

**ОТЧЕТ**  
**о работе Всероссийской научно-практической конференции**  
**молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов**  
**«Гидроэлектростанции в XXI веке»**

1. Название конференции: Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов «Гидроэлектростанции в XXI» веке.

2. Сроки проведения: 22–23 мая 2014 года.

3. Фактическое количество участников:

- количество очных участников 65;
- количество заочных участников 15.

4. Состав организационного комитета:

– председатель оргкомитета: проректор по науке и международному сотрудничеству ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» С.В. Верховец;

– заместитель председателя: главный технический инспектор ОАО «РусГидро» В.А. Стафиевский;

– заместитель председателя: советник ректора ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» С. А. Подлесный, член Правления Ассоциации инженерного образования России;

– члены оргкомитета:

заместитель главного инженера Филиала ОАО «РусГидро» – «Саяно-Шушенская ГЭС им. П. С. Непорожного» В. В. Луфференко;

заведующий кафедрой «Электротехнологии и электротехника» ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» В. Н. Тимофеев, действительный член Академии электротехнических наук Российской Федерации;

директор Саяно-Шушенского филиала ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» Е. Ю. Затеева;

заведующий кафедрой Гидротехнических сооружений и гидромашин Саяно-Шушенского филиала ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» В. Б. Затеев;

заведующая Редакционно-издательским отделом Саяно-Шушенского филиала ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» А. А. Чабанова;

специалист Учебного отдела Саяно-Шушенского филиала ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет» Л. В. Левченко.

5. Научная программа:

секция 1 «Модернизация оборудования ГЭС. Управление режимами работы и контроль технического состояния основного и вспомогательного оборудования»;

секция 2 «Системы мониторинга состояния гидротехнических сооружений ГЭС»;

секция 3 «Интеллектуальные ГЭС и энергетические системы. Моделирование и информационные технологии в гидроэнергетике».

6. Библиографические данные сборника материалов конференции:

Гидроэлектростанции в XXI веке: сборник материалов Всероссийской науч.-практич. конф. / под ред. С.А. Подлесного, В.В. Луференко. – Саяногорск; Черемушки: Сиб. фед. ун-т; Саяно-Шушенский филиал, 2014. – 328 с.

7. Аналитический обзор по итогам конференции:

Россия располагает большим гидроэнергетическим потенциалом, что обеспечивает значительную часть (примерно 20 %) потребности в электроэнергии в стране. Поэтому **вопросы повышения эффективности функционирования гидроэлектростанций (ГЭС), их надежности и безопасности имеет крайне актуальное значение.**

**На пленарном заседании** были заслушаны следующие доклады:

- «Техническая политика ОАО «РусГидро», как основа технического развития компании» (А. С. Тимохин; ОАО «РусГидро»);
- «Технологии многомерного моделирования в гидроэнергетике» (О. С. Морозов; ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева»);
- «Социальная обусловленность больших электротехнических проектов» (П. А. Бутырин; НИУ «МЭИ», Академия электротехнических наук Российской Федерации);
- «Прогнозирование водно-энергетических режимов работы ГЭС в условиях изменения климата» (В. В. Елистратов; Центр «Возобновляемые виды энергии и установки на их основе» СПбГПУ);
- «Безопасность гидротехнических систем Сибири: угрозы, риски и остаточный ресурс» (В. В. Москвичев, А. М. Лепихин; СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН);
- «Модели и базы знаний об объектах и процессах гидроэнергетики» (М. Г. Тягунов, А. Г. Васьков, А. Н. Викулов, НИУ «МЭИ»).

Надежное и безопасное функционирование действующих производственных комплексов во многом определяется их техническим состоянием. Технологическая отсталость основных производственных фондов отмечается в последнее время в качестве одной из значимых проблем стратегического характера в деятельности не только ОАО «РусГидро», но и многих российских энергетических компаний.

Техническая политика ОАО «РусГидро» определяет техническое состояние как совокупность двух характеристик: физическое состояние и моральное состояние (уровень технического совершенства), требуя сбалансированного управления обоими этими компонентами. Приоритетом текущего этапа является уменьшение доли морального и физически изношенного оборудования.

Существенным сдерживающим фактором в решении задачи управления моральным состоянием производственных активов является отсутствие единой отраслевой системы управления знаниями, которая определяла бы возможные и требуемые направления технологического и технического развития, позволяла бы давать объективную оценку уровня совершенства того или иного решения. Преодоление этого информационного разрыва – **создание Базы данных технических решений** (специально формируемая и по-

стоянно актуализируемая база данных, обобщающая информацию обо всех известных решениях, потенциально возможных к применению). Такая база данных является инструментом проведения комплексных оценок: уровня технического совершенства оборудования, изменения этого уровня, альтернативных вариантов технических решений.

Реализация этапов жизненного цикла ГЭС связана с решением широкого круга задач с большим объемом входных и выходных данных, требующих постоянную их синхронизацию, что часто влечет за собой высокие финансовые и материальные затраты. В настоящее время в ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б. Е. Веденеева» ведутся работы по созданию **Единой информационной системы ГЭС (ЕИС ГЭС)**, обеспечивающей взаимодействие всех внутренних и внешних специалистов, работающих над проектом. В качестве интегрирующей базы выступает связанная с банком данных трехмерная модель объекта, отражающая этапы его строительства. ЕИС ГЭС представляет собой платформу, обеспечивающую централизованный доступ к различным информационным сервисам для управления ГЭС на всех этапах жизненного цикла от проектирования до вывода из эксплуатации для проектировщиков, специалистов по эксплуатации и менеджеров. В состав ЕИС ГЭС входят различные информационные сервисы, такие как проектные и интерактивные модели и их базы данных, вся проектная документация, документация по возведению и запуску в эксплуатацию объекта, сервисы коммуникации и совместной работы специалистов, различные средства мониторинга.

Развитие техники и общества взаимосвязаны и взаимообусловлены. **Электроэнергетические системы – классический пример социотехнических систем.** Такие системы представляют собой комплексы, включающие в себя как социальные, так и технические элементы, с погруженностью последних в политические, экономические, нормативно-правовые, ценностные, идеологические и иные контексты. Среда, в которой осуществляется развитие гидроэнергетики, а также освоение и использование результатов этого развития с последующей постановкой перед инженерией новых технических и социотехнических задач – это гидроэнергетический социум. Ядро его – профессиональное сообщество ученых, инженеров и техников, промышленников и отраслевых управленцев. При прогнозировании развития гидроэнергетики необходимо учитывать цикличность политических, экономических, культурных и социальных процессов. Самая актуальная проблема России – воспроизводство просвещенного социума. Для ее решения необходимо на уровне государства принять целый комплекс мер, касающихся, в том числе, поддержки инженерного образования.

В настоящее время на Земле **происходят климатические изменения.** Большая часть территории России находится в области значительного наблюдаемого потепления. За период 1976–2006 гг. рост средней годовой температуры воздуха в целом по России составил 1,33 °С за 31 год, т.е. превысил среднее потепление за столетний период, которое находилось в диапазоне 1,00–1,29 °С. Глобальное потепление климата может создать и уже создает серьезные экономические и социальные проблемы, в том числе в значитель-

ной степени влияет на функционирование гидроэнергетического комплекса России. На эффективность функционирования гидроэнергетики в условиях климатических изменений может влиять не только увеличение (или уменьшение) годового стока водохранилищ ГЭС, но и другие факторы. Положительным фактором, связанным с климатическими изменениями, является наблюдаемое изменение внутригодового стока (рост стока в летне-осенний и зимний сезоны). Отрицательным фактором – увеличение межгодовой изменчивости характеристик стока. В итоге могут вырасти экстремальные показатели стока при более мощных паводках, участятся наводнения и одновременно засухи.

**Доклады на секционных заседаниях** были представлены представителями Специального конструкторско-технологического бюро «Наука», Красноярского научного центра СО РАН, Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, Академии электротехнических наук Российской Федерации, Национального исследовательского университета «МЭИ», Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, Новосибирского государственного технического университета, Национального исследовательского Томского политехнического университета, Дальневосточного федерального университета, Сибирского федерального университета и его филиалов (Саяно-Шушенский, Хакасский технический институт), ОАО «РусГидро» и его филиалов («Саяно-Шушенская ГЭС имени П. С. Непорожного», «Воткинская ГЭС», «Буреская ГЭС», «Каскад Верхневолжских ГЭС»).

В докладах рассмотрен широкий круг вопросов дальнейшего **совершенствования оборудования и режимов работы ГЭС, средств мониторинга гидротехнических сооружений, а также автоматизированных систем управления**. Сделана оценка перспективности регионов России для целей гидротехнического строительства. Показаны пути улучшения управления региональной энергосистемой с высокой долей гидравлической мощности на основе оптимизации ее режимов.

Часть работ посвящена улучшению процессов, происходящих при различных режимах работы гидроагрегатов. Такие процессы могут привести к резонансу с собственными частотами гидроагрегата, что в свою очередь повлечет за собой сильные вибрации, представляющие серьезную опасность для всей конструкции ГЭС.

Представлена методика, технологии и результаты технического освидетельствования рабочих колес гидроагрегатов ГЭС. Длительные статические и динамические нагрузки, воспринимаемые эти оборудованием, приводят к необратимым процессам старения металла и накопления повреждений в элементах конструкций. Результатом этих процессов могут являться технологические отказы и аварии.

Рассмотрены вопросы прогнозирования изменчивости энергетических характеристик гидроагрегатов на основе нейронных сетей. Причины, вызывающие изменения, разнообразны: разные состояния сороудерживающих решеток и систем охлаждения, разные значения реактивной нагрузки, износ гидроагрегата. Полученные прогнозы могут использоваться для корректи-

ровки режимов наполнения–расхода водохранилища, для распределения нагрузки между ГЭС в системе.

Приведен анализ возможности и эффективности использования микроГЭС (до 100 кВт) и миниГЭС (до 5 МВт). Показано, что для эффективного использования гидрологического потенциала малых рек России необходимо комбинировать деривационные и свободнопроточные типы ГЭС. Свободнопроточные микроГЭС могут эффективно применяться на реках с уклоном местности не более 10 %. Разработана динамическая модель свободнопроточной микроГЭС в среде MATLAB. Предложена система автоматизированного проектирования деривационных ГЭС. Обосновано строительство малых ГЭС в Республике Тыва.

Подробно рассмотрена методика определения влагозапаса в бассейне ГЭС на основе спутниковых данных. По спутниковым данным оценивается площадь снегового покрытия в бассейне рек. Прогноз притока выполняется с применением модели «снеготаяние – осадки – сток». Обработка гидрологических данных спутникового мониторинга на основе гистограммного подхода существенно повышает достоверность гидрологических прогнозов.

Значительное внимание уделено различным техническим средствам для оценки состояния высотных плотин ГЭС. В частности рекомендовано для определения смещения плотин использовать высотомер геодезический микрометрический «ОДГН1», который позволяет определять уровень жидкости в гидронивелире с точностью до 20 мкм и диапазоном изменений до 40 мм.

Представлены результаты исследований по применению беспилотных летательных аппаратов для мониторинга состояния плотин и водохранилищ. Технология мониторинга состояния гидротехнических объектов ГЭС с использованием роботизированных комплексов беспилотных летательных аппаратов способная эффективно решать целый комплекс задач: оценка состояния поверхностей гидротехнических сооружений, оценка уровня воды и заполнения водохранилищ, контроль загрязнения остатками древесины, мониторинг экологического состояния прибрежной зоны, контроль состояния электрических опор и подстанций; тепловизионное обследование и др. Для обследования подводной части гидротехнических сооружений предложено использовать подводные работы типа ГНОМ. В отличие от подобных зарубежных аппаратов у ГНОМ в 3–5 раз ниже потребляемая мощность при таких же скоростных параметрах и тонкий (2–3 мм в диаметре) кабель, позволяющий ему реально работать на глубинах до 300 м. Представлены также разработки роботизированных технологических платформ для технологического обследования и ремонта водоводов.

В гидроэнергетике информация об уровнях воды и ее температуре в бьефах играет важную роль. Рассмотрено использование оптического волокна в качестве датчика уровня температуры. Основными элементами волоконно-оптического датчика являются: оптическое волокно, светоизлучающие и светоприемные устройства, оптический чувствительный элемент, программно-аппаратные средства, которые в совокупности с линией связи образует измерительную систему.

Представлены доклады, посвященные проблеме повышения эффективности эксплуатации объектов ОАО «РусГидро». Для совершенствования управления безопасностью гидроэнергетических объектов создан компьютерный тренажерный комплекс (КТК). КТК ГЭС представляет собой программно-технический комплекс, функционирующий на базе персональных компьютеров, объединенных в компьютерную сеть, работающую по схеме клиент–сервер и поддерживающую технологию трехмерного изображения NVIDIA 3DVISION. Тренажерный комплекс позволяет самостоятельно моделировать события в любом месте гидроузла как снаружи, так и внутри помещений. В тренажере заложены возможность моделирования сценариев развития штатных, нештатных ситуаций и их сочетаний. Тренажерный комплекс позволяет группе пользователей одновременно использовать тренажер в сетевом режиме с помощью локальной сети. Доложены также результаты применения универсального режимного тренажера диспетчера энергосистем. Программный комплекс Феникс выполняет функции имитатора поведения электроэнергетической системы в различных аварийных ситуациях, связанных с типичными повреждениями оборудования. Тренажер может служить инструментом для анализа режимов устройств со сложной структурой. Он позволяет моделировать главные схемы ГЭС, схемы электрических сетей как реальных, так и виртуальных энергетических объектов.

В условиях современного управления гидроагрегатами на ГЭС возникает проблема постоянного контроля не только за состоянием самих агрегатов, но и за составом работающего оборудования, его текущими эксплуатационными характеристиками. Рассмотрен метод с использованием теории нечетких множеств для интеллектуального анализа данных о состоянии гидроагрегата.

Изложены принципы построения интеллектуальной системы оценки состояния оборудования ГЭС на основе сетевых моделей. Сложность задачи обусловлена большим объемом разнородной информации, поступающей в реальном времени, отсутствием эффективных моделей, учитывающих взаимосвязь указанных подсистем, алгоритмического и программного обеспечения для обработки поступающей информации и возможности самообучения в процессе эксплуатации. Повышение качества управления ГЭС предлагается реализовать на основе использования составной модели: сетевой модели процесса и сетевой модели управления. При этом сетевая модель процесса реализуется с помощью сетей Петра, а сетевая модель устройства управления – искусственными нейронными сетями.

Рассмотрены вопросы восстановления высоконапорной лаборатории при плотине Красноярской ГЭС как уникального исследовательского комплекса мирового уровня. Эта лаборатория предназначена для проведения фундаментальных и прикладных исследований в области гидродинамики больших скоростей, направленных на: улучшение свойств материалов, используемых на оборудовании ГЭС и гидротехнических сооружениях; совершенствование конструкции различных устройств, взаимодействующих с течениями жидкостей. Она может быть использована и для проведения экспериментально-исследовательских работ в области проектирования и строи-

тельства высоконапорных гидросооружений. Разработана Программа мероприятий по реконструкции и восстановлению лаборатории, а также технико-экономическое обоснование предлагаемых мероприятий.

Были обсуждены вопросы, связанные с:

- исследованием объектов управления АУ электроприводов ГЭС в пакете программ MATLAB;
- контролем технического состояния основного оборудования ГЭС;
- реализацией систем управления и мониторинга трансформаторного оборудования;
- совершенствованием управления Таджикской энергосистемы;
- автоматизацией измерений напряженно-деформированного состояния гидротехнических сооружений;
- использованием водохранилища Гилуйской ГЭС для снижения паводка в бассейне реки Зеи;
- влиянием гидродинамических процессов в турбинных водоводах ГЭС на конструкции здания и оборудование;
- экологическими и экономическими аспектами ввода гидроаккумулирующих электростанций;
- экологическими проблемами при эксплуатации водохранилищ ГЭС;
- обнаружением скрытых дефектов грунтовых сооружений инструментальными методами;
- вибрационным контролем состояния агрегата и интеграцией его в систему автоматизированного управления;
- моделированием режимов электрической системы с использованием динамической модели;
- оценкой возможностей ветроэнергетики на территории в районах крайнего севера;
- моделями управления составом гидроагрегатов ГЭС;
- дистанционным физиологическим мониторингом функционального состояния персонала ГЭС.

В целом участники конференции отметили актуальность и полезность представленных результатов исследований.

## 8. Рекомендации конференции:

1. **Оргкомитету** направить представленные на конференции материалы в:

- рабочую группу по направлению «Гидроэнергетика» Технологической платформы «Перспективные технологии возобновляемой энергетики» для определения наиболее актуальных работ и их поддержки;
- НТС ОАО «РусГидро» для выявления из представленных материалов тех из них, которые отвечают интересам ОАО «РусГидро» и могут получить поддержку.

2. **Организациям и вузам**, занимающимся вопросами дальнейшего совершенствования ГЭС, повышением эффективности их функционирования, надежности и безопасности, рассмотреть возможность включения в планы НИР следующих актуальных работ, рекомендованных конференцией:

- формирование на основе системного подхода единой отраслевой системы управления знаниями для использования их при выборе направления технологического и технического развития;

- создание баз знаний о ГЭС, оборудовании, сооружениях, персонале и процессах (управление, контроль, диагностика, обслуживание, ремонт, реновация, техническое перевооружение, развитие персонала, обновление кадров);

- совершенствование технологии многомерного моделирования в гидроэнергетике; формирование Единой информационной системы гидроэлектростанций, обеспечивающей централизованный доступ к различным информационным сервисам для управления ГЭС на всех этапах жизненного цикла, от проектирования до вывода из эксплуатации для проектировщиков, служб эксплуатации и менеджеров;

- методы исследования остаточного ресурса гидроэлектростанций и их оборудования;

- методы моделирования для исследования и оптимизации режимов работы ГЭС;

- системы автоматики малых и микроГЭС.

3. **Министерству энергетики РФ, ОАО «РусГидро»** поддержать инициативу Сибирского федерального университета по восстановлению Высоконапорной гидравлической лаборатории при плотине Красноярской ГЭС для ОАО «РусГидро» как уникального исследовательского комплекса мирового уровня. Лаборатория призвана стать точкой роста высокотехнологического кластера, обеспечивающего в перспективе опережающее развитие России в области гидротехнического строительства и безопасной эксплуатации гидротехнических сооружений. Заинтересованные организации и учреждения: ОАО «РусГидро», ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН (Красноярск), ОАО «Красноярская ГЭС», Институт теплофизики им. ак. С. С. Кутателадзе СО РАН (Новосибирск), ОАО «Силовые машины», ОАО «ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева» (Санкт-Петербург).

4. **Оргкомитету и руководителям секционных заседаний** отметить лучшие доклады аспирантов и студентов и наградить их.

5. **ВУЗам**, готовящим кадры для гидроэнергетики, использовать представленные результаты исследований при актуализации образовательных программ и организации научно-исследовательской работы студентов

6. **Провести вторую** Всероссийскую научно-практическую конференцию молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов в мае 2015 года. На следующей конференции дополнительно организовать **секцию «Система непрерывного образования для кадрового обеспечения гидроэнергетики».**

Зам. председателя  
Оргкомитета



С. А. Подлесный

20 июня 2014 г.