

Данные графики могут быть включены в перечень информативных признаков наскальных изображений и использоваться в информационно-поисковой системе петроглифов стран мира.

Проведение работ по распознаванию и идентификации наскальных рисунков позволит исключить повторное включение в Базу Данных одного и того же петроглифа.

4. Выводы.

Нами были проанализированы петроглифы России, Средней и Центральной Азии, Азербайджана и других стран. Наскальные изображения, наряду с простыми и понятными изображениями животных, людей, быта, домашнего обихода, сцен охоты и т.д., имеются и достаточно сложные. Для определения изображенного предмета затрачивается труд специалистов из различных областей науки и техники. Определены информативные признаки наскальных изображений стран мира. Порядка 90% всех исследуемых петроглифов относятся к классу асимметричных. На основании информативных признаков разработана информативно-поисковая система петроглифов стран мира.

Построены графики плотности распределения изображений оленей Гобустана. Данный информативный признак является дополнительным к представленному списку, и одним из основных в процессе распознавания петроглифов.

Петроглифы представляют интерес для специалистов области археологии, архитектуры, истории, криптологии, работников сферы искусства, компьютерных и информационных технологий, и т.д.

УДК 621.22-546
ГРНТИ 44.35.31

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джафарзаде И.М. Гобустан. Наскальные изображения. Баку, YNE-1999, 198 с.

2. Я.А. Шер, Петроглифы Средней и Центральной Азии. // М.: 1980. 328 с.

3. Кязим-заде А.К. СИММЕТРИЯ В НАСКАЛЬНЫХ РИСУНКАХ/V международная конференция «СИММЕТРИИ: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ» г. Астрахань, 10-14 сентября 2014 г.

4. Ковтун И.В. Петроглифы висящего камня и хронология томских писаниц. Кузбассвузиздат. Кемерово, 1993. 140 с.

5. Кязим-заде А.К. Определение информативных признаков петроглифов Гобустана. 10-я Международная Междисциплинарная Научно-практическая Школа-Конференция “Современные проблемы науки и образования” г. Харьков- 30 апреля – 10 мая 2010 г.

6. Абдуллаева Г.Г., Кязим-заде А.К., Курбанова Н.Г. Информационная система петроглифов стран мира. 12-я Международная междисциплинарная научно-практическая школа-конференция “Современные проблемы науки и образования”, Евпатория, 27 апреля – 09 мая 2012 г.

7. Кязим-заде А.К. Использование технологии DATA MINING в исследованиях произведений народно-прикладного искусства. 13-я Международная междисциплинарная научно-практическая школа-конференция. Современные проблемы науки и образования, г. Одесса, 26 апреля – 5 мая 2013 г.

УЛУЧШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМЫ ГРАМ, ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ГИДРОАГРЕГАТА

Латышов Кирилл Васильевич

Студент 4 курса
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Волжском, Россия

Бондаренко Наталья Евгеньевна

Студент 4 курса
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Волжском, Россия

Зенина Елена Геннадьевна

кандидат технических наук,
доцент кафедры Энергетики
филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»
в г. Волжском, Россия

АННОТАЦИЯ

В статье обосновывается необходимость совершенствования алгоритмов проведения натуральных испытаний. В статье описаны основные существующие методы проведения натуральных испытаний гидротурбины, основные характеристики турбины, построение которых осуществляется по результатам испытаний, а также представлена методика сравнения рабочих характеристик гидротурбин. Автором осуществляется компьютерное моделирование работы существующего участка гидроэлектростанции с поворотно-лопастной турбиной и проводится анализ результатов моделирования.

ABSTRACT

The article characterizes the need to improve full-scale testing algorithms. The article describes the main existing methods for conducting full-scale tests of a hydraulic turbine, main characteristics of the turbine, the construction of which is carried out according to the test results, and also presents a methodology for comparing hydraulic turbine performance. The author carries out a computer simulation of the operation of an existing section of a hydroelectric power station with a rotary vane turbine and the analysis of simulation results is carried out.

Ключевые слова: гидроэнергетика, гидротурбина, эффективность, натурные испытания, характеристики гидротурбины, групповое регулирование активной мощности, моделирование, цифровые двойники, оценка эффективности.

Keywords: hydropower, hydraulic turbine, efficiency, full-scale tests, turbine characteristics, group regulation of active power, modeling, digital twin, efficiency mark.

Энергоэффективность работы ГЭС непосредственно зависит от правильной и оптимальной работы энергетического оборудования. Необходимость повышения эффективности диктует существующий рынок электроэнергии и мощности. Дабы получать максимум от оборудования, необходимо не только поддерживать его наилучшие технические характеристики, но и обеспечивать как можно более качественную настройку.

В настоящий момент времени на ГЭС активно применяются системы группового регулирования активной мощностью (ГРАМ), выполняющие функцию распределения мощности по агрегатам, находящимся на групповом управлении. Подсистема ГРАМ предназначена для автоматического регулирования активной мощности ГЭС по сигналам задания, поступающим со станционного и вышестоящего уровней управления, а также формируемым в самой системе по отклонению частоты с распределением нагрузки между агрегатами по заданному критерию с учетом ограничений рабочего диапазона нагрузок. Некачественное исполнение поставленного задания наказывается штрафами со стороны Системного оператора.

Эффективность работы системы группового регулирования активной мощности достигается, посредством точной настройки, создания универсальных математических моделей, а также при помощи внесения данных, подробно описывающих принцип работы агрегатов. Задача оптимизации гидроэлектростанций сводится к повышению КПД гидроагрегатов, несущих нагрузку при соблюдении всех требований к надежности их функционирования. Сложность решения данной задачи заключается в её многокритериальности, а также необходимости выполнения большого количества ограничений.

В процессе работы гидроэлектростанции используют типовые характеристики, описывающие функционирование гидроагрегатов. Как известно, гидроагрегат состоит из генератора и гидротурбины. Каждый из этих элементов имеет свою энергетическую характеристику, и чем они точнее построены, тем выше эффективность использования ресурсов. Энергетические характеристики связывают в себе мощность гидроагрегата, напор, расход воды, коэффициент полезного действия, а также некоторые характеристики, зависящие от типа гидроагрегата,

а именно, угол открытия направляющего аппарата и угол поворота лопаток рабочего колеса.

Зачастую характеристики, построенные на стадии проектирования, существенно отличаются от реальных характеристик турбин. В результате мы получаем существенные отклонения, в процессе реальной работы. Именно для этого и применяются натурные испытания, целью которых является построение наиболее точных характеристик.

Полученные в результате испытаний графики оптимальных комбинаторных зависимостей сравнивают с установленными комбинаторными зависимостями. При их несоответствии следует произвести корректировку комбинаторной связи.

Энергетические испытания гидроагрегатов проводятся в целях:

- проверки соответствия фактических значений максимального КПД и максимальной мощности гидротурбины гарантированным заводом-изготовителем турбины значениям;
- получения натуральных энергетических характеристик - мощностной, рабочей, расходной и эксплуатационной;
- определения оптимальной комбинаторной зависимости поворотно-лопастных гидротурбин и проверки ее соответствия установленной комбинаторной связи;
- определения эффекта от повышения КПД и мощности после замены или модернизации турбинного оборудования.

Энергетические испытания могут выполняться абсолютным и индексным методами.

Абсолютный метод предусматривает определение фактических (абсолютных) значений КПД. При индексном методе определяется индексное, или относительное значение КПД, т.е. степень изменчивости КПД от мощности. При проведении испытаний следует руководствоваться требованиями ГОСТ 28842-90 и Международных правил натуральных приемочных испытаний по определению гидравлических характеристик турбин, аккумулирующих насосов и обратимых турбин (стандарт МЭК 4 (ЦБ) 48) [1].

В результате проведения натуральных испытаний на гидроагрегате №17 Жигулевской ГЭС были получены результаты, описывающие параметры исследуемой установки. Используя данные параметры, построены характеристики. На рисунке 1 представлена эксплуатационная характеристика турбины. В результате можем

наблюдать значительные расхождения с заводской характеристикой гидроагрегата [2].

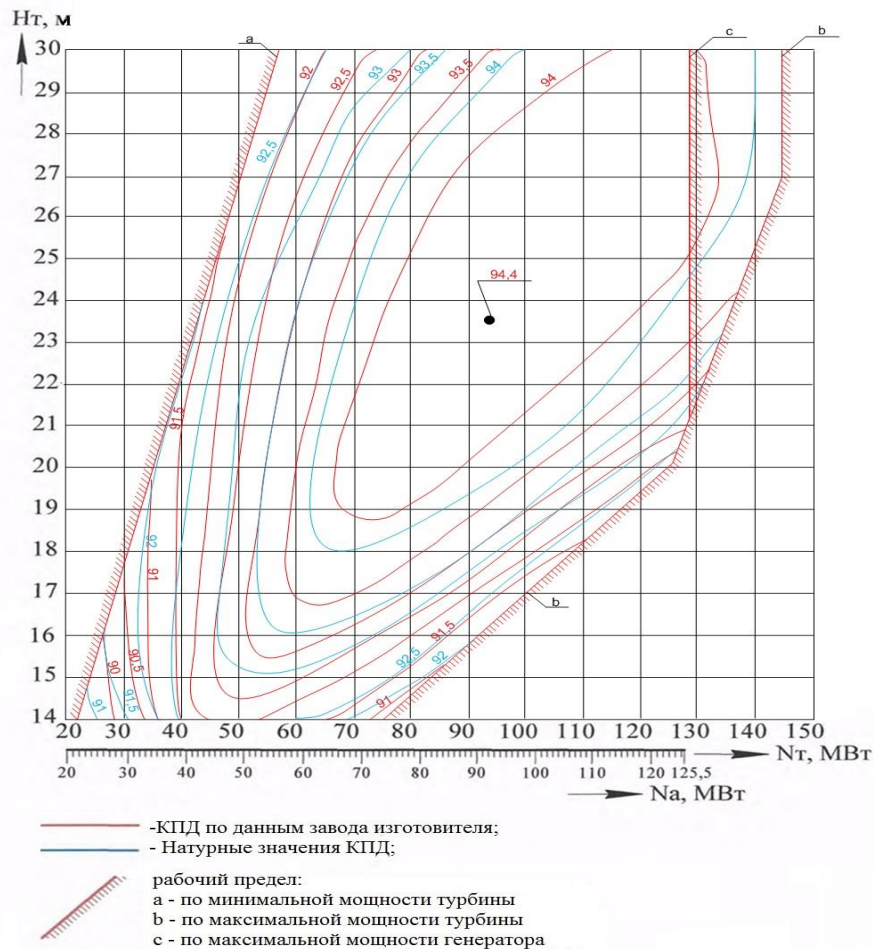


Рисунок. 1 – Эксплуатационная характеристика гидротурбины №17

Кроме того, одним из результатов проведения натуральных испытаний является построение комбинаторной зависимости гидроагрегата. Она строится, основываясь на полученных пропеллерных характеристиках и дополняются в полном диапазоне рабочих напоров с использованием способов интерполяции и экстраполяции результатов испытаний [2].

В связи со старением гидроагрегатов, возникает необходимость учета изменчивости характеристик и их корректировка, поскольку имеющаяся на гидроэлектростанции информация со временем теряет свою актуальность.

Для анализа несоответствия рабочих характеристик агрегата были использованы показатели превосходства, для расчета которых необходимо разбить нелинейные графики изменения КПД гидроагрегатов на нечеткие интервалы.

Для построения нечеткого интервала выделяем диапазоны:

- $[\eta_{\text{факт}} - 6\%; \eta_{\text{факт}} + 6\%]$ – отрезок нормальных значений, в котором лежит значение КПД агрегата с учетом погрешности измерений;
- $[\eta_{\text{факт}} - 10\%; \eta_{\text{факт}} - 6\%]$ – полуинтервал допустимых значений КПД агрегата с учетом

«старения» рабочей характеристики [3].

Также необходимо учесть, что изменение значения КПД изменяющееся в зависимости от вырабатываемой мощности, будет приводить и к изменению оценки экономичности. Однако, учитывая нелинейность характера изменения $\eta(N)$, выразить оценку экономичности в виде функциональной зависимости довольно затруднительно [3]. Таким образом, текущую оценку экономичности работы гидроагрегата в виде нечеткого интервала необходимо получить в каждой точке рабочей характеристики.

Далее, перейдем к определению оценки экономичности текущего режима работы. Очевидно, что экономичность работы гидроагрегатов – это сравнительная оценка его рабочих характеристик. Поэтому уровень экономичности одной характеристики агрегата над другой характеристикой выражается показателем превосходства, рассчитанным для нечетких интервалов, построенных для значений КПД в точках одинаковой мощности:

$$Nec(\underline{Y}_1 \geq \underline{Y}_2) = \max(0, \min(1, (\frac{m_1 - m_2 + \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2}))), \quad (1)$$

где $Nec(\underline{Y}_1 \geq \underline{Y}_2)$ – необходимость того, что

наименьшие значения параметра Y_1 будут, по меньшей мере, равны наименьшим значениям параметра Y_2 ;

\underline{m}_1 и \underline{m}_2 – нижнее значение, описывающее ядро нечеткого интервала;

α_1 и α_2 – левый коэффициент нечеткости.

В ходе последующих расчетов наблюдаем, что значения коэффициента превосходства достигают 0,69. Для сравнения двух интервалов по коэффициенту превосходства принято использовать четкие рамки подобия. В том случае, если мы получаем значения равные 0,5 – характеристики идентичны; чем сильнее это значение отклоняется в сторону 0 или 1, тем сильнее различия между характеристиками. Поэтому можно сделать вывод о том, что отклонения между характеристикой, построенной в результате натурных испытаний и характеристикой, представляемой заводом, являются значительными и применение заводских характеристик может привести к ощутимым потерям вырабатываемой мощности.

Несмотря на явные преимущества применения характеристик, построенных в

результате натурных испытаний, их получение остается чрезвычайно трудоемким. Кроме того, для достижения большей точности измерений приходится удлинять срок проведения испытаний, что увеличивает стоимость и потери от недовыработки энергии.

Одним из возможных решений может стать создание цифрового двойника гидроэлектростанции. Цифровые двойники способны решать большое количество абсолютно разных задач, начиная от задач, направленных на проектирование станции, заканчивая задачами повышения эффективности работы гидроагрегата.

Процесс моделирования начинается с построения макета ГЭС в системе трёхмерного твердотельного и поверхностного параметрического проектирования «Autodesk Inventor». В первую очередь осуществляется проектирование гидротурбины – проведем его на примере ПЛ30/877-В-930. После осуществляется моделирование тела плотины, водоводов, водозабора, спиральной камеры и отсасывающей трубы. Модель гидротехнического сооружения представлена на рисунке 2.

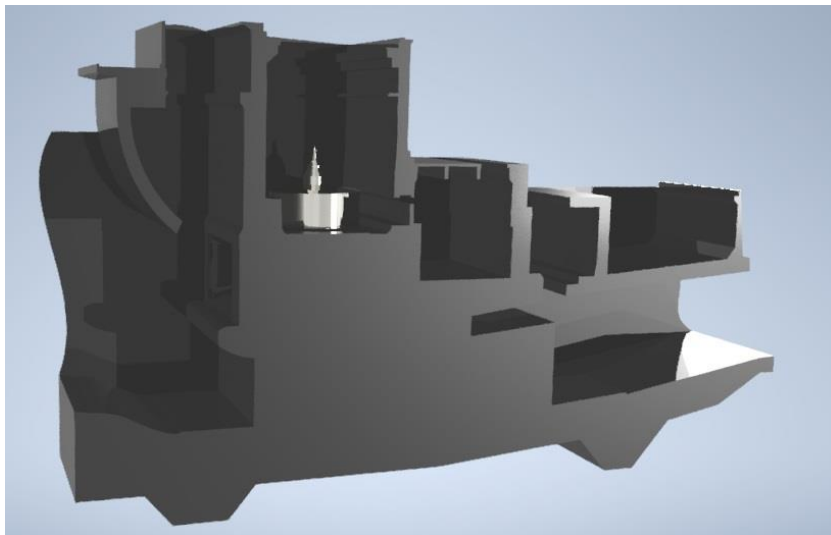


Рисунок 2– Модель гидроэлектростанции

Построенную модель, можно использовать для большого количества задач, начиная с визуального анализа, заканчивая использованием модели в аналитических программах. Также, имеется возможность рассмотрения нагрузочных явлений, воздействующих, на элементы модели.

В ходе исследований рассматривался вопрос пропуска воды через турбинный тракт, при этом вода проходила через лопатки направляющего аппарата, вращая с номинальной частотой рабочее колесо турбины. Учитывалась дискретная фаза с формированием взаимодействия между жидкостью и стенками, рассчитывалось движение инертных частиц, столкновение капель жидкости, а также кавитационные процессы.

В настоящее время для моделирования работы гидротурбинного оборудования возможно применять достаточно широкий спектр программ

программных комплексов. Моделирование, описанное в данной работе производилось в программной среде Ansys CFD. Данный программный продукт представляет собой систему, позволяющую работать с различной вычислительной гидродинамикой. Движение жидкости в ней опирается на уравнения, составляющие замкнутую систему уравнений движения, состоящую из осредненных по Фавру уравнений Навье-Стокса для квазигомогенной смеси жидкость-пар, двухпараметрической модели турбулентности и модели кавитации на основе баротропного уравнения состояния или на основе уравнения переноса фазы.

Основными преимуществами рассматриваемой программной среды является создание высококачественных гексаэдральных сеток. Сетка, описывающая турбину, строится в

автоматическом режиме, что сокращает время препроцессинга с нескольких дней до нескольких часов и тем самым значительно ускоряет весь процесс моделирования. Кроме того, в данной программе имеется возможность детальной проверки качества сетки, возможность выбора геометрии сетки, возможность анализа качества ее построения. Сетка строится, основываясь на первоначальной модели.

После построения сеток всех объектов, необходимых для анализа параметров движения

потока, появляется возможность первичного моделирования процесса. Далее процесс приобретает итерационный характер, в ходе которого осуществляется расчет показателей потока при различных параметрах комбинаторной связи. Итерационный процесс продолжается до тех пор, пока не будут найдены оптимальные значения для работы гидротурбины. На рисунке 3 можно видеть визуальное отображение результатов моделирования.

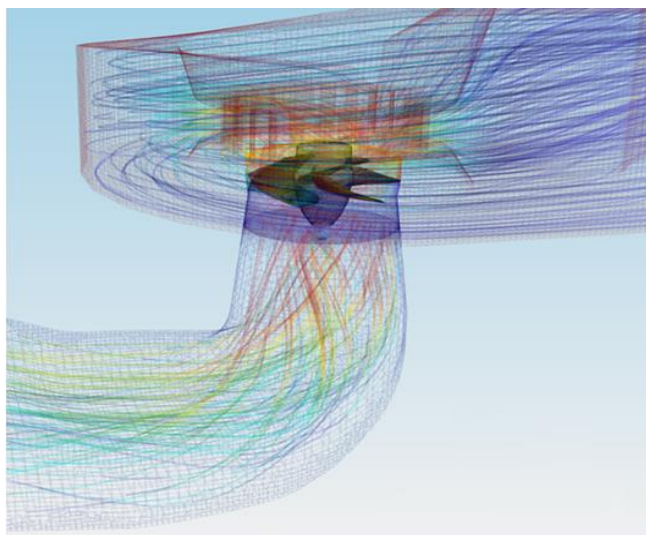


Рисунок 3 – Результаты моделирования

В ходе исследования также производился обзор движения воды внутри спиральной камеры в

области лопаток направляющего аппарата, представленный на рисунке 4.

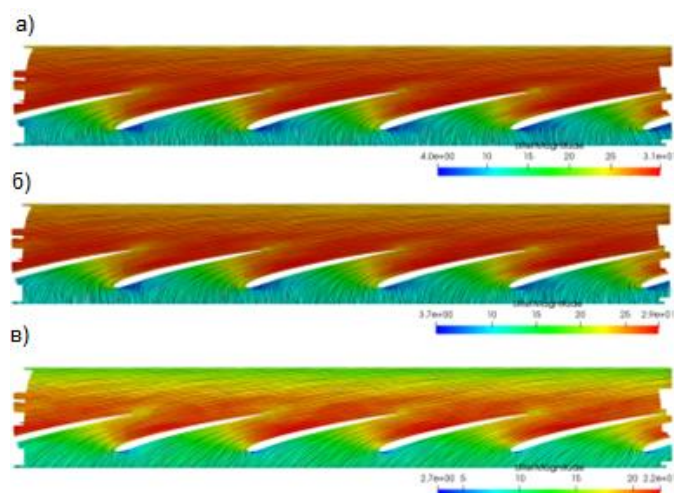


Рисунок 4 – Движение жидкости в области лопаток направляющего аппарата

Анализ эффективности работы гидротурбины при моделировании .—осуществляется для всего спектра рабочих напоров, а по его итогам можно получить параметры работы турбины. В ходе итерационного анализа программным комплексом

достигаются оптимальные показатели, являющиеся максимально приближенными к реальным. В частности, на рисунке 5 наблюдаем рабочие характеристики, при работе турбины на номинальном напоре.

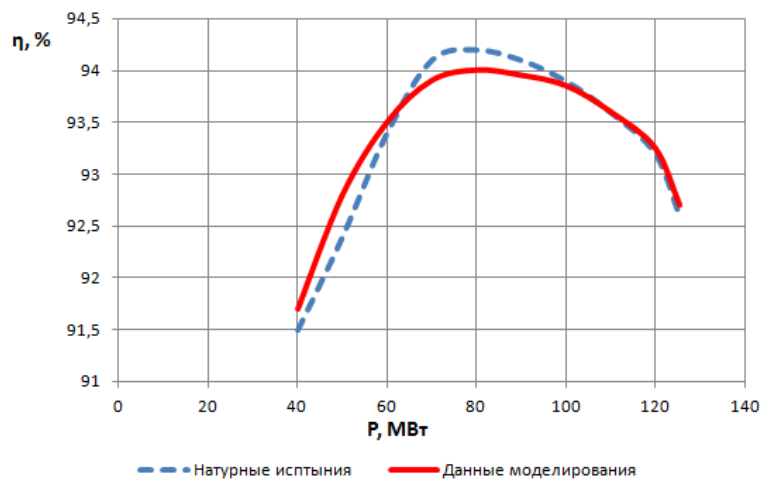


Рисунок 5 – Сравнение рабочих характеристик гидротурбины

В результате расчета коэффициент превосходства (1) и сравнения его с коэффициентом превосходства заводской характеристики над характеристикой, построенной по результатам натуральных испытаний, для получения обобщенного значения воспользуемся формулой для нахождения среднеквадратичного значения. В результате получим, что:

$$Nes_{срк(завод)}=0,534; Nes_{срк(модель)}=0,504.$$

Показатель превосходства значений рабочей характеристики, полученной по результатам моделирования гидротурбины, над значениями рабочей характеристики, построенной по результатам натуральных испытаний имеет значительную близость к 0,5, поэтому можем сделать вывод о том, что построенная модель с достаточной достоверностью имитирует работу реальной гидротурбины.

Также проведя визуальный анализ расходных характеристик моделируемой турбины с характеристиками реальной, можем сделать вывод о том, что объект, полученный в результате моделирования, имеет схожие с реальной гидротурбиной свойства и характеристики.

Характеристики, построенные по результатам натуральных испытаний, несмотря на свою точность, не являются идеальными. Также они являются достаточно дорогостоящими. Кроме того, в ходе испытаний рассматриваются лишь некоторые значения напоров и мощностей, большая же часть параметров выводится из различных зависимостей, а также посредством интерполяции и экстраполяции.

Создание модели, с помощью которой можно представить работу гидроагрегата снизит трудоемкость измерений и повысит точность построения характеристик. В данном случае отпадет потребность в проведении большого количества испытаний, охватывающих весь спектр возможных режимов работы агрегата. Именно поэтому возникает необходимость развития программных комплексов, способных

рассчитывать весь процесс и отображать его для последующего анализа.

В случае построения подробной модели гидроагрегата появляется также возможность последующего регулирования комбинаторных характеристик без проведения натуральных испытаний. К сожалению, пока что невозможно полностью отказаться от их проведения, по причине недостаточного развития программных комплексов, но дополнить их уже сейчас - это вполне реально.

Следующим уровнем моделирования может стать проект всей станции и анализ характеристик ее работы в целом. Полученные характеристики в последствии можно вносить в уже существующую систему ГРАМ и тем самым повышать эффективность работы всей станции. Как следствие, повышение коэффициента полезного действия может быть достигнуто за счет оптимизации работы существующей системы группового регулирования активной мощности посредством повышения эффективности работы отдельно каждого агрегата.

Следует отметить, что оптимизация работы ГЭС — это непрерывный циклический процесс, который включает сбор данных, определение критериев эффективности, анализ данных и заканчивается выработкой управляющих воздействий, переводящих работу ГЭС в оптимальный режим. Для достижения максимальных результатов необходимо постоянно прорабатывать и совершенствовать архитектуру цифровой ГЭС. Только так можно добиться максимальной эффективности работы станции [5].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что проведение моделирования гидроэнергетических установок и создание цифровых двойников является достаточно перспективным направлением развития и может принести значительное повышение эффективности работы гидроэлектростанций.

Список литературы:

1. ГОСТ 28842-90 Турбины гидравлические. Методы натуральных приемочных испытаний. – Введ. 01.01.1992 – Москва: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 107 с.
2. Комплексные натурные испытания гидроагрегата после реконструкции с определением рабочих характеристик для возможности перемаркировки №7,8,13,14,16,17 филиала ПАО «РусГидро» - «Жигулевская ГЭС»: технический отчет этап I. ГА ст.№17 / исполнители: Максимов А.Г., Жуков С.В., Нэмени Т.М., Филиппов Ю.А., Антонов И.И., Караблин Н.П., Воротынцев В.В., Шалыго А.А. – Москва, 2015. – 147 с.
3. Sekretarev, Y. A. Investigations of Possible Using a Generalized Fuzzy Interval for Analyzing Operating Conditions of Power Equipment at Hydropower Plants [Text] / Y. A. Sekretarev, Y. V. Panova // 2 International conference on industrial engineering, applications and manufacturing (ICIEAM). – Chelyabinsk : IEEEE, 2016. – Art. 3.26 (бр.). <https://ieeexplore.ieee.org/document/7911025>
4. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения [Текст] / под ред. Р. Ягера ; пер. с англ. В.Б. Кузьмина. – М. : Радио и связь, 1986. – 408 с.
5. Захарченко В.Е. Основной критерий автоматизированного рационального управления составом агрегатов ГЭС//Автоматизация в промышленности. 2017. № 9

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Маматова С.Ж., Маматов Ж.И.

Кыргызская Республика,

*Кыргызский государственный университет строительства,
транспорта и архитектуры им. Н. Исанова*

**ANALYSIS OF THE CURRENT STATE OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY
IN THE KYRGYZ REPUBLIC**

Mamatova S. Zh., Mamatov Zh. I.

АННОТАЦИЯ

Данная статья посвящена анализу текущего состояния строительной отрасли в Кыргызской Республике. Большое внимание в работе уделено рассмотрению основных показателей, оказывающих влияние на строительную отрасль Кыргызской Республики. На основе анализа динамики развития вышеуказанных показателей за последние годы, будут выявлены существующие проблемы в строительной отрасли. Используя методы макроэкономического прогнозирования, будет проведён краткосрочный прогноз объёма подрядных работ в строительном секторе Кыргызской Республике.

ABSTRACT

This article is devoted to analysis of the current state of the construction industry in the Kyrgyz Republic. Much attention is paid to the main indicators that affect the construction industry of the Kyrgyz Republic. Based on the analysis of the dynamics of the development of the above indicators in recent years, existing problems in the construction industry will be identified. Using the methods of macroeconomic forecasting, a short-term forecast of the volume of contract work in the construction sector of the Kyrgyz Republic will be made.

Ключевые слова: строительный сектор, тенденция, подрядные работы, макроэкономическое прогнозирование.

Keywords: construction sector, trend, contract work, macroeconomic forecasting.

Введение

Строительство является одним из ключевых отраслей в современной экономике любой страны, которая предполагает возведение зданий и сооружений различного назначения. Строительный сектор включает в себя совокупность организаций, которые осуществляют свою деятельность по строительству и вводу в эксплуатацию зданий и сооружений различного назначения.

За последние годы эффективность функционирования строительного сектора Кыргызской Республики имеет положительную тенденцию, для достоверности такого убеждения, необходимо провести анализ развития строительного сектора и краткосрочный макроэкономический прогноз.

Анализ состояния строительной отрасли

методом макроэкономического прогнозирования. Отмечается, что в 2013 году в Кыргызской Республике начался строительный бум, где количество введенных в действие жилых домов составляет 937,0 тыс. м², наблюдается увеличение на 357,2 тыс. м² по отношению к 2006 году. Максимальный показатель был достигнут в 2017 году равный 1471,7 тыс. м², который по отношению к началу строительного бума увеличился на 534,7 тыс. м² [1].

Увеличение жилищного строительства в Кыргызской Республике было обусловлено стабильной политической ситуацией в стране, привлечением иностранных инвестиций и ростом объема денежных переводов со стороны мигрантов.