

УДК 621.31
ББК 31.57
М91

Рецензенты :

доктор технических наук *М.Г. Тягунов*,
профессор кафедры гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии НИУ «МЭИ»;
кандидат технических наук *В.В. Берлин*,
профессор кафедры гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ

Муравьев, О.А.

М91 Переходные процессы на гидроэлектростанциях [Электронный ресурс] : [учебное пособие для обучающихся по направлению подготовки 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений] / О.А. Муравьев ; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства. — Электрон. дан. и прогр. (4,2 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2020. — Режим доступа: <http://lib.mgsu.ru/> — Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-5-7264-2227-5 (сетевое)

ISBN 978-5-7264- 2226-8 (локальное)

В учебном пособии изложены теоретические вопросы расчетов гидромеханических переходных процессов в водоводах и гидроагрегатах гидроэлектростанций. Представлены аналитические и численные методы расчетов гидравлического удара и временной неравномерности хода агрегатов при сбросах нагрузки ГЭС. Приведена необходимая справочная информация о характеристиках гидротурбин для формирования граничных условий расчетов. Представлены компьютерные программы и примеры расчетов переходных процессов для определения максимальных нагрузок от на облицовку водоводов внутреннего давления воды.

Для обучающихся по направлению подготовки 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений.

Учебное электронное издание

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ	7
ГЛАВА 2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В НАПОРНЫХ ВОДОВОДАХ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ	9
ГЛАВА 3. ЖЕСТКАЯ МОДЕЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА	11
3.1. Общие положения	11
3.2. Вывод формулы расчета гидравлического удара в подводящем водоводе	11
3.3. Вывод формулы расчета гидравлического удара в отводящем водоводе	12
3.4. Анализ формулы расчета гидравлического удара по жесткой модели	12
3.5. Постоянная инерции напорного водовода	13
3.6. Область применения жесткой модели гидроудара	14
ГЛАВА 4. УПРУГАЯ МОДЕЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА	15
4.1. Общие положения	15
4.2. Расчет скорости распространения волны гидравлического удара	15
4.3. Вывод формулы расчета гидравлического удара при мгновенном изменении скорости в водоводе ..	17
4.4. Вывод уравнений для расчета гидравлического удара при немгновенном изменении скорости в водоводе	17
4.4.1. Вывод динамического уравнения из общего уравнения равновесия сплошной среды	17
4.4.2. Вывод динамического уравнения из теоремы изменения количества движения	19
4.4.3. Вывод уравнения неразрывности	20
4.5. Решение уравнений для расчета гидравлического удара методом характеристик	21
4.6. Цепные уравнения гидравлического удара	22
4.7. Решение уравнений для расчета гидравлического удара с использованием волновых функций	23
4.7.1. Расчет гидравлического удара при быстром закрытии водовода	24
4.7.2. Расчет гидравлического удара при медленном закрытии водовода	27
4.7.3. Переход от волновых функций к цепным уравнениям гидравлического удара	28
ГЛАВА 5. ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАСЧЕТАХ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА	30
5.1. Простейшее граничное условие для расчета расхода турбины	30
5.2. Граничное условие, учитывающее характеристику турбины	30
ГЛАВА 6. РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА С УЧЕТОМ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ	33
6.1. Аналитический расчет гидравлического удара по жесткой модели с использованием простейшего граничного условия	33
6.2. Графо-аналитический расчет гидравлического удара по жесткой модели с использованием граничного условия, учитывающего характеристику турбины	33
6.3. Графо-аналитический расчет гидравлического удара по упругой модели	35
6.3.1. Расчет для закрытия турбины	36
6.3.2. Расчет для открытия турбины	37
6.4. Особенности расчета гидравлического удара в разветвленных водоводах	37
6.5. Особенности расчета гидравлического удара в схемах с длинным отводящим водоводом	38
6.6. Численные расчеты гидравлического удара	40
ГЛАВА 7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕННОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ХОДА ГИДРОАГРЕГАТА ПРИ СБРОСАХ НАГРУЗКИ	42
7.1. Уравнение вращения гидроагрегата	42
7.2. Уравнение вращения в относительных параметрах. Постоянная инерции гидроагрегата	42
7.3. Простейшее граничное условие для изменения вращающего момента турбины	43
7.4. Граничное условие, учитывающее характеристику гидротурбины	44
7.5. Аналитический расчет временной неравномерности с использованием простейшего граничного условия	46

7.6. Графо-аналитический расчет временной неравномерности с учетом характеристики гидротурбины	46
ГЛАВА 8. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПРИ СОВМЕСТНОМ РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЙ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА И ВРАЩЕНИЯ ГИДРОАГРЕГАТА	48
8.1. Расчет переходного процесса с учетом граничных условий в узле гидроагрегата	48
8.2. Расчет переходного процесса на участках напорного водовода	49
ГЛАВА 9. УСЛОВИЯ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ГЭС	51
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ	53
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ	54
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	55
ПРИЛОЖЕНИЯ	56