное измельчение, а повторные пропуски через машину не позволяют исправить ситуацию. Что нельзя сказать при измельчении зерна для свиней беконного откорма. В данном случае при измельчении пшеницы и овса достаточно двукратного пропуска зерна без смены сита. При измельчении ячменя все же необходимо выполнить трёхкратный пропуск зерна через машину. Измельчение зерна для сельскохозяйственной птицы чрезмерно, поэтому при выполнении данной операции на изучаемом измельчителе достаточно однократного пропуска зерна через машину.

В таблице представлена оценка на соответствие продуктов измельчения нормативным документам [1, 2, 5, 6, 7, 8].

Результаты данной оценки менее критичны. Так при измельчении зерна для КРС всех половозрастных групп и бройлеров достаточно однократного прохода через дробилку за исключением пшеницы для телят и молодняка КРС, когда необходимо будет выполнить двукратное измельчение.

Таблица 4 – Оценка продуктов измельчения, полученных на дробилке ИЗ-0,5М на соответствие нормативно-технической документации

Вид и физиологическая группа животного	Остаток на сите 3 мм не более, %	Культура								
		Пшеница			Овёс			Ячмень		
		1пр	2пр	3пр	1пр	2пр	3пр	1пр	2пр	3пр
Телята и молодняк КРС	10	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Коровы, нетели и быки производители	25	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Цыплят (1-4 дней) и молодняк кур (1-7 недель)	5	-	+	+	-	+	+	-	+	+
Остальной молодняк кур и куры несушки	2	-	-	+	-	-	+	-	+	+
Бройлеры – не более 15%	15	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Свиньи, выращиваемые и откармливаемые в хозяйстве	5	-	+	+	-	+	+	-	+	+

Для цыплят, молодняка кур (1-7 недель) и свиней все три культуры необходимо пропускать не менее двух раз. Для остального молодняка кур и

кур несушек зерно необходимо пропускать не менее трех раз за исключением ячменя.

#### **Выводы:**

1. Продукты измельчения, полученные на дробилке ИЗ-0,5М после однократной обработки не соответствуют зоотехническим рекомендациям по степени измельчения для птицы и свиней, но при этом отмечается существенный положительный момент – отсутствие целых зерен в полученной дерти.

2. При оценке гранулометрического состава на соответствие измельчения нормативным документам выявлено, что однократный пропуск зерна позволяет добиться соответствия для КРС и бройлеров (кроме зерна пшеницы для молодняка КРС), а дополнительные пропуски обрабатываемого продукта через дробилку позволяют добиться соответствия для свиней, цыплят и молодняка кур несушек.

3. Для утверждения целесообразности многократного пропуска необходимо провести дополнительные эксперименты и расчеты по определению технико-экономических показателей работы измельчителя ИЗ-0,5М.

#### **Список литературы**

1. ГОСТ – 13299-71. Комбикорма-концентраты для поросят-сосунов. – М.: Изд-во стандартов, 1976. 6 с.
2. ГОСТ – 21055-96. Комбикорма полнорационные для беконного откорма свиней. Общие технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1997. 9 с.
3. ГОСТ 13496.0 – 2016. Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы отбора проб. – М.: Стандартиформ, 2016. 19 с.
4. ГОСТ 13496.8-72. Комбикорма. Методы определения крупности размола и содержания неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений. – М.: Стандартиформ, 2011. 4 с.
5. ГОСТ 18221-99. Комбикорма полнорационные для сельскохозяйственной птицы. Технические условия – М.: Стандартиформ, 2006. 8 с.
6. ГОСТ 34109-2017. Комбикорма полнорационные для свиней. Общие технические условия – М.: Стандартиформ, 2017. 15 с.
7. ГОСТ 9268-2015. Комбикорма-концентраты для крупного рогатого скота. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2015. 16 с.
8. Дик Зиггерс. О положительном влиянии правильного размера частиц корма на продуктивность сельскохозяйственных животных. Перевод с английского: Елена Дюдина, Татьяна Калатина / Научно-популярный портал Биомедиа.РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://биомедиа.рф/наука-i-praktika/kormoproizvodstvo/1828-opolozhitelnom-vliyanii-pravilnogo-razmera-chastic-korma-na-produktivnost-selskohozyaystvennyh-zhivotnyh.html> - 18.02.2019.
9. Кузнецов М.А. Механизация, электрификация и автоматизация в животноводстве: Методические указания / М.А. Кузнецов. – Вологда–Молочное: ИЦ ВГМХА, 2010. – 70 с.
10. Манфред Вебер. Эффективность кормового сырья в свиноводстве (часть 1). Перевод с англ: Елена Бабенко. Интернет-портал SOFT-AGRO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://soft-agro.com/svini/effektivnost-kormovogo-syrya-v-svinovodstve-chast1.html> - 18.02.2019.
11. Миронов К.Е. Приготовление кормов и физико–механические свойства зерна / К.Е. Миронов // Вестник НГИЭИ – 2012. - № 12 (19). – С. 88-91.

12. Мурусидзе Д. Н. Технология производства продукции животноводства. / Д. Н. Мурусидзе, В. Н. Легеза, Р. Ф. Филонов — М.: КолосС, 2005. — 432 с.
13. Поголовье сельскохозяйственных животных / ЭМИСС. Государственная статистика [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://fedstat.ru/> - 18.02.2019.
14. Руководство по эксплуатации. Измельчитель зерна ИЗ-14;-25; ИЗ-05; ИЗ-15. МСМ05-00.000РЭ – ООО «Уралспецмаш». – 14 С.
15. Трухачев В.И. Технологии и технические средства в животноводстве: Учебное пособие / В.И. Трухачев, И.В. Капустин, О.Г. Ангилеев, В.И. Гребенник. — Ставрополь: Изд-во СтГАУ «АГРУС», 2005. — 304 с.
16. Чеботарев О.Н. Технология муки, крупы и комбикормов / О.Н. Чеботарев, А.Ю. Шазо, Я.Ф. Мартыненко — Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов-н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. — 688 с.
17. Экономика / Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Иркутской области [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://irkobl.ru/sites/agroline/economy> - 18.02.2019.

### References

1. GOST – 13299-71. Kombikorma-kontsentraty dlya porosyat-sosunov [Compound feeds-concentrates for piglets-suckers]. – М.: Izd-vo standartov. 1976. 6 s.
2. GOST – 21055-96. Kombikorma polnoratsionnyye dlya bekonnoogo otkorma sviney. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [Complete feed for bacon fattening pigs. General specifications]. М.: Izd-vo standartov. 1997. 9 s.
3. GOST 13496.0 – 2016. Kombikorma. kombikormovoye syrye. Metody otbora prob [Mixed fodders, mixed fodder raw materials. Sampling method]. – М.: Standartinform. 2016. 19 s.
4. GOST 13496.8-72. Kombikorma. Metody opredeleniya krupnosti razmola i sodержaniya nerazmolotykh semyan kulturnykh i dikorastushchikh rasteniy [Mixed fodder. Methods for determining the size of grinding and the content of ground seeds of cultivated and wild plants]. – М.: Standartinform. 2011. 4 s.
5. GOST 18221-99. Kombikorma polnoratsionnyye dlya selskokhozyaystvennoy ptitsy. Tekhnicheskiye usloviya [Complete feed for poultry. Technical conditions] – М.: Standartinform. 2006. 8 s.
6. GOST 34109-2017. Kombikorma polnoratsionnyye dlya sviney. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya [Complete feed for pigs. General specifications]. – М.: Standartinform. 2017. 15 s.
7. GOST 9268-2015. Kombikorma-kontsentraty dlya krupnogo rogatogo skota. Tekhnicheskiye usloviya [Compound feeds-concentrates for cattle. Technical conditions]. – М.: Standartinform. 2015. 16 s.
8. Dik Ziggers. O polozhitelnom vliyanii pravilnogo razmera chastits korma na produktivnost selskokhozyaystvennykh zhivotnykh [About positive influence of the correct size of particles of a forage on productivity of farm animals]. Perevod s angliyskogo: Elena Dyudina. Tatiana Kalatina / Nauchno-populyarnyy portal Biomed.RF [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://biomed.rf/nauka-i-praktika/kormoproizvodstvo/1828-o-polozhitelnom-vliyanii-pravilnogo-razmera-chastic-korma-na-produktivnost-selskokhozyaystvennykh-zhivotnykh.html> - 18.02.2019.
9. Kuznetsov M.A. Mekhanizatsiya, elektrifikatsiya i avtomatizatsiya v zhivotnovodstve: Metodicheskiye ukazaniya [Mechanization, electrification and automation in animal husbandry: Guidelines] / M.A. Kuznetsov. – Vologda–Molochnoye: ITs VGMKhA. 2010. – 70 s.
10. Manfred Veber. Effektivnost kormovogo syria v svinovodstve (chast 1) [Efficiency of feed raw materials in pig breeding (part 1)]. Perevod s angl: Elena Babenko. Internet-portal

SOFT-AGRO [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://soft-agro.com/svini/effektivnost-kormovogo-syrya-v-svinovodstve-chast1.html> - 18.02.2019.

11. Mironov K.E. Prigotovleniye kormov i fiziko–mekhanicheskiye svoystva zerna [Feed preparation and physical and mechanical properties of grain] / K.E. Mironov // Vestnik NGIEI – 2012. - № 12 (19). – S. 88-91.

12. Murusidze D. N. Tekhnologiya proizvodstva produktsii zhivotnovodstva [Livestock production technology]. / D. N. Murusidze. V. N. Legeza. R. F. Filonov — M.: KolosS. 2005. — 432 s.

13. Pogolovye selskokhozyaystvennykh zhivotnykh [Population of farm animals] / EMISS. Gosudarstvennaya statistika [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <https://fedstat.ru/> - 18.02.2019.

14. Rukovodstvo po ekspluatatsii. Izmelchitel IZ-14;-25; IZ-05; IZ-15. MSM05-00.000RE zerna [User manual. Grain shredder IZ-14;-25; IZ-05; IZ-15. MSM05-00.000RE] – ООО «Uralspetsmash». – 14 S.

15. Trukhachev V.I. Tekhnologii i tekhnicheskiye sredstva v zhivotnovodstve: Uchebnoye posobiye [Technologies and technical means in animal husbandry: a Training manual] / V.I. Trukhachev. I.V. Kapustin. O.G. AngileyeV. V.I. Grebennik. — Stavropol: Izd-vo StGAU «AGRUS». 2005. — 304 s.

16. Chebotarev O.N. Tekhnologiya muki. krupy i kombikormov [Technology of flour, cereals and animal feed] / O.N. Chebotarev. A.Yu. Shazzo. Ya.F. Martynenko — Moskva: IKTs «MarT». Rostov-n/D: Izdatelskiy tsentr «MarT». 2004. — 688 s.

17. Ekonomika / Ofitsialnyy sayt Ministerstva selskogo khozyaystva Irkutskoy oblasti [Economy Official website of the Ministry of agriculture of the Irkutsk region] [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://irkobl.ru/sites/agroline/economy> - 18.02.2019.

#### **Сведения об авторах**

**Абросимов Александр Викторович** – студент четвертого курса инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, общ.1, ком.507 тел. 89025782050, e-mail: [abrosimov\\_1998@inbox.ru](mailto:abrosimov_1998@inbox.ru)).

**Пальвинский Виктор Викторович** - кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническое обеспечение АПК» инженерного факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89025449794 e-mail: [kvenbox@mail.ru](mailto:kvenbox@mail.ru)).

#### **Information about the authors**

**Abrosimov Alexander Viktorovich** - fourth-year student of the faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89025782050, e-mail: [abrosimov\\_1998@inbox.ru](mailto:abrosimov_1998@inbox.ru)).

**Palvinsky Victor Viktorovich** - candidate of technical sciences, associate professor of the department "technical support of agroindustrial complex" of the faculty of engineering (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhny, tel. 89025449794 e-mail: [kvenbox@mail.ru](mailto:kvenbox@mail.ru)).

**АНАЛИЗ ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНОВЫХ****Бузунова М.Ю., Лебедева В.Д., Ключникова К.В.**Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

Исследованы гигроскопические свойства образцов пшеницы разных технологий хранения и исходной влажности с целью выявления адсорбционных характеристик, в зависимости от метода сушки и длительности увлажнения. Целью данной работы является установление зависимости изменения влажности образцов пшеницы от времени, анализ скорости увлажнения исследуемых дисперсных образцов, изучение механизма адсорбции с учетом электрофизических свойств. Поверхность зерна является адсорбционно активной к полярным молекулам воды, образующим водные пленки вокруг образца зерновой культуры, и поэтому обладает свойством хорошо удерживать влагу. В результате адсорбции молекул воды происходит постепенное увлажнение зерен пшеницы, скорость которого ниже для образца, подвергнувшегося предварительной сушке. Изучение образцов пшеницы позволило установить зависимость влажности от времени увлажнения и метода сушки зерна.

*Ключевые слова:* адсорбция, диэлектрическая проницаемость, сорбция, эксикатор, пшеница, дисперсная среда, влажность, температура.

**ANALYSIS OF THE HYGROSCOPIC PROPERTIES OF GRAIN****Buzunova M. Yu., Lebedeva V. D., Klyuchnikova K. V.**

The hygroscopic properties of wheat samples of different storage technologies and initial humidity were investigated in order to identify the adsorption characteristics, depending on the drying method and the duration of moisture. The purpose of this work is to establish the dependence of the change in humidity of wheat samples on time, the analysis of the rate of moisture of the studied dispersed samples, the study of the adsorption mechanism taking into account the electrophysical properties due to the presence in the medium of the interphase electrical interaction between the charges on the surface of the solid phase and the polar molecules of the liquid matrix. It is noted that in the process of moisture play an important role on the surface of the grain roughness and irregularities, which are the centers of accumulation of electrically uncompensated charges. The surface of the grain is adsorption-active to polar water molecules, forming water films around the grain sample, and therefore has the property of good moisture retention. As a result of adsorption of water molecules there is a gradual humidification of wheat grains, the rate of which is lower for the sample subjected to pre-drying, the study of wheat samples allowed to establish the dependence of humidity on the time of moistening, and the method of grain drying.

*Key words:* adsorption, dielectric constant, absorption, desiccator, wheat, dispersed environment, humidity, temperature.

Исследование гигроскопических свойств структурно неоднородных сред на примере зерновых культур, скорости адсорбции, зависящей от условий предварительной обработки и хранения зерна, температурного режима и влажности окружающей среды, является одной из актуальных задач сельского хозяйства и физики конденсированного состояния. В настоящей работе исследованы дисперсные системы на примере образцов пшеницы Иркутской области и Алтайского края, высушенной естественным путем и подвергнувшейся предварительной термической обработке.

Важное значение в процессе увлажнения зерна и его адсорбции играет тот факт, что поверхность зерновых культур, особенно зерен, подвергшихся сколам, царапинам и другим механическим дефектам, является электрически активной. Несмотря на то, что исследованию процессов скорости адсорбции зерновых культур и гигроскопических свойств в конденсированных средах уделяется достаточное внимание, остается актуальным вопрос о взаимосвязи данного процесса со структурными свойствами зерновых, их диэлектрическими характеристиками. При изучении данного вопроса нельзя не учитывать и наличие на границе данной среды (зерно- вода) межфазного взаимодействия твердой и жидкой компоненты. Зерно сегодня, представленное в настоящей работе на примере пшеницы, является важнейшей сельскохозяйственной культурой и одним из важнейших продуктов питания, поэтому изучение его свойств и технологии хранения представляет собой достаточно актуальную тему для исследований.

Изучение электрически активной поверхности дисперсной среды, активно впитывающей влагу, на примере зерна, а также физической сущности механизма адсорбции безусловно представляет определенный интерес и дает возможность описать с физической точки зрения электрофизические процессы в зерновой массе. Наличие механических дефектов и неровностей на поверхности зерновой культуры также влияет на ее электрофизические свойства, значение диэлектрической проницаемости и энергетические свойства в целом [1-3]. Исследование природы дисперсных сред, с целью получения информации о структуре локальных дефектов и диэлектрических параметрах не является целью исследований, проведенных в данной работе, однако нельзя не учитывать их влияние на электрофизические свойства зерновых культур. [1,3].

Процесс увлажнения пшеницы и ее адсорбционные свойства связаны с формированием упорядоченной ориентации молекул водных пленок, непосредственно находящихся в контакте с активной твердой поверхностью зерен изучаемого образца [2,4]. Целью данной работы является исследование гигроскопических свойств на основе образцов зерен пшеницы, подверженных естественной и термической сушке, анализу скорости увлажнения и влажности зерна. Исследованы дисперсные системы на примере образцов пшеницы Иркутской области и Алтайского края. Эксперимент по определению влажности проводился сертифицированным измерителем влажности «WHILE-65». Увлажнение исследуемых образцов проводилось в эксикаторе с помощью водного раствора, измерение массы зерна при каждом измерении проводилось на высокоточных весах. На рис 1 . представлено лабораторное оборудование, применяемое для проведения экспериментальных исследований, представленных в данной работе .



Рисунок 1- Лабораторное оборудование для проведения эксперимента:

Дисперсные системы, в том числе и зерновые культуры, имеют достаточно сложную структуру, в связи с наличием множественных локальных неоднородностей на его поверхности, приобретенных в результате сбора урожая, его транспортировки, сортировки и хранения. Данные локальные неоднородности активным образом влияют на механизм переноса влаги внутрь зернам, его структуру и энергетический спектр. С физической точки зрения увлажнение зерна может быть обусловлено наличием межфазного электрического взаимодействия между зарядами на поверхности твердой фазы пшеницы и полярными молекулами жидкой матрицы (водного раствора) на поверхности вещества. Зерно имеет на поверхности электрические нескомпенсированные заряды, образующиеся в местах с локальными неоднородностями, и она поверхность становится адсорбционно активной к полярным молекулам воды, образующим водные пленки вокруг минеральных частиц. [4,5]. Зерно хорошо впитывает влагу и при этом изменяется его проводимости и поляризационные свойства. Эксперимент по измерению влажности образцов пшеницы и овса проводился с интервалом в один час. Полученные экспериментальные данные поступали в персональный компьютер, а результаты обрабатывались с помощью общеизвестных статистических методов.

На рисунке 2 представлен график зависимости влажности пшеницы от времени увлажнения для двух образцов, один из которых подвергся естественной сушке методом вентилирования воздухом, а другой термической сушке в сушильном шкафу.



Рисунок 2 - График зависимости влажности пшеницы от времени увлажнения для двух образцов

Анализ исследуемой зависимости показал, что зерно, не подвергшееся термической сушке увлажняется с большей скоростью, благодаря меньшей плотности и ненарушенной молекулярной структуре впитывающей поверхности. Скорость увлажнения максимальна в первые сутки, влажность в среднем возрастает на 3-4%, а затем скорость адсорбции несколько снижается (особенно для образца, высушенного естественным путем), что объясняется специфической структурой зерна пшеницы и разной плотностью его слоев. Менее плотный слой быстрее впитывает влагу.

Можно предположить, что поверхность зерна, подвергшегося термической обработке, благодаря потере влаги, имеет более плотную структуру и меньшую площадь адсорбционной поверхности, а также сглаженные неровности поверхности, на которых скапливаются поляризационные заряды, и поэтому имеет меньшую скорость адсорбции. [6].

Следует отметить, что влажность зерна также напрямую связана и с его диэлектрическими характеристиками, в том числе диэлектрической проницаемостью. Температура также непосредственно влияет на электрофизические свойства зерна, так по данным Пикерсгиля с ростом температуры диэлектрическая проницаемость возрастает. Кроме того от влажности зависит и электропроводность зерна [1] Вода, проникая в структуру зерна и являясь сильно поляризованным веществом с диэлектрической проницаемостью равной 81,) значительно увеличивает его диэлектрическую проницаемость [3]. Поэтому сухое зерно можно считать диэлектриком, а влажное проводником.

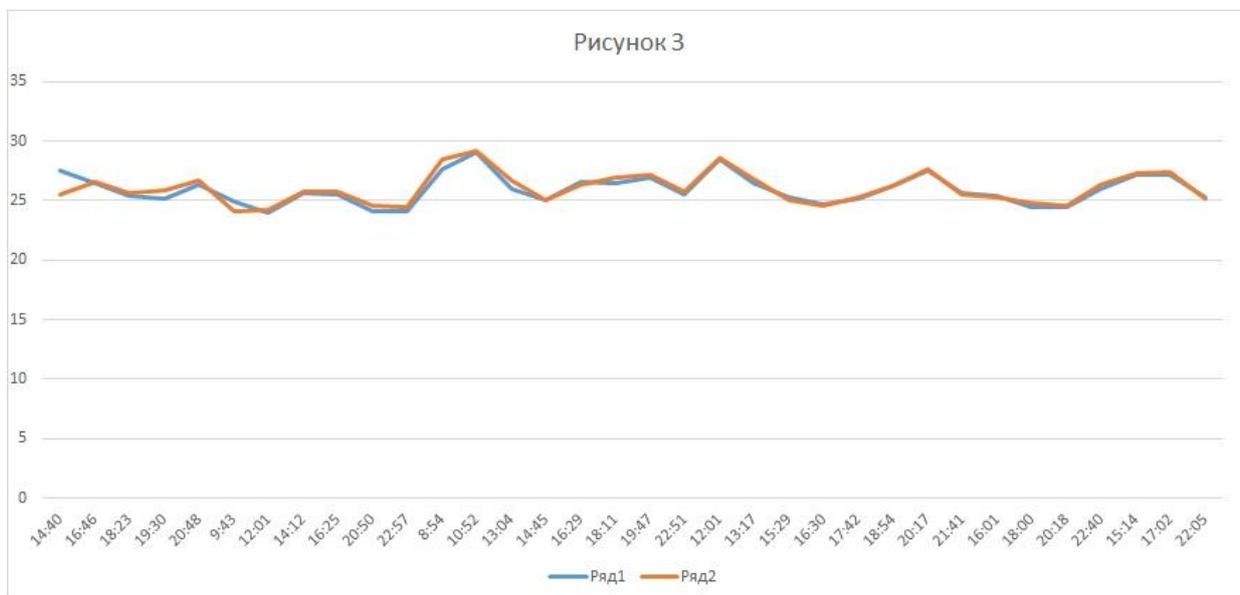


Рисунок 3- Колебания температуры ( T°C ) по дням проведения эксперимента.

Так для бинарных электролитов по Г. Фалькенгагену :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + 3,79\sqrt{C}, \text{ где}$$

$\varepsilon$ - диэлектрическая проницаемость раствора,

$\varepsilon_0$ - диэлектрическая проницаемость воды без примесей

$C$ -концентрация раствора [моль/ дм<sup>3</sup>].

На основании анализа данного выражения можно сделать вывод о влиянии, в том числе, на электрофизические свойства зерна водных примесей, увеличивающих его  $\varepsilon$ .

Таким образом, установлено, что гигроскопические, адсорбционные и диэлектрические свойства исследуемых образцов зерновых культур на примере пшеницы существенно зависят от метода хранения и сушки образцов, уровня их влажности и температуры. Проведенный эксперимент и исследование адсорбционных свойств образцов пшеницы позволил провести анализ зависимости скорости увлажнения от метода сушки зерна и свойств поверхности самого зерна. Наличие локальных дефектов на поверхности зерна может приводить к увеличению скорости адсорбции воды, обусловленной наличием в исследуемой среде межфазного электрического взаимодействия между зарядами на поверхности твердой фазы и полярными молекулами жидкой матрицы.

В результате проведенных исследований следует отметить следующие особенности:

В процессе увлажнения важную роль играют имеющиеся на поверхности зерна шероховатости и неровности, являющиеся центрами накопления электрически нескомпенсированных зарядов. Поверхность зерна является адсорбционно активной к полярным молекулам воды, образующим водные пленки вокруг образца зерновой культуры, и поэтому обладает свойством хорошо удерживать влагу.

В результате адсорбции молекул воды происходит постепенное увлажнение зерен пшеницы, скорость которого выше для образца не подвергнутого предварительной сушке, имеющего большую площадь поверхности, впитывающей влагу, меньшую плотность и ненарушенную упорядоченную структуру поверхностного слоя. Образцы зерна, подвергшиеся предварительной термической обработке, имеют меньшую удельную площадь поверхности с более высокой плотностью, обладающую пониженными гигроскопическими свойствами в результате предварительной сушки и потери влаги клетками соответствующих образцов дисперсной среды.

#### Список литературы:

1. Бузунова М.Ю. Анализ электрофизических характеристик зерновых культур // Материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участием "Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса" посвященная памяти Александра Александровича Ежевского. - 2018., Вып. 3.- С.166-173.
2. Танаев А.Б., Щербаченко Л.А., Безрукова Я.В., Цыдыпов Ш.Б., Бузунова М.Ю., Барышников С.С., Ежова Л.И., Барышников Д.С. Особенности процессов накопления и транспорта электретенных зарядов в мелкоразмерных разупорядоченных структурах под действием внутреннего напряжения // Журнал технической физики. 2017. Т. 87. № 3. С. 383-389.
3. Бузунова М.Ю. Электрофизические свойства дисперсных сред на примере зерновых // Вестник ИрГСХА .2017 . №81-1.С.75-80.
4. Кутимская М.А, Бузунова М.Ю. Роль воды в основных структурах живого организма. // Успехи современного естествознания .2010. №6. С.8-16.
5. Безрукова Я.В., Щербаченко Л.А., Цыдыпов Ш.Б., Бузунова М.Ю., Арская Л.И., Барышников Д.С. Релаксационные процессы в гетерогенных мелкодисперсных системах // Вестник Бурятского государственного университета 2015.. Вып. 3.- С.101-103.
6. Бузунова М.Ю., Цыдыпов Ш.Б., Щербаченко Л.А., Безрукова Я.В., Карнаков В.А., Арская Л.И., Барышников Д.С. Перенос электретенных зарядов в неравновесных мелкодисперсных системах под действием внутреннего поля// Вестник Бурятского государственного университета. 2015. № 3. С. 75-80.
7. Безрукова Я.В., Щербаченко Л.А., Цыдыпов Ш.Б., Бузунова М.Ю., Арская Л.И., Барышников Д.С. Релаксационные процессы в гетерогенных мелкодисперсных системах. Вестник Бурятского государственного университета. 2015. № 3. С. 81-86.
8. Кузнецов Б.Ф., Бузунова М.Ю., Бузунов Д.С. Особенности использования данных NASA SSE для оценки солнечных энергоресурсов в Прибайкалье. Вестник ИрГСХА. 2015. № 70. С. 84-91.
9. Бузунова М.Ю., Кузнецов Б.Ф., Дрянов О.А. Имитационная модель изменения температуры окружающей среды с восстановлением суточного хода. Вестник ИрГСХА. 2015. № 69. С. 96-102.
10. Кузнецов Б.Ф., Бузунова М.Ю., Бузунов Д.С. Построение модели солнечной радиации на основе наземных наблюдений на примере данных по Иркутску. Вестник аграрной науки Дона. 2015. Т. 3. № 31. С. 60-69.

#### References

1. Buzunova M. Yu. Analiz elektrofizicheskikh kharakteristik zernovykh kul'tur [Analysis of electrophysical characteristics of grain crops] / / Materials of the all-Russian scientific and practical conference with international participation "Problems and prospects of

sustainable development of agro-industrial complex" dedicated to the memory of Alexander Alexandrovich Ezhevsky. - 2018., Vol. 3.- P. 166-173.

2. Tanaev, A. B., Shcherbachenko, L. A., Bezrukova YV, Tsydypov B. S., Buzunova M. U., Baryshnikov S. S., Ezhova L. I., Baryshnikov, D. S. Osobennosti protsessov nakopleniya i transporta elektretnykh zaryadov v melkorazmernykh razuporyadochennykh strukturakh pod deystviem vnutrennego napryazheniya [the Peculiarities of the processes of accumulation and transport of electret charges in small disordered structures under the action of internal stresses] // Journal of technical physics. 2017. Vol. 87. No. 3. P. 383-389.

3. Buzunova M. Yu. Elektrofizicheskie svoystva dispersnykh sred na primere zernovykh [Electrophysical properties of disperse environments on the example of cereal] // Herald of ISAA .2017 . No. 81-1.P. 75-80.

4. Kutimskaya M. A., Buzunova M. U. Rol' vody v osnovnykh strukturakh zhivogo organizma. [the Role of water in the basic structures of a living organism.] // Advances in modern natural science .2010. No. 6. Pp. 8-16.

5. Bezrukova YV, Shcherbachenko, L. A., Tsydypov B. S., Buzunova M. S., Arsky, L. I., Baryshnikov, D. S. Relaksatsionnye protsessy v geterogennykh melkodispersnykh sistemakh [Relaxation processes in heterogeneous finely dispersed systems] // Bulletin of the Buryat state University 2015.. Issue. 3.- P. 101-103.

6. Buzunova M. Yu., Tsydypov B. S., Shcherbachenko, L. A., Y. V. Bezrukova, V. A. Karnakov, Arsky, L. I., Baryshnikov, D. S. Perenos elektretnykh zaryadov v neravnovesnykh melkodispersnykh sistemakh pod deystviem vnutrennego polya [Migration of electret charges in non-equilibrium particulate systems under the action of internal field]// Bulletin of the Buryat state University. 2015. No. 3. P. 75-80.

7. Bezrukova Y.V, Shcherbachenko, L. A., Tsydypov B. S., Buzunova M. S., Arsky, L. I., Baryshnikov, D. S. Relaksatsionnye protsessy v geterogennykh melkodispersnykh sistemakh. [Relaxation processes in heterogeneous finely dispersed systems. Bulletin of the Buryat state University. 2015. No. 3. Pp. 81-86.

8. Kuznetsov B. F., Buzunova M. Yu., buzunov D. S. Osobennosti ispol'zovaniya dannykh NASA SSE dlya otsenki solnechnykh energoresursov v Pribaykal'ye [Features of the use of NASA SSE data for the assessment of solar energy resources in the Baikal region.] Herald Of ISAA. 2015. No. 70. P. 84-91.

9. Buzunova M. Yu., Kuznetsov B. F., Dryanov O. A. Imitatsionnaya model' izmeneniya temperatury okruzhayushchey sredy s vosstanovleniem sutochnogo khoda. [Simulation model of changes in ambient temperature with the restoration of the daily course.] Herald Of ISAA. 2015. No. 69. P. 96-102.

10. Kuznetsov B. F., Buzunova M. Yu., buzunov D. S. Postroenie modeli solnechnoy radiatsii na osnove nazemnykh nablyudeniy na primere dannykh po Irkutsku. [Construction of a model of solar radiation based on ground observations on the example of Irkutsk data.] Bulletin of agricultural science don. 2015. Vol.3. No. 31. P. 60-69

#### **Сведения об авторах**

**Бузунова Марина Юрьевна** – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электрооборудования и физики энергетического факультета (664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89500557333, e-mail: [bmirk@mail.ru](mailto:bmirk@mail.ru)).

**Лебедева Виктория Денисовна** – студентка очной формы обучения инженерного факультета Иркутского ГАУ(664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89500557333, e-mail: [vikulya\\_lebedeva\\_2000@inbox.ru](mailto:vikulya_lebedeva_2000@inbox.ru)).

**Ключникова Кристина Вячеславовна** - студентка очной формы обучения инженерного факультета Иркутского ГАУ(664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный, тел. 89500557333, e-mail: [Kristina-klyuchnikova@inbox.ru](mailto:Kristina-klyuchnikova@inbox.ru)).

### **Information about the authors**

**Buzunova Marina Yurievna** – Ph.D. in Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the department of Electric Systems and Physics of the energetic faculty. Irkutsk State Academy of Agriculture (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, pos. Molodezhnyi, tel. 89500557333, e-mail: [bmirk@mail.ru](mailto:bmirk@mail.ru)).

**Lebedeva Victoria Denisovna** - a full-time student of the engineering department of the Irkutsk State Agrarian University (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhny Village, tel. 89500557333, e-mail: [vikulya\\_lebedeva\\_2000@inbox.ru](mailto:vikulya_lebedeva_2000@inbox.ru)).

**Klyuchnikova Kristina Vyacheslavovna** - a full-time student of the engineering department of the Irkutsk State Agrarian University (664038, Russia, Irkutsk Region, Irkutsk District, Molodezhny Village, tel. 89500557333, e-mail: [Kristina-klyuchnikova@inbox.ru](mailto:Kristina-klyuchnikova@inbox.ru))

УДК 519.21

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ИГР ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

**Астапов Я.И., Манухин К.А., Елтошкина Е.В.**

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия*

Для принятия решений в управлении техническими системами применяются основные методы и критерии теории игр. В данной статье разобран пример отбора оптимальных стратегий для нахождения оптимального запаса агрегатов на стоянке автотранспортного предприятия с использованием «игр с природой», когда вероятности известны. Приведен алгоритм процесса принятия решений. Теория игр помогает вырабатывать оптимальные управленческие решения в ситуациях игрового характера. Формализуя конкретные ситуации математически, их можно представить, как игру двух или более игроков, каждый из которых преследует цель максимизации своей выгоды, своего выигрыша за счет другого. Решение подобных задач требует определенности в формировании их условий: установления количества "игроков" и правил игры, выявления возможных стратегий игроков, возможных выигрышей (отрицательный выигрыш понимается как проигрыш).

*Ключевые слова:* управление, оптимум, теория игр, игры с природой, критерии.

## **APPLICATION OF METHODS OF GAME THEORY TO DECISION MAKING IN THE MANAGEMENT OF TECHNICAL SYSTEMS**

**Astapov Y. I., Manukhin K.A., Eltoshkina E.V**

*Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky, village Youth, Irkutsk district, Irkutsk region, Russia*

To make decisions in the management of technical systems, the basic methods and criteria of game theory are used. In this article the example of selection of optimum strategies for finding of optimum stock of units on Parking of the motor transport enterprise with use of "games with the nature" when probabilities are known is analyzed. The algorithm of decision-making process is given. Game theory helps to develop optimal management decisions in situations of a game character. Formalizing specific situations mathematically, they can be

represented as a game of two or more players, each of which aims to maximize their benefits, their winnings at the expense of the other. The solution of such problems requires certainty in the formation of their conditions: the establishment of the number of "players" and the rules of the game, identifying possible strategies of players, possible winnings (negative gain is understood as a loss).

*Keywords:* control, optimum, gametheory, gameswithnature, criteria

Процесс принятия управленческого решения о повышении работоспособности изделия определяется как выбор варианта (вариантов) из нескольких возможных.

Сформулируем алгоритм процесса принятия решений:

- описание проблемы;
- установление цели и задач в достижении требуемых результатов;
- оценка ситуации (фактического положения дел), анализ ранее достигнутых результатов;
- конкретизация проблемы, и в связи с этим выделение частных задач и вопросов;
- разработка вариантов решений и анализ их влияния на достижение цели;
- оценка альтернативных решений и выбор оптимального варианта, основанных на определенных критериях [2].

В простых и часто повторяющихся случаях при принятии решений пользуются стандартными методами и критериями, изложенных в правилах, нормативных стандартов или являющихся средством накопленного опыта. Примерно 80-85% всех решений приходится на повторяющиеся производственные ситуации, описанные и внесенные в накопительной карты или базу данных компьютеров автоматических систем управления, где хранится «история болезни» по каждой технической ситуации. И, таким образом, такой системный подход высвобождает время руководителю для принятия решения в различных ситуациях.

При принятии решений каждое мероприятие оценивается по его вклад в достижении поставленной цели с помощью показателя эффективности или целевой функции.

В общей в виде целевая функция ( $u$ ) зависит от трех групп факторов:

- первая группа ( $a_1, a_2, a_3$ ) характеризует условия выполнения программы (мероприятия), которые заданы и не изменяются в ходе ее выполнения;
- вторая группа ( $x_1, x_2, x_3$ ) - элементы решения - может меняться и влияет на целевую функцию;
- третья группа факторов - это заранее неизвестные условия ( $z_1, z_2, z_3$ ), влияние которых на эффективность неизвестно.

Первая и третья группа факторов иногда объединяются понятием «природы», которые характеризуются внешним условия, влияющие на исход программы или мероприятия. В зависимости от объема и характера имеющейся информации решения подразделяется на принимаемые: а)

условиях определенности предостаточно; б) в условиях риска (при достаточно информации); в) в условиях неопределенности.

Рассмотрим в данной статье на конкретном примере метод «игра с природой», который применяется для принятия решения в условиях риска и неопределенности.

Ситуация «игра с природой» возникает при управлении производством, которое чаще всего проходит в условиях отсутствия (или неполной) осведомленности об правилах и методов проведения программы. В том случае «природа» сознательно не противодействует проведению мероприятия, но ее поведение (состояние), т. е значение факторов точно не известно [1, 2].

Принятие решений в условиях риска и неопределенности основывается на правилах игр, которые регламентируют: возможные варианты (стратегии) действия сторон, участвующих в игре; наличие и объём информации каждой стороны о поведении другой: результат игры, к которому приводит определенная стратегия.

Рассмотрим в качестве примера задачу определения оптимального запаса агрегатов на стоянке автотранспортного предприятия (АТП) с использованием «игр с природой», когда вероятности известны [4, 7, 8, 9, 10].

Задача.

На основании отчетных данных установлена вероятная потребность в агрегатах для ремонта: вероятность того, что агрегатов не потребуется равна 0.1: потребуется один агрегат 0.4; два - 0.3; три - 0.1; четыре - 0.1; пять агрегатов - 0. Указанные вероятности можно рассматривать как вероятности реализации стратегии «природы», т.е. стороны П. Причем первая стратегия  $P_1$  состоит в том, что фактически потребуется 0 агрегатов; вторая  $P_2$  - один агрегат; третья  $P_3$  два агрегата;  $P_4$  - три агрегата;  $P_5$  четыре агрегата. Второй стороной «в игре» являются организаторы складского хозяйства которые могут при создании запаса на складе применять ряд стратегий:  $A_1$  - не иметь запаса,  $A_2$  иметь один агрегат в запасе;  $A_3$  - два;  $A_4$  - три и  $A_5$  - четыре агрегата на складе. Каждому сочетанию стратегий  $A_i$  и  $P_j$  будет соответствовать определенный выигрышем  $a_{ij}$  который может быть положительным (прибыль) или отрицательным убыток).

В примере выигрыш определяется из следующих условий:

а) хранение одного фактически невостребованного агрегата оценивается как убыток в одну условную единицу (-1);

б) удовлетворение потребности в одном агрегате прибыль – в две единицы (+2);

в) отсутствие необходимого агрегата - убыток - в три единицы (-3).

Решение. Природа убытка в каждом конкретном случае будет различной, а сами величины убытка и прибыли должны быть строго обоснованы. В данном примере удовлетворение потребности в агрегатах связано с сокращением простоев автомобилей в ремонте, что приносит прибыль АТП. В свою очередь, отсутствие необходимого числа агрегатов

вызовет увеличение простоев автомобилей в ожидании ремонта, сокращение коэффициента технической готовности и выпуска, а также производительности автомобилей. Хранение невостребованных агрегатов также связано с дополнительными затратами.

Составим платежную матрицу для нашей задачи. В таблице 1 приведены данные по доходам для всех сочетаний стратегий.

Так как  $\alpha < \beta$ , то имеем задачу в смешанных стратегиях игроков. Платежная матрица рассчитывается следующим образом. Например, для сочетания стратегии  $A_2P_2$  выигрыш для АТП (стороны А) составляет  $a_{22} = +2$ , т.к. один заказ удовлетворен имеющимся на складе одним агрегатом. При сочетании стратегии  $A_2$  и  $P_4$  выигрыш (прибыль или убыток) рассчитывается по следующей схеме: так как на складе имеется один агрегат, то ситуация оценивается в 2 единицы, т.е.  $1 \cdot 2 = 2$ . Требуется же заменить 3 агрегата, из которых два останутся не заменёнными, что составит -6 единиц, т.е.  $2 \cdot (-3) = -6$ . Выигрыш составит:  $a_{24} = 2 - 6 = -4$ .

Таблица 1 - Платежная матрица

$A_i$	Имеющееся число агрегатов при стратегиях $A_l$	Необходимое число агрегатов при стратегиях					Минимальный выигрыш по стратегиям, $a_i$
		$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	
		0	1	2	3	4	
$A_1$	0	0	-3	-6	-9	-12	-12
$A_2$	1	-1	2	-1	-4	-7	-7
$A_3$	2	-2	1	-4	1	-2	-2
$A_4$	3	-3	0	3	6	3	-3
$A_5$	4	-4	-1	2	5	8	-4
Максимальный выигрыш	$\beta_j$	0	2	4	6	8	-

Нижняя цена игры  $\alpha = -2$ , а верхняя цена игры  $\beta = 0$ .

Так как вероятности потребного числа агрегатов известны, выбирается та стратегия  $A_i$ , при которой математическое ожидание выигрыша будет максимальным. Для этого вычисляют средний выигрыш (математическое ожидание) по каждой строке  $i$ -й стратегии:  $\bar{a}_i = \sum_{j=1}^k P_j a_{i,k}$ , где  $P_j$  - вероятность состояния «природы».

Для рассматриваемого примера  $P_1=0.1$ ;  $P_2=0.4$ ;  $P_3=0.3$ ;  $P_4=0.1$ ;  $P_5=0.1$ . В таблице 2 приведены расчеты средних выигрышей для различных стратегий:  $\bar{a}_1 = 0,1 \cdot 0 + 0,4 \cdot (-3) + 0,3 \cdot (-6) + 0,1 \cdot (-9) + 0,1 \cdot (-12) = -5,1$  и т.д.

Оптимальной стратегией в данном примере является четвертая стратегия  $A_4$  (табл. 2), которая сводится к созданию и поддержанию оборотного фонда в три агрегата. Отметим, что расчет средневзвешенного числа агрегатов, проведенный только на основе вероятностей, дает среднюю

потребность в оборотных агрегатах (1,7), значительно меньшую оптимальной (3 агрегата), т.е.

$$\bar{a}_p = P_1 \cdot 0 + P_2 \cdot 1 + P_3 \cdot 2 + P_4 \cdot 3 + P_5 \cdot 4 = 0,1 \cdot 0 + 0,4 \cdot 1 + 0,3 \cdot 2 + 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 = 1,7.$$

Таблица 2 -Матрица выигрышей

A <sub>i</sub>	П <sub>j</sub>					Средний выигрыш $\bar{a}_i$
	П <sub>1</sub>	П <sub>2</sub>	П <sub>3</sub>	П <sub>4</sub>	П <sub>5</sub>	
A <sub>1</sub>	0	-1,2	-1,8	-0,9	-1,2	-5,1
A <sub>2</sub>	-0,1	0,8	-0,3	-0,4	-0,7	-0,7
A <sub>3</sub>	-0,2	0,4	1,2	0,1	-0,2	1,3
A <sub>4</sub>	-0,3	0	0,9	0,6	0,3	1,5
A <sub>5</sub>	-0,4	-0,4	0,6	0,5	0,8	1,1
Вероятности состояний, P <sub>j</sub>	0,1	0,4	0,3	0,1	0,1	-

Из таблицы 2 следует, что не целесообразным является и чрезмерное увеличение оборотов фонда. Необходимо отметить, что стратегия A<sub>4</sub> является оптимальной при многократном ее применении, а при одной реализации она может быть и не оптимальной.

Помимо определения от оптимального запас, рассмотренный подход применим при решении вопроса о методах ремонта автомобиля (стратегия A<sub>i</sub>) в зависимости от его технического состояния П<sub>j</sub> выбора метода улучшения производственной базы в зависимости от внешних условий; определения числа ремонтных постов и др.

При неизвестных вероятностях состояния П<sub>j</sub> для принятия решения применяют два метода.

1. Метод сведения вероятностей - это принцип недостаточного основания Лапласа, в соответствии с которым ни одному из состояний П<sub>j</sub> не отдается предпочтения и для всех состояний назначается равная вероятность  $P_1 = P_2 = P_3 = \dots = P_n = 1/n$ .

2. Применение специальных критериев.

Критерий Вальда исходит из того, что игра с природой рассматривается как антагонистическая игра с разумным противником, который делает все для того, чтобы свести наш выигрыш к минимуму. Оптимальной считается стратегия, гарантирующая выигрыш не меньший, чем нижняя цена игры.

$$\alpha = \min_i \max_j a_{i,j}.$$

Этот критерий называют максиминным, согласно ему оптимальной является та из стратегий A<sub>i</sub>, которая дает наибольший из минимальных выигрышей [3,5,6].

По данным табл. 1 находим

$$\alpha = \max_i \min_j a_i = \max(-12, -7, -2, -2, -3, -4) = -2$$

Следовательно, по критерию Вальда оптимальной является стратегия  $A_3$ .

Критерии Сэвиджа использует не платежную матрицу, а матрицу рисков. Элементы матрицы рисков  $r_{i,j}$  равны разности между максимально возможным выигрышем при состоянии природы  $P_j$  и тем выигрышем, который будет получен в тех же условиях  $P_j$ , при использовании стратегии  $A_i$ ;

$$r_{i,j} = \beta_j - a_{i,j}.$$

Таблица 3 – Матрица рисков

$A_i$	Имеющееся число агрегатов при стратегии $A_i$	Необходимое число агрегатов при стратегиях					Максимальный риск
		$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	
		0	1	2	3	4	
$A_1$	0	0	5	10	15	20	20
$A_2$	1	1	0	5	10	15	15
$A_3$	2	2	1	0	5	10	10
$A_4$	3	3	2	1	0	5	5
$A_5$	4	4	3	2	1	0	4

В таблице 3 приведена матрица рисков, построенная по данным таблицы 1.

Оптимальной считается та стратегия, при которой величина риска в наихудших условиях минимальна:

$$S = \min_i \max_j r_{i,j}.$$

Из табл. 3 следует, что оптимальной по критерию Сэвиджа является стратегия  $A_5$ . Критерии Вальда и Сэвиджа называются критериями крайнего пессимизма, поскольку они исходят из предположении, что ситуация будет складываться наихудшим для нас образом. Эти критерии зачастую приводят к излишне осторожным решениям.

Критерий Гурвица позволяет занять взвешенную позицию между крайним пессимизмом и оптимизмом. Здесь за оптимальную принимается та стратегия, для которой выполняется условие

$$H = \max_i \left\{ \lambda \min_j a_{i,j} + (1 - \lambda) \max_j a_{i,j} \right\},$$

где  $\lambda$  – коэффициент пессимизма ( $0 \leq \lambda \leq 1$ ).

При  $\lambda = 1$  критерий  $H$  переходит в критерий крайнего пессимизма (Вальда). Если  $\lambda = 0$ , то критерий  $H$  превращается в критерий крайнего оптимизма, по которому в качестве оптимальной стратегии выбирается стратегия с наибольшим значением выигрыша.

Найдем оптимальную стратегию для рассматриваемого примера по критерию Гурвица при коэффициенте пессимизма  $\lambda = 0,5$ . Для каждой стратегии  $A_i$  вычислим величину  $h_i = \lambda \min_j \alpha_{i,j} + (1 - \lambda) \max_j \alpha_{i,j}$ :

$$h_1 = 0,5 \cdot (-12) + 0,5 \cdot 0 = -6;$$

$$h_2 = 0,5 \cdot (-7) + 0,5 \cdot 2 = -2,5;$$

$$h_3 = 0,5 \cdot (-2) + 0,5 \cdot 4 = 1;$$

$$h_4 = 0,5 \cdot (-3) + 0,5 \cdot 6 = 1,5;$$

$$h_5 = 0,5 \cdot (-4) + 0,5 \cdot 8 = 2.$$

Следовательно, оптимальной по критерию Гурвица оказалась стратегия  $A_5$ .

Таким образом, рекомендуется провести выбор оптимальной стратегии по разным критериям и окончательное решение принимать на основе всех полученных результатов. Так, в рассмотренной нами задаче решение может быть таким: если вероятности состояний природы определены с высокой надежностью, то следует выбрать стратегию  $A_4$ ; если же вероятности найдены с большой погрешностью, то следует отдать предпочтение стратегии  $A_5$ , на которую указали большинство из пяти критериев. Подробный разбор рассмотренной задачи показал нам широкий спектр применения теории вероятностей и теории игр при решении различных прикладных задач в области принятия оптимальных управленческих решений в ситуациях игрового характера.

#### Список литературы

1. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.
2. Дубина, И. Н. Основы теории экономических игр: учеб.пособие / И. Н. Дубина ; АлтГУ. - Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2009. - 216 с.
3. Иродов, И.Е. Математическая теория игр и приложения: Учебное пособие КПП/И.Е.Иродов.-СПб.:Лань КПП, 2016.-448 с.
4. Калинин В.В., Фастовец Н.О. Вероятность в примерах и задачах для нефтегазового дела. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2014. – 136
5. Климова, Н.В. Экономический анализ (теория, задачи, тесты, деловые игры): Учебное пособие/ Н.В. Климова.- М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2013.-287 с.
6. Кобзарь, А.И. Теория игр: Играют все/ А.И. Кобзарь, В.Н. Тикменов, И.В. Тикменова.- М.: Физматлит, 2015.-272 с.
7. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М.: Издательство «Наука», 1974. – 119 с.
8. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: «Юнити-Дана», 2006. – 573 с.
9. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. – М.: Айрис-пресс, 2007. – 288 с.
10. Фастовец Н.О. Элементы теории вероятностей и математической статистики. – М.: Московский институт нефти и газа имени И.М. Губкина, 1991. – 110 с.

#### References

1. Ventcel' E.S. Teoriya veroyatnoy [Probability theory]. – М.: Vysshaya shkola, 1999. – 576 p.

2. Dubina I. N. Osnovy teorii ehkonomicheskikh igr: ucheb. posobie [Fundamentals of the theory of economic games] / I. N. Dubina; AltGU. - Barnaul: Izd-vo AltGU, 2009. - 216 p.
3. Irodov I.E. Matematicheskaya teoriya igr i prilozheniya: Uchebnoe posobie KPT [Mathematical game theory and applications: a tutorial KPT]/I.E. Irodov.-SPb.: Lan' KPT, 2016.-448 p.
4. Kalinin V.V. et all. Veroyatnost' v primerah i zadachah dlya neftegazovogo dela [Probability in examples and tasks for oil and gas business]. – M.: RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2014. – 136p.
5. Klimova N.V. Ehkonomicheskij analiz (teoriya, zadachi, testy, delovye igry): Uchebnoe posobie [Economic analysis (theory, problems, tests, business games)]/ N.V. Klimova.- M.: Vuzovskij uchebnyk, NIC INFRA-M, 2013.-287 p.
6. Kobzar' A.I. et all. Teoriya igr: Igrayut vse [Theory of games: play all]/ A.I. Kobzar', V.N. Tikmenov, I.V. Tikmenova.- M.: Fizmatlit, 2015.-272 p.
7. Kolmogorov A.N. Osnovnye ponyatiya teorii veroyatnostej [Basic concepts of probability theory]. – M.: Izdatel'stvo «Nauka», 1974. – 119 p.
8. Kremer N.SH. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics]. – M.: «YUniti-Dana», 2006. – 573 p.
9. Pis'mennyj D.T. Konspekt lekcij po teorii veroyatnostej, matematicheskoy statistike i sluchajnym processam [Lecture notes on probability theory, mathematical statistics and random processes]. – M.: Ajris-press, 2007. – 288 p.
10. Fastovec N.O. Ehlementy teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistiki [Elements of probability theory and mathematical statistics]. – M.: Moskovskij institut nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 1991. – 110 p.

#### **Сведения об авторах**

**Астапов Ярослав Игоревич** – студент очной формы обучения инженерного факультета Иркутского ГАУ(664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный тел. 89500844269, e-mail: [zorgers@icloud.com](mailto:zorgers@icloud.com))

**Манухин Кирилл Александрович** – студент очной формы обучения инженерного факультета Иркутского ГАУ(664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный тел. 89526173026, e-mail: [manukhin61@mail.ru](mailto:manukhin61@mail.ru))

**Елтошкина Евгения Валерьевна** –к.т.н., доцент кафедры математики инженерного факультета Иркутского ГАУ(664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный тел. 89041292430, e-mail: [EEV\\_Baikal2005@mail.ru](mailto:EEV_Baikal2005@mail.ru))

#### **Information about authors**

**Astapov Yaroslav Igorevich** – student, full-time tuition, engineering faculty, Irkutsk state agricultural university(664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth 89500844269 telephone, e-mail: [zorgers@icloud.com](mailto:zorgers@icloud.com))

**Manukhin Kirill Aleksandrovich** – student, full-time tuition, engineering faculty, Irkutsk state agricultural university(664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth 89526173026 telephone, e-mail: [manukhin61@mail.ru](mailto:manukhin61@mail.ru))

**Eltoshkina Evgeniya Valer'evna** – candidate of technical Sciences, associate Professor, engineering faculty, Irkutsk state agricultural university (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, 89041292430 telephone, e-mail: [EEV\\_Baikal2005@mail.ru](mailto:EEV_Baikal2005@mail.ru))

**УДК 654.9**

## **АНАЛИЗ СИСТЕМ ОХРАННЫХ КОМПЛЕКСОВ В АВТОТРАНСПОРТЕ**

**Астапов Я.И., Манухин К.А., Шуханов С.Н.**

*Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского, г. Иркутск, Россия*

Между производителями автомобильных сигнализаций и взломщиками постоянно идет негласное соревнование. Первые изобретают новые способы защиты, а вторые неустанно учатся их преодолевать. Простейшие охранные системы в наши дни становятся препятствием только для детей. Но чем сложнее сигнализация, тем большую цену приходится платить автовладельцу. Сегодня на рынке можно встретить как доступные по цене устройства, так и навороченные охранные комплексы. Для решения проблемы, охраны транспортного средства во, время и после его приобретения, необходимо решить организационные и охранно-технические задачи. Современные технические средства и системы охраны (ТСО), проектируются и внедряются независимо друг от друга и не являются элементами единых систем защиты.

*Ключевые слова: охрана, сигнализация, автомобиль, система.*

## **ANALYSIS OF SECURITY SYSTEMS IN VEHICLES**

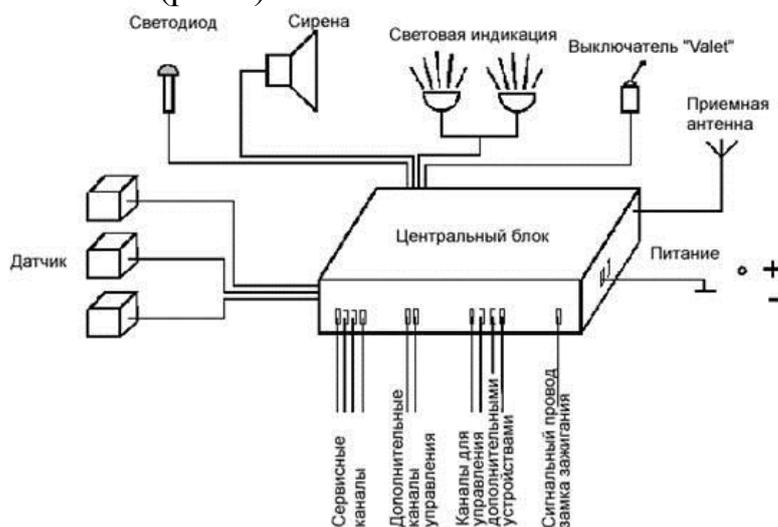
**Astapov Y.I., Manukhin K.A., Shukhanov. S.N.**

*Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky, Irkutsk, Russia*

There is an unspoken competition between car alarm manufacturers and burglars. The first invent new ways of protection, and the second constantly learn to overcome them. The simplest security systems nowadays become an obstacle only for children. But the more complex the alarm, the higher the price you have to pay the car owner. Today, the market can be found as affordable devices and sophisticated security systems. To solve the problem, the protection of the vehicle during, during and after its acquisition, it is necessary to solve organizational and security and technical problems. Modern technical means and systems of protection (TCO) are designed and implemented independently and are not elements of unified protection systems.

*Keywords: security, alarm, car, system.*

Разберемся, из чего же состоит большинство автосигнализаций, которые можно встретить на рынке охранных систем. На рисунке схематично представлены основные элементы такой системы. Рассмотрим назначение каждого из них (рис.1).



## Рисунок 1 - Основные системы автосигнализации

Мнений на эту тему много, как много и вариантов классификации. Рассмотрим три группы:

1. Простейшие системы. В стандартном варианте включают в себя: центральный блок, два брелка, сирену (чаще неавтономную), датчик удара (однопороговый или двухпороговый). В системе реализована функция «Паника», бесшумная постановка на охрану. Возможно управление центральным замком. Примером таких систем можно считать «Tomahawk CL-550», «Alligator A-2», «Centurion 05». Их стоимость в среднем по Иркутску колеблется от 2000 до 8000 руб.

2. Системы среднего класса. Эти системы включают практически все виды датчиков, а датчик удара, входящий в ее состав всегда двухпороговый. Обязательно устанавливается автономная сирена. Системы среднего класса это такие системы как «Centurion X6», «STARLINE A63», «PANTERA SPX-2RS», «Pandora DX-90 L». Стоимость таких систем от 4000 до 20000 руб.

3. Системы высшего класса. Они гораздо более развиты относительно систем среднего класса за счет расширенных сервисных и других дополнительных функций. Их пульта дистанционного управления оснащены, как правило, четырьмя и более кнопками, позволяющими реализовать все эти функции. Некоторые системы обрастают новыми более сложными противоугонными возможностями, блокировками зажигания, подачи топлива и т. д. В самых дорогих и сложных системах имеется встроенный иммобилайзер, Gsm модуль. Стоимость таких сигнализаций может достигать почти 100000 руб.

### *Устройство автомобильных охранных систем*

*Блок управления сигнализацией.* Схемы устройства, электронные коды блока управления — самая секретная и охраняемая производителями часть автомобильной сигнализации. Миниатюрный блок управления при монтаже сигнализации рекомендуется маскировать в незаметном месте салона или подкапотного пространства.

Несмотря на официальное утверждение в России единой частоты для автосигнализаций в 433,92 МГц, многие производители аксессуаров выпускают системы, работающие на частотах 434,16, 371, 868 МГц. Автосигнализации, для мобильных средств связи настраиваются на частоты GSM – диапазона (от 850 до 1900 МГц).

Сведения о работе на единой частоте или точные данные об используемых радиочастотах облегчают задачи автомобильных воров, поэтому информации из Интернета не следует доверять безоговорочно.

Важной секретной частью блока управления стало устройство, шифрующее электронные коды доступа. Отказавшись от статических (неизменяемых) кодов, практически все современные сигнализации перешли на использование динамического кодирования, при котором блок управления сигнализацией при каждом включении генерирует новый сигнал.

Следующим шагом для усложнения задач взломщика стала диалоговая система кодирования. При радиоконтакте между пультом дистанционного управления (брелком владельца) и основным БУ каждый этап распознавания «свой – чужой», изменения задач сигнализации пошагово шифруется отдельным динамическим кодом. Технической частью блока управления является приемно-передающая радиоантенна, устройство которой на функции охраны не влияет.

*Пульт дистанционного управления.* Представляет собой миниатюрное приемопередающее устройство с питанием от 1,5 вольтовой батарейки (тип LR03 AAA), которой хватает примерно на 6 месяцев эксплуатации. На пульте расположены три кнопки управления и четыре многоцветных светодиода для индикации состояния системы, передачи команды и причины включения тревоги. При нажатии любой из кнопок пульта передатчик формирует и передает кодированную радиокоманду, которая меняется при каждом новом нажатии кнопки, предотвращая таким образом возможность перехвата кода Вашей сигнализации кодграббером (удочкой). В случае приема сигнала тревоги, на пульте включится звуковой сигнал, и светодиодная индикация.

*Сигнализирующие датчики и тревожные устройства.* Закрыв машину и поставив ее в охранный режим, блок управления сигнализацией не может самостоятельно отследить различные способы попыток взлома. Для этого система снабжается рядом датчиков. От начального применения простых датчиков удара и открытия двери современные автосигнализации по мере развития пришли к использованию еще нескольких видов сенсоров.

*Датчик открытия двери.* Основным местом для проникновения в машину для угонщика становятся двери автомобиля. Датчик открытия двери стал первым из сенсоров, примененных в автосигнализации. Большинство охранных систем подключаются к штатной системе электроснабжения автомобиля, используя концевые выключатели дверных замков или микропереключатели освещения. Этот же принцип применяется для срабатывания датчиков, которые устанавливаются на замки капота, крышки багажника или пятой двери хэтчбеков и универсалов.

*Датчик удара.* Предназначен для предупреждения воровства колес, наружных зеркал, попыток разбить стекла или механически взломать дверь. Различные конструкции датчиков удара используют:

- замыкание электрических контактов, срабатывающее при толчках в кузов, шасси, капот, колесные диски машины;
- металлические шарики, перекатывающиеся при ударах или начале движения автомобиля;
- пьезопластины;
- счетчики силы и количества тревожных импульсов.

Усложнение датчиков удара связано с тем, что этот сенсор является основной причиной ложных срабатываний автосигнализации. Система, настроенная на излишнюю чувствительность, реагирует на сильные

звуковые волны (гром, шум мотора проезжающего грузовика), касания кузова дворовыми животными, падение снега.

Разновидностями датчика удара стали сенсоры для автомобильных стекол — датчик давления на стекло и измеритель давления воздуха. Охранная польза от этих датчиков, работающих на основе микрофона (реагирует на звук разбитого стекла) или по принципу барометра, сомнительна. Вор или хулиган, решивший разбить стекло, настроен на быстрые действия и готов к включению сигнализации.

*Датчик наклона.* Один из самых полезных сенсоров, предназначенный для предотвращения воровства колес или угона с помощью эвакуатора, автокрана. Эти действия злоумышленников требуют сравнительно долгого времени, провести их при включенных сигналах тревоги затруднительно. Надежной конструкцией датчика считается цилиндр, частично заполненный ртутью, при наклоне замыкающей два электрических контакта, связанных с блоком управления автосигнализацией. Дорогие сигнализации снабжаются несколькими датчиками наклона, работающими в горизонтальном и вертикальном положении. Такая система реагирует на все способы перемещения машины. Правильная настройка датчиков позволяет сигнализации не реагировать на естественные движения машины (раскачивание от сильного ветра, падения давления в одной из покрышек).

*Тревожные устройства.* По команде датчиков блок управления большинства сигнализаций включает звуковые и световые сигналы, которые должны отпугнуть злоумышленников. Световая сигнализация использует головной свет, мигания стоп-сигналов и поворотников, которым специальное реле придает неестественный ритм.

Для подачи звукового сигнала в труднодоступном месте под капотом устанавливается мощная сирена. Более эффективны сирены с автономным питанием (собственными батареями), работающие при отключенном аккумуляторе автомобиля. Громкоговорители, использующие различные модуляции звука, голосовые оповещения, можно отнести к устройствам усложнения (и удорожания) сигнализации. Оригинальность звукового сигнала никак не влияет на его основные функции.

*Дополнительные приспособления, связанные с охранной системой* Электронное устройство сигнализации автомобиля, постоянная радиосвязь между блоком управления автосигнализацией и брелком позволяют оснащать охранную систему дополнительными приспособлениями, увеличивающими комфорт водителя. Среди них можно выделить такие полезные функции:

- дистанционный или заданный по времени запуск двигателя (функция удобна в зимнее время);
- охрана машины с работающим мотором;
- включение электрического обогрева салона;
- предпусковой подогрев дизельных двигателей (требует установки автономного отопителя);

- управление складыванием наружных зеркал с электроприводом;
- автоматические доводчики оконных стекол;
- передача функций управления на мобильный телефон.

Большинство этих функций не улучшает работу автомобильной сигнализации, но может увеличить количество средств контроля. Особенную популярность приобрели способы отслеживания состояния машины по смартфонам. Производители автосигнализаций разработали для электронных гаджетов мобильные приложения (для операционных систем iOS, Android), организовали специальные защищенные серверы.

GSM-связь позволяет управлять автосигнализацией, не обращая внимания на дальность действия дистанционного пульта управления (что было одной из проблем для брелков ДУ). Личный кабинет на защищенном сервере позволяет управлять настройками автосигнализации с ноутбука, планшета, домашнего компьютера — отдавать команды, менять настройки, контролировать состояние машины. Удаленное управление удобно для дистанционного запуска двигателя, настройки чувствительности датчиков, но относить его к важным улучшениям охранных функций трудно. Так же расценивают и автоматический запуск двигателя по таймеру, напряжению аккумулятора, заданной температуре воздуха. Дорогие охранные системы, сохраняя функции обычной сигнализации, включают в себя несколько дополнительных блокираторов, иммобилайзер, спутниковый маячок. Если угонщикам удастся отключить основной блок управления сигнализацией, включаются дополнительные устройства. Автономный GPS-трекер подает сигнал об угоне владельцу машины и правоохранительным органам. Периодически включаясь, маячок позволяет отслеживать маршрут автомобиля в спутниковых системах навигации GPS и ГЛОНАСС. Встроенные микрофоны и видеокамеры могут передавать изображения и разговоры угонщиков. Подобные охранные системы с поиском угнанной машины по спутниковым сигналам, относятся к автосигнализациям только формально. Их нужно рассматривать как охранно-поисковые системы, работающие на других принципах.

Теперь осталось подвести итоги того, о чем говорилось в данном реферате. Вполне приемлемыми сигнализациями, как видно из вышесказанного, могут служить простейшие системы Tomahawk CL-550 и другие. Если вы хотите еще более обезопасить вашу машину от угона, то вы можете использовать такие сигнализации как Centurion 05 в которых уже появилось использование динамического кода, что с делало их гораздо безопаснее и сканирование этих систем стало вовсе бесполезным. Также можно использовать следующие системы Alligator-02, Cenmax, Mongoose 700, Mongoose 800 в которых усовершенствованы брелки. Если вам недостаточна охранная способность приведенных выше систем, то можно использовать системы среднего класса, такие как Excalibur 700J, имеющие контроль количества запрограммированных овить систему высшего класса такую как Excellent которая имеет один из самых сложных динамических

кодов, Python 3000 обладает самой большой возможностью по подключению дополнительных устройств (9 каналов), имеет возможность использования так называемого выключателя-призрака. Нельзя обойти сигнализации фирмы Clifford Electronics в которых предусмотрено большое количество дополнительных модулей, которые позволяют осуществлять дистанционный запуск двигателя, закрытие окон автомобиля и т.д. На сигнализации этой фирмы дают пожизненную гарантию.

#### Список литературы

1. Адрианов В.И. Охранные устройства для автомобиля, 1997.
2. Кравченко П.И. Краткий справочник автоэлектрика, 1967.
3. Литвиненко В.В., Майструк А.П. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник., 2004.
4. Савченко Ю.Н. Автомобильные датчики. Сборник статей. 1982.
5. Синельников А.Х., Электроника в автомобиле. 1970
6. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматизации современных легковых автомобилей, 2001
7. Ходасевич А.Г. Системы световой сигнализации поворотов и аварийной сигнализации. Реле поворотов., 2003
8. Ходасевич А.Г. Устройства и приборы для проверки и контроля электрооборудования автомобилей., 2005.
9. Ходасевич А.Г. Электронные системы зажигания автомобилей. Катушки зажигания. Датчики-распределители. Октан-корректоры. Контроллеры, 2004.
10. Чижков Ю.П. Электрооборудование автомобилей. Справочник. (ред), 1983

#### References

1. Adrianov V. I. Okhrannye ustroystva dlya avtomobilya [Security devices for the car], 1997.
2. Kravchenko P. I. Kratkiy spravochnik avtoelektrika [Brief reference book of auto electrician], 1967.
3. Litvinenko V. V., Avtomobil'nye datchiki, rele i pereklyuchateli. Kratkiy spravochnik [Maistruk A. P. Automobile sensors, relays and switches. Quick reference.], 2004.
4. Savchenko Yu. N. Avtomobil'nye datchiki. Sbornik stately [Car sensors. Collected papers]. 1982.
5. Sinelnikov A. X., Elektronika v avtomobile [electronics in the car]. 1970
6. Sosnin D. A. Avtotronika. Elektrooborudovanie i sistemy bortovoy avtomatiki sovremennykh legkovykh avtomobiley [Autotronics. Electrical equipment and on-Board automation systems of modern cars], 2001
7. Khodasevich A. G. Sistemy svetovoy signalizatsii povorotov i avariynoy signalizatsii. Rele povorotov [turn signal light and alarm Systems. Turn relays]., 2003
8. Khodasevich A. G. Ustroystva i pribory dlya proverki i kontrolya elektrooborudovaniya avtomobiley [Devices and devices for check and control of electric equipment of cars]., 2005.
9. Khodasevich A. G. Elektronnye sistemy zazhiganiya avtomobiley. Katushki zazhiganiya. Datchiki-raspreediteli. Oktan-korrektory. Kontrollery. [Electronic systems of ignition of cars. Ignition coil. Sensors-distributors. Oktan-proof-readers. Controllers], 2004.
10. Chizhkov Yu. P. Elektrooborudovanie avtomobiley. Spravochnik [electrical equipment of cars. Handbook]. (ed), 1983

#### Сведения об авторах

**Астапов Ярослав Игоревич** – студент очной формы обучения инженерного факультета Иркутского ГАУ(664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный тел. 89500844269, e-mail: [zorgers@icloud.com](mailto:zorgers@icloud.com))

**Манухин Кирилл Александрович** – студент очной формы обучения инженерного факультета Иркутского ГАУ(664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный тел. 89526173026, e-mail: [manukhin61@mail.ru](mailto:manukhin61@mail.ru))

**Шуханов Станислав Николаевич** Доктор технических наук, профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК», Иркутского государственного аграрного университета им. А.А. Ежевского, тел. 89996849247, e-mail: [Shuhanov56@mail.ru](mailto:Shuhanov56@mail.ru))

#### **Information about authors**

**Astapov Yaroslav Igorevich** – student, full-time tuition, engineering faculty, Irkutsk state agricultural UNIVERSITY(664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth 89500844269 telephone, e-mail: [zorgers@icloud.com](mailto:zorgers@icloud.com))

**Manukhin Kirill Aleksandrovich** – student, full-time tuition, engineering faculty, Irkutsk state agricultural UNIVERSITY(664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth 89526173026 telephone, e-mail: [manukhin61@mail.ru](mailto:manukhin61@mail.ru))

**Shuhanov Stanislav Nikolaevich** - Doctor of technical Sciences, Professor of the Department "Technical support of agriculture", Irkutsk state agrarian University. A. A. Ezhevsky, tel. 89996849247, e-mail: [Shuhanov56@mail.ru](mailto:Shuhanov56@mail.ru))

**УДК 519.83**

## **ПРИЛОЖЕНИЯ ОСНОВ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ**

**Астапов Я.И., Духнич Е.Д., Елтошкина Е.В.**

Иркутский государственный аграрный университет имени А.А. Ежевского,  
*г. Иркутск, Россия*

Теория вероятностей как научная дисциплина занимается изучением закономерностей в случайных явлениях. Она изучает модели экспериментов, результат которых нельзя предсказать определенно. Погода на завтрашний день, доля отбракованных деталей при их массовом производстве, прогнозирование курса акций при устойчивом финансовом положении рынка и т. п. - все это предмет приложений теории вероятностей. Овладение основами теории вероятностей и математической статистики позволяет студенту осознанно применять полученные знания в процессе обучения. Для принятия решений в производстве применяются основные методы и критерии теории вероятностей. В данной статье рассмотрены производственные задачи, возникающие в ходе прохождения студентами производственной практики, которые требуют знаний и умений привитых при изучении раздела «теория вероятностей».

*Ключевые слова: вероятность, комбинаторика, профессия, метод, знания, умения.*

## **APPLICATION OF THE FUNDAMENTALS OF PROBABILITY THEORY TO AGRICULTURAL PRODUCTION**

**Astapov Y. I., Duhnich E. D.,Eltoshkina E.V**

Irkutsk state agrarian University named after A. A. Ezhevsky,  
*village Youth,Irkutsk district,Irkutsk region, Russia*

Probability theory as a scientific discipline deals with the study of regularities in random phenomena. It studies models of experiments whose results cannot be predicted with certainty. Weather for tomorrow, the share of discarded parts in their mass production, forecasting the stock price in a stable financial position of the market, etc. - all this is the subject of applications of probability theory. Mastering the basics of probability theory and mathematical statistics allows the student to consciously apply this knowledge in the learning process. The basic methods and criteria of probability theory are used for decision-making in production. This article describes the production problems arising in the course of practical training of students, which require knowledge and skills imparted in the study of the section "theory of probability".

*Key words: probability, combinatorics, profession, method, knowledge, skills.*

Теория вероятности – это раздел высшей математики, который изучает закономерности, происходящие в массовых, однородных, случайных явлениях и процессах. Методы теории вероятностей широко используются в различных областях науки и техники: астрономия, физика, биометрия, экономика, промышленность, медицина, биоинформатика и многое другое. Не исключение составляет и сельское хозяйство [1,2,3, 7,8].

Впервые теорию вероятности применили в сельском хозяйстве в XX веке в Англии. Там была рассмотрена задача количественного сравнения эффективности различных способов ведения сельского хозяйства. Для решения данной задачи была разработана теория планирования экспериментов (это математическая теория экспериментов, которая позволяет выбрать оптимальную стратегию исследования; основная цель данной теории состоит в достижении максимальной точности измерений при наименьшем количестве проведенных опытов) и дисперсионный анализ (статистический метод анализа результатов наблюдений, зависящих от различных, одновременно действующих факторов и оценка их влияния). Идея и основная заслуга в развитии данных методов принадлежит Рональду Фишеру (астроному), который также был фермером, генетиком, статистиком [4,5,6, 9, 10].

При изучении раздела «Теория вероятностей», нам стало интересно применение методов и теорем в задачах профессиональной направленности. Например, рассмотрим пример применения способа «Частный случай. Повторные независимые испытания» в производственной практике:

Задача №1

Пусть вероятность того, что трактор не потребует ремонта в течение гарантийного срока, равна 0,9. Найти вероятность того, что в течение гарантийного срока из 3 тракторов хотя бы один не потребует ремонта.

Решение: Выпишем все данные из условия:

$$n=3, p=0,9, q=1-p=0,1.$$

Тогда вероятность того, что в течение гарантийного срока из 3 тракторов хотя бы один не потребует ремонта, находим по формуле:

$$P=1-0,1^3=1-0,001=0,999$$

Ответ: 0,999.

Из приведенной выше задачи вы можете наблюдать, что мы имеем почти полную уверенность в том, что один из 3 тракторов не потребует ремонта в течении гарантийного срока, в следствии этого, нам можно уже составлять смету и произвести приблизительные расчеты требуемых запчастей, но уже с вычетом на то что нам не понадобится проводить технические ремонт, как минимум одного трактора.

#### Задача №2

На первом заводе на каждые 100 машин производится в среднем 90 стандартных, на втором – 95, на третьем – 85, а продукция их составляет соответственно 50, 30 и 20% всех машин, поставляемых в автосалоны. Найти вероятность приобретения стандартной машины.

#### Решение.

Через  $F$  обозначим искомое событие, а через  $A_1, A_2, A_3$  – события, заключающиеся в том, что приобретенная машина изготовлена соответственно на первом, втором и третьем заводах. Условием определены вероятности этих событий:  $P(A_1) = 0,5$ ;  $P(A_2) = 0,3$ ;  $P(A_3) = 0,2$ , и условные вероятности события  $F$  относительно каждого из них:  $P_{A_1}(F) = 0,9$ ,  $P_{A_2}(F) = 0,95$ ,  $P_{A_3}(F) = 0,85$ . Это вероятности приобретения стандартной машины при условии изготовления ее соответственно на первом, втором и третьем заводах. Искомое событие  $F$  наступит, если произойдут или событие  $K$  – машина изготовлена на третьем заводе и стандартна, т. е. и  $A_1$  и  $F$ , или событие  $L$  – машина изготовлена на втором заводе и стандартна, т. е.  $A_2$  и  $F$ , или событие  $M$  – машина изготовлена на третьем заводе и стандартна, т. е. и  $A_3$  и  $F$ . Других возможностей для осуществления события  $F$  нет. Следовательно, оно является суммой событий  $K, L$  и  $M$ , которые являются, очевидно, несовместимыми. Применяя теорему сложения вероятностей, представим вероятность события  $F$  в виде

$$P(F) = P(K + L + M) = P(K) + P(L) + P(M) = P(A_1F) + P(A_2F) + P(A_3F),$$

а по теореме умножения вероятностей для зависимых событий получим далее:

$$P(F) = P_{A_1}(F) + P_{A_2}(F) + P_{A_3}(F).$$

Подставив в полученную формулу численные значения вероятностей, будем иметь:

$$P(F) = 0,5 \cdot 0,9 + 0,3 \cdot 0,95 + 0,2 \cdot 0,85 = 0,45 + 0,285 + 0,17 = 0,905$$

Ответ: 0,905 вероятность приобретения стандартной машины.

#### Задача №3

Автобаза имеет 10 автомашин, а для стабильной работы ее необходимо иметь на линии не менее 7 автомашин на линию равна 0,1. Найти вероятность стабильной работы автобазы в ближайший день.

Решение. Решим задачу с помощью формулы Бернулли. Автобаза будет работать стабильно (событие  $B$ ), если на линию выйдут или 7, или 8, или 9, или все 10 автомашин. По теореме сложения вероятностей:

$$P(B) = P_{10}(7) + P_{10}(8) + P_{10}(9) + P_{10}(10).$$

Применим для нахождения, каждого слагаемого формулу Бернулли. Но в ней  $p$  должно означать вероятность выхода автомашины на линию, поскольку, например,  $P_{10}(7)$  означает вероятность того, что семь автомашин из 10 выйдут на линию. Полагая в формуле Бернулли  $p = 1 - 0,1 = 0,9$ ,  $q = 0,1$ ,  $n = 10$ , а  $m = 7, 8, 9, 10$ , получим:

$$P(B) = C_{10}^7 \cdot 0,9^7 \cdot 0,1^3 + C_{10}^8 \cdot 0,9^8 \cdot 0,1^2 + C_{10}^9 \cdot 0,9^9 \cdot 0,1^1 + C_{10}^{10} \cdot 0,9^{10} \cdot 0,1^0 \approx \\ \approx 0,0574 + 0,1937 + 0,34678 + 0,38487 = 0,98275.$$

Ответ: Вероятность того, что автобаза в ближайший день будет работать стабильно равна 0,98275.

Задача №4

Сверлильный станок состоит из 1000 элементов, работающих независимо друг от друга. Вероятность отказа каждого элемента за смену равна  $p=0,024$ . Найти вероятность, что за смену откажут 6 элементов. Решение:Используем локальную теорему Лапласа

$$P_n(k) = \frac{1}{\sqrt{npq}} \varphi\left(\frac{k-np}{\sqrt{npq}}\right).$$

Здесь  $n=1000, k=6, p=0,024, q=1-p=0,976$ , значения функции  $\varphi$  берутся из таблицы. Подставляем:

$$P_{1000}(6) = \frac{1}{\sqrt{1000 \cdot 0,024 \cdot 0,976}} \varphi\left(\frac{6 - 1000 \cdot 0,024}{\sqrt{1000 \cdot 0,024 \cdot 0,976}}\right) = 0,21 \cdot \varphi(-3,72) = \\ = 0,21 \cdot \varphi(3,72) = 0,21 \cdot 0,0004 = 0,00084.$$

Ответ: 0,000084

Задача № 5

Комплект из 18 деталей, содержащий 6 окрашенных деталей, произвольным образом делится на две равные группы. Какова вероятность того, что в каждой группе окажутся по три окрашенных детали?

Решение

Число всевозможных элементарных исходов – количество способов разделить 18 деталей на 2 равные группы (то есть выбрать из 18 деталей 9)

$$n = C_{18}^9 = \frac{18!}{9!9!}$$

Число благоприятствующих исходов – число исходов, при котором в каждой группе будет по 3 окрашенных детали  $m = C_6^3 C_{12}^6 = \frac{6!}{3!3!} \frac{12!}{6!6!}$  (Из 6 окрашенных деталей нужно выбрать 3 -  $C_6^3$  и из 12 неокрашенных деталей 6 -  $C_{12}^6$  – по правилу умножения вероятностей независимых событий  $C_6^3 C_{12}^6$ )

Тогда, по классическому определению вероятности

$$P = \frac{m}{n} = \frac{\frac{6!}{3!3!} \frac{12!}{6!6!}}{\frac{18!}{9!9!}} = \frac{6!12!9!9!}{3!3!6!6!18!} = \frac{84}{221}.$$

Ответ:  $P = \frac{84}{221}$ .

### Задача № 6

Вероятность того, что нужная сборщику деталь находится в 1-ой, 2-ой, 3-ей или 4-ой коробках, равны соответственно 0,6, 0,75, 0,7 и 0,4. Найти вероятность того, что нужная сборщику деталь находится не менее чем в двух коробках.

Решение

Вероятность того, что нужная деталь находится в более чем двух коробках равна вероятности, что деталь находится или во всех коробках или в каких-либо 3х.

Обозначим через  $p_1 = 0,6$ ,  $p_2 = 0,75$ ,  $p_3 = 0,7$ ,  $p_4 = 0,4$  вероятности нахождения детали нужной в 1-ой, 2-ой, 3-ей или 4-ой коробках соответственно.

А через

$$\overline{p_1} = 1 - 0,6 = 0,4, \quad \overline{p_2} = 1 - 0,75 = 0,25, \quad \overline{p_3} = 1 - 0,7 = 0,3, \quad \overline{p_4} = 1 - 0,4 = 0,6$$

обозначим вероятность того, что деталь нужная не находится в  $p_1 = 0,6$ ,  $p_2 = 0,75$ ,  $p_3 = 0,7$ ,  $p_4 = 0,4$ .

По правилу умножения вероятностей независимых событий, вероятность того, что нужная деталь содержится во всех коробках равна:  $P_1 = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 = 0,6 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 0,4 = 0,126$ .

Для того чтобы деталь находилась в трёх из четырёх коробках возможны варианты:

А) Нужная деталь находится в 1-ой, 2-ой, 3-ой коробке, а в 4-ой нужной детали нет, то есть

$$P_2 = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot \overline{p_4} = 0,6 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 0,6 = 0,189.$$

В) Нужная деталь находится в 1-ой, 2-ой, 4-ой коробке, а в 3-ой нужной детали нет, то есть

$$P_3 = p_1 \cdot p_2 \cdot \overline{p_3} \cdot p_4 = 0,6 \cdot 0,75 \cdot 0,3 \cdot 0,4 = 0,054.$$

С) Нужная деталь находится в 1-ой, 3-ой, 4-ой коробке, а во 2-ой нужной детали нет, то есть

$$P_4 = p_1 \cdot \overline{p_2} \cdot p_3 \cdot p_4 = 0,6 \cdot 0,25 \cdot 0,7 \cdot 0,4 = 0,042.$$

Д) Нужная деталь находится в 2-ой, 3-ой, 4-ой коробке, а в 1-ой нужной детали нет, то есть

$$P_5 = \overline{p_1} \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot p_4 = 0,4 \cdot 0,75 \cdot 0,7 \cdot 0,4 = 0,084.$$

Е) Вероятность того, что деталь не находится ни в одной коробке равна

$$P_6 = \overline{p_1} \cdot \overline{p_2} \cdot \overline{p_3} \cdot \overline{p_4} = 0,4 \cdot 0,25 \cdot 0,3 \cdot 0,6 = 0,018.$$

Тогда, по правилу сложения вероятностей независимых событий, вероятностью того, что деталь находится менее чем в одной коробке:

$$P(\overline{A}) = P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 0,189 + 0,054 + 0,042 + 0,084 + 0,018 = 0,387.$$

А искомая вероятность находится по формуле

$$P(A) = 1 - P(\overline{A}) = 1 - 0,387 = 0,613.$$

Ответ:  $P(A) = 0,613$

### Задача №7

В комплекте 80% окрашенных деталей, остальные – не окрашены. Наудачу отобраны три детали. Составить ряд распределения дискретной случайной величины  $X$  – числа окрашенных деталей среди отобранных.

Решение

Отбор каждой детали — независимые между собой события, поэтому применима формула Бернулли.

Составим биномиальный закон распределения случайной величины  $X$ :

В нашем случае:

Дискретная случайная величина  $X$  — число окрашенных деталей среди отобранных — принимает значения: 0; 1; 2; 3.

Так как в партии 80% окрашенных деталей, то вероятность появления случайной величины  $X$   $p = 0,8$ , т. е.  $q = 1 - p = 0,2$ .

Составим закон распределения дискретной случайной величины  $X$ :

$$P(X = 0) = P_3(0) = C_3^0 p^0 q^3 = \frac{3!}{0!3!} 0,8^0 0,2^3 = 0,008$$

$$P(X = 1) = P_3(1) = C_3^1 p^1 q^2 = \frac{3!}{1!2!} 0,8^1 0,2^2 = 0,096$$

$$P(X = 2) = P_3(2) = C_3^2 p^2 q^1 = \frac{3!}{2!1!} 0,8^2 0,2^1 = 0,384$$

$$P(X = 3) = P_3(3) = C_3^3 p^3 q^0 = \frac{3!}{0!3!} 0,8^3 0,2^0 = 0,512$$

$$\text{Контроль: } 0,008 + 0,096 + 0,384 + 0,512 = 1$$

Искомый закон распределения  $X$ :

X	0	1	2	3
P	0,008	0,096	0,384	0,512

Техническая оснащенность сельскохозяйственных предприятий нашей страны непрерывно растет не только по количеству машин, но и благодаря повышению их качественного уровня, энергонасыщенности, производительности.

Машинно-тракторный парк (МТП) хозяйства призван обеспечивать выполнение всех механизированных работ с высоким качеством и в обоснованные сроки с возможно наименьшими расходами на его эксплуатацию, с высокой годовой наработкой на каждый трактор и равномерной занятостью механизаторов в период полевых работ.

Качественный состав МТП должен обеспечивать: а) выполнение агротехнических требований на возделывание и уборку (потери, урожай, сроки); б) наименьшие затраты на производство; в) обеспечивать выполнение работ в условиях хозяйства по мощности и тяговым показателям; г) давать наилучшие экономические показатели (производительность, расход ГСМ); д) возможность комплексной механизации технологического процесса.

Однако при любых формах собственности специалисты сельского хозяйства должны обеспечивать не только увеличение производства с.-х.

продукции, но и снижение затрат на эксплуатацию и содержание МТП, сохранность техники и экономное расходование топливно-смазочных материалов.

Для людей всегда было интересно, что произойдет в будущем. Человечество во все периоды времени пыталось найти способ его предугадать, или спланировать. Именно, в наше время существует теория, которую наука признает и пользуется для планирования и прогнозирования будущего. Речь пойдет о теории вероятностей.

Таким образом, благодаря теории вероятности мы можем заблаговременно узнать о качестве продукции, а в нашем случае о длительности эксплуатации различных машин, обслуживающих сельскохозяйственные предприятия; о том, какое количество урожая мы соберем в различных условиях их посева и многое, многое другое. В данный момент времени, люди, изучающие сельское хозяйство с помощью методов теории вероятности, достигли больших результатов, но мы считаем, что это только начало, именно поэтому не стоит останавливаться на достигнутом, а нужно идти дальше.

#### Список литературы

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 1999. – 576 с.
2. Дубина И. Н. Основы теории экономических игр: учеб.пособие / И. Н. Дубина ; АлтГУ. - Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2009. - 216 с.
3. Иродов И.Е. Математическая теория игр и приложения: Учебное пособие КПТ/И.Е.Иродов.-СПб.:Лань КПТ, 2016.-448 с.
4. Калинин В.В., Фастовец Н.О. Вероятность в примерах и задачах для нефтегазового дела. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2014. – 136
5. Климова, Н.В. Экономический анализ (теория, задачи, тесты, деловые игры): Учебное пособие/ Н.В. Климова.- М.: Вузовский учебник, НИЦ ИНФРА-М, 2013.-287 с.
6. Кобзарь А.И. Теория игр: Играют все/ А.И. Кобзарь, В.Н. Тикменов, И.В. Тикменова.- М.: Физматлит, 2015.-272 с.
7. Колмогоров А.Н. Основные понятия теории вероятностей. – М.: Издательство «Наука», 1974. – 119 с.
8. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: «Юнити-Дана», 2006. – 573 с.
9. Письменный Д.Т. Конспект лекций по теории вероятностей, математической статистике и случайным процессам. – М.: Айрис-пресс, 2007. – 288 с.
10. Фастовец Н.О. Элементы теории вероятностей и математической статистики. – М.: Московский институт нефти и газа имени И.М. Губкина, 1991. – 110 с.

#### References

1. Ventcel' E.S. Teoriya veroyatnostej [Probability theory]. – М.: Vysshaya shkola, 1999. – 576 p.
2. Dubina I. N. Osnovy teorii ehkonomicheskikh igr: ucheb. posobie [Fundamentals of the theory of economic games] / I. N. Dubina; AltGU. - Barnaul: Izd-vo AltGU, 2009. - 216 p.

3. Irodov I.E. Matematicheskaya teoriya igr i prilozheniya: Uchebnoe posobie KPT [Mathematical game theory and applications: a tutorial KPT]/I.E. Irodov.-SPb.: Lan' KPT, 2016.-448 p.
4. Kalinin V.V. et all. Veroyatnost' v primerah i zadachah dlya neftegazovogo dela [Probability in examples and tasks for oil and gas business]. – M.: RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 2014. – 136p.
5. Klimova N.V. Ehkonomicheskij analiz (teoriya, zadachi, testy, delovye igrы): Uchebnoe posobie [Economic analysis (theory, problems, tests, business games)]/ N.V. Klimova.- M.: Vuzovskij uchebник, NIC INFRA-M, 2013.-287 p.
6. Kobzar' A.I. et all. Teoriya igr: Igrayut vse [Theory of games: play all]/ A.I. Kobzar', V.N. Tikmenov, I.V. Tikmenova.- M.: Fizmatlit, 2015.-272 p.
7. Kolmogorov A.N. Osnovnye ponyatiya teorii veroyatnostej [Basic concepts of probability theory]. – M.: Izdatel'stvo «Nauka», 1974. – 119 p.
8. Kremer N.SH. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics]. – M.: «YUniti-Dana», 2006. – 573 p.
9. Pis'mennyj D.T. Konspekt lekcij po teorii veroyatnostej, matematicheskoy statistike i sluchajnym processam [Lecture notes on probability theory, mathematical statistics and random processes]. – M.: Ajris-press, 2007. – 288 p.
10. Fastovec N.O. Ehlementy teorii veroyatnostej i matematicheskoy statistiki [Elements of probability theory and mathematical statistics]. – M.: Moskovskij institut nefti i gaza imeni I.M. Gubkina, 1991. – 110 p.

#### **Сведения об авторах**

**Астапов Ярослав Игоревич** – студент очной формы обучения инженерного факультета Иркутского ГАУ(664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный тел. 89500844269, e-mail: [zorgers@icloud.com](mailto:zorgers@icloud.com))

**Духнич Евгений Дмитриевич** - студент очной формы обучения инженерного факультета Иркутского ГАУ(655717, Россия, Иркутская область, г. Братск, ул. Курчатова. 89500922202, e-mail: [100evg.duh@mail.ru](mailto:100evg.duh@mail.ru))

**Елтошкина Евгения Валерьевна** –к.т.н., доцент кафедры математики инженерного факультета Иркутского ГАУ(664038, Россия, Иркутская область, Иркутский район, пос. Молодежный тел. 89041292430, e-mail: [EEV\\_Baikal2005@mail.ru](mailto:EEV_Baikal2005@mail.ru))

#### **Information about authors**

**Astapov Yaroslav Igorevich** – student, full-time tuition, engineering faculty, Irkutsk state agricultural university (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth 89500844269 telephone, e-mail: [zorgers@icloud.com](mailto:zorgers@icloud.com))

**Duhnich Evgeny Dmitrievich** - student full-time tuition, engineering faculty, Irkutsk state agricultural university (655717, Russia, Irkutsk region, Bratsk, St. Kurchatov, L. 89500922202 telephone, e-mail: [100evg.duh@mail.ru](mailto:100evg.duh@mail.ru))

**Eltoshkina Evgeniya Valer'evna** – candidate of technical Sciences, associate Professor, engineering faculty, Irkutsk state agricultural university (664038, Russia, Irkutsk region, Irkutsk district, village Youth, 89041292430 telephone, e-mail: [EEV\\_Baikal2005@mail.ru](mailto:EEV_Baikal2005@mail.ru))

## СОДЕРЖАНИЕ

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В СЕТИ 0,4 КВ С КОММУНАЛЬНО-БЫТОВОЙ НАГРУЗКОЙ Берген И.В., Сукьясов С.В. ....	1
АНАЛИЗ СИСТЕМ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ Блохнин М.А., Очиров В.Д. ....	8
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СИСТЕМАХ ВЕНТИЛЯЦИИ ПТИЧНИКОВ Боннет Я.В. <sup>1</sup> , Прудников А.Ю. <sup>2</sup> ....	12
АНАЛИЗ МЕТОДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТОМАТОВ Бураева Н.Н., Быкова С.М. ....	18
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ РОЗЕТКА С ТЕХНОЛОГИЕЙ IOT Гамаюнов И.Е., Кузнецов Б.Ф. ....	26
РАЗРАБОТКА ПРИБОРА КОНТРОЛЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА И УЧЕТА ПОТРЕБЛЯЕМОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ Дементьев А.С., Кузнецов Б.Ф. ....	31
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ Дыкус И.В., Кудряшев Г.С. ....	37
ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА РАБОТУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ В СЕЛЬСКОЙ СЕТИ 0,4 КВ Жилкина Т.С., Сукьясов С.В. ....	42
МЕТОДЫ И СПОСОБЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ Жилкина Т.С. ....	51
ИНФРАКРАСНАЯ ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ Загрединов С.С., Иванов Д.А. ....	58
ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ ПРИБАЙКАЛЬЯ Константинов К.А., Лукина Г.В., Подъячих С.В. ....	65
ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ТЕРМОСТАТА В СЕЛЬСКОМ ДОМЕ Лошкарев С.В., Кузнецов Б.Ф. ....	72
УДК 681.518.52:635.91 СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ ПОЧВЫ Мальцев С.Е., Кузнецов Б.Ф. ....	80
ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМА СУШКИ ЗЕРНА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ Непомнящий Е.П., Сукьясов С. В. ....	84
ВЛИЯНИЕ КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ НА РАБОТУ РАЗЛИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ Палагута В. И., Клибанова Ю. Ю. ....	91

УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ РАДИАЦИОННОГО БАЛАНСА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ РАДИАЦИОННЫХ ЗАМОРОЗКОВ	
Перфильев В. А., Кузнецов Б. Ф., Клибанова Ю. Ю.....	96
МОБИЛЬНАЯ СТАНЦИЯ БПЛА ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ	
Поворов В. С., Кузнецов Б. Ф.....	103
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЧЕЛОВЕКА В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЖИЛОГО ПОМЕЩЕНИЯ	
Протасов И.А., Кузнецов Б.Ф.....	111
РАЗРАБОТКА СТЕНДА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАБОТЫ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ ЧАСТОТНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ	
Сайфулин М.С., Логинов А.Ю., Озимов Е.Н.....	115
ТЕХНИЧЕСКИЕ СУШИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СУШКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ	
Салмонов С.Р., Алтухов И.В.....	122
ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГЕОМАГНИТНЫХ ИНДУЦИРОВАННЫХ ТОКОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ	
Синицын Д. В., Клибанова Ю.Ю. ....	129
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ЗАМОРОЗКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	
Чурин А.В., Кузнецов Б.Ф. ....	133
ПРОИЗВОДСТВО И ПРИМЕНЕНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ИЗ ОТХОДОВ КЕДРОВЫХ ШИШЕК	
Шеметов И.И. Епифанов А.Д. ....	138
К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ УПРАВЛЯЕМОСТИ СЕЛЬСКИМИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СЕТЯМИ НАПРЯЖЕНИЕМ 0,38 КВ	
Наумов И.В. <sup>1,2</sup> , Якупова М.А. <sup>1</sup> , Федоринова Э.С. <sup>1</sup> , Карпова Е.С. <sup>2</sup> .....	144
ПРИМЕНЕНИЕ ТРЕНАЖЕРОВ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ	
Ханхасыкова Л.П., Бричагина А.А. ....	153
ПОКАЗАТЕЛИ ПРИСПОСОБЛЕННОСТИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЦЕСС ДИАГНОСТИРОВАНИЯ МАШИН	
Филиппов С.А., Ильин П.И.....	158
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕСС ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ ЦИЛИНДРОВ ДВС	
Цэдашиев Ц.В., Николаев Я.Г., Бураев М.К. ....	166
ПОТЕРИ ЗЕРНА ПРИ КОМБАЙНОВОЙ УБОРКЕ	
Степанов Н.Н., Бричагина А.А., Степанов Н.В. ....	171

АНАЛИЗ БУНКЕРНОГО ЗЕРНА ЗЕРОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ «CLAAS»	
Степанов Н.Н., Бричагина А.А., Степанов Н.В. ....	177
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОВРЕЖДЕНИЯ КЛУБНЕЙ ПРИ УБОРКЕ КАРТОФЕЛЯ	
Ханхасыкова Л.П., Кузьмин А.В. ....	184
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ДЛЯ УБОРКИ МОРКОВИ	
Скорняков Р. В., Бричагина А.А. ....	192
СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ	
Пермякова Т. А, Павлова М.А, Коваливнич В. Д.....	199
РАСЧЕТ РАМЫ ТЯЖЕЛОГО КУЛЬТИВАТОРА КПЭ-3,8 ДЛЯ НАВЕШИВАНИЯ НА ТРАКТОРА ТИПА «КИРОВЕЦ»	
Моисеев А.В., Шелопугин М.Е., Косарева А.В., Поляков Г.Н.....	205
ВЛИЯНИЕ РЕГУЛИРОВОК МОТОВИЛА НА ПОТЕРИ ЗЕРНА ЗА ЖАТКОЙ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА	
Чебаков Р.А., Евтющенко А.А., Бричагина А.А.....	212
ОБЗОР ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ	
Антипин А.И., Кузьмин А.В. ....	218
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЗЕРНОВОЙ ДЕРТИ, ПОЛУЧЕННОЙ ПОСЛЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ НА ДРОБИЛКЕ ИЗ-0,5М	
Абросимов А.В., Пальвинский В.В.....	226
АНАЛИЗ ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗЕРНОВЫХ	
Бузунова М.Ю., Лебедева В.Д., Ключникова К.В.....	237
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ИГР ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ	
Астапов Я.И., Манухин К.А., Елтошкина Е.В.....	244
АНАЛИЗ СИСТЕМ ОХРАННЫХ КОМПЛЕКСОВ В АВТОТРАНСПОРТЕ	
Астапов Я.И., Манухин К.А., Шуханов С.Н. ....	252
ПРИЛОЖЕНИЯ ОСНОВ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ	
Астапов Я.И., Духнич Е.Д., Елтошкина Е.В. ....	258