



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский государственный горный университет»
(ФГБОУ ВО «УГГУ»)

Куйбышева ул., д.30, Екатеринбург, 620144, тел./факс: (343) 257-25-47/ 251-48-38
E-mail: office@ursmu.ru, http://www.ursmu.ru
ОКПО 02069237, ОГРН 1036603993777, ИНН/КПП 6661001004/667101001

19.09.2019 № 03-01/25-191

На № _____

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе,
д-р техн. наук, профессор



Р. А. Апакашев

« 19 » 09 2019 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет» на диссертацию Петухова Степана Викторовича «Исследование электропотребления и разработка рекомендаций по повышению энергоэффективности горных работ предприятий с открытой разработкой угля», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы

Содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 215 страницах машинописного текста, в том числе 168 страниц основного текста, содержит 29 таблиц, 20 рисунков, список использованной литературы из 114 наименований.

Актуальность темы выполненной работы

Диссертация Петухова С. В. посвящена созданию научно-технического и организационного комплекса решений с целью повышения эффективности функционирования электротехнических комплексов электро- и технологического оборудования горных предприятий с открытой разработкой угля.

По данным из опубликованных источников известно, что доля затрат на энергоресурсы, в том числе электроэнергию, и обслуживание энергетического комплекса в себестоимости продукции на отраслевых предприятиях России является высокой и составляет для горных предприятий угольной отрасли 18...23% от себестоимости.

В документе «Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года» отмечается, что в «целях энергосбережения и повышения энергетической эффективности организаций угольной промышленности предполагается осуществить следующие мероприятия: *снижение потребления активной энергии отдельными технологическими процессами, объектами и электроустановками за счет повышения степени загрузки и коэффициента полезного действия потребителей электрической энергии на угледобывающих и углеперерабатывающих предприятиях, снижения потерь электрической энергии во всех элементах системы электроснабжения, рационализации электропривода и электрических сетей...*», и, тем самым, поставлены задачи повышения эффективности функционирования энергетических и электротехнических комплексов.

Можно утверждать, что наиболее перспективным направлением повышения энергоэффективности предприятий угольной отрасли является исследование потребления электроэнергии за длительные промежутки времени и разработка на основе результатов таких исследований моделей электропотребления, что позволяет предложить и реализовать комплекс научно-технических и организационных мероприятий по повышению энергоэффективности электротехнических комплексов предприятий.

Поэтому исследования, направленные на совершенствование методов обеспечения эффективного функционирования электротехнических комплексов предприятий по добыче угля открытым способом на основе моделей потребления электроэнергии, являются актуальными для отрасли в научном и практическом плане.

Анализ содержания диссертационной работы

В первой главе «Современное состояние эффективности процесса электропотребления промышленных предприятий угольной отрасли» выполнен анализ состояния исследований в области оценки эффективности процесса электропотребления на угольных предприятиях. Сформулированы причины повышения энергоэффективности предприятий по инерционному сценарию, в числе которых недостаточный уровень аналитического описания процесса электропотребления и его эффективности, низкий уровень управления процессом электропотребления как энергетическим процессом с целью повышения энергоэффективности. На основании проведенного анализа обоснованы задачи диссертационного исследования.

Во второй главе «Методика исследования эффективности процесса электропотребления предприятий угольной отрасли» предложена методика исследования эффективности электропотребления предприятий угольной отрасли как энергетического процесса. Сформулированы методические принципы проведения исследований влияния производственно-технических и организационно-управленческих факторов, обуславливающих действия персонала, на повышение эф-

фективности электропотребления. Предложенная методика исследования эффективности процесса электропотребления позволяет: учесть вероятностный характер процесса электропотребления с интеграцией энергетических и технологических показателей процессов горного производства; оценить статистические характеристики и установить вероятностные законы распределения величин, обуславливающих эффективность электропотребления; установить уровень развития управления процессом электропотребления и оценить уровень организационно-аналитического обеспечения персонала – участников процесса электропотребления.

В третьей главе «Исследование процесса электропотребления горных предприятий угольной отрасли» на основе экспериментальных данных выполнено исследование, охватывающее широкий круг предприятий и технологических процессов: предприятия с открытой разработкой каменного и бурового углей; различные виды технологических процессов – автотранспортная, бестранспортная и железнодорожная вскрыша; добыча, отгрузка угля, приёмка и укладка вскрышных пород в отвалы; различные типы (механические лопаты, драглайны, роторные) и марки экскаваторов.

В результате получены индивидуальные (для отдельных экскаваторов) оценки статистических параметров нормальных законов распределения энерготехнологических факторов выемочно-погрузочных работ – объемов работ за период смены, расхода и удельного потребления электроэнергии. Также установлены индивидуальные линейные корреляционные зависимости сменного расхода и удельного потребления электроэнергии от сменного объема работы экскаваторных работ с анализом параметров таких зависимостей: степени корреляционной связи, статистической значимостью коэффициентов корреляции, детерминации и коэффициентов уравнения связи. Точность корреляционных зависимостей, установленная по средним относительным ошибкам аппроксимации, которые не превысили 10-12%, является достаточно высокой.

В четвертой главе «Исследование обобщенных энерготехнологических характеристик экскаваторных работ на угледобывающих предприятиях» на основе данных статистической отчетности установлены обобщенные (для групп однотипных экскаваторов определенных марок) статистические модели и корреляционные зависимости выемочно-погрузочных работ для среднесменных показателей работы горных машин – производительности, коэффициента технической производительности и удельного электропотребления вскрышных и добычных отгрузочных работ, выполняемых различными типами (механические лопаты и драглайны) и марками экскаваторов. Обобщенные статистические выборки сформированы с проверкой на отсутствие значимых статистических различий в индивидуальных выборках указанных показателей работы по критерию Ван-дер-Вардена.

Автором установлено, что обобщенные статистические вероятностные модели вышеуказанных энерготехнологических показателей работы согласуются с нормальным законом распределения; обобщенные корреляционные зависимости удельного электропотребления от объемов работ описываются линейными и

гиперболическими уравнениями, а корреляционные зависимости удельного электропотребления от коэффициента технической производительности – линейными и логарифмическими уравнениями. Установленные обобщенные корреляционные зависимости являются статистически значимыми, средние относительные ошибки аппроксимации не превышают 10-15%, что свидетельствует о их достаточной точности.

В пятой главе «Исследование управления потреблением электроэнергии предприятий угольной отрасли» получены оценки уровней развития технических и управленческих факторов процесса электропотребления как объекта управления с целью повышения энергоэффективности угольных предприятий.

Автором показано, что указанные факторы имеют потенциал развития, обеспечивающий повышение эффективности процесса электропотребления. Вместе с этим дается анализ условий, обеспечивающих организационное, информационно-аналитическое обеспечение управления повышением эффективности электропотребления.

В шестой главе «Разработка рекомендаций по управлению электропотреблением с целью повышения энергоэффективности предприятий угольной отрасли» на основании выполненных исследований разработаны рекомендации по повышению эффективности электропотребления предприятий угольной отрасли, в том числе рекомендации по созданию программно-математического комплекса для управления процессом электропотребления с целью повышения энергоэффективности.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна исследований состоит в следующем.

1. Предложены и экспериментально подтверждены методические принципы исследования эффективности процесса электропотребления на предприятиях угольной отрасли, комплексно учитывающие влияние горно-геологических, климато-метеорологических, производственно-технологических факторов и факторов, обуславливающих деятельность персонала, участвующего в процессах распределения и преобразования электроэнергии.

2. Получены индивидуальные (для отдельных типов и марок экскаваторов) и обобщенные (для групп однотипных экскаваторов определенных марок) модели в виде нормальных законов распределения вероятностей, описывающие вероятностные свойства энерготехнологических показателей вскрышных, добычных и отгрузочных экскаваторных работ предприятий с открытой разработкой угля.

3. Получены индивидуальные и обобщенные математические модели энерготехнологических показателей в виде линейных, логарифмических и гиперболических зависимостей удельного электропотребления от технологических

параметров вскрышных, добычных и отгрузочных работ предприятий с открытой разработкой угля.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации Петухова С. В., подтверждается:

научно-обоснованной постановкой задач исследования, основанной, в том числе, на анализе современного состояния проблемы;

корректным применением методов теории вероятностей и математической статистики для теоретического анализа представительных экспериментальных данных, полученных в условиях предприятий с открытой разработкой угля;

допустимыми для научных исследований в области технических наук и инженерных приложений значениями погрешностей математических моделей процессов электропотребления, принадлежащих интервалу 10...15%;

сходимостью результатов исследования с результатами их практического использования в производственной практике предприятий АО «СУЭК – Красноярск», ООО «СУЭК – Хакасия» и др.

Научная и практическая значимость результатов

Значимость полученных автором диссертации результатов для науки заключается в классификации факторов, оказывающих влияние на потребление электроэнергии угольными разрезами, и установлении параметров функций распределения вероятности и аналитических зависимостей для математического описания в виде вероятностных и статистических моделей вскрышных, добычных, отгрузочных экскаваторных работ на основе: 1) предложенной методологии исследования, 2) имеющегося представительного набора экспериментальных данных о связи показателей электропотребления с техно-технологическими и управленческими факторами, 3) методов теории вероятностей и математической статистики.

Значимость результатов диссертации для производства (практики) заключается в том, что:

1) разработаны и внедрены на действующих предприятиях угольной отрасли процедуры системного управления, учитывающие техно-технологические факторы и факторы, обуславливающие деятельность персонала, участвующего в процессе электропотребления;

2) создан и внедрен программно-аналитический комплекс по управлению электропотреблением, обеспечивающий реализацию системного принципа управления электропотреблением на основе интеграции техно-технологических и управленческих целей управления для повышения энергоэффективности предприятий Сибирской угольной энергетической компании.

3) полученные в работе результаты и предложенные рекомендации по адресной мотивации персонала обеспечивают повышение эффективности приме-

нения электроэнергии на производстве, повышение уровня планирования, нормирования, оперативного управления, отчетности и анализа эффективности процесса электропотребления.

Практическая значимость результатов исследований и новых научно-технических решений, изложенных в работе, обеспечивающих повышение эффективности функционирования электротехнических комплексов, подтверждается двумя справками об использовании результатов диссертационной работы на предприятиях Сибирской угольной энергетической компании.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Функции распределения вероятности и аналитические зависимости для математического описания в виде вероятностных и статистических моделей вскрышных, добычных, отгрузочных экскаваторных работ рекомендуются к использованию в научных подразделениях и электротехнических отделах проектных институтов минерально-сырьевой, энергетической и смежных отраслей, в том числе институтах «Сибгипрошахт», г. Новосибирск, «Кузбассгипрошахт», г. Кемерово, «Гипроуголь», г. Новосибирск, «Гипрошахт», г. Санкт-Петербург, «Якутнипроалмаз» АК АЛРОСА (ПАО), г. Мирный, «Уралгипрошахт», г. Екатеринбург, для решения задач, связанных с оценкой проектных показателей при разработке экономических и технических разделов проектной документации.

Программные комплексы и организационные мероприятия, предложенные в работе, могут быть рекомендованы к использованию в службах главного энергетика угольных предприятий для решения задач повышения энергоэффективности производства.

Разработанные методики получения вероятностных и статистических моделей электропотребления технологическим комплексом крупных горных предприятий и оценки энергоэффективности по критерию потребления электроэнергии могут быть рекомендованы к использованию при обучении по программам бакалавриата и магистратуры по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» и специалитета «Горное дело» по специализации «Электрификация и автоматизация горного производства».

Апробация работы

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на семи международных и российских конференциях.

По результатам исследований опубликовано 9 научных работ, в том числе 2 статьи в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ.

Замечания

1. Полученные в работе результаты не учитывают вклад других возможных потребителей электроэнергии на открытых горных работах – буровых стан-

ков, водоотливных установок, железнодорожного транспорта. В связи с этим следует уточнить область применимости полученных автором результатов для оценки общего потребления электроэнергии горными предприятиями, на которых имеются указанные виды потребителей электроэнергии.

2. На с. 75 диссертации указано, что «средние значения и значения медиан энерготехнологических показателей экскаваторов одинаковых марок, выполняющих вскрышные работы по одинаковым технологическим схемам, имеют близкие друг к другу значения». Следовало количественно определить степень отличия указанных параметров в рассматриваемых случаях, что, при незначительной степени отличия, позволило бы установить закономерности потребления электроэнергии экскаваторами одинаковых марок в заданных горно-технологических условиях.

3. С учетом того, что на электропотребление выемочно-погрузочных работ влияет значительное число факторов, следовало рассмотреть вопрос об использовании многофакторных моделей электропотребления при условии, что факторы являются взаимно независимыми случайными величинами, для которых известны, или могут быть априорно достоверно установлены вероятностные распределения.

4. При выборе вида энерготехнологических моделей следовало рассмотреть модели на основе искусственных нейронных сетей.

Заключение

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты. Содержание глав и разделов диссертации достаточно полно раскрывает существо решаемых автором задач, методы их решения и полученные результаты. Предложенные автором решения аргументированы, показано преимущество предложенных решений по сравнению с известными.

В диссертации приведены сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов, в том числе имеются справки о внедрении результатов работы.

Диссертация Петухова С. В. соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней НИТУ МИСиС, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические и организационные решения и разработки в области повышения энергоэффективности горных предприятий, имеющие существенное значение для развития угольной отрасли страны, имеет научную и практическую новизну и значимость, а ее автор, Петухов Степан Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.09.03 – Электротехнические комплексы и системы.

Диссертационная работа Петухова С. В. «Исследование электропотребления и разработка рекомендаций по повышению энергоэффективности горных работ предприятий с открытой разработкой угля» и автореферат диссертационной

