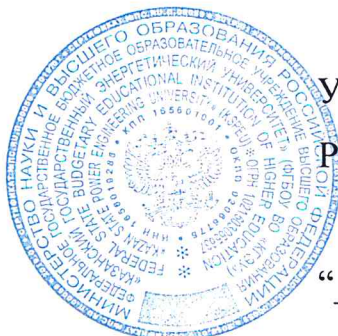




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

КГЭУ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Э.Ю. Абдуллазянов

« 22 » марта 2019 г.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГЭУ»)

Диссертация «Моделирование и оптимизация среднесрочных и краткосрочных режимов функционирования гидроэнергетических систем» выполнена на кафедре «Инженерная кибернетика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет».

В период подготовки диссертации с 2012-2015 гг. соискатель Мардиханов Айрат Ханифович работал инженером I категории по работе на оптовом рынке электроэнергии филиала ОАО «Генерирующая компания» - Нижнекамская ГЭС; с 2015 г. по настоящее время работает инженером I категории управления АО «Татэнерго».

В 2010 году с отличием окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Камская государственная инженерно-экономическая академия» по специальности «Автоматизированные системы обработки информации и управления», диплом № ВСА 1089439.

С 2010-2013 гг. обучался в аспирантуре очного отделения Набережночелнинского института ФГАОУВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации».

Документ о сдаче кандидатских экзаменов выдан в 2019 году ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

Научный руководитель - доктор технических наук Шарифуллин Вилен Насибович, профессор кафедры «Инженерная кибернетика» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

По итогам обсуждения диссертации Мардиханова Айрата Ханифовича «Моделирование и оптимизация среднесрочных и краткосрочных режимов функционирования гидроэнергетических систем» принято следующее заключение:

## **1. Актуальность**

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что гидроэнергетические комплексы входят в состав двух систем: энергетической и водохозяйственной, каждая из которых обеспечивает многие отрасли народного хозяйства. Данная особенность заставляет рассматривать задачу оптимизации режима гидроэнергетической системы как общесистемную, неразрывно связанную с особенностями энергетического производства и водохозяйственной деятельности. В настоящее время отсутствует эффективная модель эксплуатации гидроэнергетического комплекса, которая позволяет в равной доле учитывать интересы всех водопользователей. Данное обстоятельство год от года все больше обостряет противоречия между водопользователями, что в свою очередь приводит как к ухудшению энергетической эффективности работы ГЭС в ЕЭС России, так и к ухудшению эффективности работы водохозяйственного комплекса.

К тому же настоящий этап развития энергетики характеризуется большей свободой электрических станций: нет РАО ЕЭС, нет жесткой привязки к тепловым станциям (ТЭС), появился оптовый рынок электроэнергии, в связи с чем возникают новые задачи краткосрочной (суточной) оптимизации режимов работы гидроэлектростанций в условиях непрерывной адаптации характеристик по данным телеметрических измерений.

## **2. Научная новизна результатов работы**

Научная новизна характеризуется тем, что были получены следующие результаты:

1) Разработана методика и алгоритм поиска компромиссных решений по формированию среднесрочных режимов функционирования гидроэнергетической системы в условиях наличия неопределенного количества требований участников водохозяйственного комплекса.

2) Разработана методика и алгоритмы оптимального планирования суточной нагрузки ГЭС с учетом функционирования оптового рынка электроэнергии и мощности.

3) Разработана методика и алгоритм прогноза уровня нижнего бьефа гидроузлов на основании непрерывной калибровки существующих характеристик

по данным телеметрических измерений.

4) Разработан метод и алгоритм непрерывного контроля комбинаторного рассогласования лопаток направляющего аппарата с лопастями рабочего колеса поворотно-лопастных гидротурбин.

### **3. Научная и практическая значимость результатов**

Практическая ценность:

1) Разработан программный комплекс расчета компромиссных решений по формированию среднесрочных режимов функционирования гидроэнергетической системы в условиях наличия неопределенного количества требований участников водохозяйственного комплекса (<http://hydrocascade.com>).

2) Разработан программный комплекс оптимального планирования суточной нагрузки ГЭС с учетом функционирования оптового рынка электроэнергии и мощности.

3) Разработано программное решение прогноза уровня нижнего бьефа гидроузлов на основании непрерывной калибровки существующих характеристик по данным телеметрических измерений.

4) Программный продукт эксплуатируется в АО «Татэнерго» для расчета режимов функционирования Нижнекамской ГЭС. Экономический эффект от реализации автором рационализаторского предложения «исследование оптимальных ограничений мощности русловых каскадных ГЭС с учетом текущего вибрационного состояния генерирующего оборудования в рамках действующих регламентов ОРЭМ» составил в первый год внедрения 99,9 млн. рублей, во второй год внедрения 99,1 млн. рублей. Экономический эффект от реализации автором рационализаторского предложения «автоматизированная система планирования суточной нагрузки ГЭС в условиях дифференцированной цены на электроэнергию» составил в первый год внедрения 3,4 млн. рублей, во второй год внедрения 3,3 млн. рублей. Таким образом, среднегодовой экономический эффект от реализации автором рационализаторских предложений, функционирующих на основании разработанных в рамках данной работы методик, составляет ~ 102,85 млн. рублей ежегодно.

5) Разработанный программный комплекс формирования режимов функционирования гидроэнергетической системы используется в АО «Татэнерго» и Министерстве экологии и природных ресурсов Республики Татарстан для подготовки предложений к заседаниям межведомственной рабочей группы по формированию режимов работы ГЭС Волжско-Камского каскада при Федеральном агентстве водных ресурсов.

Теоретическая ценность:

1) Разработка математической модели гидроэнергетической системы с описанием структуры функционирования каскада.

2) Разработка методики и алгоритма поиска компромиссных решений при формировании среднесрочных режимов функционирования гидроэнергетической системы в условиях наличия неопределенного количества требований участников водохозяйственного комплекса, а также разработка методики и алгоритма оптимального планирования суточной нагрузки ГЭС с учетом функционирования оптового рынка электроэнергии и мощности.

#### **4. Личное участие автора в получении результатов научных исследований, изложенных в диссертации**

Автором была разработана методика и алгоритм поиска компромиссных решений по формированию среднесрочных режимов функционирования гидроэнергетической системы в условиях наличия неопределенного количества требований участников водохозяйственного комплекса; разработана методика и алгоритмы оптимального планирования суточной нагрузки ГЭС с учетом функционирования оптового рынка электроэнергии и мощности; разработана методика и алгоритм прогноза уровня нижнего бьефа гидроузлов на основании непрерывной калибровки существующих характеристик по данным телеметрических измерений; разработан метод и алгоритм непрерывного контроля комбинаторного рассогласования лопаток направляющего аппарата с лопастями рабочего колеса поворотного-лопастных гидротурбин.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

В диссертации соискатель Мардиханов А.Х. ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов.

#### **5. Степень достоверности результатов проведенных исследований**

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов подтверждается использованием общепринятых методов теоретических и экспериментальных исследований, корректным использованием математического аппарата, удовлетворительными результатами измерений.

#### **6. Соответствие диссертации научной специальности**

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положением, диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 05.14.01. «Энергетические системы и комплексы» в части области исследования:

п.1 – разработка научных основ исследования общих свойств, создания и принципов функционирования энергетических систем и комплексов, фундаментальные и прикладные системные исследования проблем развития энергетики городов, регионов и государства, топливно-энергетического комплекса страны;

п.3 – использование на этапе проектирования и в период эксплуатации методов математического моделирования с целью исследования и оптимизации структуры и параметров энергетических систем и комплексов и происходящих в системах энергетических процессов.

## **7. Полнота изложения результатов диссертации в работах, опубликованных автором**

Основное содержание диссертации изложено в 14 печатных работах, из них 7 статей в журналах, входящих в перечень ВАК, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 монография и 5 публикаций в материалах всероссийских и международных научных конференций. Общий объем публикаций составляет 8,5 п.л.

### *Статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК РФ*

1. Мардиханов, А.Х. Моделирование и оптимизация производства электроэнергии на ГЭС / А.Х. Мардиханов, В.Н. Шарифуллин // Электрические станции. – 2013г. – № 2(979). – С. 36-40 (общий объем – 0,3125 п.л., личный вклад – 0,1562 п.л.).

2. Мардиханов, А.Х. Организация суточных режимов смешанной энергосистемы ТЭС-ГЭС в условиях свободного планирования нагрузки / А.Х. Мардиханов, В.Н. Шарифуллин, А.В. Шарифуллин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – № 7-8. – С. 47-52 (общий объем – 0,375 п.л., личный вклад – 0,125 п.л.).

3. Мардиханов, А.Х. Исследование оптимальных ограничений мощности каскадных ГЭС в условиях оптового рынка электроэнергии / А.Х.Мардиханов // Энергетика Татарстана. – 2015. – № 3(39). – С. 12-15 (общий объем – 0,3125 п.л., личный вклад – 0,3125 п.л.).

4. Мардиханов, А.Х. Программный комплекс оптимального планирования суточной нагрузки ГЭС / А.Х. Мардиханов, В.Н. Шарифуллин // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2012. – № 5-6. – С. 114-118 (общий объем – 0,3125 п.л., личный вклад – 0,1562 п.л.).

5. Мардиханов, А.Х. Оптимальное планирование ограничений мощности Нижнекамской ГЭС с учетом действующих и планируемых к изменению регламентов ОРЭМ / А.Х. Мардиханов // Вестник Казанского государственного

энергетического университета. – 2015 (общий объем – 0,6875 п.л., личный вклад – 0,6875 п.л.).

6. Мардиханов, А.Х. Математический анализ энергоэффективности эксплуатации трансформаторов в условиях неравномерности их нагрузки / А.Х. Мардиханов, В.Н. Шарифуллин, А.В. Шарифуллин // Промышленная энергетика. – 2013. – №11. – С. 11-13 (общий объем – 0,1875 п.л., личный вклад – 0,0625 п.л.).

7. Мардиханов, А.Х. Методика прогноза уровня нижнего бьефа ГЭС в условиях суточного регулирования стока / А.Х. Мардиханов, В.Н. Шарифуллин / Гидротехническое строительство. – 2012. – №6. – С. 16-19 (общий объем – 0,3125 п.л., личный вклад – 0,1562 п.л.).

#### *Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ*

8. Программный комплекс оптимального планирования суточной нагрузки ГЭС: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ Рос. Федерация № 2012613398.: / А.Х. Мардиханов, В.Н. Шарифуллин. – 1 с.

#### *Монография*

9. Оперативное моделирование и оптимальное планирование краткосрочных режимов гидроэлектростанций / В.Н. Шарифуллин, А.Х. Мардиханов, А.В. Шарифуллин / Монография, ISBN 978-5-89873-445-9, КГЭУ, Казань, 2016г (общий объем – 3,25 п.л., личный вклад – 1,083 п.л.).

В диссертационной работе не выявлено использования материалов или отдельных результатов без ссылок на автора или источник заимствования, включая работы, выполненных соискателем лично и/или в соавторстве.

### **8. Апробация работы**

Основные результаты работы докладывались на международных и общероссийских конференциях, в том числе: на Региональной конференции по диспетчеризации в электроэнергетике (Казань, 2011), на Всероссийской конференции «Тинчуринские чтения» (Казань, 2012), на межрегиональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Камские чтения» (Набережные Челны, 2010), на международной научно-практической конференции «Энергосбережение, электромагнитная совместимость и качество в электрических системах» (Пенза, 2011), на XV Международном симпозиуме «Энергоресурсоэффективность и энергосбережение» (Казань, 2015), на молодежной научно-практической конференции ОАО «Генерирующая компания» - 2015 (г. Казань, 2015г.), на молодежной научно-практической конференции АО «Татэнерго» - 2017 (Казань, 2017), на XXV международной научно-технической конференции студентов и

аспирантов «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика» (Москва, 2019).

## **9. Ценность научных работ соискателя**

Ценность научных работ соискателя состоит в проведении исследований, результаты которых направлены на разработку методики, алгоритмов и программы поиска компромиссных решений по формированию среднесрочных режимов функционирования гидроэнергетических систем в условиях наличия неопределенного количества требований участников водохозяйственного комплекса, а также разработку методики, алгоритмов и программы формирования оптимальных краткосрочных режимов функционирования ГЭС. По результатам проведенных исследований разработан программный комплекс формирования режимов функционирования гидроэнергетических систем, который используется в АО «Татэнерго» и Министерстве экологии и природных ресурсов Республики Татарстан для подготовки предложений к заседаниям межведомственной рабочей группы по формированию режимов работы ГЭС Волжско-Камского каскада при Федеральном агентстве водных ресурсов.

## **10. Характер результатов**

Характер результатов диссертации соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней ВАК Министерства образования и науки РФ.

## **11. Выводы**

Диссертация Мардиханова Айрата Ханифовича является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Мардиханову А.Х.; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

Диссертация обобщает самостоятельные исследования автора, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые на защиту, свидетельствует о личном вкладе автора в науку. При выполнении диссертационной работы Мардиханов А.Х. проявил себя зрелым научным работником, способным ставить и решать сложные теоретические и практические задачи.

Работа соответствует критериям Положения о присуждении ученых степеней, принятого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24

сентября 2013 г. №842, с изменениями, принятыми Постановлением Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. №335, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация «Моделирование и оптимизация среднесрочных и краткосрочных режимов функционирования гидроэнергетических систем» Мардиханова Айрата Ханифовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – «Энергетические системы и комплексы».

Заключение принято на расширенном заседании кафедры «Инженерная кибернетика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет».

Присутствовало на заседании 15 чел. Результаты голосования: «за» - 15 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол №4 от «21» марта 2019 года.

Председатель заседания:

Смирнов Юрий Николаевич,  
к.ф-м.н, доцент,  
зав. кафедрой «Инженерная кибернетика»  
ФГБОУ ВО «КГЭУ»



Секретарь заседания:

Соловьев Сергей Анатольевич,  
к.ф-м.н.,  
доцент кафедры «Инженерная кибернетика»  
ФГБОУ ВО «КГЭУ»



ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»:  
420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, д.51,  
Тел. (843)519-42-63, e-mail: ikkgeu@mail.ru

Сведения о лице, утвердившем заключение

Абдуллазянов Эдвард Юнусович, кандидат технических наук, доцент  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», ректор,  
420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, д.51,  
Тел. (843)519-42-02 e-mail: rector@kgeu.ru

Подпись Смирнов  
удостоверяю.

Специальность Ук:

70.8.01 Соловьев С.А.

Смирнов А.А.

