

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра гидроэнергетики, гидроэлектростанций, электроэнергетических
систем и электрических сетей

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

« ____ » _____ 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

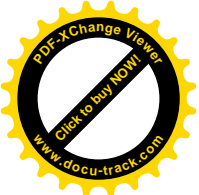
**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ
СОБЫТИЙ В ВОДОХРАНИЛИЩЕ САЯНО-ШУШЕНСКОЙ ГЭС ПО
СОБЫТИЮ В БУРЕЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

13.04.02.06 Гидроэлектростанции

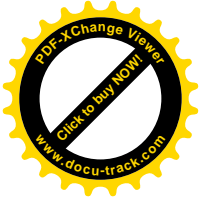
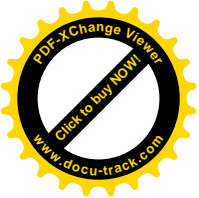
Научный руководитель	_____	<u>Рук. группы режимов, ОС Филиала ПАО «РусГидро» «Саяно-Шушенская ГЭС Имени П.С. Непорожного»</u>	<u>К.В. Терехов</u> инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>А.П. Агеева</u> инициалы, фамилия
Рецензент	_____	<u>Нач. Оперативной службы Филиала ПАО «РусГидро» «Саяно-Шушенская ГЭС Имени П.С. Непорожного»</u>	<u>И.Ю. Погоняйченко</u> инициалы, фамилия
Консультант: Моделирование в Ansys	_____	<u>Заведующий каф. ГГЭЭС</u>	<u>А.А. Ачитаев</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролёр	_____	<u>Заведующий РИО</u>	<u>А.А. Чабанова</u> инициалы, фамилия

Саяногорск; Черёмушки 2021



АННОТАЦИЯ

Оползни являются опасными геоморфологическими явлениями, особенно, если они происходят в водохранилищах гидроэлектростанций. При проектировании гидроэлектростанций проводятся инженерные изыскания, в том числе по изучению будущего водохранилища, исследуют возможные зоны повышенного риска возникновения оползневых явлений и их приблизительные параметры. По этим данным рассчитываются волновые образования от оползневого события. Использование алгоритма, по изменениям показаний датчиков уровней верхнего бьефа, позволит нам своевременно узнать о оползневом событии в водохранилище ГЭС.



АВТОРЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка алгоритмов обнаружения оползневых событий в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС по событию в Бурейском водохранилище».

Цель работы:

Разработка алгоритма определения оползневого события в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС.

Основные задачи:

Разработать алгоритм, который по средствам АСУ ТП оповестит дежурный оперативный персонал о возможном оползневом событии в водохранилище.

Научная новизна:

Предложенный алгоритм позволяющий оценить волновое явление в водохранилище, определяющий оползневое событие и его удалённость от плотины.

Практическая значимость работы:

Результаты работы могут быть использованы на СШГЭС.

Личный вклад автора:

Разработка алгоритма.

Апробация работы:

Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- VII международной научной конференции - практической конференции «Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство.», Казань, 2019 года.

- XXXIII Международная научно-практическая конференция «Научный форум: технические и физико-математические науки», Москва, 2020 года.

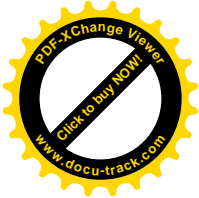
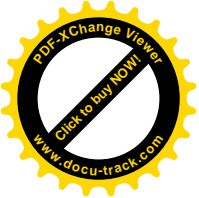
Публикации:

Основные положения и выводы изложены в 1 публикации в научном журнале и издании, которые включены в перечень реализуемых научных изданий определённых РИНЦ.

Структура и объём диссертации:

Диссертация состоит из введения, количества глав, заключения и списка литературы из и наименований. Материал изложен на 64 страницах, содержит 62 рисунков и 18 формул.

Ключевые слова: алгоритм, оползень, оползневое событие, водохранилище, датчики уровня воды, волнообразование, волна.



ABSTRACT

The final qualifying work on the topic "Development of algorithms for the detection of landslide events in the reservoir of the Sayano-Shushenskaya hydroelectric station on the event in the Bureisk reservoir."

Purpose of work:

Development of an algorithm for determining a landslide event in the reservoir of the Sayano-Shushenskaya hydroelectric power station.

Main task:

To develop an algorithm that, by means of automated process control systems, will notify on-duty operational personnel of a possible landslide event in the reservoir.

Scientific novelty:

The proposed algorithm allows to evaluate the wave phenomenon in the reservoir, which determines the landslide event and its distance from the dam.

Practical significance of the work:

The results of the work can be used at SSHHPP.

Personal contribution of the author:

Algorithm development.

Approbation of work:

The results of the thesis were presented and discussed at the following conferences:

- VII international scientific conference - practical conference "Advanced innovative developments. Prospects and experience of use, problems of implementation in production.", Kazan, 2019.
- XXXIII International scientific-practical conference "Scientific forum: technical and physical-mathematical sciences", Moscow, 2020.

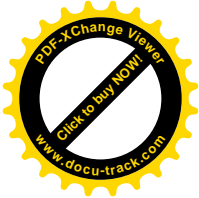
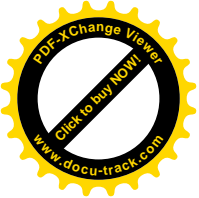
Publications:

The main provisions and conclusions are presented in 1 publication in scientific journals and publications, which are included in the list of implemented scientific publications of certain RSCI.

Structure and scope of the thesis:

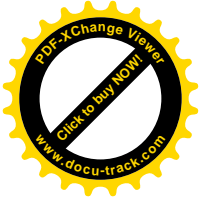
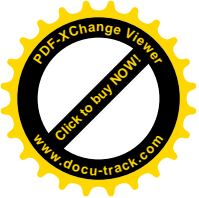
The thesis consists of introduction, number of chapters, conclusion and list of references and titles. The material is presented on 64 pages, contains 62 figures and 18 formulas.

Keywords: algorithm, landslide, landslide event, reservoir, water level sensors, wave formation, wave.

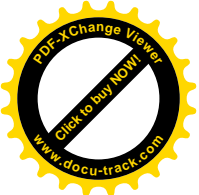


СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Опасность оползневых явлений в водохранилищах ГЭС.....	8
1.1 Оползневые явления.....	8
1.2 Оползневые явления в водохранилищах ГЭС.....	8
1.2.1 Событие на плотине Вайонт.....	8
1.2.2 Событие на реке Буря.....	9
1.3 Причины оползневых событий в водохранилищах ГЭС.....	9
1.4 Актуальность работы.....	10
2 Обоснование методики, применяемой при исследовании волнообразования у плотины СШГЭС от оползневого события Ленгидропроектом.....	11
2.1 Предложенная методика Ленгидропроектом по теории волн малой амплитуды.....	11
2.2 Рассмотрение двухмерной задачи.....	12
2.3 Проверка расчётных зависимостей.....	13
2.4 Метод конечных элементов.....	14
2.5 Полученные результаты расчёта.....	16
3 Разработка алгоритма определения оползневого события в водохранилище СШГЭС для АСУ ТП.....	17
3.1 Идея алгоритма.....	17
3.2 Датчики уровня верхнего бьефа Саяно-Шушенской ГЭС.....	17
3.3 Контроллер.....	18
3.4 Структурная схема алгоритма определения оползневых событий в водохранилище СШГЭС.....	19
3.5 Доработка алгоритма определения оползневого события.....	22
4 Моделирование оползневых событий в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС в Ansys.....	25
4.1 Моделирование водохранилища Саяно-Шушенской ГЭС без оползневых событий.....	25
4.2 Моделирование оползневого события в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС – участок №20.....	29
4.2.1 Моделирование оползневого участка №20 со скоростью схождения оползня 25 м/с.....	30
4.2.2 Моделирование оползневого участка №20 со скоростью схождения оползня 75 м/с.....	32
4.2.3 Моделирование оползневого участка №20 с перемещением 1, с сохранением ширины русла реки.....	34
4.2.4 Моделирование оползневого участка №20 с перемещением 2 в более широкую часть русла реки.....	36
4.3 Моделирование оползневого события в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС – участок №11.....	39
4.3.1 Моделирование оползневого участка №11 со скоростью схождения оползня 25 м/с.....	39
4.3.2 Моделирование оползневого участка №11 со скоростью схождения оползня 75 м/с.....	42



4.3.3	Моделирование оползневого участка №11 с перемещением 1, с сохранением ширины русла реки	44
4.3.4	Моделирование оползневого участка №11 с перемещением 2 в более широкую часть русла реки	46
4.4	Моделирование оползневого события в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС – участок №6	49
4.4.1	Моделирование оползневого участка №6 со скоростью схождения оползня 25 м/с.....	50
4.4.2	Моделирование оползневого участка №6 со скоростью схождения оползня 75 м/с.....	52
4.4.3	Моделирование оползневого участка №6 с перемещением 1, с сохранением ширины русла реки	54
4.4.4	Моделирование оползневого участка №6 с перемещением 2 в более широкую часть русла реки	56
5	Результаты моделирования оползневых событий в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС в Ansys	60
5.1	Результаты моделирования оползневого события на участке №20 в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС	60
5.2	Результаты моделирования оползневого события на участке №11 в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС	61
5.3	Результаты моделирования оползневого события на участке №6 в водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС	61
5.4	Сводные результаты.....	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		63
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ		64

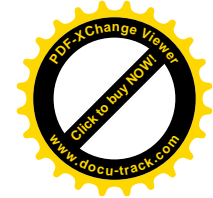
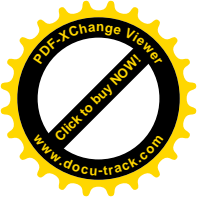


ВВЕДЕНИЕ

При проектировании гидроэлектростанций проводятся инженерные геологические изыскания, в том числе изучается будущее водохранилище. Особое внимание уделяется опасным участкам, на которых возможны оползневые события.

Оползневые явления опасны, как на суше, так и в воде. В истории гидроэнергетики известны случаи.

На реке Буря сошёл оползень, перекрыв водохранилище. На Бурейской гидроэлектростанции не подозревали о случившемся. Приток был незначительным в момент сработки водохранилища, отметка верхнего бьефа стремилась к УМО (Уровню мертвого объёма). Группа режимов станции рассчитывала режимы станции, стараясь максимально долго растянуть оставшиеся накопления воды в водохранилище. Об оползне узнали случайно. После событий на Бурейской гидроэлектростанции, когда оползень перекрыв водохранилище, была поставлена задача – определять оползневое событие как можно оперативнее.

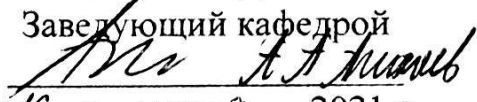


СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Определение оползня: [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Оползень>. (Дата обращения 25.03.2019)
2. Последствия Бурейского оползня: [Электронный ресурс] // Молодой дальневосточник: общественно-политический еженедельник. URL: <http://khabarovsk.md/main/16455-posledstviya-bureyskogo-opolznia.html> (Дата обращения 25.03.2019)
3. Последствия Бурейского оползня: [Электронный ресурс] // Молодой дальневосточник: общественно-политический еженедельник. URL: <http://khabarovsk.md/main/16455-posledstviya-bureyskogo-opolznia.html> (Дата обращения 25.03.2019)
4. Исследование волнообразования в водохранилище Саяно-Шушанской ГЭС гравитационных и сейсмотектонических остаточных смещениях / Г.П. Мамрадзе, Т.Л. Гвелесиани, Г.Я. Джиндживили, Тбилиси, 1981г.
5. Агеева А.П. Сборник научных статей по итогам седьмой международной научной конференции (31.07.2019 г.) /Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. // Агеева А.П., Разработка алгоритма обнаружения оползневых событий водохранилище Саяно-Шушенской ГЭС по событиям в Бурейском водохранилище, Казань , 31.07.2019 г. , - 54-56с.
6. Лазерный дальномер: [Электронный ресурс] // Руководство пользователя Dimetix DLS-C. URL: <http://www.dimetix.ru> (Дата обращения 18.06.2020)
7. Контроллер ORMION CS1: [Электронный ресурс] // Руководство пользователя ORMION. URL: <https://ess-sib.ru/products/omron> (Дата обращения 18.06.2020)
8. Определение волны: [Электронный ресурс] // Википедия: свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Волна>. (Дата обращения 18.06.2020)
9. Формула затухающих колебаний: [Электронный ресурс] //Infotables: Справочные таблицы URL: <https://infotables.ru/fizika/94-osnovnyye-formuly-po-fizike-kolebaniya-i-volny>. (Дата обращения 18.06.2020)
- 10.Агеева А.П. Научный форум: технические и физико-математические науки, / Агеева А.П. // Структурная схема алгоритма обнаружения оползневых событий в водохранилище ГЭС, Москва, 2020г. -№4(33) – 27-30 с .
- 11.Ansys Fluent: [Электронный ресурс] // Cadfem-cis: партнёр Ansys. URL: <https://www.cadfem-cis.ru/products/ansys/>. (Дата обращения 23.05.2021)
12. Брызгалов В.И. Гидроэлектростанции: учебное пособие / В.И. Брызгалов, Л.А. Гордон, Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002 год – 130 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра гидроэнергетики, гидроэлектростанций, электроэнергетических
систем и электрических сетей

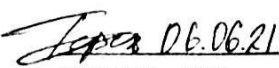
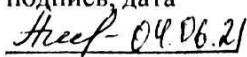

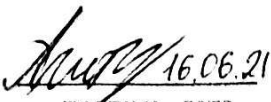
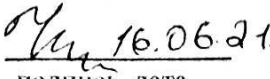
УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

«16» июня 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОПОЛЗНЕВЫХ
СОБЫТИЙ В ВОДОХРАНИЛИЩЕ САЯНО-ШУШЕНСКОЙ ГЭС ПО
СОБЫТИЮ В БУРЕЙСКОМ ВОДОХРАНИЛИЩЕ**

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

13.04.02.06 Гидроэлектростанции

Научный руководитель	 подпись, дата	<u>Рук. группы режимов, ОС Филиала ПАО «РусГидро» «Саяно-Шушенская ГЭС Имени П.С. Непорожного»</u> должность	<u>К.В. Терехов</u> инициалы, фамилия
Выпускник	 подпись, дата		<u>А.П. Агеева</u> инициалы, фамилия
Рецензент	 подпись, дата	<u>Нач. Оперативной службы Филиала ПАО «РусГидро» «Саяно-Шушенская ГЭС Имени П.С. Непорожного»</u> должность	<u>И.Ю. Погоняйченко</u> инициалы, фамилия
Консультант: Моделирование в Ansys	 подпись, дата	<u>Заведующий каф. ГГЭЭС</u> должность	<u>А.А. Ачитаев</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролёр	 подпись, дата	<u>Заведующий РИО</u> должность	<u>А.А. Чабанова</u> инициалы, фамилия

Саяногорск; Черёмушки 2021