

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи  
УДК 631.371: 621.311.001.2 (0753)

**РЫРСАЛИЕВ АБДИКЕРИМ САТИКАНОВИЧ**

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПОТРЕБИТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО  
ПРОИЗВОДСТВА**

Специальность 05.14.01 – «Энергетические системы и  
комплексы»

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Бишкек – 2008**

Работа выполнена в Кыргызском государственном техническом  
университете им.И.Раззакова

**Научный руководитель:** - кандидат технических наук,  
проф. КГТУ Суеркулов М.А.

**Официальные оппоненты:** - доктор технических наук,  
профессор АИЭИС Сагитов П.И.  
- кандидат технических наук,  
доцент Токоев О.П.

**Ведущая организация:** ОАО «Северэлектро»

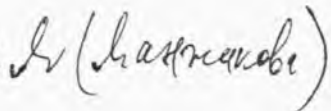
Защита состоится «14» марта 2008 г. в 14.00. мин. на заседании Диссертационного  
совета К 05.06.320 в Кыргызско-Российском Славянском Университете по адресу:  
г. Бишкек, ул. Киевская 44, ауд. 212 – Конференц – зал.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызско-Российского  
Славянского Университета по адресу: г. Бишкек, ул. Киевская 44.

Автореферат разослан « 14 » 02 2008 г.

Отзыв на автореферат в двух экземплярах, заверенные гербовой печатью просим  
направлять по адресу: 720000 г. Бишкек, ул. Киевская 44, Кыргызско-Российский  
Славянский Университет, диссертационный совет К. 05.06.320.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
К 05.06.320, к.т.н., доцент

 Манжилова С.Ц.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Научно – технический прогресс качественно  
изменил состав материально-технической базы сельского хозяйства и  
структуру его электрических мощностей. За последние годы мощность  
электроустановок возросла и достигла 22% в общем энергетическом балансе.  
При этом численность электрооборудования продолжает увеличиваться.

Однако, несмотря на постоянно растущие требования к  
электрооборудованию, непрерывное увеличение его парка и рост затрат на  
эксплуатацию, уровень использования электрооборудования улучшается  
очень медленно. Это свидетельствует о проблемной ситуации в области  
эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве. Народно-  
хозяйственный аспект проблемы состоит в резком несоответствии между  
требуемыми и фактическими эксплуатационными показателями  
электрооборудования, используемого в этой отрасли. Поэтому повышение  
эффективности использования электрооборудования в сельскохозяйственном  
секторе на основе оптимизации их режимов работы и эксплуатационных  
показателей является одним из важных факторов экономии энергоресурсов и  
средств. Это проблема приобретает все возрастающее значение в связи с  
переходом сельскохозяйственного производства на путь интенсификации и  
увеличения доли электроэнергии, применяемой в сельскохозяйственном  
процессе.

Таким образом, тема диссертационной работы, посвященная решению  
данной проблемы, имеет важное научное и практическое значение, что и  
определяет актуальность темы и поставленных в работе целей и задач.

**Цель работы** – Оптимизировать режимы работы  
электрооборудования и питающих сетей сельскохозяйственных потребителей  
на основе эффективного использования их эксплуатационных показателей,  
что создаст условия для более полного использования потенциальных  
возможностей электрооборудования сельскохозяйственного производства и  
электрических сетей и будет способствовать экономии энергоресурсов.

**Задачами исследования** являются:

- Разработка методологии изучения и оптимизации режимов работы  
электрооборудования, позволяющей повысить эффективность использования  
сельскохозяйственного электрооборудования.

- Определение вероятностно-статистических характеристик  
электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве, а также условий  
его оптимальной эксплуатации на современном этапе.

- Создание основы теории оптимальной эксплуатации  
электрооборудования в виде общих аналитических решений, формул и  
условий, позволяющих устанавливать закономерности достижения  
наивысшей эффективности.

- Разработка научно обоснованной методики управления режимами  
электропотребления в сельских электрических сетях.

• Выполнение лабораторных и производственных экспериментальных исследований для проверки достоверности теоретических положений и определения экономической эффективности предложенных решений.

**Методы исследования** – основаны на теории автоматического управления объектами, методах моделирования процессов, а также оптимизации целевых функций с применением современной вычислительной техники.

**Научная новизна** - Разработан метод изучения и оптимизации эксплуатационных показателей электропотребителей сельскохозяйственного производства; определены вероятностно-статистические характеристики электрооборудования в зависимости от условий его эксплуатации на основе математического моделирования; разработаны основные положения оптимальной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве; выявлены доминирующие эксплуатационные характеристики электрооборудования, влияющие на режим электропотребления и надежность; установлена количественная связь между влияющими факторами и показателями электрооборудования; сформулирована целевая функция оптимизации на основе удельных затрат на единицу «полезной энергии»; разработаны методы управления режимами электропотребления электрических сетей и электрооборудования.

**Практическая ценность.** На основе установленных взаимовлияющих факторов на режим работы оборудования и электрических сетей рекомендованы конкретные меры, которые приводят к снижению расхода электроэнергии и улучшают эксплуатационные свойства электрооборудования и электрических сетей.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Методика исследования основных потребителей - приемников электроэнергии сельского хозяйства.

2. Методика исследования режима оптимального потребления электроэнергии приемниками.

3. Предложения по оптимальным режимам работы приемников электроэнергии.

4. Установленная зависимость между электропотреблением и режимами работы электрооборудованиями.

5. Разработанные способы оптимизации электропотребления и управления режимами электрооборудования и электрических сетей.

**Апробация работы.** Основные результаты выполненной работы докладывались и обсуждались: на II-ой Международной научно-технической конференции «Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях», посвященной 25-летию Алматинского института энергетики и связи (Алматы, 21-22 сентября 2000 г.); на конференции, посвященной I съезду инженеров Кыргызстана и 10-летию образования Инженерной Академии Кыргызской Республики (Бишкек, 2001 г.); на IV-ой Международной научно-технической конференции, посвященной 40-летию подготовки инженеров-энергетиков Казахстана (Алматы, 2004 г.); на научно

– технической конференции «Современное состояние и проблемы развития электроэнергетики Кыргызстана», посвященной 40-летию кафедры «Электроэнергетика» Кыргызского технического университета (Бишкек, 1999 г.); на Международной научно-технической конференции «Проблемы математического моделирования и информационных технологий» (Бишкек, 2003 г.); на научной конференции «Проблемы автоматизации и управления» (Бишкек, 2005 г.); на Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию Кыргызского национального технического университета им. И. Раззакова (Бишкек, 2004 г.).

#### **Реализация результатов работы.**

Разработанная методика оптимизации режима работы электропотребителей сельскохозяйственного производства внедрена на базе филиала научно-исследовательского института ветеринарии в Ошской области.

**Публикации.** Основные научные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в 9 печатных изданиях.

**Объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложения. Содержание диссертации изложено на 155 страницах компьютерного текста, имеется 24 таблицы, 18 рисунков, акт внедрения, список литературы содержит 107 наименований.

## СОДЕРЖАНИЕ

**Во введении** кратко изложены актуальность темы и основные положения диссертационной работы.

**В первой главе** рассмотрены актуальность проблемы повышения эффективности электрооборудования в сельском хозяйстве и направления ее решения, общие вопросы эффективного использования электрооборудования в сельском хозяйстве, эффективность использования электроприводов, эксплуатация электронагревательных установок, а также цели и задачи исследования.

Все более важным элементом повышения рентабельности сельского хозяйства становится повышение эффективности эксплуатации электрооборудования. Главное значение оптимальной эксплуатации электрооборудования заключается в непосредственной ее связи с конечными результатами деятельности крестьянского хозяйства, фермеров и других сельскохозяйственных субъектов. Однако проведенные исследования свидетельствуют о проблемной ситуации в этой сфере, а именно, в резком несоответствии между требуемыми и фактическими эксплуатационными показателями электрооборудования, используемого в сельском хозяйстве.

Проблема повышения эффективности электрооборудования в сельскохозяйственном секторе должна решаться комплексно. При этом можно выделить три главных направления ее решения: совершенствование

сельскохозяйственных машин и механизмов, технологических процессов и способов производства сельскохозяйственной продукции; улучшение характеристик электрооборудования на стадиях разработки и изготовления; улучшение комплектования, использования и обслуживания электроустановок, т.е. непосредственное повышение эффективности эксплуатации электрооборудования.

Названные направления взаимосвязаны и должны учитываться комплексно. Однако для любого даже самого прогрессивного технологического процесса, оснащенного самым совершенным электрооборудованием, фактическая эффективность его применения зависит, в конечном счете, от уровня эксплуатации. Поэтому именно третье направление, направленное на повышение эффективности электрооборудования в сельскохозяйственном секторе, имеет особую важность и поэтому в данной работе является основным предметом исследования.

В основу решения указанной проблемы приняты следующие новые научные положения:

- эффективность использования электрооборудования определяется ее влиянием на конечные результаты сельскохозяйственного производства, а также структурой, количеством, местом и временем привлечения необходимых средств, и достигает наивысшего уровня при оптимальном пространственно - временном распределении этих средств;

- закономерности эксплуатации формируются на основе системных циклов, т.е. с учетом всех элементов пространственных и временных связей, многокритериальности целей эксплуатации, неопределенности исходной информации и случайного характера воздействий на электрооборудование.

**Во второй главе** рассмотрен вопрос разработки методологии изучения и оптимизации эксплуатационных показателей электрооборудования, обоснование цели и границ объекта исследования системы ИЭС.

Доказано, что объектом исследования должны быть следующие элементы: источник питания (И), электроприемник (Э), обеспечивающий преобразование электроэнергии в соответствии с требованием технологического объекта; технологический объект (Т), создающий продукцию; электротехническая служба (С), поддерживающая и восстанавливающая работоспособность электроприемника. Совокупность «источник – электроприемник – технологический объект – электрическая служба» образует изучаемую систему ИЭС. Показано, что для научного обоснования способов повышения эффективности электрооборудования объектом изучения должна рассматриваться указанная система ИЭС, которую следует рассматривать на трех уровнях: электрооборудование отдельной рабочей машины, подотрасли и всего хозяйства и учитывать при этом стадии комплектования, использования и обслуживания.

С учетом сложности системы ИЭС в работе предложена классификация многочисленных факторов, влияющих на ее эффективность,

которые разделены по трем признакам: связь с элементами системы; связь с функционированием системы; вклад в эффективность системы. Для количественного учета факторов предложен целый ряд показателей. Все это позволяет изучать систему ИЭС обобщенно и при необходимости моделировать электрооборудование технологического объекта.

В работе показано, что оценка качества эксплуатации электрооборудования приобретает конкретное содержание после введения критерия ее оптимальности, позволяющего сравнивать варианты систем ИЭС по эффективности. Получено, что только критерий приведенных удельных затрат системы ИЭС полностью удовлетворяет комплексным исходным требованиям и обеспечивает компромисс частных критериев оптимальности. Однако из-за неизбежной погрешности исходных данных и полного изменения функции в области минимума приходится ориентироваться не на единичное оптимальное значение, а на интервал значений приведенных затрат. В результате образуется достаточно широкая зона практически равнозначных по приведенным затратам значений оптимизирующего параметра. А так как можно реализовать только одно значение, то для его выбора предложено привлекать дополнительные критерии, а именно, трудозатраты на техническую эксплуатацию, затраты на капитальный ремонт и технологический ущерб.

На базе проведенных аналитических выкладок, получено выражение для расчета критерия оптимальности. Доказано, что использование данного критерия обеспечит улучшение эксплуатационных свойств электрооборудования и приведет к снижению трудовых, энергетических и материальных затрат, а также к увеличению объема выпуска конечной продукции.

Кроме того, в данной главе обоснованы принципы моделирования и оптимизации системы ИЭС.

**Третья глава** посвящена изучению вероятностно-статистических характеристик электрооборудования и условий его эксплуатации в сельском хозяйстве.

В основу математического моделирования и теоретического исследования эксплуатации электрооборудования положены сведения об оригинале изучаемой системы ИЭС. Разрозненные и неполные литературные данные об ИЭС не позволили создать четкого описания различных ИЭС. Поэтому были проведены исследования различных хозяйств Южной зоны, которые в полной мере отражают реальный уровень электрификации сельского хозяйства КР. Для изучения было выделено пять основных типовых хозяйств, отражающих особенности сельскохозяйственного производства: 1- крестьянское хозяйство, 2- фермерское зерно - скотоводческое хозяйство, 3- фермерское зерно - овцеводческое хозяйство, 4- фермерское скотоводческо-зерновое хозяйство, 5-фермерское скотоводческое хозяйство. Понятие «типовое хозяйство» отражает структуру такого сельхозпроизводителя, в котором производство



строится на основе одних и тех же принципов, методов и нормативов. Наименьший объем  $N$  выборки объектов исследования при неизвестной величине среднего квадратичного отклонения изучаемого показателя определялся по выражению

$$N = \left( t_{\alpha P} \cdot \sigma_x / d_x \right)^2, \quad (1)$$

где  $t_{\alpha P}$  – критерий Стьюдента, соответствующий числу пробных наблюдений  $n$  и доверительной вероятности  $P$ ,  $\sigma_x$  – дисперсия пробной выборки,  $d_x$  – принятая точность.

Для раскрытия закономерностей внешних воздействий выполнено выборочное обследование ряда объектов сельской электрификации и анализ литературных данных. Полученные материалы позволили определить статистические характеристики условий электроснабжения, условий использования и дестабилизирующих воздействий (суточных графиков температуры и влажности). Получено, что дисперсии амплитуд колебаний нагрузки зависят от особенностей рабочих машин и технологии производства и могут изменяться в широких пределах. В зависимости от соотношения разброса графики спектральной плотности нагрузки имеют разнообразные формы. Попытка выделить типовое электрооборудование оказывается безуспешной. Однако показана возможность выделить для каждого уровня изучаемого объекта типовые системы ИЭС. Системы ИЭС каждого уровня, конечно, не заменяют конкретные объекты «в деталях», а учитывают и отражают их наиболее существенные признаки. Это облегчает моделирование и исследование эксплуатации электрооборудования.

**В четвертой главе** разработаны основы теории оптимальной эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве с использованием метода доминирующих эксплуатационных характеристик.

Центральное место в теории оптимальной эксплуатации занимают понятия эксплуатационных показателей и характеристик электрооборудования. Они требуют адекватно описывать и количественно сопоставлять потери энергии и надежность электрооборудования, которые имеют определяющее влияние на эффективность эксплуатации. Анализ опыта оптимизации технических систем выявил целесообразность использования обобщенных стоимостных показателей, которые позволяют комплексно учесть большое число единичных показателей и параметров, образуя поверхность оценок для всей области в уравнении приведенных затрат.

Каждая эксплуатационная характеристика выражена в форме одночленного полинома, устанавливающего количественную связь значения показателя с факторами системы ИЭС в форме удельных затрат, причем для придания этому выражению универсальной формы, приемлемой при описании различных видов электрооборудования, введено понятие базовых эксплуатационных свойств:

$$S_{ik} = a_{ik} \cdot \prod_j z_j^{\omega_{ij}}, \quad i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m, \quad (2)$$

где  $z_j$  – непрерывная переменная, характеризующая факторы системы ИЭС;  $a_{ik}$  – дискретная переменная, т.е. условно постоянная величина, характеризующая  $k$ -й вариант системы ИЭС и условий эксплуатации;  $n, m$  – число характеристик и контролируемых непрерывных переменных;  $\omega_{ij}$  – показатель степени (экспонент)  $j$ -ой переменной в  $i$ -ой характеристике.

Доказано, что выбор аппроксимирующей функции в виде полинома основывается на целом ряде ее преимуществ перед другими функциями. Используя это выражение, проведен анализ изменения  $i$ -го показателя при изменении  $j$ -й переменной, что позволило получить ряд практических рекомендаций по оптимизации ИЭС. Рассмотрена также двухфакторная стоимостная характеристика

$$S_i = a_i z_1^{\omega_{i1}} z_2^{\omega_{i2}}. \quad (3)$$

Это уравнение описывает поверхность показателей  $i$ -тых эксплуатационных свойств в пространстве двух переменных. Например, первая переменная  $Z_1$  характеризует уровень использования электрооборудования по мощности, т.е. относительную нагрузку  $\beta$ , а вторая  $Z_2$  – уровень технического обслуживания. Изменение стоимостной характеристики при вариации обеих переменных:

$$\Delta S_i = \Delta \mu_{i1} \Delta Z_1 + \Delta \mu_{i2} \Delta Z_2, \quad (4)$$

где  $\Delta \mu_{ij} = \frac{dS_i}{dz_j} = d_i \omega_{ij} z_j^{\omega_{ij}-1}$  – предельная чувствительность  $i$ -х свойств к вариации  $j$ -й переменной.

Важную роль имеет такое совместное изменение  $Z_1$  и  $Z_2$ , при котором показатель  $S_i$  сохраняется постоянным, т.е.  $\Delta S_i = 0$ . В этом случае получено, что уравнение нормы замены первого фактора вторым будет иметь вид:

$$\delta_{12} = - \frac{\omega_{i2} Z_1}{\omega_{i1} Z_2}. \quad (5)$$

Норма замены характеризует способность системы ИЭС к адаптации при ограничениях на те или иные ресурсы. Уравнение (5) показывает, как и на какую величину надо изменить первую переменную при изменении второй, чтобы сохранить стоимостной показатель  $S_i$  неизменным.

Проведенные исследования эксплуатационных свойств по стоимостным характеристикам с помощью коэффициентов чувствительности и норм замены является обобщением более высокого порядка, чем анализ по первичным параметрам, поскольку они дают содержательное описание критерия оптимальной эксплуатации системы ИЭС, раскладывают его на составные части и характеризуют «вес» (роль) каждого эксплуатационного свойства изучаемого электрооборудования. Таким образом, можно осуществить сопоставимую народнохозяйственную оценку эксплуатации

разных систем ИЭС, а также отдельных эксплуатационных свойств электрооборудования в каждой конкретной системе ИЭС.

Полученные результаты позволили сформулировать и решить математическую задачу повышения эффективности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве. Приведенные в работе математические модели позволяют теоретически установить закономерности оптимальной эксплуатации, распознать закономерности и тенденции изменения эксплуатационных свойств и целенаправленно управлять ими.

В работе показано, что классические методы оптимизации не дают эффективных решений, т.к. необходимость учета большого числа различного электрооборудования и бесконечно разнообразных условий эксплуатации приводит к огромному цифровому материалу, в котором трудно выявить характерные связи и закономерности. Поэтому предложен метод доминирующих характеристик, который заключается в том, что в исходной целевой функции выделяются стоимостные характеристики, имеющие наибольшее влияние на критерии оптимальности, а остальные переводятся в разряд констант путем их фиксирования на некотором среднем уровне в ожидаемой или заданной области. Выделение доминирующих показателей и характеристик позволило без нарушения строгости решения принять критерии эффективности эксплуатации в различных комбинациях его составляющих.

В связи с сезонностью использования электроустановок одним из факторов улучшения их эксплуатационных свойств является режим совмещенного использования и структурного резервирования электрооборудования: одни и те же электродвигатели или трансформаторы используются в летний сезон на одних объектах, а в зимний - на других. В работе определены границы эффективного применения совмещенного использования.

Разработка теории оптимальной эксплуатации позволила создать обобщенное целостное представление о закономерностях достижения (по выбранному критерию) лучших результатов эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве, о методах обоснования оптимальной программы технической эксплуатации. Доказано, что выбор электрооборудования по критерию эффективности гарантирует построение системы ИЭС с лучшими эксплуатационными свойствами, чем при выборе по отдельным параметрам.

**В пятой главе** разработаны методики алгоритмов управления режимами электропотребления распределительных электрических сетей, питающих электроприемники сельскохозяйственного производства.

В работе показано, что задачу оптимального управления можно свести к определению токораспределения, соответствующему минимуму потерь активной мощности в электрической сети. При этом процесс управления можно свести к вычислению параметров устройств регулирования при помощи существующих в системе трансформаторов с регулируемыми

коэффициентами. Задача поиска оптимальных коэффициентов трансформации сформулирована следующим образом: минимизировать выражение для потерь мощности в электрической сети

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{N_k} \frac{\left( E_{jpp} + \sum_{i \in N_i} E_{ij} \right)^2}{R_i} \quad \text{при ограничении} \quad \Delta E_{ij, \min} \leq \Delta E_{ij} \leq \Delta E_{ij, \max}, \quad (6)$$

где  $\Delta E_{ij}$  - ЭДС, создаваемая трансформатором в  $j$ -ой ветви  $i$ -го контура;  $N_i$  - количество ветвей  $i$ -го контура, содержащих регулируемые трансформаторы;  $\Delta E_{ij, \min}$ ,  $\Delta E_{ij, \max}$  - соответственно минимально и максимально возможные ЭДС, создаваемые  $i$ -ым трансформатором.

В работе показан алгоритм вычисления оптимальных коэффициентов трансформации.

Режимы электропотребления сельского хозяйства (РЭСХ), описываемые в виде развертывающегося во времени процесса потребления мощности  $P(t)$ , называют графиками электрических нагрузок (ГЭН): электроприемника, группы электроприемников, сельского хозяйства в целом, территориальной энергосистемы и т. п. Так как ГЭН являются следствием действия множества трудно учитываемых социально-экономических, производственно-технических, экологических факторов, то они являются реализациями случайных процессов. Одним из эффективных способов исследования случайных процессов является их моделирование. При этом должна обеспечиваться адекватность основных характеристик (параметров) реальных процессов и их моделей. Показано, что модели ГЭН целесообразно применять при проектировании и планировании эксплуатации систем электроснабжения сельского хозяйства для нахождения расчетных нагрузок элементов этих систем, формирования их оптимальной структуры, прогнозирования электропотребления, управления режимами работы оборудования и РЭСХ.

При проектировании систем электроснабжения (СЭС) сельскохозяйственных предприятий целесообразно использовать математическое ожидание нагрузок тех или иных их элементов (обычно в форме коэффициента использования номинальной мощности электроприемников) и только в некоторых случаях дисперсионную характеристику (в виде коэффициента формы или среднеквадратического отклонения). Такая ситуация объясняется отсутствием в нормативных документах дисперсионных характеристик.

В силу того, что РЭСХ сельского хозяйства отражают множество трудно учитываемых факторов, от социально-экономических до природно-климатических, они имеют периодический характер. Если в качестве координатных использовать функции  $\cos \omega t$ ,  $\sin \omega t$ , то ГЭН  $P(t)$  может быть представлен рядом Фурье

$$P(t) = P_0 + \sum_1^m (P_{1k} \cos \omega_k t + P_{2k} \sin \omega_k t) = P_0 + \sum_1^m (P_k \cos(\omega_k t - \varphi_k)), \quad (7)$$

где  $P_n$  — постоянная составляющая (среднее значение) ГЭН;  $P_{1k}, P_{2k}, P_{3k}$  — коэффициенты разложения Фурье, т. е. амплитуды гармонических составляющих;  $P_k = \sqrt{P_{1k}^2 + P_{2k}^2}$ ;  $\omega_k = 2\pi k/T$  — частота  $k$ -ой гармоники;  $T$  — основной период разложения (число членов моделируемого ГЭН);  $m$  — число гармоник разложения;  $\varphi_k$  — начальная фаза  $k$ -ой гармонической составляющей.

При исследовании РЭСХ Южного региона осуществлялось разложение в ряд Фурье ГЭН, полученных в условиях нормального производственно-технологического режима. Исследовались два вида ГЭН: суточные — с часовым интервалом дискретности по замерам "режимного дня" и сменные — с получасовым усреднением. Всего изучено около 50 суточных ГЭН и несколько сотен сменных графиков, относящихся ко всем основным и вспомогательным производствам.

В работе показано, что график мощности отдельного приемника во времени представляет собой циклический процесс с повторяющимися периодическими нагрузками и может рассматриваться как вероятностный процесс. Такой процесс полностью характеризуется трехмерным распределением, а именно, интервалом включения, интервалом пауз и ординат нагрузки. Если эти распределения будут нормальными, процесс будет также нормальным. Доказано, что поскольку композиция нормально распределенных случайных процессов имеет нормальное распределение, то график суммарной нагрузки приемников, работающих без влияния помех, будет распределен по нормальному закону, а на участках, где в графиках отдельных приемников наблюдалось влияние помех, в групповом графике будет нарушено нормальное распределение и процесс на этих участках будет нестационарным. Это позволяет использовать усредненные графики для выявления резервов производства.

**В шестой главе** описаны результаты экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных и производственных условиях, а также экономическая оценка полученных результатов.

Результаты теоретического исследования технических и физических объектов всегда можно проверить экспериментом. В технико-экономических задачах затруднительно привлечь такой критерий, как физический эксперимент, который либо подтверждает, либо опровергает предполагаемую закономерность. Поэтому критерием истинности результатов таких расчетов могут служить, наряду с правильностью выбора исходных положений и логической непротиворечивостью дальнейших преобразований, статистические данные. В связи с этим выполнен комплекс экспериментов в лабораторных и производственных условиях. Их цель — проверить адекватность аналитического описания эксплуатационных характеристик и эффективность в производственных условиях предложенных способов улучшения эксплуатации электрооборудования.

В лабораторных условиях изучены:

- процессы нагрева и охлаждения двигателя при случайной нагрузке, влияющие на эксплуатационную характеристику ремонта электропривода;
  - связь результирующей температуры помещения с параметрами рассредоточенных теплоаккумулирующих электрообогревателей (РТЭ), имеющая важное значение при построении эксплуатационной характеристики энергозатрат на создание микроклимата;
  - процессы нагрева и охлаждения теплоаккумулирующих ЭНУ.
- Совместно со специалистами энергетических, экономических и зооветеринарных служб Чуйской области в ряде районов и хозяйств проведены научно-производственные эксперименты по повышению эффективности эксплуатации электрооборудования за счет:
- структурного резервирования двигателей;
  - оптимального комплектования и управления электронагревательных установок на примере использования РТЭ в системах микроклимата телятников;
  - применения эксплуатационных показателей электрооборудования при оценке деятельности электротехнических служб.

Для оценки теплообмена и тепловых ощущений животного принято понятие результирующей температуры  $t_p$ , учитывающей влияние температуры воздуха и ограждений. При ее измерении возникают известные трудности из-за отсутствия типовой аппаратуры, предназначенной для этих целей. Поэтому для получения достоверных результатов был изготовлен так называемый результирующий термометр (РТ). Принцип действия РТ состоит в «интегрировании» лучистого и конвективного тепловых потоков. Его показания в одном и том же помещении зависят от соотношения коэффициентов теплоотдачи с излучением  $\alpha'_s$  и конвекцией  $\alpha'_k$  цилиндра. Когда они одинаковы ( $\psi = \alpha'_s / \alpha'_k = 1$ ), тогда показания равны полусумме температуры воздуха  $t_w$  и средневзвешенной температуре ограждений  $t_w$ , при этом  $\psi'$  имеем

$$t_p = \frac{t_w + \psi' t_w}{1 + \psi'} \quad (8)$$

Если  $\psi'$  равно отношению соответствующих коэффициентов теплоотдачи животного, то показания РТ в известной мере характеризуют его тепловое ощущение. Тарировка РТ выполнялась путем размещения его в центре оболочки, нагретой до  $t_w$ , и измерения  $t_H$ ,  $t_p$ . Расчетную результирующую температуру можно определить по выражению

$$t_p^* = \frac{1 + \psi' [1 + \nu(t_H^* - 1)]}{1 + \psi'} \quad (9)$$

$$\text{где } \psi' = \frac{t_p - t_H}{t_w - t_p}; \quad t_p^* = t_p / t_H; \quad t_w^* = t_w / t_H \quad (10)$$

Расчетные значения сравнивались с экспериментальными, полученными с помощью РТ для центра по высоте помещения  $t_{p,n}$  и на середине по ширине помещения  $t_{p,m}$ . Цилиндр РТ размещался



горизонтально. В связи с однородностью теплового поля, создаваемого по его длине, за расчетную длину помещения принят размер наибольшей стороны РТ. Величина  $\nu$  определяется в этом случае как отношение высоты к периметру помещения в вертикальной плоскости.

Результаты испытаний приведены на рис 1. Анализ полученных данных показывает, что приведенные в работе рекомендации по эксплуатации электронагревательных установок в системах микроклимата позволяют определять рациональное размещение обогреваемых поверхностей, выбрать для них оптимальные температуру, площадь и режим работы.

В ряде хозяйств Ошской области проведены эксперименты для подтверждения предложенной возможности повышения живучести парка электроприводов за счет структурного резервирования и для проверки организационных форм такого резервирования. При проведении эксперимента электротехнические службы хозяйств получили право использовать двигатели неработающих в данный сезон машин в качестве резервных, т.е. при необходимости заменять ими вышедшие из строя двигатели, при сохранении и традиционных способов восстановления работоспособности электроприводов за счет приобретения новых двигателей или ремонта вышедших из строя. Внедрению структурного резервирования предшествовали подготовка службы и разработка план-графика структурного резервирования.

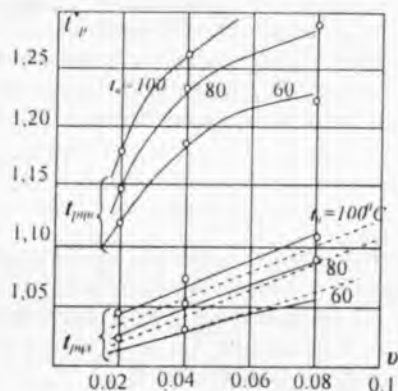


Рис. 6.1. Экспериментальные и расчетные данные зависимости результирующей температуры от площади и температуры электрообогревателя:

— экспериментальные данные, - - - расчетные данные

Результаты эксперимента показали, что средняя продолжительность простоя рабочих машин из-за отказов электрооборудования снизилась в 1,9–3,0 раза, а количество длительных простоев (более 4 ч) сократилось в 1,2...1,3 раза. Все это позволило снизить технологический ущерб на 1,5...2,5 тыс. сом / год. Дополнительных затрат практически не потребовалось. Таким образом, производственная проверка подтвердила возможность повышения эффективности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве за счет структурного резервирования двигателей.

В результате теоретического исследования была показана возможность повышения эффективности работы систем микроклимата телятников за счет приближения электрообогревателей к зоне обитания животных, увеличения лучистой составляющей их теплового потока и перевода на принужденный режим работы с частичным аккумулярованием теплоты. Для проверки этих показателей были проведены лабораторные и производственные испытания рассредоточенных теплоаккумулирующих электрообогревателей (РТЭ). В работе приведены экспериментальные данные, полученные в телятниках Южного региона. Применение РТЭ привело к выравниванию температуры воздуха по высоте помещения, исключило зоны холодного воздуха у пола и перегретого у потолка. Дополнительный прирост массы теленка за счет внедрения РТЭ составил в среднем 174 г/сутки при снижении падежа в 2...3 раза. При этом доказано, что увеличение прироста массы не является следствием влияния неконтролируемых факторов, которые могли повлиять на результаты эксперимента в связи с длительным периодом испытаний, а вызвано именно новой температурной обстановкой в телятнике, созданной РТЭ и циклическими изменениями температуры в течение суток. Показано, что за счет использования РТЭ обеспечивается выравнивание графика нагрузки и увеличение использования пропускной способности сельских энергетических сетей.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для оптимизации режима работы электропотребителей и повышения эффективности электрооборудования рекомендуется использовать разработанную систему ИЭТС «источник – электроприемник – технологический объект – электрическая служба».

2. При оптимизации эксплуатационных показателей электропотребителей необходимо учитывать дестабилизирующие факторы по методике, изложенной в данной работе.

3. Получены аналитические выражения для описания эксплуатационных характеристик в форме одно- и двухчленных полиномов, устанавливающих количественную связь значений показателей с факторами системы ИЭТС в форме удельных затрат.

4. Сформулирована и решена математическая задача повышения эффективности эксплуатации электрооборудования в сельском хозяйстве.



Получены математические модели, которые позволяют теоретически установить закономерности оптимальной эксплуатации, распознать закономерности и тенденции изменения эксплуатационных свойств и целенаправленно управлять ими.

5. Решена задача приведения математической модели системы ИЭТС к виду, удобному для аналитического исследования. Для этого предложен метод доминирующих характеристик, что позволяет существенно упростить решение задачи оптимизации путем отыскания локальных оптимальных решений и интервала значений оптимизируемого показателя, внутри которого находится глобальный оптимальный результат.

6. Для оптимизации режима работы использована однокритериальная детерминированная модель с учетом стохастических факторов, повышающая точность до 10%. Полученная закономерность позволяет повысить надежность эксплуатации электродвигателей в экстремальных условиях на 10-15%.

7. В связи с сезонностью использования электроустановок одним из факторов улучшения их эксплуатационных свойств является режим совмещенного использования и структурного резервирования электрооборудования. В работе определены границы эффективного применения совмещенного использования.

8. Разработана методика управления режимами электропотреблением распределительных электрических питающих сетей и сельскохозяйственного электрооборудования, обеспечивающие снижение расхода электроэнергии и повышение надежности.

#### СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Рысалиев А.С. Выбор критерия оптимальности электрооборудования в сельском хозяйстве // Известия КНТУ им. И. Раззакова №7, Бишкек 2005 г.-С. 69-72.

2. Кадыркулов С.С., Рысалиев А.С. Укрупненный анализ показателей существующих сетей 10 кВ сельских районов Кыргызстана // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-технической конференции АИЭИС, Алматы 2000 г. -С. 95-97.

3. Суеркулов М.А., Рысалиев А.С., Куржунбаева Р.Б. // Управление электропотреблением в условиях рыночной экономики. Сборник научных трудов по материалам первой Международной научно-технической конференции АИЭИС, Алматы 1998 г.- С. 72-73.

4. Суеркулов М.А., Рысалиев А.С. Управление режимами электропотребления в системах электроснабжения // В сб. научных трудов по материалам Международной научно-технической конференции. Институт Автоматики, Бишкек 2000 г. - С. 476-480.

5. Рысалиев А.С. Принцип моделирования системы ИЭТС. // Известия вузов//.- № 3. Бишкек. 2005.-С.76-79.

6. Рысалиев А.С. Управление электропотреблением рассредоточенных производственных объектов // Известия вузов//.- № 4-Бишкек. 2005.-С. 10-12.

7. Рысалиев А.С. Метод определения оптимального интервала нагрузок проводников // Проблемы автоматики и управление // Научно-технический журнал. Институт автоматики. Бишкек. 2005 г.-С. 182-185.

8. Рысалиев А.С. Анализ надежности электроснабжения сельхозпотребителей. //Вестник КРСУ// №5. 2005 г.- С. 102-105.

9. Рысалиев А.С. О надежности воздушных линий электропередачи напряжением 0,4-10 кВ // Вестник Павлодарского Государственного университета им. С. Торайгырова // №3 2007 г. - С. 134-140.

#### РЕЗЮМЕ

##### **Рысалиев Абдикерим Сатиканович «Оптимизация режимов работы и эксплуатационных показателей электропотребителей сельскохозяйственного производства»**

*Ключевые слова: электроэнергетическая система, аварийное возмущение, управляющее воздействие, нелинейный элемент, теория катастроф, сборка, переходные процессы, последовательная оптимизация, оптимальное управление, система возбуждения.*

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01. – “Энергетические системы и комплексы”.

В диссертационной работе раскрыты вопросы оптимизации режимов работы эксплуатационных показателей электропроизводителей сельскохозяйственного производства. В результате создаются условия для более полного использования потенциальных возможностей электрооборудования, уменьшения дестабилизирующего воздействия и энергоёмкости процессов. Улучшение характеристик электрооборудования на стадиях разработки и изготовления. Повышение КПД, создание электрооборудования специального сельскохозяйственного назначения – важный резерв повышения эффективности эксплуатации электрооборудования в сельскохозяйственном секторе.

Улучшение комплектования, использования и обслуживания электроустановок, т.е. непосредственное повышение эффективности эксплуатации электрооборудования.

#### РЕЗЮМЕ

##### **Рысалиев Абдикерим Сатиканович**

##### **“Айыл чарба өндүрүшүндөгү электр сарптоочулардын иш шарттамдарын жана иштөө көрсөткүчтөрүн жакшылоо”**

05.14.01 – “Зардечилик торчолор жана комплекстер” адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты деген илимий даражасын алуу үчүн диссертация эмгеги.

Ачкыч сөздөр: электр зардечилик системи, бүлүнүүчүлүк таасир, башкаруучу аракет, сызыктуу эмес элемент, талкалануу назарияты, чогулма, өтмө жараян, удалай жакшылоо, жакшылап башкаруу, козголтуу системи.

Бул диссертациялык иште айыл чарба машинелери менен механиздеринин иштөө көрсөткүчтөрүн жана шарттамдарын жакшыртуу

ыкмалары каралган. Анын натыйжасында мүмкүнчүлүк толук колдонууга электр жабдууларынын туруксуздануу таасиринин жараяндардын зардечилик сыймдылуугу азайтуу шарты түзүлөт, электр жабдууларынын мүнөздөмөлөрү а ларды иштеп чыгаруу жана өндүрүү учурларында жакшырат, электр орнотмолорун тейлөө, себелдөө жана колдонуу жакшырат, б. а. электр жабдууларын иштетүүнүн майнаптуулугу артат.

Пайдалуу аракет коэффициентин жогорулатуу, атайын айыл чарбасына арналган электр жабдууларын жаратуу – бул айыл чарба тармагындагы электр жабдууларынын майнаптуулугун жогорулатуунун маанилуу камдыгы.

#### SUMMARY

##### **Ryrsaliev Abdikerim Satikanovich "Optimization of works regimes and exluatated befits of electro needs of agricultural industry"**

The Ph. Thesis for the scientific degree of candidate of technical sciences.  
Speciality 05.14.01 – Energy system and complexes

*Key words: electric energetic system, emergency indignation, controlling influence, chaotic fluctuation, a nonlinear element, theory of catastrophe, assembly, transitional process, successive optimization, optimal management, system of excitement.*

In dissertation work the perfection of agricultural machines and mechanisms technological, process and production methods of agriculture and discovered. In the result the condition for fullest use potential opportunities on electric equipment, decrease disability influence, energy of capacity process. Improvement of characteristics of an electric equipment at stages of development and manufacturing. Increase of useful action coefficient, creation the electric equipment of special agricultural finding – the important reserve of increase of efficiency of operation of an electric equipment in agricultural sector.

Improvement of acquisition, use and service of electroinstallations, i.e. direct increase of efficiency of operation of an electric equipment.