

## **ОТЗЫВ**

официального оппонента Колосок Ирины Николаевны  
на диссертацию Худжасаидова Джахонгира Худжасаидовича  
«Анализ и планирование режимов электроэнергетической системы с  
каскадом гидроэлектростанций  
(на примере электроэнергетической системы Памира)»,  
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по  
специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы

На отзыв представлены: диссертационная работа, состоящая из введения, четырех глав с выводами, заключения, библиографического списка из 114 наименований и 9 приложений.

### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ**

В настоящее время в связи с резким ростом цен на ископаемые источники энергии в энергобалансе многих стран мира растет доля возобновляемых источников электроэнергии. Значительная роль здесь отводится малым ГЭС и их каскадам. Управление режимами электроэнергетических систем (ЭЭС) с каскадами ГЭС является сложной задачей, при решении которой необходимо учитывать множество различных факторов.

В ЭЭС Памира, расположенной в горных районах Республики Таджикистан, основными генерирующими источниками являются единичные ГЭС и их каскады. В связи с тем, что ЭЭС Таджикистана работает изолированно, в ней существует дефицит электроэнергии в зимний и избыток в летний период времени. Это требует проведения исследований в области эффективного использования энергоресурсов ГЭС и оптимизации их режимов в долгосрочном и краткосрочном циклах управления. Планирование и управление ЭЭС ввиду сложности объекта управления может осуществляться только с использованием методов моделирования энергосистемы. Эти задачи существенно усложняются для ЭЭС, содержащих большой процент ГЭС, поскольку для таких ЭЭС необходимо проводить оптимизацию как для гидроэнергетических, так и для электрических режимов. Существующие подходы, используемые для решения аналогичных задач, не в полной мере учитывают эту взаимосвязь и особенности функционирования таких ЭЭС. В диссертационной работе для решения задач оптимального управления режимами ЭЭС на примере ЭЭС Памира с

учетом ее специфики и свойств предложено использовать методы имитационного моделирования, позволяющие не только строить модели сложных систем, но и исследовать их свойства в различных условиях функционирования. Поэтому тема диссертационной работы, посвященная разработке теории и практики решения задач анализа и планирования режимов ЭЭС с каскадами ГЭС на базе методов имитационного моделирования, **является актуальной.**

### **ОБОСНОВАННОСТЬ И ДОСТОВЕРНОСТЬ НАУЧНЫХ ВЫВОДОВ, ПОЛОЖЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИЙ**

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена корректным применением общей теории функционирования энергосистем, методов планирования и оптимизации режимов ЭЭС, в том числе водноэнергетических режимов ГЭС и каскадов ГЭС, методов динамического и нелинейного программирования, методов математического и имитационного моделирования.

Корректность и эффективность разработанных методов и алгоритмов оценивалась проведением расчетов с помощью разработанных автором программ и промышленных средств для расчета режимов ЭЭС на тестовых и реальных схемах и непротиворечивостью полученных результатов.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, отвечает требованиям к научным квалификационным работам.

### **НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЙ И ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

В области решения задач исследования режимов ЭЭС с каскадами ГЭС выполнено много исследований и разработано большое количество методов и алгоритмов. Задача автора состояла в анализе проблем, связанных с более полным учетом особенностей высокогорных ГЭС Памира и их водных режимов и разработке методов, позволяющих их решить. Научная новизна работы состоит в следующем.

1. На основе анализа современных методов и подходов к исследованию режимов работы энергосистем, имеющих в своем составе каскады ГЭС, выявлены их слабые стороны и сформулированы требования к методам решения задач планирования и анализа режимов ЭЭС с каскадами ГЭС и используемым математическим моделям.
2. Разработана математическая модель каскада гидроэлектростанций, которая позволяет учитывать взаимосвязь гидравлических и электрических режимов при управлении ЭЭС.

3. На основе методов математического и имитационного моделирования разработана универсальная модель, позволяющая проводить имитационные расчеты, выполнять анализ результатов и принимать решения по оптимальному планированию режимов ЭЭС с гидроэлектростанциями.
4. Предложена методика моделирования суточных графиков нагрузки с использованием методов искусственного интеллекта, позволяющая прогнозировать графики нагрузки в условиях неполноты исходной информации и обеспечивающая необходимую точность прогноза.

### **ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Разработанные автором основные блоки имитационной модели для эффективного планирования режимов ЭЭС с учетом индивидуальных особенностей управления гидроагрегатами ГЭС обеспечивают оптимальное использование водных ресурсов и повышение эффективности работы ГЭС, а также позволяют повысить эксплуатационную надежность и экономичность функционирования ЭЭС. Расчеты, проведенные для ЭЭС Памира, показали эффективность предложенных подходов, обеспечивающих более корректные результаты по сравнению с существующими методиками.

Результаты, полученные в диссертационной работе, приняты для использования в ОАО «Памирская Энергетическая Компания» и ОАХК «Барки Точик», что подтверждается актами внедрения. На программные средства, разработанные на основе предложенных в работе методов и алгоритмов, получены свидетельства о государственной регистрации.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СООТВЕТСТВИИ ДИССЕРТАЦИИ УСТАНОВЛЕННЫМ КРИТЕРИЯМ**

Диссертационная работа Худжасаидова Д. Х. в полном объеме отвечает критериям, которые установлены "Положением о присуждении ученых степеней", утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842. В ней соблюдены следующие принципы соответствия:

1. Указанная диссертантом *цель работы* – Разработка имитационной модели для решения прикладных задач анализа и планирования режимов ЭЭС с каскадом гидроэлектростанций, позволяющей исследовать свойства энергосистемы с учетом фактора времени и повысить эффективность ее функционирования – *реализована в рамках представленной диссертационной работы.*

2. *Автореферат* диссертации соответствует *диссертационной работе* по всем квалификационным признакам: по цели, задачам исследования, основным положениям, определению актуальности, научной значимости, новизны, практической ценности и др.

3. *Основные выводы и результаты* диссертационной работы *соответствуют поставленным задачам* исследований и сформулированы автором структурно-содержательно.

4. Научные *публикации* Худжасаидова Д. Х., изданные в период с 2015 по 2018 гг., *соответствуют диссертационной работе* и с достаточной полнотой отражают ее суть, основные результаты и выводы.

5. *Тема и содержание* диссертации Худжасаидова Д. Х. *соответствует паспорту* специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Диссертационная работа Худжасаидова Д. Х. написана доступным языком, корректным в научном и техническом отношении. Материалы и результаты исследований изложены в объеме, достаточном для понимания, четко, доступно и репрезентативно. Результаты, полученные диссертантом, являются вкладом в теорию расчета установившихся режимов ЭЭС с каскадами ГЭС.

#### **ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ ПО СОДЕРЖАНИЮ ДИССЕРТАЦИИ**

1. В работе используется термин «постоянная электроэнергия» (стр.4, 28). Следует пояснить, что имеется в виду – постоянная по величине, постоянно поступающая или что-то еще?
2. В диссертации для выбора состава и загрузки агрегатов ГЭС используется метод динамического программирования. Этот метод является достаточно трудоемким и не является быстродействующим. Выбор состава агрегатов ГЭС при одинаковых расходных характеристиках, как на ГЭС Памир-1, не требует применения метода динамического программирования.
3. Все ГЭС, режимы которых исследуются в диссертационной работе, являются низконапорными, при оптимизации режимов работы таких ГЭС требуется учитывать изменения напора.
4. В последние годы широкое применение в задачах прогнозирования нагрузки получили методы машинного обучения, такие как искусственные нейронные сети (ИНС), метод опорных векторов, деревья решений. Как следует из публикаций, эти методы дают более точные прогнозы (не больше 4%), чем методы, используемые в работе. В разделе по анализу основных методов прогнозирования ЭЭС следовало рассмотреть вопросы применения этих методов.

5. По разделу, иллюстрирующему для схемы Памира (рис.40) применение метода адресности мощности, передаваемой из генераторных узлов в нагрузочные узлы, имеются вопросы:

- в схеме рис 40 отсутствует генераторный узел 1;
- из таблицы 17 следует, что 1 генератор передает 7967.9 кВт в узел 2, из которых после учета потерь в ветви 1-2, в узел 2 поступает 7959.95 кВт; эта же мощность по схеме рис.40 должна передаваться в узел 3; даже в том случае, если часть мощности потребляется во 2 узле, указанный в 3 строке табл.17 коэффициент адресности 0.769, определяет эту мощность равной 6121.2 кВт, а не 6130.8, как у автора;
- что означают нули, во всех столбцах табл.18, отсутствие нагрузки в узле 2?

6. Замечания по оформлению диссертационной работы:

- в гидроэнергетике активная мощность гидроагрегата, станции обозначается символом “N”, в электроэнергетике для обозначения активной мощности используется символом “P”. В тексте диссертации используются оба обозначения, и это понятно, но в ряде случаев, как, например, в формуле (15), на одной странице используется обозначение P, а в расшифровке формулы стоит N, и это затрудняет понимание;
- в тексте не раскрыто сокращение НПУ, в списке сокращений его тоже нет;
- на стр.66 в формулах (11)-(14) не все индексы  $i$  и  $j$  указаны верно.

### **ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Представленная диссертационная работа Худжасаидова Д. Х. является самостоятельной, законченной научно-квалификационной работой, имеющей актуальность, научную новизну и практическую значимость. В ней решена важная научно-техническая задача отраслевого значения – разработаны и практически реализованы методы анализа и планирования режимов ЭЭС с каскадами ГЭС.

Задачи, решаемые в работе, объединены общей научной идеей совершенствования принципов управления режимами работы современных ЭЭС. Конечной целью является повышение эффективности управления энергосистем с каскадами ГЭС в нормальных режимах работы.

Основные научные выводы и практические рекомендации сделаны на основе глубокого анализа современных требований к задачам диспетчерского управления нормальными режимами энергосистем и методам их решения, в связи с чем, содержание представляемой работы полностью соответствует паспорту специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Содержание диссертации полностью соответствует поставленным задачам и подробно отражает последовательность их решения. Диссертация написана логичным, понятным языком, выводы и рекомендации аргументированы.

Основные научные результаты диссертации подробно изложены в печатных работах; автор имеет 21 публикацию, 4 из них в изданиях, рекомендованных ВАК, и 2 являются свидетельствами о госрегистрации программ для ЭВМ. Результаты неоднократно докладывались и обсуждались на конференциях и семинарах различного уровня. Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации.

Диссертационная работа полностью отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», от 24 сентября 2013 г. № 842, а соискатель Худжасаидов Джахонгир Худжасаидович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.02 – Электрические станции и электроэнергетические системы.

Ведущий научный сотрудник  
Отдела электроэнергетических систем  
ИСЭМ СО РАН  
д-р. техн. наук (05.14.02), ст.н.с.



Колосок Ирина Николаевна

Подпись заверяю:

**Сведения о месте работы автора отзыва:**

Полное и сокращенное наименование организации	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИСЭМ СО РАН).
Место нахождения	664033, Иркутская область, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 130.
Телефон:	+7(3952) 500-646 доб.230, +7(3952) 42-47-00
Факс:	+7 (3952) 42-67-96
Адрес электронной почты	kolosok@isem.irk.ru
Адрес сайта организации	http://isem.irk.ru

С отзывом ознакомлен  
5 июня 2018 г.

Отзыв рассмотрен 5 июня 2018 г.  
А.А. Русина А.А.

Худжасаидов Джахонгир Х.И.