

УДК 532.5

Градинар Юлия Андреевна¹, студентка специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»,

e-mail: juljuliaa18@gmail.com

Агеева Вера Валерьевна¹, к.т.н., доцент кафедры гидравлики,

e-mail: sbag.nn@yandex.ru

Мильцын Дмитрий Алексеевич², к.т.н., доцент кафедры водных путей и гидросооружений,

e-mail: miltsinda@mail.ru

¹Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород, Россия.

²Волжский государственный университет водного транспорта, г. Нижний Новгород, Россия.

ВАРИАНТЫ ПРОПУСКА РАСХОДА ДЛЯ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ КАНАЛА РЕЦИРКУЛЯЦИИ КОСТРОМСКОЙ ГРЭС

Аннотация. В работе приводятся результаты гидравлических расчетов канала рециркуляции для различных вариантов пропуска расхода воды. Проанализированы полученные данные, сделан выбор в пользу прокладки труб, работающих в безнапорном режиме. Движение потока в канале проиллюстрировано помощью специализированного программного комплекса гидравлических расчетов.

Ключевые слова: канал рециркуляции, напорный режим, безнапорный режим, открытое русло, пропуск расхода, обратное водоснабжение, уровни воды.

Объектом исследования является канал рециркуляции Костромской ГРЭС в городе Волгореченск Костромской области. Канал рециркуляции входит в комплекс гидротехнических сооружений (ГТС), обеспечивающих подачу воды на охлаждение турбоагрегатов, рисунок 1. Исследуемый канал рециркуляции должен соединить открытый отводящий канал с открытым подводным каналом, что приведет к снижению потребления воды из р. Волги, и, как следствие, уменьшению платы за водопользование.

Задача исследования состоит в определении наиболее эффективного и экономически выгодного варианта конструкции канала.

Рассматриваются три варианта конструкции канала для пропуска расходов обратного водоснабжения:

1. Канал замкнутого поперечного профиля в виде трубы прямоугольного сечения, работающей в безнапорном режиме.

2. Открытый канал трапециoidalного сечения.

3. Труба круглого сечения, работающая в напорном режиме.

В качестве исходных данных приняты следующие сведения [1]: уровень воды в подводном канале принят равным отметке НПУ Горьковского водохранилища – 84 м БС; в расчетах проверяются принятые схемы сооружений обратного водоснабжения на отметке УМО – 82 м БС. Максимальный расход, который необходимо пропустить через канал составляет 40 м³/с.

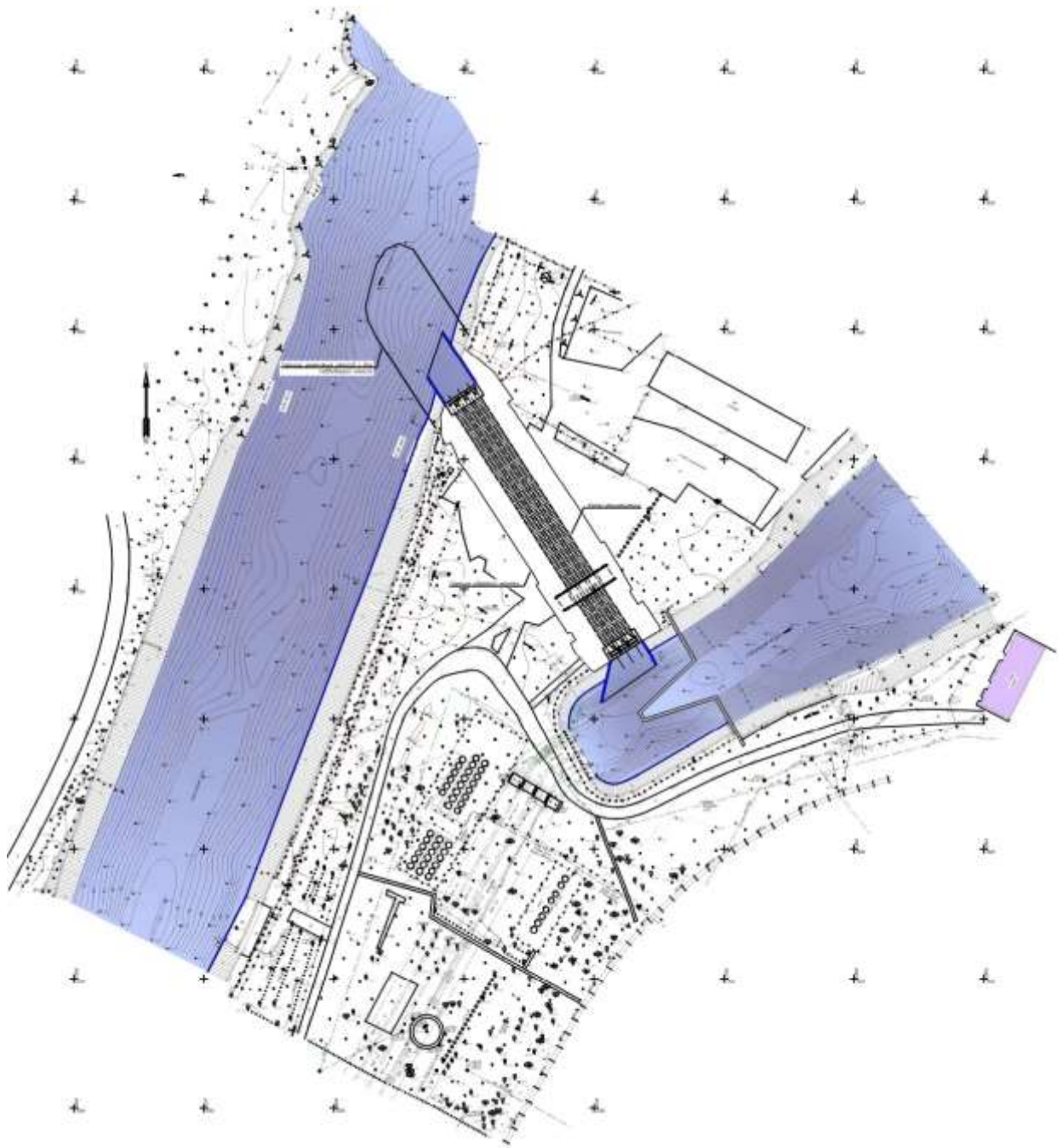


Рисунок 1 – Схема комплекса ГЭС Костромской ГРЭС

В первом варианте рассматривается прокладка трех ниток безнапорных труб прямоугольного сечения. Расчет ведется по формуле Шези для равномерного движения воды [2], [3], [4] для схемы, представленной на рисунке 2. Глубина воды в канале h_0 определяется графоаналитическим способом. Для анализа состояния потока в открытом русле проводится расчет на неравномерное движение по критериям, определяющим энергетическое состояние потока (спокойное или бурное): критическая глубина h_K , критический уклон i_K и число Фруда Fr .

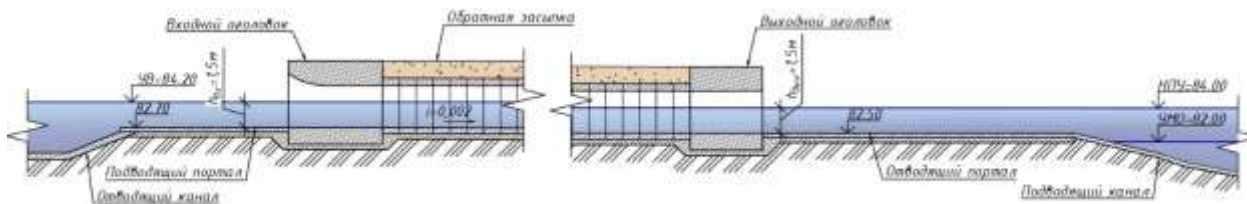


Рисунок 2 – Схема к расчёту безнапорного канала замкнутого сечения

Второй вариант предусматривает устройство открытого канала трапецеидального сечения. Гидравлический расчет проводится аналогично первому варианту.

В третьем варианте расчет проводится для трех ниток напорных труб круглого сечения с затопленным выходом (истечение под уровень воды) [4]. Расчет ведется по формулам, вытекающим из уравнения Бернулли для схемы, представленной на рисунке 3.

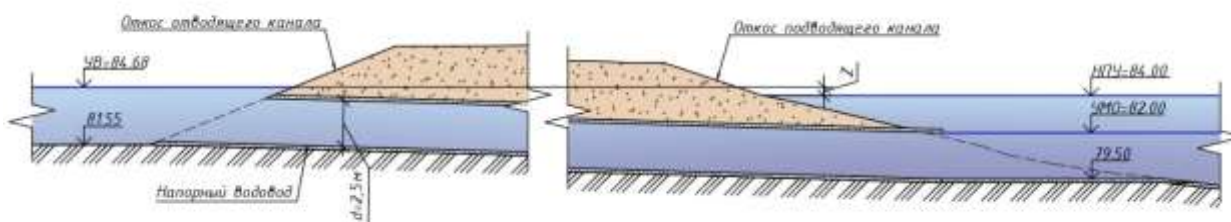


Рисунок 3 – Расчётная схема напорного водовода

Результаты расчетов по трем вариантам конструкции канала сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты гидравлических расчетов

Характеристика потока (русла)	Безнапорная труба	Открытый канал	Напорная труба
Нормальная глубина h_0 , м	1,5	1,74	-
Скорость потока v , м/с	2,95 ($v_{max}=5 \div 10$ м/с)	3,96 ($v_{max}=5 \div 10$ м/с)	2,72 ($v_{max}=6$ м/с)
Критическая глубина h_K , м	1,3	2,04	-
Критический уклон i_K	0,0029 ($i=0,002$)	0,00145 ($i=0,002$)	-
Состояние потока	Спокойное	Бурное	-
Сечение канала			

Выбор наиболее оптимальной конструкции канала осуществляется исходя из проведенных гидравлических расчетов и полученных результатов состояния потока в канале, а также экономичности представленных вариантов, их эксплуатационной надежности и возможности строительства в рамках существующей площадки Костромской ГРЭС. На основании данных факторов можно сделать следующие выводы:

1. Гидравлические расчеты открытого трапецидального канала показали, что поток будет иметь бурный характер, что негативно скажется как на условиях эксплуатации сооружения, так и на его надежности. Помимо этого, реализовать данный проект затруднительно, так как проектируемая трасса канал расположена на действующей промплощадке с плотной застройкой.

2. Вариант устройства напорного водовода показывает наиболее оптимальный скоростной режим потока воды, однако при этом является наиболее трудоёмким с точки зрения строительства и значительно увеличивает объем бетонных и земляных работ.

3. Конструкция канала замкнутого поперечного профиля в виде трубы прямоугольного сечения является наиболее оптимальным решением, поскольку полученные гидравлические характеристики потока находятся на приемлемом уровне: скоростной режим не превышает критических значений, состояние потока в канале спокойное. Труба прокладывается под существующей промышленной площадкой, при этом основной объем строительных работ меньше, чем в варианте с напорными трубопроводами.

Для получения более точных гидравлических характеристик потока по всей протяженности канала для выбранного варианта с помощью специализированного программного комплекса были рассчитаны схемы движения потока воды при различных уровнях воды в верхнем и нижнем бьефах. Распределение скоростей воды в потоке воды в канале представлено на рисунке 4.

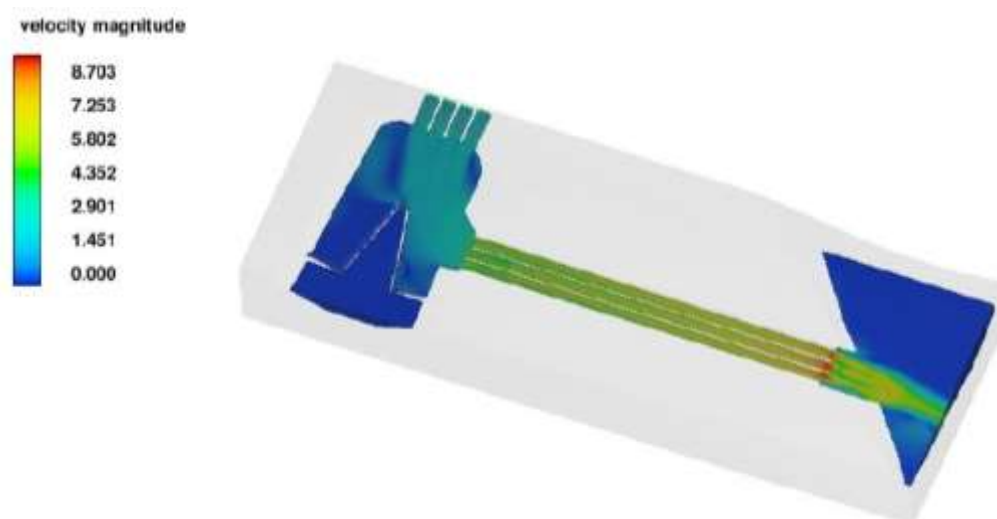


Рисунок 4 – Схема распределения скоростей потока воды при движении через канал рециркуляции

При моделировании движение несжимаемой вязкой жидкости описывалось классическими уравнениями Навье-Стокса, а для расчета турбулентных потоков используется модель Рейнольдса-Буссинеска [5], [6].

Расчеты в программном комплексе подтверждают общее спокойное состояние потока и оптимальный выбор канала рециркуляции в виде трубы прямоугольного сечения с внутренними размерами 3000x2500 мм.

Список литературы:

1. Проект реконструкции подводящего, сбросных и отводящего каналов технического водоснабжения филиала «Костромская ГРЭС». Проектная документация. Этап проектных работ. Инженерно-геодезические изыскания - АО «ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева», 2016. – 37 с.

2. Чугаев, Р. Р. Гидравлика: учебник для вузов / Р. Р. Чугаев. – Л: Энергоиздат, 1982. – 672 с.
3. Киселёв, П. Г. Справочник по гидравлическим расчетам / П. Г. Киселев, А. Д. Альтшуль, Н. В. Данильченко и др.; Под ред. П. Г. Киселева. – М.: Энергия, 1984. – 312 с.
4. Моргунов, К. П. Гидравлика : учебник / К. П. Моргунов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 288 с. — ISBN 978-5-8114-1735-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168695> (дата обращения: 22.05.2021).
5. Моргунов, К. П. Механика жидкости и газа : учебное пособие / К. П. Моргунов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-3278-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169278> (дата обращения: 22.05.2021).
6. Ситнов А.Н., Решняк В.И., Слюсарев А.С. Липатов И.В. Совершенствование методологии исследования гидродинамических процессов в камере судоходного шлюза для обеспечения ускоренного и безопасного судопропуска // Научный журнал «Морские интеллектуальные технологии». – 2019. – Т.2. - №4. – С.194-202.

OPTIONS FOR SKIPPING THE FLOW RATE FOR RECYCLED WATER SUPPLY ON THE EXAMPLE OF THE RECIRCULATION CHANNEL OF THE KOSTROMA GRES

Julia A. Gradinar, Vera V. Ageeva, Dmitriy A. Miltsyn

Abstract. The article presents the results of hydraulic calculations of the recirculation channel for various flow pass options. The obtained data are analyzed and a choice is made in favor of laying pipes operating in a non-pressure mode. The flow movement in the channel is illustrated using a specialized software product.

Keywords: recirculation channel, pressure system, non-pressure system, open channel, flow pass, recycled water supply, water levels.

