



ИГЭС

Институт
гидротехнического
и энергетического
строительства

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРАВЛИКИ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Сборник тезисов докладов V Всероссийского
научно-практического семинара

(г. Москва, 25 мая 2022 г.)

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

ISBN 978-5-7264-3111-6

Москва
Издательство МИСИ – МГСУ
2022

УДК 62+378

ББК 38

C56

C56 **Современные проблемы гидравлики и гидротехнического строительства** [Электронный ресурс] : сборник тезисов докладов V Всероссийского научно-практического семинара (г. Москва, 25 мая 2022 г.) / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства. — Электрон. дан. и прогр. (2 Мб). — Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2022. — Режим доступа: <http://mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/> — Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-7264-3111-6

В сборнике содержатся тезисы докладов участников V Всероссийского научно-практического семинара, который проходил 25 мая 2022 г. в НИУ МГСУ на базе кафедры гидравлики и гидротехнического строительства.

Для научных работников строительной отрасли, аспирантов и обучающихся строительных вузов.

Научное электронное издание

*Тезисы докладов публикуются в авторской редакции.
Авторы опубликованных тезисов докладов несут ответственность
за достоверность приведенных в них сведений.*

© ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ», 2022

Ответственный за выпуск *И.М. Галимов*
Макет подготовлен оргкомитетом конференции

Институт гидротехнического и энергетического строительства
(ИГЭС НИУ МГСУ).
Тел. +7 (499) 183 43 83

Е-mail: iges@mgsu.ru
Сайт www.mgsu.ru
<http://iges.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Instituti/IGES/>

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2013, ПО Adobe Acrobat

Подписано к использованию 28.09.2022. Объем данных 2 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
129337, г. Москва, Ярославское ш., д. 26

Издательство МИСИ-МГСУ,
Тел + 7 (495) 287-49-14, вн. 14-23, (499) 183-91-90, (499) 183-97-95.
Е-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru

ОГЛАВЛЕНИЕ

СЕКЦИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ И ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

<i>Бирюкбаев Э.К., Макаров К.Н., Юрченко В.Е.,</i> Блок-схема расчета потерь металла свай под воздействием водно-галечной смеси	11
<i>Корчагин Е.А., Баженов С.А., Терихов Е.М.,</i> Природоподобные технологии возведения портовых сооружений	12
<i>Рубин О.Д., Баклыков И.В.,</i> Расчёты напряженно-деформированного состояния и прочности сложных железобетонных конструкций гидротехнических сооружений на основе пространственных конечно-элементных моделей	13
<i>Крутов Д.А.,</i> Оценка погрешностей при расчетах напряженно-деформированного состояния бетонных плотин с учетом температурных воздействий	15
<i>Бабчик Д.В. Беляев Н.Д. Лебедев В.В., Нуднер И.С. Семенов К.К., Щемелинин Д.И.</i> Экспериментальная оценка нагрузок на плавучий объект от прямого воздействия волн цунами	17
<i>Козлов Д.В., Снежко В.Л., Симонович О.С.,</i> Снижение уровня безопасности грунтовых плотин IV класса опасности за пределами нормативного срока эксплуатации	19
<i>Разаков М.А.,</i> Некоторые результаты исследования радиационной температуры ограждающих конструкций в высоковольтной городской канализационной насосной станции	21
<i>Давлатшоев С.К.,</i> Управляемые противосуффозионные мероприятия по защите солевого пласта в основании плотины	22
<i>Давлатшоев С.К.,</i> Устройства для перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин	25
<i>Доронин Ф.Л.,</i> Модельные динамические исследования массивно-контрфорсной плотины с учетом нарушений сплошности конструкций	28
<i>Галимов И.М., Филиппов В.В., Марков А.О., Черешнев В.П.,</i> Современные методы реконструкции причальных сооружений типа «больверк»	29
<i>Буренков П.М., Буренкова В.В.,</i> Отечественный опыт оценки фильтрационной прочности глинистых грунтов тела плотины и основания	30
<i>Куприн А.В.,</i> Разжижение песчаного грунта у основания опор морского причала	32
<i>Пиляев С.И.,</i> Исследование воздействия волн на модель морской нефтяной платформы маятникового типа	33

<i>Гогин А.Г., Кантаржи И.Г.,</i> Метод диффузии волновой амплитуды для расчета дифракции нерегулярных морских волн	34
<i>Саинов М.П.,</i> Приближённая расчётная оценка напряжений от изгиба железобетонного экрана	36
Толстиков В.В., Тарек С.С., Несущая способность плотины из особо тощего укатанного бетона (CSG)	37
<i>Толстиков В.В., Юссеф Я.,</i> Влияние последовательности цементации межстолбчатого шва на НДС и устойчивость бетонной гравитационной плотины Бурейской ГЭС	41
<i>Орехов Г.В., Чан М.К.,</i> Анализ причин эксплуатационных отказов грунтовых плотин вьетнама	42
<i>Бестужева А.С., Гоциридзе Г.П.,</i> Спектральные методы расчетов грунтовых плотин на сейсмические воздействия	43
<i>Бестужева А.С., Тарасов А.А.,</i> НДС грунтовой плотины с глиноцементобетонной диафрагмой и зоной из камнебетона	44
<i>Бестужева А.С., Кыльчик Н.А.,</i> Некоторые вопросы моделирования работы диафрагмы в теле грунтовой плотины как плиты на упругом основании	45
<i>Кантаржи И.Г., Анишаков А.С., Гогин А.Г.,</i> Искажение масштабов модели в задаче гибридного моделирования волнения на акватории порта	46
<i>Бестужева А.С., Макарова Я.А.,</i> Расчет подпорной стены в сейсмических условиях с применением факторного анализа	47
<i>Третьяков И.С., Ступивцев А.В., Зарицкая А.В., Берлин В.В.,</i> Поиск оптимального конструктивного решения напорной системы с уравнительным резервуаром ГЭС Bokang-Bailing	49
<i>Ляпичев Ю.П.,</i> Инновационные конструкции плотин из особо тощего укатанного бетона	51
<i>Ерхов А.А.,</i> Самопромывающиеся ковши: расчёт с компоновкой сооружений	52
<i>Долгушев Т.В.,</i> Влияние климатических изменений уровня режима Баренцева моря на портовое гидротехническое строительство	53
<i>Шахин В.М. Шунько Н.В. Зув Н.Д.</i> Физическое моделирование волнового воздействия на сооружения реконструируемой набережной	54
<i>Казмирук В.Д.,</i> Природоохранные гидротехнические сооружения, использующие макрофиты: новые направления и тенденции	55

<i>Черных О.Н., Суэтина Т.А., Бурлаченко А.В.</i> Обеспечение надёжности пропуска рыбы через транспортные	56
<i>Наволокин Д.Ю.</i> Состояние и проблемы безопасности берегоукрепительных сооружений в южном федеральном округе	58
<i>Мусаев В.К.о.,</i> Численное моделирование напряжений в бетонных плотинах с помощью волновой теории сейсмической безопасности	59
<i>Мусаев В.К.о.,</i> Моделирование нестационарных сейсмических волн напряжений в полуплоскости с вертикальной полостью заполненной воздухом: соотношение ширины к высоте один к десяти	60
<i>Мусаев В.К.о.,</i> Моделирование напряжений в полуплоскости с вертикальной полостью заполненной воздухом (соотношение ширины к высоте один к десяти) при сосредоточенном взрывном воздействии	61
<i>Волосухин Я.В.</i> Многофакторные исследования напорного гидроузла на малой горной реке Эшкакон	62
<i>Анискин Н.А., Сергеев С.А.,</i> Численные решения нестационарных фильтрационных задач в гидротехническом строительстве	63
<i>Анискин Н.А., Шайтанов А.М.</i> Математическая модель формирования температурного режима гравитационной плотины из укатанного бетона	64
<i>Сорока В.Б.,</i> Особенности условий работы составного противофильтрационного устройства (железобетонный экран и «стена в грунте») каменно-набросной плотины	66
<i>Ильин Ю.А., Тищенко А.А., Бритвин С.О., Юрченко А.Н.,</i> Проектирование и размещение КИА для контроля состояния конструкций батопорта и фундаментной плиты сухого дока	68
Секция ГИДРАВЛИКА, ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО	
<i>Белолитецкий В.М., Генова С.Н.,</i> Гидротермика Абаканской протоки на реке Енисей: математическая модель, численные эксперименты	70
<i>Февралев А.В.,</i> Оценка влияния изменения климата на температуру воды водохранилищ в криолитозоне	71
<i>Дебольская Е.И., Кузнецов И.С., Андросов А.А.,</i> Численное моделирование гидродинамических процессов в бухте Индига	73
<i>Кобозев Д.Д., Снежко В.Л.,</i> Сравнение гидравлических характеристик инжекционных регуляторов с различной формой исполнения концевой участка	75

<i>Козинец Г.Л., Зотов Д.К.,</i> Цифровое моделирование невской губы с учётом намывных территорий	76
<i>Васильева Е.С., Глотко А.В., Беликов В.В.,</i> Численное моделирование гидравлических режимов работы гидроузла «Кузьминск» в широком диапазоне изменения расходов воды	78
<i>Васильева Е.С., Глотко А.В., Беликов В.В.,</i> Численное моделирование русловых деформаций р. Ока при различных режимах работы водосбросной плотины гидроузла «Кузьминск»	81
<i>Анахаев К.Н., Анахаев К.К.,</i> О дистанционных расчетах геофизических склонов на оползании	83
<i>Копалиани З.Д., Петровская О.А.,</i> К вопросу расчета расхода донных наносов	84
<i>Ходзинская А.Г.,</i> Приведение уравнений неравномерного безнапорного движения в критериальной форме к расчетному виду и их проверка	86
<i>Агафонова С.А., Банищикова Л.С.,</i> Расчетная толщина льда на реках севера азиатской части России	88
<i>Овсянников В.М.,</i> Физические основы возникновения гидравлического удара в турбине гидроэлектростанции	89
<i>Беднарук С.Е., Мاستрюкова А.В., Чуканов В.В.,</i> Алгоритм сглаживания данных спутникового зондирования земли на примере Волго-Ахтубинской поймы	90
<i>Гусаров Р.Н., Кантаржи И.Г., Волгин Г.В.,</i> Теоретические и практические исследования длинных волн в НИУ МГСУ	91
<i>Слейман Алаа, Козлов Д.В.,</i> Настройка пользовательского интерфейса для оценки стока в бассейне реки Оронтес (Эль-Аси) с использованием искусственного интеллекта	93
<i>Волгин Г.В.,</i> Параметрическая зависимость для коэффициента гидравлического сопротивления в открытых каналах	94
<i>Волгина Л.В.,</i> Выбор оптимальной схемы гидротранспорта Лигнина	95
<i>Лейс С.А., Орлов В.А., Джумагулова Н.Т.,</i> Гидравлические исследования напорных труб из различных материалов	96
<i>Колесников Ю.М., Беликов В.В.,</i> Оценка гидравлического режима р. Москвы в период пропуска высокого стока при временном перекрытии водоотводного канала	97
<i>Игнатенко Е.В., Брянская Ю.В.,</i> Распределение скоростей в каналах различной геометрии и шероховатости	98

<i>Орехов Г.В., Складнев М.К.,</i> Использование эффектов контрвихревых течений для гашения кинетической энергии потоков	99
<i>Шерстнев Д.Ю., Брянский И.А. Брянская Ю.В.,</i> Особенности прокладки трубопроводов по дну водотока	100
<i>Гармакова М.Е.,</i> Численное моделирование локального размыва песчаного дна в области расположения подводного трубопровода	101
<i>Алсадек Е.С., Гурьев А.П., Ханов Н.В.,</i> Теоретическое обоснование методики прогноза формирования русла реки Северный Кебир (САР) с использованием морфометрических зависимостей и гидравлических закономерностей движения воды	102
<i>Ильинич В.В., Перминов А.В., Кузнецова Е.В.,</i> Подход к регулированию стока водохранилищем для снижения риска превышения его противопаводковой ёмкости во время внезапных паводков	104
<i>Афонюшкин М.С., Ступивцев А.В., Кантаржи И.Г.,</i> Разрушение ледовых полей волнами в районе Чукотского моря	106
<i>Мусаев В.К.о.,</i> Оценка точности и достоверности моделирования нестационарных дифракционных волн напряжений в свободном круглом отверстии	107
<i>Мусаев В.К.о.,</i> Верификация цифрового моделирования нестационарных дифракционных волн напряжений в подкрепленном круглом отверстии	108
<i>Рыбин Д.В.; Муравьев О.А.,</i> Моделирование процессов развития пульсаций давления во времени в напорных системах ГЭС	109
<i>Хадж К.Р., Козлов Д.В.,</i> Проблемы и методы совершенствования дренажных систем: обзорное исследование	110
<i>Остякова А.В.,</i> Влияние гидростатического давления в подстилающих таликах мерзлых грунтов на обрушение склонов	111
<i>Еремеев А.В., Гурьев А.П., Ханов Н.В.,</i> Сравнение значений коэффициента шероховатости геомата с щебнем и битум-полимерным вяжущим с аналогичными покрытиями	112
<i>Бандурин М.А., Волосухин В.А.,</i> Водохозяйственный комплекс Краснодарского края в условиях изменения климата и роста сейсмических нагрузок	113
<i>Волосухин В.А.,</i> Водные ресурсы и гидротехнические сооружения Кавказа: современное состояние и проблемы безопасности	114
<i>Заборова Д.Д., Локтионова Е.А., Мусорина Т.А.,</i> Моделирование границы свободной поверхности в прямоугольной однородной грунтовой перемычке	115
<i>Комаров А.А., Брянская Ю.В.,</i> Общие закономерности реализации аварийной	116

ситуации на примере формирования волны-убийцы

Маркова И.М., Фан Х.Х., Влияние гидротехнических сооружений на речную систему Сай Гон - Донг Най (Вьетнам) 117

Волгина Л.В., Романова А.А., Совершенствование методов анализа свободной поверхности безнапорного потока 118

Секция
ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ И
ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ
СТРОИТЕЛЬСТВО

БЛОК-СХЕМА РАСЧЕТА ПОТЕРЬ МЕТАЛЛА СВАЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВОДНО-ГАЛЕЧНОЙ СМЕСИ

Бирюкбаев Э.К.¹, Макаров К. Н.², Юрченко В.Е.³

¹аспирант 1 курса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сочинский государственный университет», г. Сочи;

²д.т.н., профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сочинский государственный университет», г. Сочи;

³аспирант 1 курса, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сочинский государственный университет», г. Сочи;

АННОТАЦИЯ

Эрозия металла свай реализуется при воздействии на тело сваи потока жидкости и абразива и характеризуется как постепенная потеря исходного материала с его поверхности за счет механического взаимодействия этой поверхности с жидкостью, в том числе при ударном взаимодействии жидкости с частицами твердого тела.

Цель исследований – рассчитать глубину борозды эрозии и потерь металла свай при галечной бомбардировке

Задачи исследования:

- проанализировать методику моделирования износа металла под действием потока твердых частиц
- создать блок-схему для подготовки и вычисления ряда исходных данных, необходимых для моделирования процесса в программе SolidWorks
- определить скорости движения гальки при ударе о сваю
- рассчитать глубину образованной борозды и массы потерь металла

Результаты исследования:

Оказалось, что чем крупнее галька, тем глубже борозды, которые она пробивает на сваях, но тем меньше масса металла, теряемого сваями за время шторма. Указанная зависимость объясняется снижением количества ударов гальки при увеличении ее диаметра. Так, при высоте волны 3,0 м и диаметре гальки 20 мм глубина борозды составляет 0,092 мм, потери металла каждой свайей диаметром 1020 мм составляют 0,022 кг. Аналогичные величины для гальки диаметром 5 мм составляют 0,023 мм и 0,374 кг.

ПРИРОДОПОДОБНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗВЕДЕНИЯ ПОРТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Корчагин Е.А.,¹ Баженов С.А.,² Терихов Е.М.³

¹ к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства, НИУ МГСУ;

² студент, НИУ МГСУ;

³ магистр, НИУ МГСУ.

АННОТАЦИЯ

В настоящее время при строительстве всё чаще применяются так называемые «природоподобные» технологии строительства.

В настоящей работе рассматриваются теоретические и практические проработки некоторых природоподобных технологий строительства портовых сооружений.

В порту Невельск, в результате землетрясения, параллельно причальному фону образовалась рифовая гряда, которая может быть использована частично в качестве тела оградительного сооружения.

В порту Темрюк в результате строительства наносоудерживающего оградительного сооружения с внешней стороны происходит аккумуляция наносов. Образуется в течение сравнительно короткого времени суша с отметками +0,2 -0,5м, которая на перспективу развития порта может быть использована в качестве необходимой территории.

При строительстве на территориях с большой толщиной илистых грунтов, заросших камышом, корни которого доходят до глубины 3- 5м, производится укос камыша, отсыпается слой песка 0,5-1,0м.и производится езда техники. Пронизанный корнями камыша слой грунта служит распределительным от эксплуатационных нагрузок слоем.

При дноуглубительных работах с залеганием больших объёмов илистых грунтов материал утилизируется. Применяв технологию изготовления керамзита, из ила может быть получен керамзит серого цвета с высокой прочностью и гигроскопичностью. Такой материал может применяться в качестве утеплителя и лёгкого высокопрочного бетона.

Материалы и методы. Расчёты производились нормативными методами. Используются результаты испытаний илистых композиций. Используются результаты натуральных наблюдений реализованного причального сооружения.

Выводы. Установлено, что применение природоподобных технологий позволяют существенно сократить стоимость строительства и максимально использовать местные строительные материалы.

Ключевые слова. Риф, наносы, корневая система. Керамзит.

РАСЧЁТЫ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОЧНОСТИ СЛОЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНЫХ МОДЕЛЕЙ

Рубин О.Д.¹, Баклыков И. В.²

¹д.т.н., Филиал АО «Институт Гидропроект» – «НИИЭС», Москва

²к.т.н., аспирант Филиал АО «Институт Гидропроект» – «НИИЭС», Москва

АННОТАЦИЯ

В работе показаны результаты расчёта напряженно-деформированного состояния и прочности сложных предварительно напряжённых гидротехнических сооружений на основе пространственных конечно-элементных моделей системы «сооружение - основание».

В исследованиях НДС и прочности приведены различия при расчётах на основе плоских и пространственных конечно-элементных моделей. Описана методика учёта в расчётных исследованиях строительных швов, этапности возведения сооружений, комплексных нагрузок, и арматуры в виде стержней.

Объектом расчётных исследований является железобетонное гидротехническое сооружение - батопорт сухого дока.

При проектных расчётах напряжённо-деформированного состояния и прочности железобетонных сооружений широко используются конечно-элементные модели, на основе которых определяется НДС. При этом проверка прочности конструкций, т.е. определение требуемого армирования рассчитывается на основе усилия в соответствии с действующими нормативными документами. В свою очередь усилия определяются, как правило, путём интегрирования напряжений в сечении, полученных расчётом НДС. При этом в проектных моделях сооружений не учитываются совсем или учитываются в недостаточной степени такие факторы, которые влияют на НДС как этапность возведения, блочное строение и расположение строительных швов в сооружении.

Экспериментальные исследования и опыт эксплуатации уже действующих железобетонных гидротехнических сооружений показали, что строительные швы представляют из себя зоны с меньшей жёсткостью. В связи с этим в расчётных исследованиях железобетонных гидротехнических сооружений необходимо учитывать указанные выше особенности работы железобетона.

В расчётных исследованиях, представленных в работе, показано, что при расчётах напряжённо-деформированного состояния на основе балочной модели с учётом и без учёта строительного шва результаты могут значительно различаться. При моделировании раскрытия

строительного шва, расположенного в зоне действия изгибающего момента, прогибы увеличиваются почти в 2 раза, и происходит перераспределение напряжений в конструкции.

При проектировании реального гидротехнического сооружения блочное строение, как правило, представлено более сложной конфигурацией. Отсутствие блочного строения и строительных швов в расчётных исследованиях сооружений приводит к неправильному напряженно-деформированному состоянию, что в конечном итоге влияет на прочность конструкций и сооружения в целом.

Как правило, блоки железобетонных гидротехнических сооружений и их строительные швы имеют пространственное положение и расчётные исследования на основе плоско-приведённых моделей также приводят к неправильному напряжённому-деформированному состоянию.

В связи с этим, расчётные исследования необходимо выполнять на пространственных конечно-элементных моделях системы «сооружение-основание» с учётом их блочного строения.

При выполнении поверочных расчётов железобетонных конструкций на основе метода конечных элементов необходимо применять нелинейные модели поведения бетона с учётом стержневой арматуры, что позволяет оценить реальное направление трещин, а также напряжения в стержнях арматуры. В данной работе приведён пример использования нелинейного железобетона для определения трещинообразования и фактических напряжений арматуре.

В работе показаны расчётные исследования напряжённому-деформированного состояния, с учётом использования предложенных методик, реального гидротехнического сооружения - батопорта сухого дока.

ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТЕЙ ПРИ РАСЧЕТАХ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ БЕТОННЫХ ПЛОТИН С УЧЕТОМ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Крутов Денис Анатольевич

к.т.н., профессор, Казахстанско - немецкий университет, г. Алматы

АННОТАЦИЯ

Предыдущими исследованиями было установлено, что замерзание бетона начинается в диапазоне $-2...-4$ °С, а действие отрицательной температуры приводит к увеличению коэффициента линейного расширения бетона α в диапазоне $(1,2...2,0)*10^{-5}$ 1/0 С. Теоретически, увеличение α замороженного бетона объясняется тем, что лед, образовавшийся в его порах, имеет коэффициент линейного расширения $\alpha_{ice}=3,3\div 7,4*10^{-5}$ 1/0С, т.е. в $3\div 7$ раз выше, чем α бетона.

Температурный перепад между центром бетонного блока и его низовой гранью вызывает раскрытие строительных горизонтальных швов со стороны низовой грани. В условиях действия отрицательной температуры более высокое значение коэффициента линейного расширения замороженного бетона α будет приводить к еще большему увеличению глубины раскрытия строительных горизонтальных швов. Данное утверждение наглядно подтверждается законом Гука $\sigma=\alpha*\Delta T*E$, где σ – температурные напряжения в бетоне, α – коэффициент линейного расширения бетона, ΔT – температурный перепад, E – модуль упругости бетона.

Таким образом, более высокое значение α замороженного бетона вызывает более высокие температурные напряжения, а, следовательно, ведет к увеличению глубины сезонного раскрытия швов и, как следствие, к более неблагоприятному напряженно-деформированному сезонному состоянию гравитационных и конфорсных плотин.

Для оценки погрешностей, возникающих при расчетах напряженно-деформированного состояния бетонных плотин, были разработаны три конечно-элементные модели:

- первая отражает фактическое состояние гравитационной плотины (с учетом армирования низовой грани и с учетом изменения свойств бетона под действием отрицательной температуры);

- вторая без учета армирования массивного бетона и без учета изменения свойств бетона под действием отрицательной температуры;

- третья без учета армирования, но с учетом изменения свойств бетона под действием отрицательной температуры.

Сравнение результатов расчетов для трех конечно-элементных моделей позволило сделать следующие выводы:

- отказ от учета фактических теплофизических свойств бетона, меняющихся, под действием отрицательной температуры и отсутствие арматурных стержней в конечно-элементных моделях существенно искажают действительное напряженно-деформированное состояния бетонных гравитационных плотин;

- коэффициент линейного расширения замороженного бетона для соответствующих классов бетона по прочности можно принимать по зависимости $\alpha=(2.4404*R-0.135)*10^{-5}$, полученной для массивного бетона, в составе которого использовался гравий в качестве крупного заполнителя диаметром 5...20 мм и 20...40 мм, а осадка конуса составляла 1...4 см;

- при среднегодовой температуре воздуха около -3 0С армирование нижней грани гравитационной плотины стержнями диаметром 16 мм с шагом 250 мм позволяет существенно сократить раскрытие швов; в частности, в верхней трети плотины, где раскрытие горизонтальных швов характеризуется максимальными значениями:

- глубина раскрытия горизонтальных строительных швов уменьшается с 6,0 м до 3,6 м;

- ширина раскрытия швов уменьшается с 2,5...3-х мм до величины, измеряемой долями миллиметра.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА НАГРУЗОК НА ПЛАВУЧИЙ ОБЪЕКТ ОТ ПРЯМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛН ЦУНАМИ

Бабчик Д.В.,¹ *Беляев Н.Д.*,² *Лебедев В.В.*³ *Нуднер И. С.*⁴, *Семенов К.К.*⁵, *Щемелинин Д.И.*⁶

¹инженер, 26 ЦНИИ;

²к.т.н., доцент, ВШ ГиЭС ИСИ СПбПУ;

³к.т.н., вед.н.с., 26 ЦНИИ;

⁴д.т.н., профессор, кафедра высшей математики, БГТУ «ВОЕНМЕХ»;

⁵к.т.н., доцент, ВШ КСиУ ИКНиТ СПбПУ; вед.н.с., 26 ЦНИИ;

⁶н.с., 26 ЦНИИ.

АННОТАЦИЯ

Транспортировка сжиженного природного газа, получаемого на предприятиях, расположенных на побережье Северного Ледовитого океана, ставит вопросы организации промежуточных пунктов базирования плавучих хранилищ газа (ПХГ) в пределах береговой зоны Тихого океана. В связи с тем, что эта зона является цунамиопасной, то существенным становится решение задачи по определению нагрузок на ПХГ от действия возможных волн цунами в месте базирования. Гидродинамические нагрузки вызывают перемещение объекта и, как следствие, усилия в якорных связях. Для обеспечения надежной работы плавучего объекта, прочности его системы раскрепления возникает задача определения нагрузок от воздействия на ПХГ волн цунами.

В работе приведены результаты экспериментальных исследований прямого воздействия волн цунами на жестко раскрепленную модель ПХГ при определенных уровнях стояния моря.

Физическое моделирование рассматриваемого процесса основывается на теории подобия. Выбор масштаба модели плавучего объекта 1:60 и параметры воздействующих на него волн цунами определялись исходя из равенства для натуре и модели чисел Фруда и Струхала в условиях соблюдения движения воды в автомодельной области согласно числам Рейнольдса.

Физическое моделирование воздействия волны цунами на плавучий объект проводилось на экспериментальной установке, выполненной в выгородке гидроволнового бассейна длиной 40 м, шириной 13 м и высотой 1,5 м.

В качестве плавучего объекта в экспериментальных исследованиях рассматривалось воздействие волн цунами на неподвижную модель перспективного проекта ПХГ, установленную в соответствии с различными схемами размещения модели ПХГ относительно фронта волны. Были рассмотрены схемы с углами α , образованными продольной осью модели ПХГ и лучом волны цунами, равными $0, \pi/6, \pi/4, \pi/3, \pi/2$.

Эксперименты показали, что по мере начала воздействия волны цунами на плавучий объект происходил рост нагрузки, который продолжался до момента достижения волной максимальной высоты. В течение дальнейшего воздействия волны на плавучий объект происходило уменьшение нагрузки до достижения экстремальных отрицательных значений. Экстремальные (положительные и отрицательные) значения нагрузки достигались в течение прямого воздействия волны цунами на плавучий объект.

Значения интервала времени, в течение которого нагрузки изменяются от максимального до минимального значения, могут быть представлены синусоидальной зависимостью в функции от угла, образованного продольной осью плавучего объекта и лучом набегающей волны. Значения экстремальных нагрузок зависят от ориентации плавучего объекта относительно направления воздействия волны цунами и от высоты цунами.

Полученные данные по нагрузкам на ПХГ при действии волн цунами позволяют обеспечить более обоснованный выбор системы крепления плавучего объекта и, соответственно, надежность и безопасность транзита сжиженного природного газа по Северному морскому пути.

Ключевые слова: волна цунами, нагрузки, моделирование, плавучее хранилище газа, направление воздействия.

СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН IV КЛАССА ОПАСНОСТИ ЗА ПРЕДЕЛАМИ НОРМАТИВНОГО СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ

Козлов Д.В.¹, Снежко В.Л.², Симонович О.С.³

¹ д.т.н., профессор, заведующий кафедрой гидравлики и гидротехнического строительства, НИУ МГСУ, г. Москва;

² д.т.н., профессор, заведующая кафедрой систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов, РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва;

³ инженер кафедры систем автоматизированного проектирования и инженерных расчетов, РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Введение. В Российском регистре гидротехнических сооружений (ГТС) 95% составляют гидроузлы мелиоративно-водохозяйственного комплекса. Их напорный фронт формируют, как правило, небольшие грунтовые плотины IV класса опасности. Интенсивное строительство малых водохранилищ началось в бывшем СССР в начале 60-х годов XX века после принятия Государственной программы мелиорации земель. Характерной особенностью плотин, возведенных в этот период, является их типичность. Плотины строились в кратчайшие сроки из местных материалов с использованием типовых проектов и типичных методов производства работ. С 1960 по 1990 годы на территории Московской области было построено свыше 70% от общего числа небольших плотин. Сегодня большинство низконапорных плотин приблизилось к нормативному сроку эксплуатации или превысили его, количественная оценка интенсивности снижения уровня безопасности таких ГТС является актуальной задачей.

Материал и методы. В рамках сотрудничества с Министерством природных ресурсов и экологии и Федеральным агентством водных ресурсов, а также с Правительством Московской области 30 лет подряд выполнялись работы по инвентаризации и экспертному обследованию гидроузлов Подмосковья. Создана база данных с результатами обследования порядка 2000 малых гидроузлов. Материалом исследований стали сведения по уровню безопасности 1521 однородной грунтовой плотины из числа введенных в эксплуатацию в период действия Государственной программы мелиорации земель. На всех объектах за период жизнедеятельности сооружений отсутствовала служба их эксплуатации, в том числе 1140 плотин были признаны бесхозными. Возраст плотин на момент обследования не превышал 58 лет, в среднем он составил 37 лет. Объем водохранилища, созданного такими плотинами, при нормальном подпорном уровне не превышал 2,5 млн.м³, в среднем эта величина составила 0,138 м³, максимальная высота плотины не превысила 14 м, средняя высота обследованных

плотин составила 5,58 м. Для решения задачи оценки интенсивности снижения уровня безопасности были использованы методы системной теории надежности.

Результаты. Состояние плотины рассмотрено как случайный процесс $X(t)$, в котором в моменты времени $t \in T$ плотина соответствует уровню безопасности s , принадлежащему множеству состояний S ($s \in S$). Пространство состояний S имело конкретные значения, соответствующие нормальному s_1 , пониженному s_2 , неудовлетворительному s_3 или опасному s_4 уровню безопасности. Полной характеристикой случайного процесса является условная вероятность. Задача сведена к исследованию системы из T полиномиальных распределений и относилась к классу обратных задач цепи Маркова. Применительно к исходным данным для оценки переходных вероятностей p_{ij} был использован метод минимума χ^2 с ограничениями. По агрегированным временным рядам было выполнено оценивание параметров случайного процесса в пределах нормативного срока эксплуатации плотины (50 лет). Доказано, что снижение уровня безопасности может быть описано простой цепью Маркова с постоянными переходными вероятностями, как в пределах нормативного срока эксплуатации, так и его превышении не более, чем на 8 лет.

Ключевые слова: грунтовая плотина, уровень безопасности, прогноз.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ РАДИАЦИОННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ГОРОДСКОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Разаков М.А.

Ассистент, Московский энергетический институт, г. Москва

АННОТАЦИЯ

В работе приведены некоторые результаты исследования температуры ограждающей конструкции подземной части здания у трубопровода со сточными водами в высоковольтной канализационной насосной станции, расположенной в г. Москве. Обследование было проведено 30.06.2021 г.

Ключевые слова: канализационная насосная станция; гидротехнические сооружения; радиационная температура; ограждающие конструкции; высоковольтная насосная станция.

УПРАВЛЯЕМЫЕ ПРОТИВОСУФФОЗИОННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ СОЛЕВОГО ПЛАСТА В ОСНОВАНИИ ПЛОТИНЫ

Давлатшоев С.К.

Заведующий лабораторией, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, г.
Душанбе

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается реализация системы защиты солевого пласта по постоянной схеме на примере эксплуатации временной солевой завесы и недостатки способа подачи рассола в зоне оголовка соли. А также предложен способ сифонного перехвата пресных фильтрационных вод в зоне оголовка солевого пласта, на всю длину защищаемого участка, позволяющий снизить давление фильтрационных вод в зоне оголовка соли, растворения и суффозии солевого пласта.

Введение. Возрастание масштабов строительства гидротехнических сооружений приводит к необходимости освоения территорий со сложными инженерно-геологическими условиями в разрезе, которых существует водорастворимые породы, такие как известняки, гипс, ангидрид, каменная соль. В таких условиях при строительстве гидротехнических сооружениях особое внимание надо уделить вопросам надежности оснований. Возведение плотины (водоподпорных сооружений) и создание водохранилищ приведёт к изменению гидродинамического и гидрогеохимического режима, появлению в массиве пресных фильтрационных вод, способных растворять породы. Возникает условие для изменения гидрогеохимического режима, развития и интенсификации карста. Интенсификация карста приводит к увеличению трещиноватости пород в основании плотины, вследствие фильтрационных деформаций.

Объекты и методы. Объектом исследования является солевой пласт, находящейся в основании плотины Рогунской ГЭС и варианты его защиты. Рогунская ГЭС является уникальным сооружением, как по своей высоте так и по инженерно-геологической обстановке района строительства. Одним из факторов, определяющих сложность инженерно-геологических условий, является наличие соляного карста в Ионахшском разломе. При сооружении плотины в проекте предусматривается целый ряд мероприятий, исключающих возможность растворения соли и развития карста.

Для изучения изменения минерализации в зоне оголовка солевого пласта были выбраны термометрия и резистивиметрия. Особенность методики проведения полевых работ заключалась в строгом соблюдении очередности выполнения выбранных методов. В первую очередь, с целью минимального искажения температурного поля, при спуске прибора в скважину, выполнялась термометрия с точечной регистрацией и с шагом в 2 м. В интервалах

резких изменений температур предусматривалась детализация с шагом 0,5 - 1 м. Измерения температуры производились по всему стволу пьезометрической скважины, включая сухую и обводненную его части. Затем выполнялась резистивиметрия по той же схеме, но только в обводненном интервале пьезометров.

Результаты. Анализируя эксплуатацию временной солевой завесы, можно делать следующие выводы:

- магистральный трубопровод подачи солевого раствора в постоянно действующем варианте находится под давлением больше 30 атмосферы, эксплуатация которого очень опасна для жизни технического персонала;

- ежесуточный расход соли в объёме 4,5 тонны;

- перебой в системе подачи рассола, который может привести к понижению уровня минерализованных вод в зоне оголовка солевого пласта.

Один из вариантов защиты оголовки соли от растворения в составе солезачитного комплекса предложен автором. Предложенный способ и устройство позволяют уменьшить давление фильтрационных вод на оголовке солевого пласта, путём перехвата пресных фильтрационных потоков в зоне оголовка солевого пласта (рис. 1).

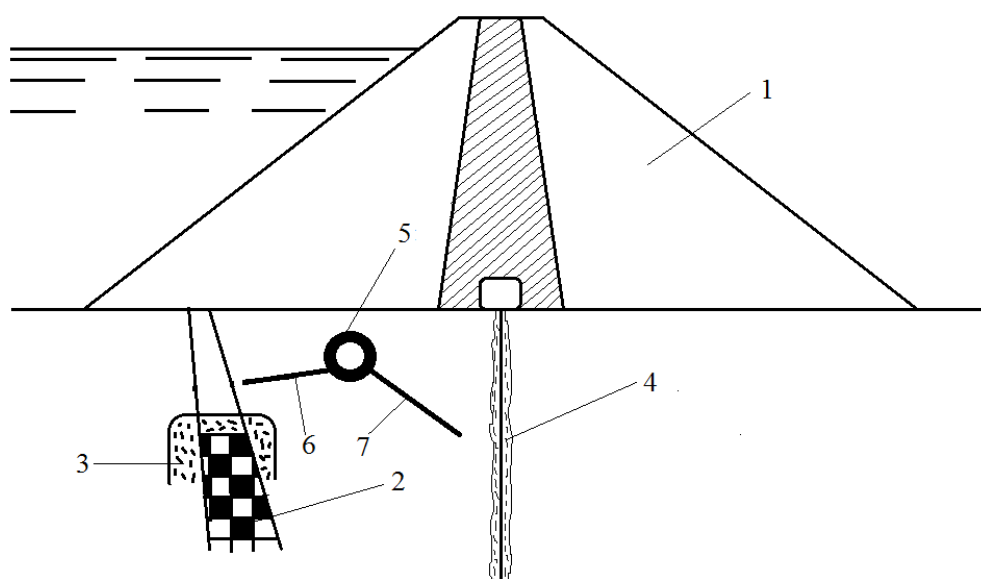


Рис. 1. Система защиты солевого пласта (1- платина, 2- солевой пласт, 3- цементационный защитный слой, 4- противofильтрационная завеса, 5- солевая штольня, 6,7- два ряда скважины для перехвата пресных фильтрационных вод)

Выводы. 1. Анализ данных по работе временной солевой завесы доказал его эффективность. При подаче рассола в зону оголовка солевого пласта повышается уровень минерализации подземных вод. Однако, такие недостатки как нахождение рассолопровода под высоким давлением, ежесуточные расходы соли и перебои в системе подачи рассола делает невозможным реализацию этого способа на практике. 2. Предложенный способ сифонного

перехвата пресных фильтрационных потоков и сброс их в нижний бьеф сооружения, приведёт к понижению давления фильтрационных вод на всю длину защищаемого участка, уменьшая при этом растворение и суффозию оголовка солевого пласта, является также надёжным и безопасным вариантом технического решения.

Ключевые слова: плотина, водорастворимые породы, фильтрация, термометрия, резистивиметрия, солевой пласт, солевая завеса, сифонный перехват.

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕХВАТА ОБХОДНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ВЫСОКОНАПОРНЫХ ЗЕМЛЯНЫХ ПЛОТИН

Давлатшоев С.К.

Заведующий лабораторией, Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ, г. Душанбе

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются инженерно-геологические условия створа плотины Рогунской ГЭС. Приведена фильтрационная характеристика разлома №35, как относительный водоупор, который перегораживает пути обходных фильтрационных потоков. Предложен вариант организованного перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин, проходящего через левые и правые борта плотины в горные породы и сброс их в нижний бьеф сооружения.

Введение. Наиболее крупными разрывными нарушениями, наблюдающимися непосредственно на участке Рогунской ГЭС, являются Гулизинданский и Ионахшский, опережающие Вахшский разлом I порядка и простирающиеся параллельно слоям пород в юго-западном направлении. Из двух разломов 2-го порядка, непосредственно образующих на створном участке единый тектонический блок, Гулизинданский проходит в стороне, за пределами основных сооружений. Гулизинданский разлом протягивается вдоль левого берега р. Вахш из верхнего бьефа в нижний, ответвляясь от Вахшского надвига в 4-5 км севернее гидроузла. Минимальное расстояние от плотины 0,5 км. Азимут падения плоскости сместителя $110-130^{\circ}$ под углом $70-88^{\circ}$. Всячее крыло сложено верхнеюрскими гипсами, алевролитами, аргиллитами; лежащее – отложениями верхнего и нижнего мела.

Объект исследования. Характерной особенностью разломов Ионахшского и № 35 является наличие зон дробления в виде вытянутых вдоль их плоскостей тектонических линз, в пределах которых породы сильно дислоцированы и ослаблены в куске. Мощность тектонических линз Ионахшского разлома достигает 80 м, протяжённость до 1 км, аналогичные характеристики для разлома № 35 – 40 м и 0,5 км, соответственно. Водопроницаемость пород тектонических линз разломов Ионахшского и №35 -0,002 л/мин.

В связи с тем, что разлом №35 из основания плотины проходит по обеим бортам вблизи задней грани ядро плотины и является относительным водоупором, то фильтрационные потоки могут привести к повышению фильтрационных давлений в зоне примыкания плотины к бортам и повышению депрессионной поверхности в теле плотины. Найти техническое решение как направить фильтрационный поток в нужном направлении и понижать депрессионную поверхность в теле плотины, является актуальной задачей.

Результаты. С целью недопущения сосредоточения обходных фильтрационных вод в сторону плотины предложена система перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин. Это приведёт к уменьшению фильтрационных давлений в зоне примыкания плотины к бортам и понижению депрессионной поверхности в теле плотины.

Сущность предлагаемого варианта технического решения состоит в том, что организованный перехват обходных фильтрационных потоков осуществляется системой дренажа по обеим бортам высоконапорной земляной плотины до непроницаемого разлома и отвод вод нижний бьеф сооружения по лотку, позволяющий, уменьшить фильтрационное давление в зоне примыкания плотины и бортов плотины, понизить депрессионную поверхность в теле высоконапорной земляной плотины, а также повысить сейсмическую устойчивость плотины. Поперечный разрез системы перехвата обходных фильтрационных потоков высоконапорных земляных плотин 1, представлен на рис. 1, который состоит из четырёх дренажных туннелей с железобетонными обделками 2, проходящий по левым и правым бортам на двух уровнях высоконапорной земляной плотины, включающие в себя систему скважины пробуренной вниз 3 для сифонного перехвата фильтрационных вод и лоток 4 для сбрасывания вод в нижний бьеф сооружения.

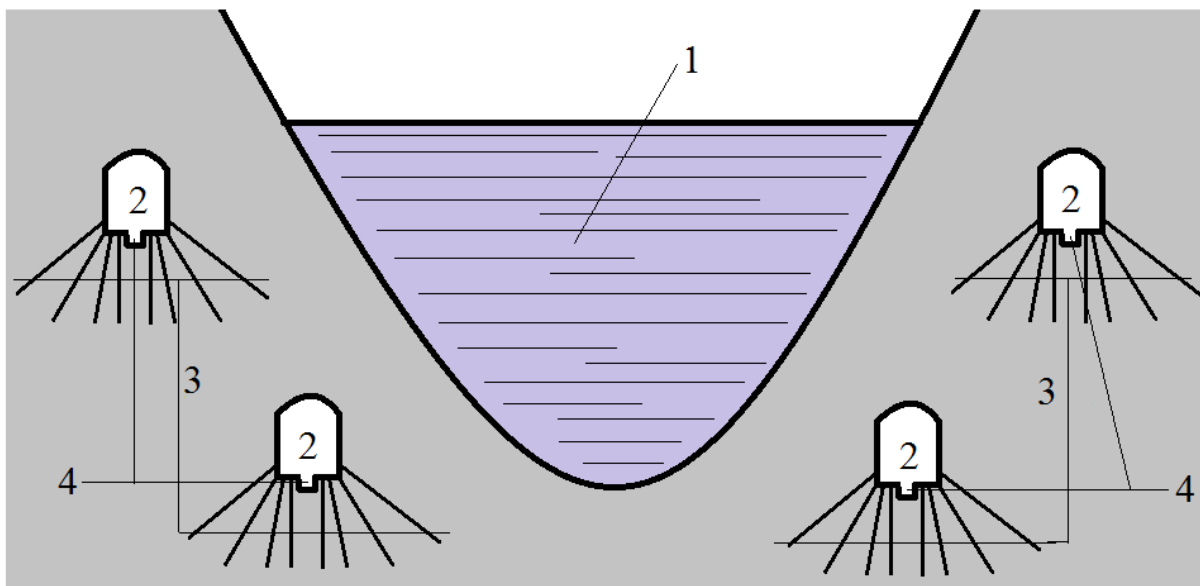


Рис. 1. Поперечный разрез размещения дренажных туннелей

Система работает следующим образом: надёжный и организованный сифонный перехват обходных фильтрационных вод в дренажных туннелях 2 осуществляют скважинами 3 и сбрасывают через лоток 4, в нижний бьеф сооружения. Объём перехваченных вод регулируется количеством скважин и их глубиной в дренажном туннеле, и доводится до уровня предусмотренным нормами и проектом сооружения.

Вывод. Предлагаемая система имеет следующие преимущества: уменьшает фильтрационное давление в зоне примыкания плотины и бортов плотины; понижает

депрессионную поверхность в теле высоконапорной земляной плотины; повышает сейсмическую устойчивость плотины; повышает надёжность эксплуатации плотин и обеспечивает безопасность эксплуатации сооружения.

Ключевые слова: разлом, фильтрация, водопроницаемость, плотина, дренаж, туннель, сифоновый перехват.

МОДЕЛЬНЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАССИВНО-КОНТРОРСНОЙ ПЛОТИНЫ С УЧЕТОМ НАРУШЕНИЙ СПЛОШНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ.

Доронин Ф.Л.

к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты модельных исследований сейсмостойкости массивно-контрфорсной плотины при неполном омоноличивании межсекционных швов и при наличии трещин в контрфорсах. Приведены собственные частоты, амплитудно-частотные характеристики и напряженно-деформированные состояния секций плотины для различных видов трещин в теле контрфорсов. Приведена оценка напряженного состояния секций плотины при неполном омоноличивании межсекционных швов.

Ключевые слова: динамическое воздействие, ударная волна, трещина, межсекционный шов, напряженно-деформированное состояние, собственная частота, массивно-контрфорсная плотина, амплитудно-частотная характеристика.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИЧАЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ ТИПА «БОЛЬВЕРК»

Галимов И.М.¹ Филиппов В.В.², Марков А. О.³, Черешнев В.П.⁴

¹к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

²руководитель испытательного центра ООО НПИ «Гидротехника», г. Москва;

²генеральный директор, ООО НПИ «Гидротехника», г. Москва;

³инженер-гидротехник, ООО НПИ «Гидротехника», г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В докладе отражены современные методы реконструкции причальных сооружений типа «больверк», основанные на применении технологии грунтоцементных свай в грунте обратной засыпки, рассмотрены решения по устройству оторочек.

Ключевые слова: причальные сооружения, больверк, свая, шпунт.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ ОЦЕНКИ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ТЕЛА ПЛОТИНЫ И ОСНОВАНИЯ

Буренков П.М.¹, Буренкова В.В.²

¹преподаватель, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

² НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается обзор исследовательских работ фильтрационной стойкости связных (глинистых) грунтов, проделанных специалистами советско-российского периодов. Проработан аналитический обзор ключевых работ ученых-гидротехников. Обобщены многочисленные подходы к оценке суффозионных процессов в глинистых грунтах. Приведено описание фильтрационных деформаций связных грунтов: контактный выпор, контактный размыв связного грунта в трещинах и кольматация. В своих расчетах авторы зависимостей оперируют следующими характеристиками грунтов и фильтрации: диаметр частиц, диаметр пор, число пластичности, сцеплением на срез и на разрыв, градиент напора. В современных нормативных документах допустимый естественный градиент в грунтовом сооружении определяется с коэффициентом запаса, зависящим от класса сооружения.

Ключевые слова: Фильтрационная прочность, плотина, дамба, глинистый грунт, контактный размыв связного грунта, размыв связного грунта в трещинах, число пластичности, сцепление на срез, сцепление на разрыв, градиент напора, кольматация трещин ядра.

РАЗЖИЖЕНИЕ ПЕСЧАНОГО ГРУНТА У ОСНОВАНИЯ ОПОР МОРСКОГО ПРИЧАЛА

Куприн А. В.

Аспирант, НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Введение. Усилению эффекта размыва может способствовать разжижение грунта. Волновое разжижение морского дна создает риск для устойчивости морских сооружений. Понимание характеристик разжижения, вызванного волнами имеет значение для инженеров, занимающихся проектированием морских сооружений.

Явление разжижения, вызванного океаническими волнами, в последние годы привлекает все большее внимание при рассмотрении целостности прибрежных и морских сооружений. Разжижение грунта - процесс, вследствие которого грунт ведёт себя не как твёрдое тело, а как плотная жидкость. Дифференциальная нагрузка на морское дно волной давления вызывает последовательность циклических сдвиговых напряжений в подстилающем грунте, и если индуцированное напряжение сдвига превышает прочность, может произойти значительная деформация или разжижение, что окажет разрушительное влияние на расположенные поблизости инженерные сооружения.

Материалы и методы. При проведении анализа разжижения предполагается, что последовательность гармонических волн распространяется по наклонному морскому дну в воде с уменьшающейся глубиной от глубоководного участка к берегу. Также предполагается, что песок равномерно оседает на морском дне по всей глубине и на всем пути прохождения волны. Анализ разжижения включает определение глубины воды в месте, где происходит разжижение, и определение глубины проникновения, на которую разжижение продвигается ниже морского дна.

Результаты. Передний ряд опор подходной эстакады расположены в месте, где глубина воды достигает 15,5 м. На участке нахождения опор подходной эстакады глубина проникновения разжижения при волнах юго-западного направления для $d=0,5$ мм составляет $z_c=2,0$ м, для $d=0,2$ мм $z_c=4,6$ м. Глубина проникновения разжижения при волнах северо-западного направления для $d=0,5$ мм составляет $z_c=1,4$ м, для $d=0,2$ мм $z_c=3,8$ м. В районе рассматриваемых конструкций глубины проникновения разжижения в результате экстремальных штормов для волн ЮЗ и СЗ направлений не велики, что позволяет говорить о незначительном влиянии разжижения на устойчивость конструкций. Однако разжижение увеличивает эффект размыва, что увеличит величину местного размыва у опор. При волнах западного направления глубина проникновения разжижения для $d=0,5$ мм составляет $z_c=10,5$ м, $d=0,2$ мм $z_c=14,7$ м. Величины глубин разжижения, полученные для 3 волн направления,

являются значительными. Это, в свою очередь, позволяет сделать вывод об опасности разжижения для устойчивости опор подходной эстакады при действии экстремального шторма западного направления.

Выводы. Предполагая, что отложение морского дна представляет собой однородное упругое полупространство, а также предполагая, что вызванная волнами нагрузка на морское дно представляет собой последовательность гармонических волн, был проведен анализ напряжений для изучения природы циклических напряжений, индуцированных в донные отложения. Была рассмотрена методология оценки подверженности донных отложений разрушениям типа разжижения путем включения эмпирической формулы циклической прочности в процедуру анализа для оценки отношения циклических напряжений, вызванных волнами. Вышеупомянутая методология анализа разжижения была применена к шести случаям для условий акватории морского терминала Находкинского завода минеральных удобрений, в которых рассматриваются наиболее опасные штормовые условия.

Ключевые слова: разжижение грунта, причальные сооружения, циклическая прочность грунта, глубина проникновения разжижения, местный размыв.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛН НА МОДЕЛЬ МОРСКОЙ НЕФТЯНОЙ ПЛАТФОРМЫ МАЯТНИКОВОГО ТИПА

Пиляев С.И.

к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Морские платформы на маятниковых опорах являются перспективным типом сооружений, служащих для освоения глубоководных районов континентального шельфа. Приводятся результаты экспериментальных исследований по воздействию волн на модели маятниковых платформ, необходимые для выявления области рационального применения маятниковых опор и обоснования инженерных решений.

Ключевые слова: маятниковая платформа, экспериментальные исследования, волновой режим, масштабы моделирования.

МЕТОД ДИФФУЗИИ ВОЛНОВОЙ АМПЛИТУДЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ДИФРАКЦИИ НЕРЕГУЛЯРНЫХ МОРСКИХ ВОЛН

Гогин А. Г.¹ Кантаржи И. Г.²,

¹аспирант, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

²д.т.н., профессор, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Введение. Дифракция волн на оградительных сооружениях наблюдаются практически в акватории каждого порта. Прогнозированию дифракции волнового поля уделялось много внимания. Были разработаны как аналитические методы расчета высот волн, так и численные. Однако сегодня представляет интерес верификация результатов решения некоторых задач дифракции с помощью новых численных волновых моделей.

В работе рассматриваются процессы дифракции волн на параллельных берегу сходящихся оградительных сооружениях, расстояние между которыми составляет 3 длины подходящих волн.

Материалы и методы. Для проведения исследования используется две численные модели MIKE 21: спектральная волновая модель Spectral Waves и волновая модель, основанная на уравнениях типа Буссинеска, Boussinesq Waves. В работе применены и исследованы два вида подходящих к сооружениям волн: регулярного характера (монохромные) и случайного (нерегулярного) характера (аппроксимирующий спектр JONSWAP). Кроме этого, для всех разнонаправленных волн используется два различных угловых распределения – условно узкое и широкое. Таким образом, в работе рассмотрено 8 численных волновых моделей: 4 спектральных (2 – с активированной функцией коррекции дифракции и 2 – без нее) и 4 модели Буссинеска (2 – с однонаправленными волнами и 2 – с разнонаправленными).

Сравнение результатов, получаемых на численных моделях, проведено с экспериментальными данными, полученными Завьяловым В.К., с результатами аналитического расчета, выполненным Крыловым Ю.М., и с результатами, полученными по нормативной методике. Для этого были посчитаны коэффициенты дифракции в 17 контрольных точках на защищаемой акватории. Для сравнения результатов применено среднеквадратическое отклонение (СКО) по наборам данных в точках.

Результаты. Наименьшие значения СКО и, следовательно, наилучшее совпадение результатов с данными аналитического расчета и экспериментов получилось на волновых моделях Буссинеска с нерегулярными разнонаправленными волнами – для них СКО составило 0,09. Напротив, модели Буссинеска с регулярными и нерегулярными однонаправленными волнами показывают неудовлетворительные результаты, но практически одинаковые. Также

близкие значения СКО показали обе спектральные модели с активированной функцией коррекции дифракции – 0,10. Спектральные модели без активации этой функции показывают плохую сходимость, что предполагалось.

Выводы.

1. Численная модель, основанная на решении уравнений типа Буссинеска, может быть рекомендована как наилучшая для решения задачи дифракции за сходящимися оградительными сооружениями.

2. Спектральная волновая модель, которая требует гораздо меньших вычислительных затрат, представляется хорошей альтернативой для решения задач дифракции с вводом новой функцией коррекции дифракции/рефракции волн на мелководье.

3. Решение задачи дифракции методами, рассматривающими только регулярные волны, не может применяться для корректной оценки волн за оградительными сооружениями. Этот вывод экстраполируется также на физическое моделирование.

Ключевые слова: дифракция волн, ветровые волны, численное моделирование, DHI MIKE 21.

ПРИБЛИЖЁННАЯ РАСЧЁТНАЯ ОЦЕНКА НАПРЯЖЕНИЙ ОТ ИЗГИБА ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО ЭКРАНА

Саинов М. П.

д.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

С помощью простых аналитических расчётов автором показано, что деформации изгиба не могут вызвать в экране сжимающих напряжений, сопоставимых по величине с прочностью бетона на сжатие. Поэтому основной причиной образования в экране вертикальных трещин являются высокие сжимающие силы, которые испытывает экран в направлении от берега к берегу. Они являются следствием сил трения на контакте между экраном и плотиной.

Ключевые слова: каменно-набросные плотины с железобетонным экраном, прочность, напряжения, изгиб, силы трения, прогиб.

НЕСУЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ПЛОТИНЫ ИЗ ОСОБО ТОЩЕГО УКАТАННОГО БЕТОНА (CSG)

Толстиков В.В.¹, Тарек С.С.²

¹к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

²аспирант, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В докладе представлены результаты исследования несущей способности плотины из особо тощего укатанного бетона. В ходе исследования был рассмотрен вариант однородного симметричного профиля с заложением граней $m=0.5$.

Характеристики плотины и основания приведены в таблицах 1 и 2. Ввиду возможного нарушения технологии при возведении плотины и возникновения ослабленных швов в расчётном исследовании приняты 13 горизонтальных межслойных швов. Все швы в теле плотины одинаковы по характеристикам сдвига, значения параметров сдвига шва и контактного шва между плотиной и основанием выбраны по данным исследований на построенных плотинах из укатанного бетона, и приведены в таблицах 3 и 4.

Расчеты проводились в программном комплексе "CRACK", который реализует метод конечных элементов в прочностной постановке и позволяет явно моделировать различные нарушения сплошности - швы, трещины, контакты. Фрагмент сетки МКЭ системы плотина-основание, с расположением моделируемых контактными элементами швов представлен на рисунке 1.

Таблица 1. Характеристика плотина

Модуль деформации $E_{плот.}$ МПа	прочность на сжатие $R_{сж}$ МПа	прочность на растяжение R_p МПа	Коэффициент Пуассона ν	Объёмный вес γ , (кН/м ³)
5000	5	0,5	0.24	23

Таблица 2. Характеристика основания

Модуль деформации	прочности на сжатие	прочности на	Коэффициент Пуассона
-------------------	---------------------	--------------	----------------------

$E_{осн.}$ (МПа)	$R_{сж}$ МПа	растяжение R_p МПа	
6000	6	0,4	0.22

Таблица 3. Характеристики строительных швов

Условия качества швов	Удельное сцепление, C (МПа)	Угол внутреннего трения, φ	$\tan \varphi$
низкая	0,1	35	0,7

Таблица 4. Характеристика контакта бетон-скала

Условия качества контактного шва	Удельное сцепление, C (МПа)	Угол внутреннего трения, φ	$\tan \varphi$
средняя	0,2	39	0,8

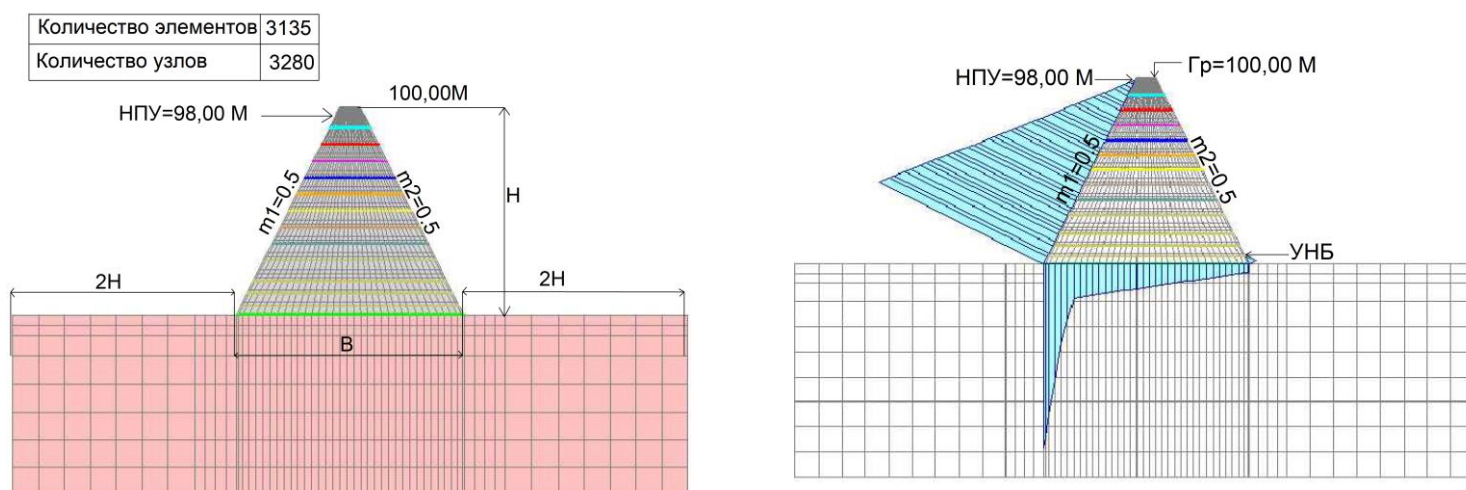


Рисунок 1. Фрагмент сетки МКЭ системы плотина-основание и расположение швов

Материалы и методы.

В ходе исследований был рассмотрен вариант однородного симметричного профиля с заложением граней $m=0,5$. При изучении процесса исчерпания несущей способности плотины учитывались прочностные характеристики материала плотины и основания, и характеристики жесткости и сдвиговой прочности швов, которые моделировались контактными элементами. Были рассмотрены возможные способы доведения плотины до разрушения при численном моделировании.

- Первый способ заключается в уменьшении параметров сдвиговой прочности в строительных швах и в контакте с основанием.

- Второй способ заключается в увеличении давления воды со стороны верхнего бьефа выше расчетного значения, определяемого отметкой НПУ. При этом параметры прочности остаются постоянными.

- Третий способ заключается в одновременном снижении параметров сдвиговой прочности в швах и снижении прочности бетона плотины.

Перегрузка или снижение прочности осуществляется пропорционально, до момента потери несущей способности системы плотина – основание, которое характеризуется незатухающим ростом перемещений плотины в ходе итерационного поиска решения (модифицированный метод Ньютона-Рафсона) и стабилизации решения не наступает.

Результаты и выводы

В результате расчетов при уменьшении параметров сдвига и увеличении коэффициента перегрузки на разных этапах оказалось:

- Значения горизонтальных и вертикальных перемещений в момент разрушения увеличиваются многократно по сравнению с расчетным значением перемещений.
- При снижении параметров сдвиговой прочности в строительных швах разрушение происходит по схеме плоского сдвига по швам в нижней части профиля. В контакте фиксируется увеличение раскрытия контактного шва со стороны верхнего бьефа и нарушение сдвиговой прочности на части контакта. Снижение прочностных параметров составило 2,85 раза.
- При увеличении коэффициента перегрузки (по отношению к расчетной гидростатической нагрузке) на момент разрушения произошел также плоский сдвиг по нижним строительным швам и контакту при локальном разрушении бетона тела плотины со стороны нижнего бьефа. При этом раскрытия контактного шва не происходит. Коэффициент перегрузки составил 2,8.
- При снижении параметров сдвиговой прочности в строительных швах и прочности бетона разрушение происходит по схеме плоского сдвига по швам в нижней части профиля. В контакте фиксируется увеличение раскрытия контактного шва со стороны верхнего бьефа и нарушение сдвиговой прочности на части контакта. В плотине фиксируется трещинообразование от действия растягивающих напряжений, что связано со значительным снижением прочности на растяжение бетона. Снижение прочностных параметров составило 2,85 раза.

При всех рассмотренных схемах доведения системы плотина-основание до разрушения получился практически одинаковый коэффициент снижения прочности или перегрузки. Метод доведения плотины до разрушения при увеличении сдвигающей нагрузки более универсален и соответствует методике изучения несущей способности на физических моделях.

Ключевые слова: несущей способности плотины, плотины из особо тощего укатанного бетона (CSG)», Коэффициент устойчивости, Коэффициент перегрузке, напряженно-деформированное состояние, «CRACK».

ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЦЕМЕНТАЦИИ МЕЖСТОЛБЧАТОГО ШВА НА НДС И УСТОЙЧИВОСТЬ БЕТОННОЙ ГРАВИТАЦИОННОЙ ПЛОТИНЫ БУРЕЙСКОЙ ГЭС

Толстиков В.В.¹, Юссеф Яра²

¹к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

²аспирантка, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Введение. Омоноличивание бетонных гравитационных плотин цементацией строительных швов является завершающим и наиболее ответственным этапом возведения плотины и определяет ее готовность к восприятию напора и последующей эксплуатации. Целью данной научной работы является исследование влияния последовательности цементации межстолбчатого вертикального шва на напряжённо-деформированное состояние (НДС) и устойчивость бетонной гравитационной плотины Бурейской ГЭС.

Материалы и методы. Для достижения вышеуказанной цели научной работы исследованы 6 сценариев цементации межстолбчатого вертикального шва правобережной глухой секции №16 бетонной гравитационной плотины Бурейской ГЭС с разными процентами и последовательностями цементации межстолбчатого шва. Расчеты выполнены под действием расчетных нагрузок на плотину с помощью программного комплекса «CRACK», разработанного на кафедре гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, на основе метода конечных элементов.

Результаты. Результаты расчётов показывают, что при вторичной цементации 47% от межстолбчатого вертикального шва плотины начиная с верхних ярусов прочностные и деформационные характеристики плотины улучшились по сравнению с частичной цементацией межстолбчатого шва начиная с нижних ярусов. Установлено, что при вторичной цементации межстолбчатого вертикального шва плотины начиная с верхних ярусов коэффициент устойчивости плотины против сдвига больше на 12.2% чем коэффициент устойчивости плотины при незамоноличенном межстолбчатом шве.

Выводы и рекомендации. Проведенное численное исследование позволяет сделать вывод о том, что выполнение вторичной цементации межстолбчатого вертикального шва бетонной гравитационной плотины Бурейской ГЭС начиная с верхних ярусов более эффективно чем цементация начиная с нижних ярусов. Следовательно, для улучшения и регулирования напряжённо-деформирования состояния бетонных гравитационных плотин рекомендуется выполнять вторичные цементационные работы межстолбчатого вертикального шва плотин с верхних ярусов.

Ключевые слова: последовательность цементации, межстолбчатый вертикальный шов, бетонная гравитационная плотина, напряжённо-деформированное состояние (НДС), коэффициент устойчивости.

ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ЮГА РОССИИ И ПЕРЕХОД УПРАВЛЕНИЯ ОРОШЕНИЕМ НА НОВЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

Орехов Г.В.¹, Чан Мань Кыонг²

¹д.т.н., профессор, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

²аспирант, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Во Вьетнаме имеется большое количество земляных плотин, которые используются в различных отраслях хозяйственной деятельности. В основном это грунтовые плотины малой и средней высоты (до 30 м.). Их количество в стране превышает 6700. Эти гидротехнические сооружения работают в субтропическом климате с периодами затяжных муссонных дождей. При этом наблюдается большое количество разрушений, вызванных различными причинами. Наибольшее количество отказов связано с нарушениями режимов фильтрации и разрушением водосбросных систем этих плотин. Многие объекты построены достаточно давно и требуют ремонтных и реконструкционных работ. Оценка безопасной эксплуатации рассматриваемых объектов является сегодня актуальной проблемой в стране, особенно для плотин малого и среднего размера.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Бестужева А.С.¹, Гоциридзе Г.П.²

¹к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г.

Москва;

²аспирант, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В работе проведено сопоставление спектральных методов расчетом с целью определения максимальных относительных ускорений в плотинах различной конструкции в расчетах на сейсмические воздействия, заданные расчетной балльностью и заданные расчетными акселерограммами. В работе рассматриваются линейно-спектральный метод и метод спектра реакции. Для расчетных акселерограмм построены спектры Фурье, получены формы собственных колебаний расчетных плотин и построены для расчетных акселерограмм спектры реакций. На основе вычисления сейсмических сил в элементах плотин построены графики спектров ответов по ускорениям, а также определены обобщенные значения для коэффициентов динамичности плотин в расчетах на разные воздействия при учете 12 форм собственных колебаний. Полученные результаты расчетов сведены в таблицу, сделаны выводы.

Ключевые слова: спектральные методы расчетов, спектр Фурье, спектры ответов, формы собственных колебаний, грунтовые плотины.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТОВ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН НА СЕЙСМИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Бестужева А.С.¹, Тарасов А.А.²

¹к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г.

Москва;

²аспирант, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Проведен анализ факторов, влияющих на напряженно-деформированное состояние (НДС) каменных плотин с диафрагмой из глиноцементобетона (ГЦБД), при расчетах в ПК PLAXIS. Рассмотрены такие факторы как: модель грунта для упорных призм плотины (С-М, HS), инструменты моделирования диафрагмы (Soil, Plate), проскальзывание на контакте между диафрагмой и переходными зонами (наличие, отсутствие), сопряжение диафрагмы со скальным основанием (свободное опирание, заделка). На основе сделанных выводов по учитываемым факторам проведено исследование НДС каменной плотины с разными составами ГЦБД, доказано, что при принятом модуле деформации упорной призмы (60 МПа) по условию прочности ГЦБД ее модуль деформации не может превышать 100 МПа. Для повышения надежности и водонепроницаемости диафрагмы предлагается устройство с низовой грани диафрагмы зоны из камнебетона, параметры прочности и деформируемости которого приняты на основе экспериментальных работ. Методом факторного анализа получена наиболее рациональная конструкция плотины с оптимальным содержанием цемента в камнебетоне, с подобранной шириной зоны из камнебетона и оптимальным составом ГЦБД диафрагмы. Сделан вывод о целесообразности устройства с низовой грани диафрагмы упрочненного цементом материала - камнебетона, позволяющего повысить надежность противодиффузионного элемента за счет увеличения прочности материала при боковом обжатии, за счет общего снижения водопроницаемости ПФЭ при образовании трещин в ГЦБД, за счет возможности устройства в камнебетоне ремонтно-диагностических потерн, позволяющих проводить в этом случае из них инъекционные работы в сторону диафрагмы без необходимости сработки водохранилища.

Ключевые слова: Грунтовые плотины с диафрагмами, камнебетон, глиноцементобетон, буросекущие сваи, стена в грунте.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ДИАФРАГМЫ В ТЕЛЕ ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ КАК ПЛИТЫ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Бестужева А.С.¹, Кыльчик Н.А.²

¹к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

²студент, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Проведены численные исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) каменной плотины с глиноцементобетонной диафрагмой и переходными зонами из песка в ПК Plaxis-2D. Расчеты выполнены для исследования деформирования диафрагмы в теле плотины. Для подтверждения полученного решения было проведено моделирование работы диафрагмы в теле плотины как плиты на упругом основании в расчете на гидростатическую нагрузку средствами ПК Лира. Для этого были построены графики распределения коэффициентов постели по высоте диафрагмы на основе решения задачи НДС в Plaxis. Сопоставление прогибов диафрагмы в разных ПК дало расхождение для пригребневой части в 1,5 раза. Для снижения прогибов диафрагмы был рассмотрен вариант конструкции плотины с низовой зоной из камнебетона, который показал более ровное распределение коэффициентов постели по высоте, снижение прогиба диафрагмы на гребне и хорошее соответствие результатов между расчетными комплексами.

Ключевые слова: Грунтовые плотины с диафрагмами, камнебетон, глиноцементобетон, балка на упругом основании, коэффициент постели.

ИСКАЖЕНИЕ МАСШТАБОВ МОДЕЛИ В ЗАДАЧЕ ГИБРИДНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЛНЕНИЯ НА АКВАТОРИИ ПОРТА

Кантаржи И. Г.¹, Аниаков А. С.², Гогин А. Г.³

¹д.т.н., профессор, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

²к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

³аспирант, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Целью исследования является обсуждение результатов физического моделирования волнового режима на огражденной акватории порта с искажением масштабов модели. Полученные результаты сравнивались с данными численных исследований. В данной работе использовались модели с открытым исходным кодом, такие как SWASH, ARTEMIS, HWAVE.

Ключевые слова: Физическое моделирование, искажение масштабов, волновой режим, волны, огражденная акватория, численное моделирование.

РАСЧЕТ ПОДПОРНОЙ СТЕНЫ В СЕЙСМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА

Бестужева А.С.¹, Макарова Я.А.²

¹к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

²студент, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Введение

Подпорные конструкции из буросекущихся свай широко применяются как в промышленно-гражданском, так и в гидротехническом строительстве, это связано с их высокой жесткостью, долговечностью и водонепроницаемостью. Сегодня можно наблюдать сравнительно высокие темпы строительства портовых ГТС. Развитие получают крупные морские порты, в том числе находящиеся в сейсмических районах. Это делает актуальной задачу оптимизации конструкций причальных сооружений (в частности, тонких подпорных стен) при их проектировании.

Работа выполнена под руководством к.т.н., доцента Бестужевой Александры Станиславовны.

Целью настоящей работы является изучение опыта применения факторного анализа для оптимизации конструкции тонкой подпорной стены в сейсмическом районе.

Материалы и методы

В статье рассматривается конструкция ограждающей свайной подпорной стенки из буросекущихся свай в районе с интенсивностью сейсмического воздействия 8 баллов. Расчет сейсмической силы при факторном анализе выполнялся по статическому методу. С целью проверки корректности данного метода для принятых габаритов конструкции выполнялся расчет по линейно-спектральному методу в ПК SAP 2000.

Для рассматриваемой конструкции были выполнены расчеты на общую устойчивость по методу круглоцилиндрических поверхностей обрушения и методу снижения прочности; расчеты на устойчивость к опрокидыванию и расчет прочности грунта основания. В составе факторного анализа оценивалось влияние глубины заделки и толщины стенки на коэффициенты запаса устойчивости для описанных выше расчетов.

Результаты работы

В ходе работы обозначенные ранее расчеты были выполнены для 4 типоразмеров конструкции. По их результатам были составлены полиномы, связывающие рассматриваемые факторы с показателями работоспособности и экономичности.

Затем с помощью утилиты «Поиск решения» в программе Excel по полученным полиномам был выполнен поиск оптимального решения, результатами стали габариты сооружения: глубина погружения $t = 7,18$ м, толщина стенки $d = 1$ м.

Была также выполнена проверка адекватности полиномов, показавшая, что они с достаточной для практики точностью описывают работу конструкции.

Проверка оптимальной конструкции на сейсмическую силу, рассчитанную по линейно-спектральному методу, показала, что при проведении факторного анализа необходимо изначально рассчитывать сейсмическую силу по данному методу для получения наиболее надежного результата.

Следует отметить, что рассмотренная задача значительно усложняется при переходе к причальным сооружениям. В настоящем исследовании также не рассматривался вопрос несущей способности сечения подпорной стены и ее армирования. Эти задачи будут рассмотрены в дальнейших исследованиях, посвященных оптимизации конструкций портовых сооружений.

Выводы

1. Оптимизация строительных конструкций при проектировании является сложной задачей, для которой наиболее рациональным и точным решением является проведение факторного анализа.

2. Описанная в работе методика позволяет выполнять оптимизацию конструкций подпорных стен, возводимых в сейсмических районах.

3. Рассмотренный алгоритм факторного анализа требует доработки: необходимо вычислять сейсмическую силу для каждого из рассматриваемых вариантов по линейно-спектральному методу.

4. В дальнейших исследованиях, посвященных данной тематике, следует рассмотреть причальное сооружение с учетом всех действующих нагрузок и присоединенной массы воды при учете сейсмического воздействия, а также учесть фактор несущей способности сечения стенки.

ПОИСК ОПТИМАЛЬНОГО КОНСТРУКТИВНОГО РЕШЕНИЯ НАПОРНОЙ СИСТЕМЫ С УРАВНИТЕЛЬНЫМ РЕЗЕРВУАРОМ ГЭС ВОКАНГ-ВАЛИНГ

¹Третьяков И. С., ²Ступищев А. В., ³Зарицкая А. В., ⁴Берлин В.В.

¹студент 6 курса, НИУ МГСУ, г. Москва;

²студент 6 курса, НИУ МГСУ, г. Москва;

³студент 6 курса, НИУ МГСУ, г. Москва;

⁴к.т.н., профессор кафедры гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Проведено прикладное исследование по поиску оптимального конструктивного решения напорной системы с уравнительным резервуаром ГЭС Воканга-Валинг. В ходе исследования была получена универсальная характеристика подобранной турбины, определены процессы, происходящие в турбине и в уравнительном резервуаре. Выбор оптимального решения уравнительного резервуара производился на основании технико-экономического сравнения вариантов выбранного ряда уравнительных резервуаров. По результатам сравнения произведён анализ полученных результатов и выбран оптимальный вариант из условия наименьшего объёма и выполнения технических требований, предъявляемых к данной конструкции. Приведены рекомендации к дальнейшим исследованиям по данному вопросу.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, деривационная ГЭС, уравнительный резервуар, переходные процессы, оптимизация.

ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛОТИН ИЗ ОСОБО ТОЩЕГО УКАТАННОГО БЕТОНА

Ляпичев Ю.П.

профессор, член Комитета СИГБ (ICOLD) по расчетам и проектированию плотин (1993-2013),
г. Москва

АННОТАЦИЯ

В последние 20 лет плотины из укатанного бетона продолжают строить во многих странах ввиду их технико-экономических преимуществ по сравнению с обычными плотинами из вибрированного бетона и грунтовыми плотинами. Предложенные в докладе новые конструктивно-технологические решения в этих плотинах позволяют существенно снизить расхода цемента и расширить их применение как на скальных, так и нескальных основаниях, что позволит им успешно конкурировать не только с обычными плотинами из вибрированного и укатанного бетона, но и с грунтовыми плотинами с экранами из железобетона.

Проведенные численные расчеты статического и сейсмического напряженно-деформированного состояния гравитационных плотин из особо тощего укатанного бетона, а также оценка их устойчивости, прочности и стоимости показали, что наиболее экономичными для скального и плотного песчано-гравелистого оснований является плотина симметричного профиля шириной, равной $(3 + 0,1H)$, где H - напор воды в верхнем бьефе в м) с заложением обоих откосов 0,5-0,7 в зависимости от типа основания, узкими наружными зонами из особо тощего укатанного бетона (расход цемента 70-80, золы-уноса 100-120 кг/м³) и широкой внутренней центральной зоной из камня, упрочненного цементно-зольным раствором.

Преимуществами предложенных симметричных плотин по сравнению с обычными гравитационными плотинами из укатанного бетона являются: 1) снижение напряжений в теле и основании плотины; 2) низкая стоимость особо тощего укатанного бетона и камня, упрочненного цементом; 3) большая сейсмостойкость, чем у гравитационных плотин из укатанного бетона; 4) возможность строительства на полускальных и плотных грунтовых основаниях; 5) обработка рабочих швов укатанного бетона не требуется; 6) малое число деформационных швов при их большом шаге (30-40 м); 7) дренирование основания происходит ввиду проницаемости нижнего слоя внутренней зоны;

8) в качестве заполнителя особо тощего укатанного бетона можно использовать речной аллювий и горную массу полускальных пород крупностью до 200 мм.

Водонепроницаемость напорной грани этих плотин обеспечивается путем последующей установки геомембраны CARPI (Швейцария) - двухслойной пленкой из ПВХ и дренажа из геотекстиля толщиной 3 мм. Геомембрана CARPI установлена и успешно

эксплуатируется на 37 плотинах из укатанного бетона. Она отличается высокой надежностью от проколов, водонепроницаемостью, высокой дренажной способностью и рекомендована к применению в этих плотинах в Бюллетене СИГБ 135 (2010 г.).

Учитывая, что стоимость отводящих и водосбросных туннелей при плотине из особо тощего укатанного бетона будет меньше, а срок строительства короче, чем при грунтовой плотине с экраном из железобетона, можно сделать вывод о технико-экономической эффективности этой плотины. Симметричные плотины из особо тощего укатанного бетона обладают более высокой сейсмостойкостью и технико-экономической эффективностью по сравнению с обычными гравитационными плотинами из укатанного бетона и другими видами плотин. Такие плотины высотой до 200 м можно строить на скальных, а высотой до 100 м на плотных песчано-гравелистых основаниях.

САМОПРОМЫВАЮЩИЕСЯ КОВШИ: РАСЧЁТ С КОМПОНОВКОЙ СООРУЖЕНИЙ

Ерхов А.А.

к.т.н., Российский государственный геологоразведочный университет, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Самопромывающиеся ковши – современные гидротехнические сооружения водоприёмной части поверхностных водозаборов сложны в расчётах, и требуют физического моделирования, – вне гидравлической лаборатории задача правильной оценки параметров и основных конструктивных особенностей ковша нерешаема. На основе анализа фактического материала в работе приводятся данные к расчётам; основные параметры сооружений ковша соответствуют геометрическим размерам – габаритам, зависящим от производительности водозабора.

Ключевые слова: водоприёмник, верховое ограждение, отражатель, транзитное течение, наносы, земснаряд.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ УРОВЕННОГО РЕЖИМА БАРЕНЦЕВА МОРЯ НА ПОРТОВОЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Долгушев Т.В.

аспирант (НИУ МГСУ, Москва)

АННОТАЦИЯ

Арктический регион РФ является одним из наиболее подверженных изменениям климата регионов планеты. Скорость наблюдаемых изменений климата в данном регионе превышает глобальный уровень в два – два с половиной раза. Изменение уровня акватории порта оказывает значительное влияние на эксплуатационный режим гидротехнических сооружений и может привести к существенным запроектным воздействиям. В связи с этим актуален анализ влияния наблюдаемых и прогнозных изменений климата на портовые гидротехнические сооружения.

Автором сопоставлены данные климатических моделей для среднего уровня моря с региональными климатическими моделями, отражающими специфику района Баренцева моря. По данным МГЭИК за последнее десятилетие проанализированы изменения в прогнозах темпов роста уровня моря к 2100 году. Проведено сравнение прогнозных уровней моря по данным МГЭИК и региональных моделей с фактически наблюдаемыми темпами изменения уровня моря в регионе по данным спутниковой альтиметрии.

Ключевые слова: изменения климата, сценарный подход, повышение уровня среднего уровня моря, волновые воздействия, портовые гидротехнические сооружения.

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СООРУЖЕНИЯ РЕКОНСТРУИРУЕМОЙ НАБЕРЕЖНОЙ

Шахин В.М.¹, Шунько Н.В.², Зувев Н. Д.³,

¹д.т.н., ООО «Гидротехника», г. Сочи;

²к.т.н., НИЛ «ГС» НОЦ «Гидротехника» НИУ МГСУ, г. Москва;

³к.т.н, НИЛ «ГС» НОЦ «Гидротехника» НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Изложены основные исследования и результаты физического моделирования, полученные при апробации инженерных решений по реконструкции набережной.

ПРИРОДООХРАННЫЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ МАКРОФИТЫ: НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И ТЕНДЕНЦИИ.

Казмирук В. Д.

к.г.н., старший научный сотрудник, Институт водных проблем РАН, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Анализируются новые направления и тенденции в природоохранном гидротехническом строительстве. Совместное использование инженерных сооружений, очистных и эстетических свойств макрофитов, позволяет создать эффективные системы для предотвращения загрязнения водных объектов такими новыми видами загрязнителей как микропластик. Это особенно актуально для урбанизированных территорий, где в ливневых водах наблюдаются высокие концентрации пластиковых микрочастиц и существует необходимость создания зеленых зон.

Ключевые слова: гидротехнические сооружения, макрофиты, микропластик, загрязнение, водный объект.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ПРОПУСКА РЫБЫ ЧЕРЕЗ ТРАНСПОРТНЫЕ ТРУБНЫЕ ЭКОДУКИ ИЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ГОФРИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Черных О.Н.¹, Суэтина Т.А.², Бурлаченко А.В.³

¹ к.т.н., доцент, Российский государственный аграрный университет-МСХ имени К.А.

Тимирязева, г. Москва;

² д.т.н., профессор, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва;

³ к.т.н., доцент, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Анализ мировой практики устройства экодуков, впервые построенных во Франции в 1950-х годах, позже в Швеции, Нидерландах, Германии, США, Нидерландах (где на сегодня построено более 650), Японии и др. показал, что за счёт их применения можно избежать сужения ореола обитания животных и рыб. Для восстановления экологических связей, разрезаемых автодорогой, в России в соответствии с национальным проектом «Экология» в 2020г. введён в действие ГОСТ Р 589947-2020 и построено четыре экодука. Отмечено, что для пропуска мигрирующей рыбы на нерестовых водотоках через транспортные магистрали после рилининга старой железобетонной водопропускной трубы или малого моста наиболее эффективна установка трубного экодука круглого сечения, выполненного из металлических гофрированных сборных элементов с разным оформлением донной части. Режим эксплуатации таких сооружений обосновывается с учётом требований гидробионтов. Приведены результаты анализа рекомендаций и результатов экспериментальных исследований по оценке основных параметрических показателей, обеспечивающих надёжный и безопасный пропуск мигрирующей рыбы по кульвертам с нормальным и спиральным гофром диаметром d в натуре 1 м и 1,2 м с линейным масштабным коэффициентом равным 5 с гладким лотком и гравийной отсыпкой на дне кульверта. Уклон малых труб изменялся в диапазоне от 0,01 до 0,1. Сопоставление значений скоростей потока на выходе $V_{вых}$ из гладкой и гофрированной металлических труб экодука показал, что при безнапорном и полупонапорном режимах их значения близки только при уклоне $i = 0,01$ и параметре расхода менее 0,7, а при изменении i от 0,03 до 0,1 в гофрированной трубе скорости меньше. Представлены результаты лабораторных исследований, позволяющие определить значения коэффициентов шероховатости композитного сечения «металлическая труба с различным типом гофра-защитное абразивное покрытие дна» трубного экодука, оптимизировать техно-мелиоративное обустройство кульвертов на зарыблённых водных объектах и выбор их размеров при гидравлическом расчёте. Приведены зависимости коэффициента шероховатости n , основанные

на их взаимосвязи с уклоном трубы. Значение n зависит от глубины воды и варьируется на модели в диапазоне $0,0230 < n < 0,0256$, а в некоторых опытах при наполнении от $0,4d$ до $0,75d$ доходит до $n = 0,029$ для гравийного русла, т.е. примерно $0,039$ в натуре. Его средневзвешенная величина примерно одинакова и составляет на модели $n_m = 0,0268$, а в натуре $n_n = 0,035$. Причём при занaporивании для этой конструкции кульверта значение n на 12% ниже и составляет в натуре $n_n = 0,03$. Для СМГТ без защитного гладкого лотка на дне для оценки устойчивости гидравлической работы водопропускных переходов круглого сечения целесообразно принимать при напорном режиме работы значение n_n не менее $0,027$, а при безнапорном $n_n = 0,03$. Установлено, что в зависимости от уклона и режима протекания воды в заглубленной трубе, дно которой покрыто гравием не менее чем на 10%, значение коэффициента шероховатости n получается примерно в $1,1 \dots 1,4$ раза больше значений n для гофрированных кульвертов при отсутствии какого-либо лотка на дне. Рекомендованы конструктивные техно-мелиоративные мероприятия для корректировки перепада уровня воды сооружением подпорного каскада с помощью крупных камней в транзитной части кульверта, валунов или брёвен за экодуком. Дальнейшие исследования таких конструкций дадут возможность применять уточнённые значения n на предварительных стадиях проектирования трубных экодуков и при расчётах в существующих программных системах.

СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ В ЮЖНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

Наволокин Д.Ю.

ООО «ИКЦ безопасность ГТС», г. Новочеркасск

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты анализа безопасности берегоукрепительных сооружений, выполненного на основании опыта работ по комплексному анализу, а также декларированию безопасности гидротехнических сооружений на Черноморском побережье Кавказа и Республике Крым. Рассмотрены вероятные аварии на берегоукрепительных сооружениях, которые могут привести к чрезвычайным ситуациям, с учетом роста антропогенных нагрузок и изменения климатических условий.

Ключевые слова: берегоукрепительные сооружения, безопасность гидротехнических сооружений.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В БЕТОННЫХ ПЛОТИНАХ С ПОМОЩЬЮ ВОЛНОВОЙ ТЕОРИИ СЕЙСМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Мусаев В.К.

д.т.н., профессор, НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются задачи о математическом моделировании нестационарных волн в бетонных плотинах Курпсайская и Койна. Применяется волновая теория сейсмической безопасности. Для решения нестационарной динамической задачи теории упругости с начальными и граничными условиями используем метод конечных элементов. С помощью метода конечных элементов, линейную задачу с начальными и граничными условиями привели к линейной задаче Коши. Предложен квазирегулярный подход к решению системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка в перемещениях с начальными условиями и к аппроксимации исследуемой области. Методика основывается на схемах: точка, линия и плоскость. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным на треугольные и прямоугольные конечные элементы первого порядка. По временной переменной исследуемая область разбивается на линейные конечные элементы с двумя узловыми точками. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Для оценки достоверности разработанной методики, алгоритма и комплекса программ была решена задача о воздействии импульса в виде десяти полупериодов синусоиды на упругую полуплоскость. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных. Рассматривается задача о воздействии сейсмических нестационарных волн на бетонные плотины (Курпсайская и Койна) с основанием при воздействии плоской продольной упругой волны.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, волновая теория сейсмической безопасности, бетонные плотины, Курпсайская плотина, плотина Койна, волны напряжений, фундаментальное воздействие, полуплоскость, контурное напряжение.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЛУПЛОСКОСТИ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЛОСТЬЮ ЗАПОЛНЕННОЙ ВОЗДУХОМ: СООТНОШЕНИЕ ШИРИНЫ К ВЫСОТЕ ОДИН К ДЕСЯТИ

Мусаев В.К.

д.т.н., профессор, НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Рассматривается задача о математическом моделировании нестационарных сейсмических волн в упругой полуплоскости с вертикальной прямоугольной полостью, заполненной воздухом. Проблема моделирования задач переходного периода является актуальной научной задачей. Разработаны алгоритм и комплекс программ для решения плоских (двумерных) задач, которые позволяют получать напряженно-деформированное состояние в сложных объектах. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным на конечные элементы первого порядка. По временной переменной исследуемая область разбивается на конечные элементы первого порядка. Получена явная двухслойная схема. Для оценки достоверности разработанной методики, алгоритма и комплекса программ была решена задача о воздействии импульса в виде шести треугольников на упругую полуплоскость. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных. Решена задача о математическом моделировании нестационарных упругих волн напряжений в полуплоскости с полостью заполненной воздухом (соотношение ширины к высоте один к десяти) при сейсмическом воздействии. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных. В характерных частях исследуемой задачи получены контурные напряжения и компоненты тензора напряжений. Пустота заполненной воздухом, с соотношением ширины к высоте один к десяти, уменьшает величину упругого контурного напряжения.

Ключевые слова: математическое моделирование, техносферная безопасность, сейсмостойкость, переходной процесс, волны напряжений, функция Хевисайда, фундаментальное воздействие, вертикальная полость, полуплоскость, контурное напряжение.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЛУПЛОСКОСТИ С ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЛОСТЬЮ ЗАПОЛНЕННОЙ ВОЗДУХОМ (СООТНОШЕНИЕ ШИРИНЫ К ВЫСОТЕ ОДИН К ДЕСЯТИ) ПРИ СОСРЕДОТОЧЕННОМ ВЗРЫВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Мусаев В.К.

д.т.н., профессор, НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Приводится некоторая информация о компьютерном моделировании нестационарных взрывных волн в упругой полуплоскости с вертикальной прямоугольной полостью, заполненной воздухом. Проблема моделирования задач переходного периода является актуальной фундаментальной, прикладной и производственной научной задачей. Разработаны методика, алгоритм и комплекс программ для решения линейных плоских двумерных задач, которые позволяют решать задачи при нестационарных волновых воздействиях в деформируемых телах, различной формы. Получена явная двухслойная схема. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным на конечные элементы первого порядка. По временной переменной исследуемая область разбивается на конечные элементы первого порядка. Для оценки достоверности разработанной методики, алгоритма и комплекса программ была решена задача о воздействии импульса в виде шести трапеций на упругую полуплоскость. Решается система уравнений из 8016008 неизвестных. Решена задача о математическом моделировании нестационарных упругих волн напряжений в полуплоскости с полостью, заполненной воздухом (соотношение ширины к высоте один к десяти) при сосредоточенном взрывном воздействии в виде треугольного импульса (дельта функция). В характерных частях исследуемой задачи получены контурные напряжения и компоненты тензора напряжений. Пустота, заполненная воздухом (соотношение ширины к высоте один к десяти) уменьшает величину упругого контурного напряжения при нестационарных взрывных воздействиях.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, переходной процесс, безопасность в чрезвычайных ситуациях, строительный объект, взрыв, волны напряжений, дельта функция, вертикальная полость, воздушная среда, полуплоскость.

МНОГОФАКТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПОРНОГО ГИДРОУЗЛА НА МАЛОЙ ГОРНОЙ РЕКЕ ЭШКАКОН

Волосухин Я.В.

д.т.н., профессор, директор ООО «ИКЦ Безопасность ГТС», г. Новочеркасск

АННОТАЦИЯ

Выполнены многофакторные исследования гидроузла на реке Эшкакон с обоснованием гидравлической, гидрологической, фильтрационной, прочностной безопасности гидроузла после 25 лет его эксплуатации, а также оценка заиления водохранилища с прогнозом на последующие 25 и 50 лет его жизненного цикла. Установлены дефекты и повреждения элементов гидротехнических сооружений. Обоснованы мероприятия и срок их реализации, направленные на повышение надежности и безопасности сооружений гидроузла.

Ключевые слова: гидроузел; гидротехническое сооружение; многофакторные исследования; грунтовая плотина; скальное основание; контрольно-измерительная аппаратура; заиление водохранилища; мероприятия по повышению надежности и безопасности сооружений.

ЧИСЛЕННЫЕ РЕШЕНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ЗАДАЧ В ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Анискин Н.А.¹, Сергеев С.А.²

¹д.т.н., профессор, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

²к.т.н., доцент, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Представлен обзор задач неустановившейся фильтрации в грунтовых плотинах и их основаниях. Наиболее часто в гидротехнической практике рассматриваются задачи, связанные с изменением уровня воды водохранилища. Оно может быть вызвано технологической схемой работы гидротехнического объекта (например, сезонным использованием воды для различных целей) или необходимостью снижения действующего напора воды при возникновении предаварийной или аварийной ситуации водного объекта или гидросооружения. Снижение уровня может повлечь негативные последствия: возникновение фильтрационных деформаций, снижение устойчивости и обрушение откосов вследствие действия возникающих гидродинамических фильтрационных нагрузок.

В работе представлен краткий обзор методов решения неустановившейся фильтрационной задачи. Выполнено численное решение задачи с использованием программного комплекса PLAXIS. Дается сравнение полученных результатов с результатами, полученными ранее на основе гидравлического, аналогового метода и численного решения по программе FILTR. Получена хорошая сопоставимость методов. Полученные картины распределения фильтрационного напора позволяют проследить динамику изменений в направлении движения фильтрационного потока в зависимости от уровня воды в верхнем бьефе. Полученные результаты решения задач неустановившейся фильтрации необходимы для оценки фильтрационной прочности элементов грунтовых плотин и проверки устойчивости откосов конструкции, так как при сработке возникают ухудшающие ее дополнительные гидродинамические силы.

Приводятся результаты решения задачи о формировании во времени фильтрационного режима глинистого ядра высокой каменно-земляной плотины. Результаты подтверждают ранее полученный на основе расчетов и данных натурных наблюдений вывод о длительном во времени процессе проникновения фильтрационного потока вглубь конструкции. Это позволяет утверждать, что в ядрах высоких плотин с коэффициентами фильтрации ядра $K_f \leq A \cdot 10^{-6}$ см/с его влияние на напряженно-деформированное состояние и устойчивость конструкции очень мало.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ГРАВИТАЦИОННОЙ ПЛОТИНЫ ИЗ УКАТАННОГО БЕТОНА

Анискин Н.А.¹, Шайтанов А.М.²

¹ д.т.н., профессор, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

² аспирант, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе рассмотрен вопрос оценки степени воздействия выбранных факторов на температурный режим и термонапряженное состояние возводимой бетонной гравитационной плотины из малоцементного бетона для нескольких возможных сценариев строительства. Исследования проводились применительно к конструкции и условиям района строительства Пскемского гидроузла в Республике Узбекистан. Факторами варьирования являлись: расход цемента в смеси, начальная температура бетонной смеси, тепловыделение цемента, толщина укладываемого слоя бетона, месяц начала работ. Факторами внешней среды являлись переменная температура окружающей среды в течение года по месяцам и влияние солнечной радиации. Расчеты проведены с учетом сезонности момента начала возведения сооружения. Рассмотрено 2 варианта: осенне-зимний - с бетонированием зоны у основания плотины с сентября по февраль включительно; весенне-летний - с бетонированием этой зоны с марта по август включительно. Помимо этого, рассматривались варианты с учетом дополнительного разогрева от воздействия солнечной радиации и без него.

Исследования выполнены с использованием методики планирования эксперимента при поиске оптимальных решений (методика факторного анализа). Численный эксперимент выполнен на основе метода конечных элементов по программному комплексу «ANSYS».

На основе проведенных исследований предложен вариант сочетания факторов для получения наиболее благоприятного температурного режима. Получены уравнения регрессии для прогноза температурного режима возводимых бетонных гравитационных плотин из особо тощего укатанного бетона. Проанализированы особенности влияния выбранных факторов на температурный режим конструкции.

Все выбранные факторы достаточно весомо влияют на величины максимальных температур в выбранных точках. В наибольшей степени влияют расход цемента, толщина укладываемого слоя бетона и температура бетонной смеси. Увеличение расхода цемента до 150 кг/м^3 (максимальное значение фактора X_1) приводит к увеличению температуры в бетонном массиве на $\sim (8-12) \text{ }^\circ\text{C}$ по сравнению с минимальным рассмотренным расходом 70 кг/м^3 .

Полученные результаты исследований с использованием методики факторного анализа могут использоваться при проектировании бетонных плотин из укатанного бетона.

ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ РАБОТЫ СОСТАВНОГО ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА (ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЙ ЭКРАН И «СТЕНА В ГРУНТЕ») КАМЕННО-НАБРОСНОЙ ПЛОТИНЫ

Сорока В.Б.

Аспирант, НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

В последнее время актуальность получил вопрос о работоспособности каменно-набросных плотин (КНП) с составным противофильтрационным устройством (ПФУ) в виде железобетонного экрана (ЖБЭ) и противофильтрационной стены (ПФС). Таким исследованиям уделяется всё большее внимание в публикациях, особенно в Китае [1-7]. Однако результатов данных исследований недостаточно для оценки работоспособности составного ПФУ, т.к. эти исследования носят индивидуальный характер и относятся к конкретному сооружению.

Нами с помощью численного моделирования также был выполнен ряд исследований напряжённо-деформированного состояния (НДС) плотин с составным ПФУ. Исследовались ряд реальных плотин (Miaojiaba, Arkun, Hengshan), а также двух абстрактных КНП высотой 100 м и 235 м, которые имели разные конструкции узла сопряжения и условия расположения [8-14]. Расчёты проводились по вычислительной программе Nds_N [12].

Целью данных исследований было определение особенностей НДС составного ПФУ и влияния на него различных факторов. Во многих из этих исследований варьировались величины модули деформации тела плотины, основания, материала ПФС, кроме того, высота ПФС, толщина ЖБЭ, материал и конструкция узла сопряжения элементов.

Анализ показал, что у всех из рассмотренных плотин независимо от конструкции и характеристик проявляются общие зоны, в которых может произойти нарушение герметичности водонепроницаемого контура. К таким зонам относят: узел сопряжения ЖБЭ и ПФС, а участки сопряжения ЖБЭ и ПФС со скальным основанием.

ЖБЭ и ПФС находятся в сложном напряжённо-деформированном состоянии. Они испытывают не только деформации изгиба, но в них возникают и значительные продольные силы. Продольные силы и изгибающие моменты могут создавать существенные по величине напряжения, которые приводят к потере прочности экрана и стены.

Исследования показали, что напряжения в экране в основном зависят от модуля деформации основания и модуля деформации тела плотины. Если будет большое различие между ними, то в экране будут возникать значительные сжимающие и растягивающие продольные силы. НДС экрана наблюдается благоприятным только при условии, когда модуль деформации тела плотины и модуль деформации основания отличаются не более, чем в 3 раза. Уменьшить продольные напряжения в экране можно за счёт уменьшения трения на его контакте с плотиной.

Аналогично НДС ПФС также сильно зависит от модуля деформации материала. Для стены из жёсткого материала, бетона, характерно возникновение значительных сжимающих и растягивающих продольных напряжений. Поэтому главной рекомендацией для достижения благоприятного НДС является применение менее жёстких материалов.

С точки зрения опасности нарушение герметичности ещё более опасным элементом составного ПФУ является узел сопряжения ЖБЭ и ПФС. Обычно в качестве соединительного элемента используется бетонный понур. Исследования показали, что конструкция понура испытывает значительные деформации изгиба, в результате которых возникают высокие растягивающие напряжения. Уменьшить опасность потери прочности на растяжение можно за счёт разрезки понура на несколько частей. Однако предсказать, где будут появляться трещины, сложно, поэтому более эффективным вариантом является применение в понуре менее жестких материалов.

В целом составное ПФУ в виде ЖБЭ и ПФС хорошо зарекомендовал себя в ряде КНП высотой более 100 м. Однако, как показывают исследования, при его применении особое внимание нужно уделять деформируемости тела плотины, основания и материала ПФС, качеству уплотнений швов между элементами ПФУ.

В работах [8,9] нами было показано, что составной ПФУ может применяться в сверхвысоких КНП. В такой конструкции ЖБЭ находится в более благоприятном НДС, чем в традиционной конструкции каменно-набросной плотины с ЖБЭ. ЖБЭ испытывает не растягивающие, а сжимающие продольные силы, что защищает его от образования трещин. Однако для составного ПФУ сверхвысоких плотин характерны более высокие напряжения. Для обеспечения прочности ЖБЭ и ПФС необходимо соблюдать ряд рекомендаций.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗМЕЩЕНИЕ КИА ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКЦИЙ БАТОПОРТА И ФУНДАМЕНТНОЙ ПЛИТЫ СУХОГО ДОКА

Ильин Ю.А.¹, Тищенко А.А.² Бритвин С.О.³ Юрченко А.Н.⁴

¹ Заместитель директора по исследованиям строительных конструкций (ФИЛИАЛ АО «ИНСТИТУТ ГИДРОПРОЕКТ»-«НИИЭС»), г. Москва;

² Заместитель директора по системам диагностики и программному обеспечению (ФИЛИАЛ АО «ИНСТИТУТ ГИДРОПРОЕКТ»-«НИИЭС»), г. Москва;

³ Директор ООО «АИР», г. Москва;

⁴ к.т.н., доцент, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Батопорт сухого дока представляет собой прямоугольный кессон из предварительно напряженного железобетона, с открытой верхней частью. Имеет общую длину 200,0 м, ширину 20,0 м и высоту 21,0 м. Батопорт разделен на 11 резервуаров или отсеков водонепроницаемыми стенами, каждый из отсеков, в свою очередь, разделен переборками на 2 или 4 подотсека. Фундаментная плита имеет толщину 1,5 м.

В докладе приводятся основные сведения по особенностям конструкции сооружений сухого дока, перечень действующих нагрузок, результаты анализа выполненных расчетов напряженно-деформированного состояния конструкции батопорта и фундаментной плиты.

На основании анализа расчетных данных были определены участки и зоны конструкции батопорта и фундаментной плиты, требующих контроля с помощью установки специальной КИА. Также приводится предлагаемый состав контролируемых посредством КИА параметров. В зависимости от состава контролируемых параметров, сформулированы характеристики приборов и вторичного оборудования для размещения в фундаментной плите и батопорте.

SAREN в качестве основного приборного оснащения выбрано оборудование, производимое международной компанией Rocktest (Канада), Smartec (Швейцария), хорошо применяемое на множестве, как гражданских, промышленных так и гидротехнических объектов по всему миру.

Секция
Гидравлика, инженерная гидрология и
водное хозяйство

ГИДРОТЕРМИКА АБАКАНСКОЙ ПРОТОКИ НА РЕКЕ ЕНИСЕЙ: МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, ЧИСЛЕННЫЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

Белолипецкий В.М.¹, Генова С.Н.²,

¹ Профессор, Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск;

² Доцент, Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск

АННОТАЦИЯ

После возведения Красноярской ГЭС температура воды Енисея ниже плотины понизилась в летние месяцы на 10-12 градусов. С целью создания условий для купания летом, Абаканская протока была перекрыта дамбой и устроен выпуск теплой воды в протоку с ТЭЦ–2. В работе рассмотрена двумерная в вертикальной плоскости математическая модель для определения температуры воды в характерных створах протоки и проведено сценарное моделирование. Рассмотрены варианты для различных значений расходов енисейской воды через дамбу, расходов и температуры воды, поступающей с ТЭЦ–2, метеоусловий.

Ключевые слова: протока, гидротермический режим, математическая модель, численные эксперименты.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕМПЕРАТУРУ ВОДЫ ВОДОХРАНИЛИЩ В КРИОЛИТОЗОНЕ

Февралев А.В.,

к.т.н., профессор, Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Нижний Новгород

АННОТАЦИЯ

Площадь криолитозоны России составляет около 65 % площади страны. Основную часть криолитозоны занимают вечномерзлые породы – породы, температура которых не поднимется выше 0⁰С в течении от 2-3 лет до тысячелетий.

На этой территории построены и эксплуатируются такие крупные ГЭС, как Усть-Хантайская, Курейская, Колымская, Вилюйские-I, II, Мамаканская, строятся Светлинская (Вилюйская ГЭС- III), Усть-Среднеканская, а также большое количество менее крупных гидроузлов хозяйственно-питьевого водоснабжения на реках Казачка, Алеур, Вача, Поннеурген, Ханмей, Эбэлэх, Ирелях, Сытыкан, Мянудже, Уэся-Лиендокит и др.

Предусмотренные для этих объектов проектные решения, методы строительства и эксплуатационные мероприятия исходят из определенных климатических условий, которые в предыдущие периоды времени оставались достаточно стабильными.

Однако в настоящее время наблюдается глобальное потепления климата – долгосрочное *повышение средней температуры* климатической системы Земли, происходящее уже более века, основной причиной чего считается человеческая деятельность (антропогенный фактор).

В России *количество осадков увеличивается* (2,2% нормы за 10 лет), главным образом за счет осадков весеннего сезона: 5,9% нормы за 10 лет. В среднем по России положительный тренд годовых сумм осадков составляет 0.8 мм/месяц за 10 лет.

На значительной части страны сохраняется тенденция *уменьшения продолжительности залегания снежного покрова*. Это отмечается в Западной Сибири, на Таймыре и востоке Якутии. На северо-востоке Сибири преобладают поздние даты установления и ранние даты схода снежного покрова.

Климатические изменения на территории РФ отслеживаются Росгидрометом, который публикует соответствующие доклады. В них даются изменения температуры воздуха, атмосферных осадков, снежного покрова, замерзания и вскрытия рек, вечной мерзлоты и др. Приводятся тенденции изменения климата на территории России.

Однако для гидротехнических объектов большое значение имеют изменения температурного режима водохранилищ. К сожалению, сведения и тем более прогнозы этого режима Росгидрометом не приводятся. В этих условиях основным способом получения

сведений об изменениях температурного режима водохранилищ является математическое моделирование.

В докладе приводится математическая модель изменения температуры воды водохранилища, методика численной реализации этой модели, результаты расчетов.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БУХТЕ ИНДИГА

Дебольская Е.И.¹, Кузнецов И.С.², Андросов А.А.³,

¹ Главный научный сотрудник, ИВП РАН, г. Москва;

² Институт полярных и морских исследований им. А. Вегенера, г. Бремерхафен;

³ Санкт-Петербургский филиал Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Институт полярных и морских исследований им. А. Вегенера, г. Бремерхафен.

АННОТАЦИЯ

Активное освоение северных прибрежных районов, связанное с интенсификацией добычи и транспортировки полезных ископаемых, последствия быстрых климатических изменений в виде повышения уровня моря, увеличения периода открытой воды в прибрежной зоне северных морей, таяния вечной мерзлоты требуют быстрого реагирования и принятия адекватных решений на основе надежных прогнозов и расчетов. Такие прогнозы могут быть получены только при использовании современных научных методов, одним из которых является математическое моделирование.

Моделирование прибрежных и устьевых водоемов является важным компонентом моделирования климата, поскольку прибрежные шельфы характеризуются примерно таким же количеством первичной продуктивности и биомассы, что и открытый океан. Важной особенностью моделирования устьевых районов является возможность учета антропогенного влияния, в следствие которого потоки наносов могут изменяться из-за уже существующих прибрежных структур, дноуглубительных работ, строительства новых гидротехнических и портовых сооружений, а антропогенные источники загрязнителей и питательных веществ существенно влияют на биогеохимию прибрежных районов.

На современном этапе развития моделирования устьевых и прибрежных морских районов уже разработано и успешно применяется достаточно большое количество математических моделей, отражающих как общие закономерности, так и особенности отдельных природных объектов и процессов, в них происходящих. В то же время каждый отдельный эстуарий – это уникальный природный объект с характерными только для него морфометрическими, гидро- и термодинамическими и биогеохимическими параметрами, и моделированию каждого объекта присуща новизна. В настоящем исследовании используется математическая модель FESOM-C, для расчетов по которой не требуется привлечения больших вычислительных ресурсов.

Объект исследования – бухта Индига. В 2019 году началось проектирование морского порта в бухте Индига, характеристики которой идеально подходят для организации крупного

транспортного узла. Бухта Индига находится за Полярным кругом, в зоне вечной мерзлоты. Однако влияние Канинского тёплого течения, одной из ветвей Гольфстрима, защищенность бухты от сильных ветров и повышенная соленость воды приводят к тому, что бухта практически не замерзает. Значительная глубина моря у берегов дает возможность принимать крупнотоннажные суда. Навигация – круглогодичная, что позволяет идти судам ледового класса без сопровождения ледоколов.

В работе проведена адаптация и тестирование модели FESOM-C для расчетов гидродинамического режима бухты Индига. На основе данных, опубликованных в открытых источниках, построена батиметрическая карта бухты и приустьевое участка реки Индига, на который распространяется влияние приливной волны. Проанализированы данные экспедиционных изысканий 1920-1922 г.г., что позволило сделать выводы о временных изменениях в рельефе, направлениях и интенсивности преобладающих течений и температурном режиме. Учитывается атмосферный форсинг, данные для которого получены из глобальных моделей. Включен блок для расчетов ледовых условий.

Получены карты распределения течений в зависимости от направления и силы ветра и фаз прилива в летний и зимний период.

СРАВНЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНЖЕКЦИОННЫХ РЕГУЛЯТОРОВ С РАЗЛИЧНОЙ ФОРМОЙ ИСПОЛНЕНИЯ КОНЦЕВОГО УЧАСТКА

Кобозев Д.Д. 1, Снежко В.Л. 2,

¹ Ассистент, г. Москва;

² Заведующий кафедрой, РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Целью исследований стала модернизация формы исполнения проточной части инжекционного регулятора для увеличения доли циркулирующего расхода, представляющего собой излишки водоподачи. Оптимизация основывалась на принятых в теории инжекционных насосов рекомендациях: форма и площадь сопла, расположенного в выходном сечении трубчатой части, длина и диаметр камеры смешения, наличие или отсутствие диффузорного выходного участка. В зеркальном гидравлическом лотке была последовательно изучена работа двух моделей инжекционных регуляторов. Модели имели один и тот же трубчатый водовыпуск и отличались формой исполнения концевого участка. Данные эксперимента подтвердили правомерность полученных ранее теоретических зависимостей, возможность использования регуляторов с соплами без диффузоров, а также значительное влияние конструкции сопла и камеры смешения на рост инжектируемого расхода.

Ключевые слова: гидравлика, гидротехнические сооружения, орошение, регуляторы расхода

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕВСКОЙ ГУБЫ С УЧЁТОМ НАМЫВНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Козинец Г.Л.¹, Зотов Д.К.²

¹ Профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург;

² Ведущий программист, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург.

АННОТАЦИЯ

Актуальность темы исследования обусловлена следующим:

1. Научные исследования Невской губы от влияния намывных территорий на безопасность КЗС и Санкт-Петербурга с использованием цифровой модели не проводились;

2. Изменение площади прибрежных территорий и акваторий, жилищное строительство на намывных территориях создают новые условия, которые не учитывались при проектировании КЗС;

3. Информационные прогнозные модели, необходимы для предотвращения ущерба наносимого наводнениями и обоснования намывов.

Цель работы является создание прогнозной информационной модели Невской губы, позволяющей выполнять онлайн оценку влияния наводнений на безопасность КЗС и города Санкт-Петербург.

К задачам исследования относятся:

1. Построение Информационной модели Невской губы с учетом изменения рельефа дна, берега, площади зеркала водохранилища и подводных течений за период с 1978 по 2022 г.г.;

2. Создание прогнозной цифровой видеомодели наводнений с учетом статистических данных и результатов натурных исследований;

3. Обоснование безопасности работы КЗС с учетом изменения проектных нагрузок.

В исследовании использован опыт выполнения подобных работ на примере моделирования аварийной ситуации гидроузла Белоомут на реке Ока с учетом сопоставления графика выполнения строительных работ и наполнения водохранилища в период паводка.

Исследованы параметры судопропускного отверстия С1. Определены относительные деформации рамы батопорта и его собственные частоты в положении выхода в фарватер.

Проведен сопоставительный анализ влияния уменьшения зеркала Невской губы на увеличение уровня воды при наводнении.

Обоснована необходимость выполнения цифровой модели Невской губы.

- Необходимость выполнения научных работ обусловлена изменением исходных нагрузок на КЗС при наводнении;
- Безопасность Санкт-Петербурга и КЗС должна быть обоснована на основе современной цифровой прогнозной модели.

Ключевые слова: Невская губа, Комплекс защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений, намывные территории, искусственные земельные участки, информационные прогнозные модели, водохранилища.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ГИДРОУЗЛА «КУЗЬМИНСК» В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ИЗМЕНЕНИЯ РАСХОДОВ ВОДЫ

Васильева Е.С.¹; Глотко А.В.², Беликов В.В.³,

² Доцент, НИУ МГСУ, г. Москва;

³ Заведующий лабораторией, Институт водных проблем Российской академии наук, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Объектом исследования являлся гидроузел Кузьминск (ГУ Кузьминск) на реке Ока, расположенный на 750,3 км судового хода от устья р. Оки по лоцманской карте 2001 г. вблизи н.п. Аксеново Рязанской области. Введен в эксплуатацию в декабре 2015 г. В состав гидроузла входят судоходный шлюз и плотина, состоящая из водосбросной и глухих частей. Особенность гидроузла – при больших расходах перелив идет по всему напорному фронту ГТС.

Целями исследования было: определение гидродинамических параметров течения через сооружения ГУ Кузьминск в широком диапазоне изменения расходов, охватывающих периоды летне-зимней межени, половодья и дождевых паводков. Исследования выполнялись методами численного гидродинамического моделирования с применением отечественного программного комплекса STREAM 2D CUDA, в котором реализован алгоритм, распараллеленный на графическом процессоре NVIDIA с использованием технологии CUDA. В последней версии этой программы используется точный решатель задачи Римана для уравнений мелкой воды над разрывным дном.

Численная модель. Для моделирования был выбран участок р. Ока общей протяженностью 78 км, верхняя граница установлена на расстоянии 0,8 км выше ГУ Белоомут, нижняя – 27,5 км ниже ГУ Кузьминск. Для возможности правильного формирования течений при высоких половодьях и паводках расчетная область, кроме русла реки, должна охватывать участки поймы, подверженные затоплению. Детальная трехмерная цифровая модель рельефа (ЦМР) строилась в виде единой триангуляционной поверхности (TIN). Основу ЦМР составили топографические и лоцманские карты различных масштабов, батиметрические данные участков р. Ока по материалам промеров за 2018 и 2021 г.г., чертежи сооружений гидроузлов.

Расчетная сетка нерегулярной структуры из треугольных и четырехугольных ячеек, адаптированная под плановые очертания рельефа и конструктивные элементы ГТС. Общее количество ячеек более 120 тыс. с длинами сторон от 1,5 м до 150 м. Значения коэффициентов шероховатости (n) назначались из опыта расчетов других объектов. Для

русла р. Ока – $n=0,02$, для бетонных частей плотины – $n=0,017$, на пойме $n=0,04$.

Расчеты и результаты. Моделирование режимов работы ГУ Кузьминск выполнялось для расходов в диапазоне от 224 до 13900 м³/с. Пропуск расходов от 224 до 1240 м³/с осуществлялся на модели как в режиме истечения из-под щита (поток стеснен по вертикали высотой поднятия затвора), так и в режиме свободного истечения (поток не стеснен по вертикали – затворы либо подняты нах уровнем воды, либо уложены в ниши в зависимости от времени года). Расходы выше 1240 м³/с могут пропускаться через гидроузел только в режиме свободного истечения.

В верхнем бьефе поток вынужденно поворачивает на подходе к водосбросным пролетам, что обусловлено как плановым положением водосбросной плотины, так и рельефом дна водохранилища, а конкретно большой отмелью справа у причальной палы шлюза. За счет этого при свободном истечении распределение расходов между пролетами водосбросной плотины достаточно неравномерное, при истечении из-под щита неравномерность существенно сокращается, но с увеличением сбросного расхода вновь появляется. Наименьшая часть из общего расхода пропускается через пролет №4 (отсчет от правого берега), а наибольшая – через центральные пролеты.

В нижнем бьефе поток с водосбросной плотины зажимается на конце рисбермы двумя водоворотными зонами, которые создают узкий изогнутый полумесяцем коридор с повышенными значениями скоростей течения. Появление водоворотных зон обусловлено наличием протяженных глухих частей плотины. Так же существенную роль на общие тенденции в направлении течений оказывает рельеф дна р. Оки: остров-отмель справа от водосброса (у стенки шлюза) и остров посередине русла, возникшие еще на этапе строительства ГУ.

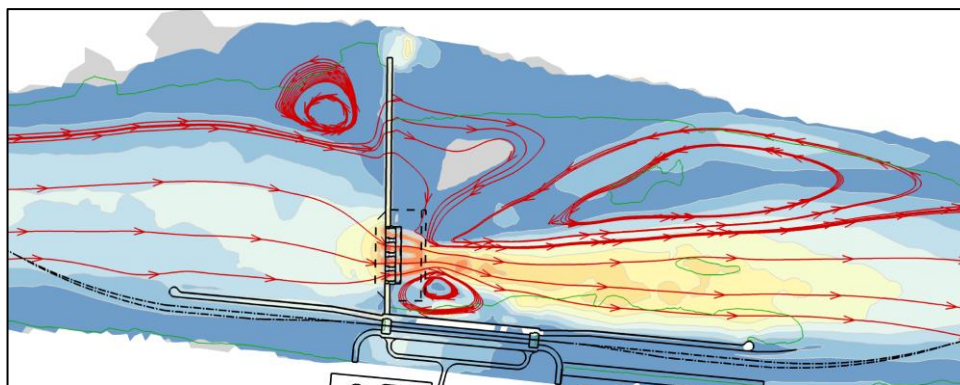


Рисунок 1 – Скорости течения при пропуске 1670 м³/с через 4 пролета

При расходе 1670 м³/с модель показывает начало перелива по всему фронту гидроузла, водоворотные зоны существенно уменьшаются, при расходах 2830 м³/с (фактический в 2018 г.) и выше течение идет с переливом и выходом на левобережную пойму, а водовороты не образуются. При расходе 9500 м³/с (5% обеспеченности) по пойме идет около 23% от общего расхода воды, при 13900 м³/с (1%) – около 30%.

Выводы. Численная модель ГУ Кузьминск наглядно демонстрирует, что на гидродинамику потока существенное влияние оказывают как конструктивные особенности гидротехнического сооружения, так и плановые и высотные особенности рельефа в верхнем и нижнем бьефах ГУ.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, водосбросная плотина, половодье, межень, численное моделирование.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ Р. ОКА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ВОДОСБРОСНОЙ ПЛОТИНЫ ГИДРОУЗЛА «КУЗЬМИНСК»

Васильева Е.С.¹; Глотко А.В.², Беликов В.В.³,

² Доцент, НИУ МГСУ, г. Москва;

³ Заведующий лабораторией, Институт водных проблем Российской академии наук, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Объектом исследования являлся гидроузел Кузьминск на реке Ока, расположенный на 750,3 км судового хода от устья р. Оки по лоцманской карте 2001 г. вблизи н.п. Аксеново Рязанской области. Введен в эксплуатацию в декабре 2015 г. В состав гидроузла входят судоходный шлюз и плотина, состоящая из водосбросной и глухих частей. В конце навигационного периода 2016 г. в НБ водосбросной плотины за участком жесткого крепления рисбермы была обнаружена яма размыва. В последующие годы эксплуатации яма существенно увеличилась по плановым очертаниям и глубине.

Целями исследования было: прогноз дальнейшей трансформации ямы размыва, выявление наиболее опасных режимов работы водосбросной плотины ГУ Кузьминск. Исследования выполнялись методами численного гидродинамического моделирования с применением отечественного программного комплекса STREAM 2D CUDA, в котором реализован алгоритм, распараллеленный на графическом процессоре NVIDIA с использованием технологии CUDA. Программа позволяет рассчитывать течения через гидротехнические сооружения (в частности, водосбросы) с резкими перепадами отметок дна, а также деформации дна с учетом неоднородности грунта.

Численная модель. Для моделирования был выбран участок р. Ока общей протяженностью около 8 км, верхняя граница установлена в створе старого ГУ Кузьминск (3 км выше нового ГУ), нижняя – 4,6 км ниже ГУ Кузьминск. Детальная трехмерная цифровая модель рельефа (ЦМР) строилась в виде единой триангуляционной поверхности (TIN). Основу ЦМР составили проектная топографическая съемка вдольбереговой территории, батиметрические данные участков р. Ока по материалам промеров за 2018 и 2021 г.г., чертежи сооружений ГУ.

Расчетная сетка нерегулярной структуры из треугольных и четырехугольных ячеек, адаптированная под плановые очертания рельефа и конструктивные элементы ГТС. Общее количество ячеек более 44 тыс. с длинами сторон от 1,5 м до 50 м. Значения коэффициентов шероховатости (n) назначались из опыта расчетов других объектов. Для русла р. Ока –

$n=0,02$, для бетонных частей плотины – $n=0,017$, на вдольбереговой зоне $n=0,04$.

Расчеты и результаты. Прогнозные расчеты русловых деформаций выполнены на пропуск в режиме истечения из-под щита постоянных во времени расходов 400, 600 и 1240 м³/с при работе водосбросной плотины одним, двумя, тремя и четырьмя одновременно открытыми пролетами в различных комбинациях (16 вариантов).

Вторая серия прогнозных расчетов выполнена на расчетный годовой гидрограф, построенный по среднемесячным значениям расходов воды за последние годы, и повторяющийся три цикла (три расчетных года). Годовой гидрограф включил в себя период весеннего половодья, летней и осенней межени (период навигации), зимний период был исключен.

Путем численного моделирования было установлено, что основные размывы на ГУ Кузьминск будут происходить в период весеннего половодья при полностью открытых четырех пролетах плотины. В последующие месяцы расчетного года идут лишь незначительные русловые переформирования.

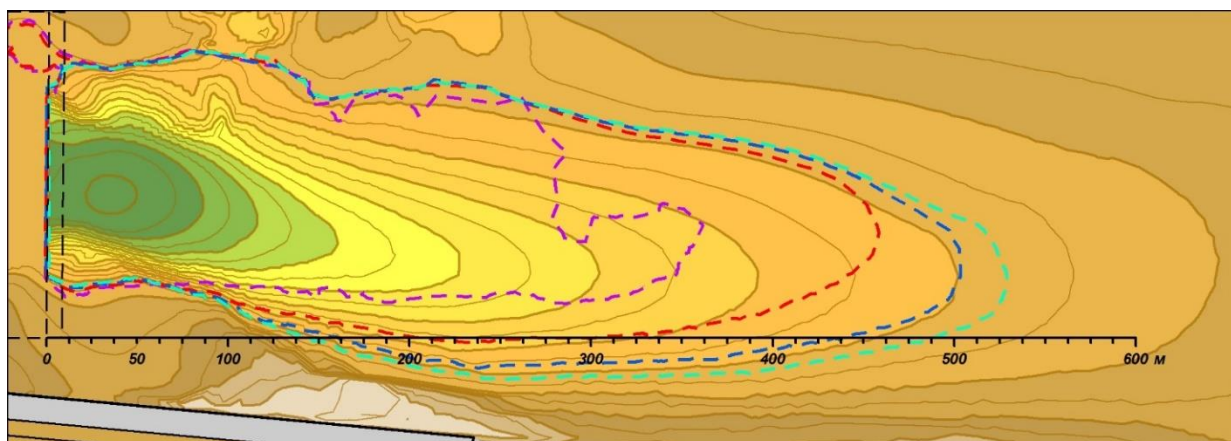


Рисунок 1 – Трансформация ямы размыва в НБ ГУ Кузьминск в течение трех циклов годового гидрографа

Наиболее опасными, с точки зрения размывов, будут режимы работы в течение продолжительного времени (неделя и более) одним или двумя соседними пролетами в диапазоне расходов 400-600 м³/с.

Выводы. Характерной особенностью течений в нижнем бьефе ГУ Кузьминск является образование двух водоворотных зон, которые, наряду с особенностями рельефа дна русла, способствуют искривлению направления основного потока с водосбросной плотины. Направления течений формируют общую структуру русловых деформаций на рассматриваемом участке. Сужение линий тока происходит на конце рисбермы, где локализуются наибольшие размывы. Второе опасное по размыву место – левая стенка камеры шлюза, здесь причинами увеличения размыва является водоворот справа от водосброса.

Ключевые слова: гидротехническое сооружение, русловые деформации, яма размыва, аккумуляция наносов, численное моделирование.

О ДИСТАНЦИОННЫХ РАСЧЕТАХ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ СКЛОНОВ НА ОПОЛЗАНИЕ

*Анахаев К.Н.*¹, *Анахаев К.К.*²,

¹ Профессор, Институт прикладной математики и автоматизации КБНЦ РАН, г. Нальчик;

² Аспирант, Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет, г. Нальчик.

АННОТАЦИЯ

Получены необходимые параметры поверхности береговых склонов, гиперболических и круговых кривых скольжения на основе дистанционных данных.

Ключевые слова: оползни, устойчивость склонов, завальные плотины, дистанционные данные, поверхности скольжения, гиперболические и круговые кривые.

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА РАСХОДА ДОННЫХ НАНОСОВ

Копалиани З.Д.¹, Петровская О.А.²

¹ Заведующий лабораторией;

² Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург.

АННОТАЦИЯ

Результаты исследований в области расчетов расхода донных наносов (РДН), выполненных в последние годы на основе базы данных измерений ГГИ, говорят о том, что РДН может находиться в одинаковой зависимости от определяющих его гидравлических характеристик и при грядовой и при бесструктурной форме движения наносов, а значит могут быть и формулы, подходящие для обоих случаев. Эта гипотеза и проверяется в данной работе. Целью работы является поиск зависимостей, пригодных к использованию для условий равнинных и горных рек, независимо от формы транспорта наносов путем проверки формул, полученных перемножением зависимостей для высоты и скорости гряд на данных по бесструктурному движению крупных частиц.

В основе исследования лежат результаты лабораторных экспериментов в гидравлических лотках Руслевой лаборатории ГГИ. Эти эксперименты были выполнены на основе измерений в реках Мзымте и Туапсе и проводились без искажения геометрических масштабов потока и наносов. Целью экспериментов было наблюдение за изменением РДН в ходе подъема паводковой волны. Движение наносов происходило в бесструктурной форме.

В соответствии с целью работы было рассмотрено 28 парных зависимостей для высоты и скорости гряд, которые, будучи объединены выражением

$$q_T = 0,6h_T C_T, \quad (1)$$

где h_T – высота гряды, м, C_T – скорость перемещения гряды, м, образуют формулу расчета РДН в рыхлом теле.

Многие из рассматриваемых формул ранее показали положительные результаты при проверке на данных по грядовому движению в равнинных реках разных размеров и в горно-предгорных реках. Интересно, что для безгрядового движения часть из них дали даже лучшие результаты, чем для гряд. Из 28 формул ошибку менее 50% показали 23. Все они могут быть рекомендованы к применению в условиях горно-предгорных рек при активном безгрядовом транспорте наносов, когда все донные частицы находятся в движении. Это особенно интересно в связи с тем, что из 84 формул, не учитывающих гряды в явном виде, проверенных на этих данных ранее, только 3 показали аналогичный результат. В таблице 1 приведены выражения формул РДН с наименьшей средней ошибкой для всей базы данных ГГИ в целом. Все они могут быть рекомендованы для практического применения в широком

диапазоне гидравлических условий равнинных и горных при активном транспорте донных наносов

Таблица 1 – Формулы расхода донных наносов, показавшие наименьшую среднюю ошибку

Автор	Формула q_T	Ошибка, %
Копалиани	$q_T = 0,0045dVFr^{-0,75} \left(\frac{V}{V_0}\right)^{2,5}$	46
Костюченко-Копалиани, <i>Копалиани</i> ¹	$q_T = 0,0036dV \left(\frac{H}{d}\right)^{0,2} \left(\frac{V}{V_0}\right)^2$	43
Самохвалова (2011), <i>Копалиани</i>	$q_T = 0,0034dV \left(\frac{H}{d}\right)^{0,2} \left(\frac{V}{V_0}\right)^2$	42
Снищенко, <i>Копалиани</i>	$q_T = 0,0041dV \left(\frac{H}{d}\right)^{0,2} \left(\frac{V}{V_0}\right)^2$ $q_T = 0,0054dV \left(\frac{0,2 + 0,1H}{d}\right)^{0,2} \left(\frac{V}{V_0}\right)^2$	46
Снищенко-Копалиани, <i>Копалиани</i>	$q_T = 0,0063dVFr^{-0,82} \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 \left(\frac{V - V_0}{V_0}\right)^{0,28}$	47
Копалиани, <i>Снищенко-Копалиани</i>	$q_T = 0,0044dVFr^{-0,85} \left(\frac{V}{V_0}\right)^{2,5}$	48
Костюченко-Копалиани, <i>Снищенко-Копалиани</i>	$q_T = 0,0015HVFr^{2,9}$	46
Самохвалова (2011), <i>Снищенко-Копалиани</i>	$q_T = 0,0012HVFr^{2,9}$	48

Таким образом, гипотеза о единстве взаимосвязей расхода донных наносов и определяющих его факторов для грядового и безгрядового движения в случае активного транспорта наносов получила подтверждение.

¹ Курсивом выделены фамилии авторов формул для скорости гряд.

ПРИВЕДЕНИЕ УРАВНЕНИЙ НЕРАВНОМЕРНОГО БЕЗНАПОРНОГО ДВИЖЕНИЯ В КРИТЕРИАЛЬНОЙ ФОРМЕ К РАСЧЕТНОМУ ВИДУ И ИХ ПРОВЕРКА

Ходзинская А.Г.,

Доцент, НИУ МГСУ, г.Москва

АННОТАЦИЯ

Введение. Интегрированию дифференциального уравнения установившегося неравномерного движения посвящены работы зарубежных (Буссинеску, Бресс) и отечественных (Б.А.Бахметьев, Н.И.Павловский и других) авторов. В большинстве методов решения требуется использование громоздких таблиц и графиков, что нежелательно при создании численных способов расчета. Провести интегрирование без обращения к таблицам и графикам можно с помощью методов В.И. Чарномского, Т.Г. Войнич-Сяноженцкого с соавторами и предлагаемого.

Материалы и методы. Исходное уравнение установившегося неравномерного движения, как известно, имеет вид:

$$\frac{dz}{dl} + \frac{d}{dl} \left(\frac{\alpha v^2}{2g} \right) + \frac{dh_w}{dl} = 0 \quad (1)$$

или

$$\frac{dh}{dl} - i - \frac{\alpha Q^2}{g\omega^3} \frac{d\omega}{dl} + I = 0 \quad (1a)$$

С учетом выражения для ширины потоков по верху $B = f(h)$ во всех руслах, кроме прямоугольного, из выражения $\omega = bh$ следует, что

$$d\omega = b dh + h db \quad (2)$$

Введя это выражение для $d\omega$ в уравнение (1a), получим

$$\frac{dh}{dl} - i - \frac{\alpha Q^2 b}{g\omega^3} \frac{dh}{dl} - \frac{\alpha Q^2 h}{g\omega^3} \frac{db}{dl} + I = 0 \quad (3)$$

Входящие в это уравнение отношения: $\frac{\alpha Q^2 b}{g\omega^3}$ и $\frac{\alpha Q^2 h}{g\omega^3}$ представляют собой критерии Фруда, в котором за характерный для потока линейный размер принята глубина наполнения русла h : $Fr_h = \frac{\alpha Q^2 b}{g\omega^3}$, и критерий Фруда, выраженный через среднюю ширину потока b :

$$Fr_b = \frac{\alpha Q^2 h}{g\omega^3},$$

Отношение $\frac{db}{dl} = i_b$ представляет собой изменение средней ширины b на единице длины потока.

После ввода в уравнение (3) принятых обозначений оно приобретает вид:

$$\frac{dh}{dl} - i - Fr_h \frac{dh}{dl} - Fr_b i_b + I = 0,$$

откуда следует, что

$$dh \quad i - I + Fr_b i_b$$

РАСЧЕТНАЯ ТОЛЩИНА ЛЬДА НА РЕКАХ СЕВЕРА АЗИАТСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ

Агафонова С.А.¹, Банщикова Л.С.²,

¹ Старший научный сотрудник, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва;

² Старший научный сотрудник, Государственный гидрологический институт, г. Санкт-Петербург.

АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрена пространственно-временная изменчивость максимальных годовых значений толщины льда на реках севера Сибири. Получены значения 1% обеспеченности, проведена оценка возможности использования традиционной методики расчета толщины льда для неизученных рек в современных климатических условиях.

Ключевые слова: ледовый режим рек, ледяной покров, толщина льда, изменение климата.

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА В ТУРБИНЕ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

*Овсянников В.М.*¹,

¹ Профессор, Российский университет транспорта (РУТ-МИИТ), Академия водного транспорта, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Показано, что слагаемые высокого порядка малости уравнения неразрывности Эйлера, объединенные К.Трусделлом в якобиан третьего порядка, умноженный на квадрат времени деформации контрольной фигуры, создают гидравлический удар в трехмерных течениях, аналогичный гидроудару Жуковского при закрытии задвижки в трубопроводе. Он может представлять опасность для работы турбины ГЭС при больших вибрациях ротора.

Ключевые слова: уравнение неразрывности, члены высокого порядка малости, волновое уравнение, гидротурбина.

АЛГОРИТМ СГЛАЖИВАНИЯ ДАННЫХ СПУТНИКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ НА ПРИМЕРЕ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ

Беднарук С.Е.¹, Мاستрюкова А.В.², Чуканов В.В.³,

¹ РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Институт водных проблем РАН, г. Москва;

² Старший инженер, Институт водных проблем РАН, г. Москва;

³ Научный сотрудник, Институт водных проблем РАН, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

С 2018 года Институт водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН) по заказу Федерального агентства водных ресурсов выполняет работы по расчетному обоснованию режимов работы всех водохранилищ Волжско-Камского каскада. Важнейшей и наиболее сложной из решаемых задач является организация и выполнение специального весеннего попуска через замыкающий каскад Волгоградский гидроузел. Разрабатываемый для этого график специального попуска, должен обеспечить оптимальные в складывающихся гидрологических и водохозяйственных условиях, наполнение пойменных водоемов и режимы уровней воды в основных водотоках Волго-Ахтубинской поймы и в дельте Волги. Для успешного выполнения задачи осуществления спецпопуска требуется использование различных математических моделей, в том числе гидродинамических моделей для расчета движения воды по Нижней Волге.

Реально функционирующие в настоящее время модели обеспечивают только расчет уровней воды по основному руслу Нижней Волги, и не учитывают в полной мере аккумуляцию и потери стока в многочисленных пойменных озерах и ериках, не позволяют оперативно контролировать их водный режим и, соответственно, оперативно корректировать режим осуществления спецпопуска.

Для создания модели, которая лучше соответствует реальным физическим процессам, в рамках темы № FMWZ-2022-0003 Государственного задания ИВП РАН начата разработка алгоритма, реализующего фактически двумерную (квази-двумерную) схематизацию моделируемого объекта. В разрабатываемом алгоритме для моделирования движения водных масс будет использоваться сочетание расчетных методов на основе номограмм динамических объемов и танковой модели для системы.

Для реализации разрабатываемого алгоритма на первом этапе планируется создание информационных структур, описывающих водные объекты и их участки на основе растровых данных спутникового зондирования Земли, цифровых карт и космических снимков, и позволяющих в автоматизированном режиме масштабировать (детализировать) объект

моделирования в зависимости от решаемой задачи.

Учитывая существенные размеры Волго-Ахтубинской поймы, процесс расчета характеристик многочисленных водных объектов, расположенных на ней, требует глубокой автоматизации.

Основой для выделения водных объектов и расчета их характеристик служит цифровая модель рельефа (ЦМР) с плановым разрешением 30 м, полученная по данным радарной съемки SRTM. Её особенностью является то, что высотные отметки представлены целыми значениями с дискретностью 1 м. Изолинии высот для такого цифрового рельефа имеют неестественную изломанную форму, имеются «висячие» изолинии. Идентифицировать водные объекты на ней затруднительно.

Для получения более естественной формы цифрового рельефа был разработан алгоритм сглаживания, основанный на экстраполяции отметок исходной ЦМР по шестнадцати точкам. Алгоритм реализован в виде программы для ЭВМ на языке FORTRAN и проверен на участке ЦМР в 1 градус (48° с.ш., 45° в.д). Полученные по сглаженному рельефу изолинии приобрели более естественные, плавные очертания. «Висячие» изолиний практически исчезли, однако их наличие все же говорит о необходимости совершенствования разработанного алгоритма.

На основе сглаженной ЦМР далее будет выполнен поиск локальных минимумов рельефа, определены границы водных объектов и их характеристики, включающие кривые связи отметок уровней воды с площадью зеркала и объемом.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЛИННЫХ ВОЛН В НИУ МГСУ

Гусаров Р.Н.¹, Кантаржи И.Г.², Волгин Г.В.³,

¹ Аспирант, г. Москва;

² Профессор, НИУ МГСУ, г. Москва;

³ Доцент, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В представленной статье описаны основные составляющие теории волн цунами, проанализированы изменения профиля длинных волн на подходе к берегу, рассмотрены данные изменения с точки зрения теории длинных волн, а также изложены основные практические (экспериментальные) исследования длинных волн в лаборатории гидравлики НИУ МГСУ.

Ключевые слова: длинные волны, волны цунами, волновой профиль, форма волны.

НАСТРОЙКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ОЦЕНКИ СТОКА В БАССЕЙНЕ РЕКИ ОРОНТЕС (ЭЛЬ-АСИ) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Слейман А.¹, Козлов Д.В.²

¹ Аспирант гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва, Россия

² д.т.н., профессор, заведующий кафедрой гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Водные ресурсы имеют большое хозяйственное значение, которое может превосходить значение других экономических ресурсов, поскольку они являются исключительно важными в развитии различных видов сельскохозяйственной, промышленной и другой экономической деятельности. Речной сток является одним из основных компонентов гидрологического цикла. Целью данного исследования является разработка пользовательского интерфейса для оценки стока в бассейне реки Оронтеc с использованием моделей искусственного интеллекта. На практике все более широкое распространение получают программные средства, ориентированные на различных пользователей. Разработанная программа экономит время и усилия пользователя, так как позволяет строить большую группу моделей искусственного интеллекта с использованием различных параметров и функций, выбирая лучшую модель по значениям целевых функций, таких как среднеквадратическая ошибка RMSE и коэффициент корреляции R. Кроме того, пользовательская программа позволяет выполнять и другие операции, такие как изображение выходных данных, отображение структуры принятой модели или начального момента оценки значений речного стока. Программа была построена в рабочей среде пакета MATLAB. Она отличается простотой и удобством использования предложенной методики, которая легко реализуется через последовательность активации команд пользовательского интерфейса. Исследование рекомендует расширить использование моделей искусственного интеллекта для прогнозирования и оценки элементов гидрологического цикла, особенно в условиях полного или частичного отсутствия доступных исходных данных.

Ключевые слова: речной сток, оценка, искусственные нейронные сети, пользовательский интерфейс, MATLAB.

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ДЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ В ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ

*Волгин Г.В.*¹,

¹ Доцент, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В работе приводятся результаты экспериментального исследования коэффициента гидравлического сопротивления в открытых потоках от степени бурности, турбулентности, геометрии канала и шероховатости дна. Исследования проводились в лотке кафедры Гидравлики МГСУ с использованием технологии лазера – доплеровской анемометрии, и являются продолжением работы сотрудников кафедры, начиная с 80 годов прошлого столетия. Влияние величины выступов шероховатости на расположение плоскости отсчета для замера глубины проанализировано с использованием современного измерительного оборудования. Функциональная зависимость коэффициента гидравлического сопротивления для гладких каналов в настоящей работе дополнена параметром шероховатости, который впервые добавлен в расчетную формулу.

Ключевые слова: коэффициент гидравлического сопротивления, число Фруда, число Рейнольдса, геометрия канала, коэффициент шероховатости.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ГИДРОТРАНСПОРТА ЛИГНИНА

*Волгина Л.В.*¹,

¹ Доцент, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе рассматривается два варианта транспортировки смеси лигнина и воды. Первый предусматривает использования имеющейся трубопроводной трассы с помощью современного метода санации. В этом случае пропускная способность трубопровода снижается, что приводит к росту потерь напора. Второй вариант подразумевает прокладку нового трубопровода, произведен расчет средних скоростей, обеспечивающих режим движения двухфазного потока без формирования осадка. Приведен анализ рассмотрен анализ предложенных вариантов.

Ключевые слова: гидротранспорт, лигнин, двухфазные потоки, потери напора

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПОРНЫХ ТРУБ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Лейс С.А.¹, Орлов В.А.², Джумагулова Н.Т.³

¹ Аспирант, г. Москва;

² Профессор, г. Москва;

³ Доцент, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Для решения проблемы дефицита воды на орошение в г. Кербель (Ирак) впервые было принято решение по использованию очищенных сточных вод с городских очистных сооружений. Транспортирование воды от очистных сооружений до орошаемых земель осуществляется по трубопроводу в напорном режиме. В статье сравниваются результаты имитационного моделирования с использованием программы WaterCAD V8i при различных расходах в напорной системе подачи воды с результатами лабораторных исследований для трех типов материалов труб (стальная труба диаметром 100 мм с полимерным покрытием, полиэтиленовая труба диаметром 100 мм и стальная труба диаметром 100 мм с цементно-песчаным покрытием (диаметр 90 мм)). В ходе проведения гидравлических экспериментов изучались характеристики потока в широких диапазонах расходов. Целью работы является верификация результатов, полученных в программе WaterCAD V8i, с результатами экспериментов на различных типах труб. Сравнение результатов эксперимента с результатами, полученными с помощью имитационной модели WaterCad V8i, показали, что по гидравлическим параметрам (потери напора, коэффициенты трения) они близки по значениям, но в программе WaterCad V8i зафиксированы более высокие значения для труб (стальной трубы диаметром 100 мм с полимерным покрытием и полиэтиленовой трубы диаметром 100 мм). Отмечена высокая сходимость результатов для ряда других гидравлических параметров.

Ключевые слова: транспортирование воды, напорные трубы, моделирование WaterCAD V8i, лабораторное исследование, коэффициент корреляции.

ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА Р. МОСКВЫ В ПЕРИОД ПРОПУСКА ВЫСОКОГО СТОКА ПРИ ВРЕМЕННОМ ПЕРЕКРЫТИИ ВОДООТВОДНОГО КАНАЛА

*Колесников Ю.М.*¹, *Беликов В.В.*²,

¹ Доцент, НИУ МГСУ, г. Москва;

² Заведующий лабораторией, ИВП РАН, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты численного моделирования пропуска весеннего половодья через центральный участок городского бьефа р. Москвы при временном перекрытии Водотводного канала. Они основываются на использовании разработанной математической модели водотока и результатах анализа реальных условий прохождения высоких вод, включая гидравлические промывки русла р. Москвы.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ В КАНАЛАХ РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИИ И ШЕРОХОВАТОСТИ

*Игнатенко Е.В.*¹, *Брянская Ю.В.*²,

¹ Аспирант, г. Москва;

² Профессор, НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен вопрос о распределении скоростей в пристеночном слое канала и за его пределами. Произведено сравнение логарифмического профиля скорости, полученного на основе полуэмпирической теории турбулентности Л. Прандтля, с эмпирическим профилем скорости. Произведено сопоставление расчетов распределения скорости с данными измерений. Показано, что расчетные зависимости обнаруживают расхождение с экспериментальными данными.

Ключевые слова: профиль скорости, распределение скоростей, турбулентное течение

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ КОНТРВИХРЕВЫХ ТЕЧЕНИЙ ДЛЯ ГАШЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПОТОКОВ

Орехов Г.В.¹, Складнев М.К.²,

¹ Профессор, НИУ МГСУ, г. Москва);

² Аспирант, НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Необходимость пропуска холостых расходов через проточный тракт гидротурбины возникает при аварийных ситуациях, в случаях серьезных изменений характеристик отдельных сооружений гидроузла или в строительный период. Эти вопросы ранее рассматривались в отечественной практике гидротехнического строительства применительно к низконапорным гидроузлам. Данных о возможности пропуска холостых расходов через проточный тракт средне и высоконапорной турбины неработающего агрегата пока нет. В последнее время появился способ гашения кинетической энергии потока с помощью контрвихревого течения. Данный вид течений формирует ряд эффектов, позволяющих радикально решать вопросы гашения энергии высокоскоростных потоков. В данной статье представлены принципиальные новые технические решения для гашения энергии потока. Предлагаемые схемы были рассчитаны и на основании расчета по ним были получены исчерпывающие данные об основных характеристиках потока.

Ключевые слова: контрвихревое течения, контрвихревой гаситель.

ОСОБЕННОСТИ ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ ПО ДНУ ВОДОТОКА

Шерстнев Д.Ю.¹, Брянский И.А.², Брянская Ю.В.³,

¹ Аспирант, НИУ МГСУ, г. Москва;

² ИП «Конюхов А.В.»;

³ Профессор (НИУ МГСУ, г. Москва).

АННОТАЦИЯ

На сегодняшний день трубопроводный транспорт является важным, высокоэффективным и перспективным видом транспорта для доставки воды, газа, нефти и др. При прокладке трубопроводов достаточно часто возникает необходимость в преодолении водных преград. В статье приведен обзор научных исследований по взаимодействию набегающего водного потока и подводных трубопроводных переходов. Проанализирована существующая нормативная документация по подводным трубопроводам, рассмотрено влияние схемы прокладки трубопроводных переходов на гидродинамические характеристики потока и аварийность подобных переходов.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОГО РАЗМЫВА ПЕСЧАНОГО ДНА В ОБЛАСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОДВОДНОГО ТРУБОПРОВОДА

*Гармакова М.Е.*¹,

¹ аспирант, Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), г. Новосибирск

АННОТАЦИЯ

Подводные переходы трубопроводов - это сложные инженерные объекты, которые занимают особое место в транспортной системе нашей страны и относятся к объектам повышенной экологической опасности в случае возникновения аварии. Основной причиной возникновения аварийной ситуации является деформация русла в створе расположения подводных переходов.

Донные отложения в местах залегания трубопровода подвержены переформированиям с образованием воронок размыва, как вследствие обычного транспорта наносов, так и по причине динамической неоднородности потока, нарушающей естественный русловый режим в реке при обтекании препятствия.

В работе приведены результаты численного моделирования локального размыва песчаного дна в области расположения подводного трубопровода. Расчеты выполнены в программном комплексе ANSYS Fluent в 2D постановке для условий экспериментов Sumer et al (2001) на основе двухжидкостной модели многофазной среды с учетом гранулярности фазы частиц. Описаны распределения концентрации фаз, векторного поля течения, а также динамического давления в окрестности трубы. На основании параметрических исследований математических моделей, заложенных в ANSYS Fluent, выявлены модели, которые с достаточной точности описывают процессы размыва песка.

Ключевые слова: подводные трубопроводы, русловые деформации, программный комплекс ANSYS.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗА ФОРМИРОВАНИЯ РУСЛА РЕКИ СЕВЕРНЫЙ КЕБИР (САР) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ И ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ

Алсадек Е.С.¹, Гурьев А.П.², Ханов Н.В.³

¹ Аспирант,

² Профессор;

³ Заведующий кафедрой, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Изложенный материал обследования состояния русла реки Северный Кебир неопровержимо показывает, что процесс разрушения плодородных площадей поймы непрерывно имеет постоянную тенденцию развития. При этом скорость разрушения возрастает в связи с антропогенной деятельностью, которая активизировалась в последние десятилетия. Одновременно с этим, в контракте на проектирование гидроузла Тишрин не была поставлена проектной организации задача прогноза состояния русла после возведения сооружений гидроузла. До возведения гидроузла Тишрин отбор из русла крупных фракций для их использования в качестве крупного заполнителя для бетона в естественном состоянии реки частично компенсировался постоянным пополнением за счёт поступления их из верховьев реки.

Таким образом, если бы даже удалось полностью остановить разработку отложений, процесс врезки русла всё равно продолжался бы.

Контраргументом этого предположения является наличие сезонного регулирования стока реки Северный Кебир водохранилищем гидроузла Тишрин, при котором уменьшаются поступающие в нижний бьеф расходы. Полезная ёмкость которого составляет 215 млн. м³. Однако, если обратиться к данным таблицы 1, видно, что в год с обеспеченностью 10% объём годового стока составляет 534 млн. куб м, и для заполнения полезной ёмкости водохранилища требуется использовать около 40% объёма этого паводка. Заполнение водохранилища осуществляется на восходящей ветви гидрографа, и в этот период сброса расходов в нижний бьеф не происходит, так что срезки пиковых расходов паводка не будет, и через водосбросные сооружения гидроузла будут сбрасываться расходы, соответствующие максимальным значениям. Ещё меньшее влияние наполнение водохранилища будет оказывать на паводки более редкой повторяемости. При этом следует учитывать, что правилами эксплуатации водохранилища не предусмотрен пропуск санитарных расходов в нижний бьеф гидроузла, так что после наполнения водохранилища в сухой нижний бьеф

будут подаваться сразу значительные расходы. Такой режим пропуска паводков является наиболее неблагоприятным по условиям обеспечения неразмываемости русла. При таком режиме работы водосбросных сооружений могла бы возникнуть опасность для людей и сооружений, расположенных в пойме. Но наличие в составе гидроузла Тишрин шахтного водосброса обеспечивает постепенное нарастание расходов в нижнем бьефе.

Таблица 1

Гидрологические характеристики стока реки Северный Кебир в створе гидроузла Тишрин

Характеристика	Параметр			Величина с обеспеченностью, %				
	Q_0	C_V	CS	50	75	90	95	97
Годовой расход	10.0	0.62	2	8.78	5.43	3.36	2.41	1.89
Объём стока	1.19	0.72	1.0	1.05	0.57	0.23	0.06	0.00

				0.1	1	5	10	20
Годовой	366	0.99	4	3380	1800	1020	753	524
Объём стока,	284	0.66	2	1220	889	648	534	420

Учитывая сложившуюся неблагоприятную ситуацию с сохранностью сельхозугодий в пойме реки Северный Кебир, Правительство САР в 2005 году объявило тендер на проведение работ по защите этих территорий.

Прежде чем начинать работы по разработке защитных мероприятий, необходимо было разработать прогноз развития эрозионных процессов. Эта задача имеет несколько решений, причём все они вероятностного типа и степень совпадения реальных условий в будущем с прогнозами зависит от правильного выбора физических процессов, заложенных в основу расчётов.

Суть предлагаемого метода состоит в том, чтобы на основании одной из принятых морфометрических закономерностей развития русла реки по имеющимся фактическим геометрическим характеристикам устойчивых поперечных сечений русла реки Северный Кебир определить аналитические параметры этих сечений. Затем, зная гранулометрический состав отложений и их физические свойства определить величину максимальных неразмывающих скоростей, по законам гидравлики определить необходимые уклоны дна, обеспечивающие такие скорости. И, наконец, зная распределение прогнозируемых уклонов по длине русла реки и параметры потока в устьевом сечении, можно будет определить положение дна и положение бровок нового русла.

ПОДХОД К РЕГУЛИРОВАНИЮ СТОКА ВОДОХРАНИЛИЩЕМ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ РИСКА ПРЕВЫШЕНИЯ ЕГО ПРОТИВОПАВОДКОВОЙ ЁМКОСТИ ВО ВРЕМЯ ВНЕЗАПНЫХ ПАВОДКОВ

Ильинич В.В.¹, Перминов А.В.², Кузнецова Е.В.³,

¹ Профессор,

² И.о. заведующего кафедрой (РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, Москва);

³ Гидролог (ФГБУ «Гидрометцентр России», Москва).

АННОТАЦИЯ

Надежность гидротехнических сооружений плотин и безопасность прилегающих к ним территорий во многом зависят от правил регулирования стока при прохождении катастрофических паводков. Режим речного стока к водохранилищам юга европейской территории России, как и во многих регионах мира таков, что период внезапных дождевых паводков совпадает с периодом вегетации орошаемых культур. В этом случае в одни и те же фазы вегетационного периода могут наблюдаться как глубокие дефициты водопользования, так и катастрофические паводки. Таким образом, в одном случае водохранилище должно содержать как можно больший запас воды, и в то же время для пропуска опасных паводков его следует предварительно опорожнить. В работе предлагается подход к регулированию стока водохранилищем на примере Краснодарского гидроузла на основе предварительного исследования зависимости между ливневыми осадками и порождённым ими стоком паводков. Соответственно целью настоящей работы является совершенствование правил управления водохранилищем посредством моделирования регулирования паводкового стока с учётом выпавших осадков. Поставленная цель потребовала решения задач:

- составление синхронных статистических рядов выпавших штормовых осадков и паводкового притока к водохранилищу;
- оценка корреляционных зависимостей между величинами паводкового притока к водохранилищу и штормовых осадков, вызвавших паводки;
- выбор метеостанций – предикторов паводкового стока;
- совершенствование существующих правил управления водохранилищем с учётом выпадающих осадков перед паводком.

Корреляционный анализ между величинами суммарных осадков за штормовой дождь и последующими объёмами последующих паводков позволил выбрать метеостанции-предикторы, которыми стали метеостанции пунктов Армавир и Минеральные воды.

Проведённое моделирование трансформации паводка водохранилищем позволяет

сделать вывод, что предварительное его опорожнение перед пиком паводка по данным об осадках на выбранных метеостанциях-предикторах вполне возможно и понижает степень использования противопаводковой ёмкости, что в целом понижает риски аварийной ситуации гидроузла и окружающей территории, не понижая обеспеченности плановой водоотдачи водопользователям.

Расчёты трансформации расчётного паводка обеспеченности 0,1% по схеме Правил Использования Водных Ресурсов показывают, что при использовании этих правил Краснодарский гидроузел утратил требуемую надёжность и требуется их пересмотр.

Имеется необходимость совершенствовать и адаптировать имеющиеся модели формирования максимального стока по типу «осадки-сток» для более точного прогнозирования опасных паводков, что должно привести к понижению рисков аварийных ситуаций с учётом прогнозов в регулировании стока.

РАЗРУШЕНИЕ ЛЕДОВЫХ ПОЛЕЙ ВОЛНАМИ В РАЙОНЕ ЧУКОТСКОГО МОРЯ

Афонюшкин М.С.¹, Ступивцев А.В.², Кантаржи И.Г.³,

¹ Студент, НИУ МГСУ, г. Москва;

² Студент, НИУ МГСУ, г. Москва;

³ Профессор, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Проведено прикладное исследование естественного разрушения ледовых полей в районе Чукотского моря в районе города Певек, где в настоящее время пришвартована плавучая атомная электростанция. В ходе исследования, на основании технического отчёта по инженерным изысканиям, определены геометрические характеристики образующихся волн и ширина элементов разбиения ледового поля, образующихся под воздействием расчётных волн. Определена расчётная нагрузка от образующегося в рассматриваемом районе тороса и даны рекомендации по дальнейшим исследованиям.

Ключевые слова: ПАТЭС, ледовое поле, волна, торос, Певек, лёд, нагон

ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В СВОБОДНОМ КРУГЛОМ ОТВЕРСТИИ

*Мусаев В.К.*¹,

¹ Профессор, НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Приводится некоторая информация о физической достоверности и математической точности моделирования упругих дифракционных волн напряжений в свободном круглом отверстии. Для решения поставленной задачи применяется волновое уравнение механики деформируемого твердого тела. На основе метода конечных элементов разработаны методика, алгоритм и комплекс программ для решения линейных нестационарных динамических задач теории упругости. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Исследуемая область разбивается по координатам пространства и времени на конечные элементы первого порядка. Получена явная двухслойная схема. Предложен квазирегулярный подход к решению системы линейных обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка в перемещениях с начальными условиями и к аппроксимации исследуемой области. Методика основывается на схемах: точка, линия и плоскость. Рассматривается задача о воздействии плоской продольной упругой волны на свободное круглое отверстие. Рассматривается воздействие в виде функции Хевисайда. Исследуемая расчетная область имеет 1536 узловых точек. Контур круглого отверстия аппроксимирован 28 узловыми точками. Проведено сопоставление численного метода с результатами динамической фотоупругости и аналитического метода при решении задачи о воздействии плоской продольной упругой волны на свободное круглое отверстие.

Ключевые слова: дифракция упругих волн, круглое отверстие, алгоритм, комплекс программ, динамическая фотоупругость, картина полос, нестационарные упругие волны, плоская продольная волна, фундаментальное воздействие, интеграл Дюамеля, функция Хевисайда, верификация численного метода, контурное напряжение.

ВЕРИФИКАЦИЯ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ В ПОДКРЕПЛЕННОМ КРУГЛОМ ОТВЕРСТИИ

*Мусаев В.К.*¹,

¹ Профессор, НИУ МГСУ, г. Москва

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена некоторая информация о физической достоверности и математической точности моделирования упругих дифракционных волн напряжений в подкрепленном круглом отверстии. Для решения поставленной задачи применяется нестационарное волновое уравнение теории упругости. На основе метода конечных элементов разработаны методика, алгоритм и комплекс программ для решения линейных нестационарных динамических задач теории упругости. При разработке комплекса программ использовался алгоритмический язык Фортран-90. Исследуемая область разбивается по пространственным переменным и по временной переменной, на конечные элементы первого порядка. Получена явная двухслойная схема. Рассматривается задача о воздействии плоской продольной упругой волны на подкрепленное круглое отверстие. Рассматривается воздействие в виде функции Хевисайда. Исследуемая расчетная область имеет 1536 узловых точек. Внутренний контур подкрепления аппроксимирован 28 узловыми точками. По толщине подкрепление аппроксимировано 2 узловыми точками. Решается система уравнений из 6144 неизвестных. Проведено сопоставление численного метода с результатами и аналитического метода при решении задачи о воздействии плоской продольной упругой волны на подкрепленное круглое отверстие.

Ключевые слова: цифровое моделирование, дифракция упругих волн, подкрепленное круглое отверстие, алгоритм, комплекс программ, нестационарные упругие волны, плоская продольная волна, фундаментальное воздействие, функция Хевисайда, верификация численного метода, контурное напряжение.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАЗВИТИЯ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ В НАПОРНЫХ СИСТЕМАХ ГЭС

*Рыбин Д.В.*¹; *Муравьев О.А.*²,

¹ аспирант, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва;

² д.т.н., профессор, кафедра гидравлики и гидротехнического строительства НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Показано, что модели задания возмущающего воздействия в виде только изменения пропускной способности и только изменения давления не позволяют получить адекватной натурным данным картины пульсаций давления в спиральной камере и отсасывающей трубе, в свою очередь модель задания комплексного возмущающего воздействия (по давлению и по пропускной способности) позволяет получить адекватные натурным данным результаты. Также рассмотрены условия развития колебаний на резонансных частотах и условия развития резонансов с высокими значениями коэффициента передачи на резонансной частоте близкой к собственной частоте отсасывающей трубы. В завершении определено влияние скорости распространения волны в отсасывающей трубе на развитие пульсаций на резонансных частотах.

Ключевые слова: пульсации давления, пропускная способность, комплексное возмущающее воздействие, резонансные частоты, собственная частота, спиральная камера, отсасывающая труба.

ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ: ОБЗОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Хадж К.Р.¹, Козлов Д.В.²

¹ Аспирант, НИУ МГСУ, г. Москва;

² Заведующий кафедрой, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Проблема засоления и заболачивания почв является одной из распространенных на землях сельскохозяйственных угодий, в том числе имеющих недостаточное гидромелиоративное обустройство. Указанные процессы приводят к резкому снижению продуктивности севооборотов и выхода их из строя. Поэтому устройство эффективных дренажных систем, которые позволяют улучшить качество заболоченных и засоленных земель, является одной из важных задач мелиорации и рекультивации земель в инвестиционных программах, например, CAP. На основе анализа специальной научной литературы (более 50 наименований) выполнен обзор современных концепций и исследовательских подходов в области проектирования, конструирования, строительства и работы дренажей и дренажных систем, их влияния на почвы и эксплуатационные затраты. Выявлены наиболее важные вопросы, которые требуют ответов в современных условиях хозяйствования в CAP, определены пути их решения, в том числе в области нового строительства и реконструкции дренажных систем, а также используемых технологий и материалов. Определен перечень математических моделей (MODFLOW, SWAP, WAVE и DRAINMOD), которые можно использовать для управления и прогнозирования уровня грунтовых вод, а также проектирования дренажных систем, в том числе, в полусухих природно-климатических условиях.

Ключевые слова: засоление и заболачивание почв, дренаж, дренажная система, строительство, реконструкция, математическая модель.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ В ПОДСТИЛАЮЩИХ ТАЛИКАХ МЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ НА ОБРУШЕНИЕ СКЛОНОВ

Остякова А.В. ¹,

¹ Старший научный сотрудник (Институт водных проблем Российской академии наук, Москва), доцент, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В последние десятилетия участились катастрофические явления и аварийные ситуации, происходящие по причине растепления многолетнемерзлых грунтов оснований сооружений. Рассматриваются причины и механизм потери устойчивости грунтовых оснований в криолитозоне. Особенностью рассматриваемого механизма является наличие гидростатического напора под сезонно-талым слоем грунта в образовавшихся таликах, по границе которых и происходит обрушение. Приведен пример расчета по методу прислоненного откоса.

Ключевые слова: обрушение склонов в криолитозоне, поверхность смещения грунта, криогенные процессы, гидростатический напор, талик, расчет устойчивости сезонно-мерзлых склонов, механизмы склоновых процессов.

СРАВНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТА ШЕРОХОВАТОСТИ ГЕОМАТА С ЩЕБНЕМ И БИТУМ-ПОЛИМЕРНЫМ ВЯЖУЩИМ С АНАЛОГИЧНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Еремеев А.В.¹, Гурьев А.П.², Ханов Н.В.³,

¹ Филиал АО «Институт Гидропроект» - «НИИЭС»;

² Профессор;

³ Заведующий кафедрой, РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В настоящей публикации представлены результаты исследований коэффициентов шероховатости противозэрозийных покрытий, выполненных из геоматов. Для расчёта коэффициента шероховатости был выполнен анализ работ, сделанных другими авторами по данному направлению исследований. Описано исследование и определение коэффициента шероховатости для геомата, заполненного щебнем и битум-полимерным вяжущим. Проанализированы формулы для расчета коэффициента шероховатости геоматов и выбраны наиболее часто используемые. Выполнено сопоставление значений коэффициента шероховатости полученного авторами настоящего исследования с коэффициентами шероховатости, полученными в других исследованиях с аналогичными покрытиями.

Ключевые слова: противозэрозийное покрытие, геомат, битум-полимер, битум, эрозия, коэффициент шероховатости, откос.

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И РОСТА СЕЙСМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Бандурин М.А.¹, Волосухин В.А.²,

¹ Декан факультета, Кубанский ГАУ, г. Краснодар;

² Профессор, НИМИ Донской ГАУ, г. Новочеркасск.

АННОТАЦИЯ

Кубань – самая длинная и многоводная река Большого Кавказа; основная водная артерия западной и северо-западной части северного склона Большого Кавказского хребта и южной части западного Предкавказья, несущая свои воды по четырем субъектам юга Российской Федерации. Краснодарское водохранилище создает необходимый подпор уровня воды на реках – притоках.

Рассмотрен комплекс мероприятий для улучшения водопользования в Кубанском водном бассейне с учетом изменения климата и роста сейсмических нагрузок. Усиливающиеся климатические изменения на юге России, а именно постоянное из года в год снижение уровня водности в горах Кавказа, привели к ухудшению гидравлического режима в Кубанском водном бассейне. Возникла реальная опасность нарушения гидравлических условий сопряжения

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ КАВКАЗА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

*Волосухин В.А.*¹,

¹ Профессор, НИМИ Донской ГАУ, г. Новочеркасск.

АННОТАЦИЯ

Северная граница Кавказа проходит по Кумо-Манычской впадине Западная граница Кавказа по побережью Азовского и Черного морей. Восточная граница – побережье Каспийского моря. Южная граница Кавказа проходит по бывшей государственной границе СССР (ныне южные границы Грузии, Армении и Азербайджана с Турцией и Ираном). Площадь Кавказа составляет 440 тыс. км².

Водные ресурсы Кавказа (без Предкавказской равнины ($W_p=50\%=2,5$ км³/год) и стока, формируемого на территориях Турции и Ирана ($W_p=50\%=11,1$ км³/год) равны $W_p=50\%=120,9$ км³/год. В Закавказье расположено 257 водохранилищ с полным объемом 24,5 км³. В Азербайджане - 140 водохранилищ с полным объемом 21,5 км³. В Армении - 74 водохранилища объемом 0,988 км³. В Грузии - 43 водохранилища объемом 2,01 км³. Сток из гляциально-нивальной зоны ($H > 2000$ м) Кавказа на 2000 г. составляет более 30,5 км³.

Оперелены основные проблемы безопасности гидротехнических сооружений Кавказа, характерные и для всей России: старение сооружений водного хозяйства ($T > 100$ лет, $T > 50$ лет); высокий износ мелиоративных систем и ГТС; снижение остаточного ресурса несущей способности ГТС; высокая балансовая стоимость сооружений (только мелиоративных систем 311,70 млрд. руб.); дефицит кадров в проектных, строительных, эксплуатационных водохозяйственных организациях.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГРАНИЦЫ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ОДНОРОДНОЙ ГРУНТОВОЙ ПЕРЕМЫЧКЕ

*Заборова Д.Д.*¹, *Локтионова Е.А.*², *Мусорина Т.А.*³,

¹ Ассистент;

² Доцент;

³ Доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), г. Санкт-Петербург.

АННОТАЦИЯ

Введение: Большое место в теории фильтрации занимают задачи со свободной поверхностью: приток грунтовых вод к котлованам, обтекание береговых устоев плотин, и т.д. Широкое распространение в гидротехническом строительстве получили временные сооружения – перемычки. Их основная задача состоит в защите конструкций и сооружений от воздействия потока воды, недопущение подтопления строительной площадки. Решающим фактором утраты устойчивости такой перемычки является высокое положение отметки высачивания фильтрационного потока. Поэтому, для гидротехнических сооружений с безнапорной фильтрацией важно правильно определить положение свободной поверхности фильтрационного потока (депрессионной кривой), а также промежуток высачивания (место выхода фильтрационного потока в нижний бьеф).

Ключевые слова: безнапорная фильтрация, депрессионная кривая, промежуток высачивания, грунтовая перемычка, уравнение Буссинеска.

ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ФОРМИРОВАНИЯ ВОЛНЫ-УБИЙЦЫ

Комаров А.А.¹, Брянская Ю.В.²,

¹ Профессор, НИУ МГСУ, г. Москва;

² Профессор, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен процесс возникновения аварийной ситуации на объекте как реализация сочетания маловероятных событий на основе анализа процесса формирования волн-убийц, возникающих в морских акваториях. Связано это с тем, что локальное появление гигантских волн и волновых пакетов в морях и океанах так же связано с одновременным локальным по пространству и времени наложением (суперпозицией) волн различной частоты.

Ключевые слова: волна, амплитуда волны, спектр ветровых волн, аварийная ситуация, вероятность аварий.

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА РЕЧНУЮ СИСТЕМУ САЙ ГОН - ДОНГ НАЙ (ВЬЕТНАМ)

Маркова И.М.¹, Фан Х.Х.²

¹ Доцент, НИУ МГСУ, г.Москва;

² Аспирант, НИУ МГСУ, г.Москва.

АННОТАЦИЯ

Речная система Сай Гон - Донг Най (СГ-ДН) является третьей по величине речной системой после систем Меконга и Красной реки, но крупнейшей внутренней речной системой во Вьетнаме. Бассейн реки СГ-ДН — крупнейший экономический район Вьетнама с высокой плотностью населения и множеством крупных промышленных зон. Также система рек и каналов СГ-ДН обеспечивает подачу пресной воды из водохранилищ, расположенных выше по течению, в крупные города, такие как Хошимин, Донг Най, Бинь Зьонг. Речная система СГ-ДН – система инженерной защиты территорий от наводнения и отвода вод в периоды паводка в море.

Областью исследования в данной работе является низменный район Сайгона – река Донгнай. Этот район примыкает к дельте Меконга на юго-западе, Восточному морю на юге и юго-востоке, на северо-востоке примыкает к югу от центральных провинций Вьетнама. В этом районе есть разветвленная система рек и искусственных каналов, на которые влияет тропический муссонный климат и уровень приливов в Восточном море.

Целью данного исследования является оценка влияния водохранилищ и противопаводковых сооружений на уровень воды в нижнем течении системы рек Сай Гон - Донг Най.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ АНАЛИЗА СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ БЕЗНАПОРНОГО ПОТОКА

*Волгина Л.В.*¹, *Романова А.А.*²,

¹ Доцент, НИУ МГСУ, г. Москва;

² Аспирант, НИУ МГСУ, г. Москва.

АННОТАЦИЯ

Проведены экспериментальные и теоретические исследования кривой свободной поверхности в безнапорном потоке, с уклоном дна больше критического. Проведен анализ экспериментальных данных и сопоставление с результатами приближенного интегрирования уравнения неравномерного движения методами Бахметева и Чарномского.

Введение. В основу экспериментальных исследований настоящей работы положен анализ характеристик движения потока во входной части коллекторного лотка, применяемого при дорожном строительстве и отводящие ливневые воды (стоки) в систему очистки. Теоретические данные о изменении глубины и характеристиках свободной поверхности в безнапорном, неравномерном потоке имеют ряд несоответствий с фактическими и эксплуатационными данными.

Коллектор прямоугольного сечения применяется не так часто, например, в Московской коллекторной системе, только примерно в 5% случаях выбрано прямоугольное сечение, однако данный тип сооружений также требует особого внимания, поскольку имеет множество аналогий в других водопроводных системах.

Материалы и методы. Проведены замеры уровня свободной поверхности расходомерного лотка Паршаля, установленного в гидравлическом лотке лаборатории кафедры Гидравлики МГСУ, с автоматической домкратной системой фирмы «Gunt». Теоретические методы основаны на интегрировании второй формы основного уравнения неравномерного движения.

Результаты. Выполнены расчеты глубин методам Бахметьева (формула 1) и Чарномского (формула 2):

$$l = \frac{h_0}{i} \{ \eta_2 - \eta_1 - (1 - j_c) [\varphi(\eta_2) - \varphi(\eta_1)] \} \quad (1)$$

$$l_m = \frac{\mathcal{E}_{m+1} - \mathcal{E}_m}{i - \bar{i}_f}, \quad (2)$$

где h_0 - глубина, соответствующая равномерному движению; i – уклон дна; η_2, η_1 , - относительная глубина в начальном и конечном сечении соответственно; $\varphi(\eta_1), \varphi(\eta_2)$ – функция относительной глубины; $\mathcal{E}_{m+1}; \mathcal{E}_m$ – удельные энергии в соответствующих

сечениях; \bar{i}_f – уклон трения.

На экспериментально полученный профиль кривой свободной поверхности нанесены результаты расчетов по теоретическим методам (рисунок 1)

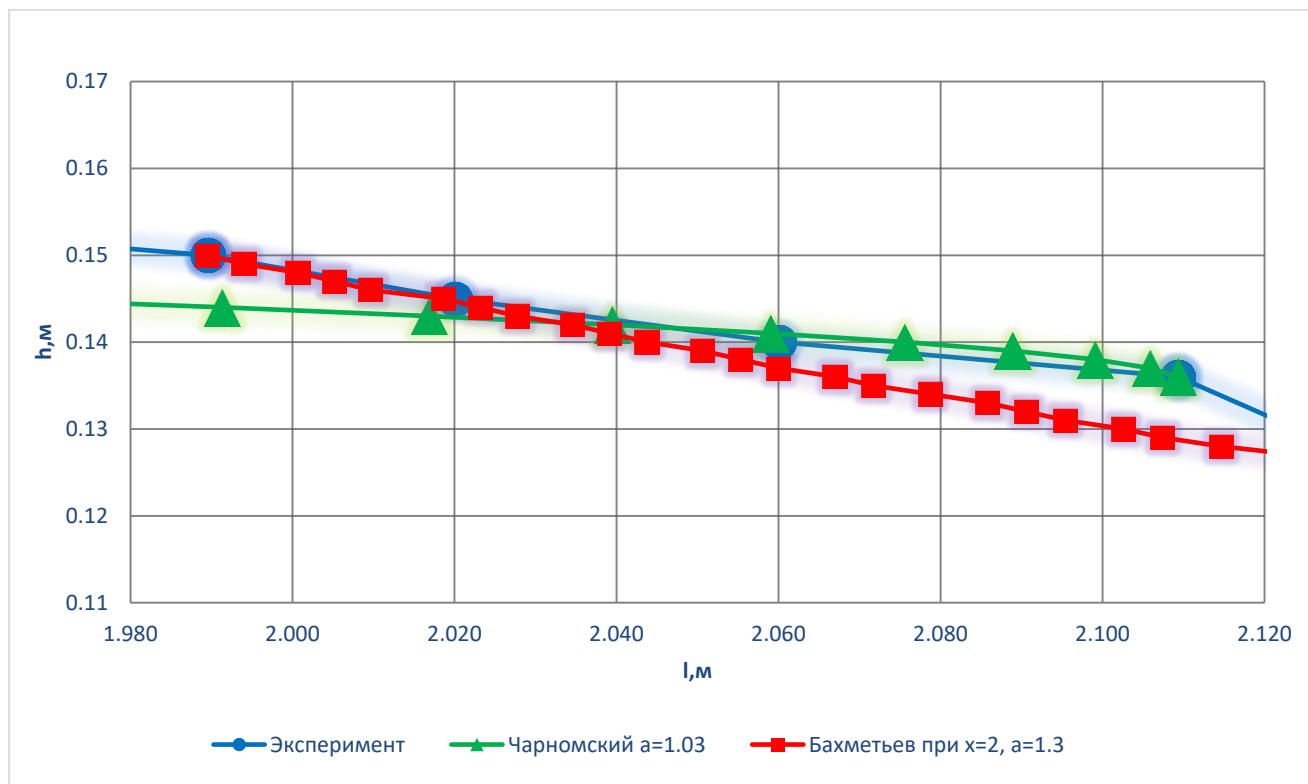


Рисунок 1. График кривой свободной поверхности

Выводы. По результатам полученных в ходе эксперимента можно сделать следующие выводы:

Лоток Паршала имеет конструкцию, подходящую для моделирования в лабораторных условиях, изучения и анализа безнапорного установившегося движения жидкости.

Анализ кривой спада, построенный с использованием формулы (1), что падение кривой свободной поверхности происходит более резко, чем экспериментальные данные. При этом на расстоянии $L=0,120$ м рассматриваемого участка глубина упала до $0,129$ м, а при глубине в $0,136$ м длина составила только $0,077$ м.

Анализ кривой спада, построенный с использованием формулы (2), что подъем кривой от конечной точки происходит так же более плавно, чем в случае с экспериментальными значениями. При этом на расстоянии $L=0,120$ м рассматриваемого участка глубина достигает около $0,145$ м. При этом кривая свободной поверхности имеет наиболее приближенную к теоретическим данным форму.

Выбранный участок с уклоном $i=0,405$ является конструктивным подобием соединительной части быстрого тока, метод Чарномского на этом участке дает более близкие данные по отношению к экспериментальным, что связано с тем, что в расчете отсутствует необходимость пользоваться различными табличными и относительными параметрами,

дающими дополнительные погрешности при расчете (такими как расходные характеристики, гидравлический показатель русла, функции относительной глубины, используемые в методе Бахметьева).

Теоретические данные не всегда дают нам возможность достоверное проследить за изменением формы кривой свободной поверхности особенно в реальных (не лабораторных) условиях.

Ключевые слова: входной участок, безнапорный поток, установившееся движение, лоток Паршалля, кривая свободной поверхности.