

Научно-технический и производственный сборник

БЭС

Безопасность
энергетических
сооружений

Научно-исследовательский институт

НИИЭС

энергетических сооружений

Вып. 10
2002

**Российское акционерное общество энергетики и электрификации
«Единая энергетическая система России»
(РАО «ЕЭС России»)**

**Открытое акционерное общество
«Научно-исследовательский институт энергетических сооружений»
(ОАО «НИИЭС»)**

БЕЗОПАСНОСТЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ СБОРНИК

Выпуск 10

«ГИДРОЭНЕРГЕТИКА В XXI ВЕКЕ»

*(Материалы XXII Международной молодежной научно-
технической конференции)*

ОАО «НИИЭС»

Москва

2002

УДК 621.311

Председатель редакционного совета
к.т.н. С.О. Бритвин

Безопасность энергетических сооружений. «Гидроэнергетика в XXI веке» (Материалы XXII Международной молодежной научно-технической конференции). //Научно-технический и производственный сборник. Вып. 10. ОАО «НИИЭС». М.: 2002. 152 с.

Сборник содержит материалы XXII Международной молодежной научно-технической конференции «Гидроэнергетика в XXI веке». Конференция проходила 4 – 7 сентября 2001 г. в г. Москве. В ней приняли участие 11 организаций. На 7 секциях было заслушано 97 докладов.

В докладах молодых специалистов обсуждался широкий спектр актуальных проблем: инженерные изыскания и исследования для строительства гидроузлов; энергетика, водное хозяйство и охрана окружающей среды; компоновка гидроузлов и конструкции гидротехнических сооружений; технологическое оборудование ГЭС; организация и технология гидротехнического строительства; применение компьютерных технологий в проектировании гидроузлов. Наиболее интересные сообщения представлены в настоящем сборнике.

ОАО «НИИЭС», 123362, Москва, а/я 393,
Телефон: 493 51 32.

[E-mail: niiesoao@mtu-net.ru](mailto:niiesoao@mtu-net.ru)

<http://www.niies.ru>

Строительный проезд, д. 7а
Факс: (095) 493 64 29

ISBN 5 - 902144 - 02 - 7

© ОАО «НИИЭС» 2002

**АССОЦИАЦИЯ «ГИДРОПРОЕКТ И ЕЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
В УКРЕПЛЕНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
ГОСУДАРСТВ СОДРУЖЕСТВА**



Президент
Ассоциации «Гидропроект»,
доктор техн. наук, профессор
В.Я. Шайтанов

Ассоциация «Гидропроект» образована 19 февраля 1992 года на базе Всесоюзного ордена Ленина проектно-изыскательского и научно-исследовательского Объединения «Гидропроект» им. С.Я. Жука.

В целях сохранения научно-технического потенциала и исторически сложившихся связей коллективы образованных самостоятельных институтов приняли решение сохранить Объединение «Гидропроект» на новой организационно-правовой основе в виде Ассоциации.

Ассоциация «Гидропроект» объединяет в настоящее время восемнадцать организаций гидроэнергетического профиля России и Государств содружества: Армгидроэнергопроект, Бакгидропроект, Братскгидропроект, Волгаэнергопроект-Самара, Гидропроект (Ташкент), Институт «Гидропроект» (Москва), Казгидропроект, Красноярскгидропроект, Ленгидропроект, Мособлгидропроект, Таджгидроэнергопроект, Тбилгидропроект, Укргидропроект, Научно-исследовательский институт энергетических сооружений, ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, журнал «Гидротехническое строительство», факультет гидротехнического и специального строительства МГСУ, инженерно-строительный факультет С.-Пб. ГТУ и Спецгидроэнерго монтаж.

Ассоциация «Гидропроект» входит в состав Электроэнергетического совета СНГ, является базовой организацией Российского национального комитета Международной комиссии по большим плотинам, экспертным центром Минприроды РФ по безопасности гидротехнических сооружений, является организатором и координатором проведения научно-технических Международных и Всероссийских гидроэнергетических форумов, ответственным исполнителем разработки межведомственных и международных нормативных документов и соглашений в области гидроэнергетики и гидротехнического строительства СНГ.

Большое внимание Ассоциация «Гидропроект» уделяет творческой молодежи. Молодые специалисты институтов Ассоциации приняли активное участие в работе XXII Международной молодежной научно-технической конференции Гидропроекта, которая проходила в сентябре 2001 г. в г. Солнечногорске под Москвой.

За 10 лет деятельности ассоциация провела большую работу по консолидации гидроэнергетического потенциала Государств содружества, что в значительной степени способствует укреплению из энергетической безопасности.

Сегодня Ассоциация «Гидропроект» является интеллектуальным центром, который объединяет и консолидирует проектно-изыскательский и научно-исследовательский гидроэнергетический и гидротехнический потенциал России и всех Государств Содружеств

Редакционный совет сборника поздравляет Ассоциацию «Гидропроект» и ее руководство с первым 10-летним юбилеем и желает дальнейшего процветания, творческих успехов и несокрушимого здоровья.

**СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СКАЛЬНОГО МАССИВА
НА УЧАСТКЕ НАПОРНОГО ВОДОВОДА №2
ДНЕСТРОВСКОЙ ГАЭС**

Аверин А.П., инженер
(ЦСГНЭО — филиал АО «Институт Гидропроект»)

В процессе строительства Днестровской ГАЭС велось регулярное наблюдение за состоянием горного массива, упругими и деформационными свойствами. Данный комплекс работ проводился в период с 1986 по 1992 год.

В связи с политическими и экономическими изменениями в 1991 году строительство ГАЭС было приостановлено. Горные выработки более десяти лет простояли в непроектных условиях под защитой временной крепи.

В мае 2001 года были проведены исследования по уточнению упругих и деформационных свойств горных пород, слагающих ослабленную зону и сохранный скальный массив, на двух характерных створах напорного водовода №2.

Инженерно-геологические условия участка исследований

Туннель водовода пройден полным сечением ($R_{зф} = 4,6$ м), сводовая часть и верхняя часть стенок покрыта бетонной обделкой, ниже набрызг-бетон с анкерами.

Сводовая часть и верхняя часть стенок «верхнего» створа (далее створ №1) сложена зиньковецкими алевролитами (P_{13}^{sn}), нижняя часть и лоток бронницкими аргиллитами (P_{13}^{br}). В бронницких аргиллитах развиты мощные субгоризонтальные трещины. Выше свода (в 3,5 – 4,5 м) залегают джурджевские песчаники (P_{13}^{dj}).

По всему сечению «нижнего» створа (далее створ № 2) залегают бронницкие аргиллиты (P_{13}^{br}), выше выработки (в 4,5 – 5,0 м над сводом) залегают зиньковецкие алевролиты (P_{13}^{zn}), ниже выработки (в 5,0 м под лотком) — бернашовские песчаники (P_{13}^{bn}).

Характеристика первичных материалов

Видимая частота продольных волн — 50 – 60 кГц, только в бернашовских песчаниках отмечено повышение их частоты до 100 кГц.

Ориентация опытных скважин различна относительно слоистости горных пород. Однако корректную оценку упругой анизотропии можно выполнить только для бронницких аргиллитов (P_{13}^{br}) и с оговорками для зиньковецких алевролитов (P_{13}^{zn}), в которых не было измерений вдоль слоистости.

Коэффициент анизотропии для продольных волн составляет более 20% в бронницких аргиллитах и достигает 30 – 35% в зиньковецких.

Видимая частота «вторых» волн 35 – 45 кГц. Отметим, что в бернашовских песчаниках видимая частота «вторых» волн повышена до 55 кГц.

«Вторые» волны согласно [1] интерпретированы как релеевские.

Значения коэффициента Пуассона группируются около 0,25 и 0,35. Возможно, это объясняется регистрацией «вторых» волн различной поляризации SV (перпендикулярно слоистости) и SH (вдоль слоистости).

Зона влияния водовода

При определении размеров зоны влияния водовода — ослабленной зоны — учитывалась анизотропия упругих свойств горных пород (т.е. существенное различие величин скоростей P - и R -волн при измерениях вдоль и вкrest слоистости), наличие в сводовой и прилоточной частях выработки (на створе № 1) горных пород различного состава, имеющих различные упругие свойства (из таблицы 1 видно, что скорости P -волн в зиньковецких песчаниках на 5 – 15% превосходят скорости P -волн в бронницких аргиллитах для тех же направлений измерений). Первоначальной задачей стал выбор для каждой скважины обоснованного значения V_m — скорости продольных волн в сохрaнном массиве.

Анализ годографов, а также графиков V_p , V_R , $\mu = f(h)$ позволил выделить отдельные слои внутри ослабленной зоны. В качестве информативного параметра, характеризующего степень ослабления горных пород (степень интенсивности разгрузки), принято отношение V_i/V_m , где V_i — скорость P -волн в i -ом слое ослабленной зоны, V_m — скорость P -волн в сохрaнном массиве. На основе опыта работ прежних лет нами принято, что $V_i/V_m < 0,7$ характерно для зоны интенсивной разгрузки, значения V_i/V_m от 0,7 до 0,9 наблюдаются в зоне умеренной разгрузки, а если V_i/V_m находится в пределах от 0,9 до 1,0, то можно говорить о зоне незначительной (слабой) разгрузки.

Таблица 1
 Модальные значения кинематических и динамических параметров уругих волн в горных породах разного литологического состава и возраста (для сохранных зон массива)

Тип горных пород	Продольные волны											
	Параллельно слоистости					Под $\angle 45^\circ$ к слоистости					Вкрест слоистости	
	V м/с	f кГц	λ см	V м/с	f кГц	λ см	V м/с	f кГц	λ см	V м/с	f кГц	λ см
Джурджевские песчаники	-	-	-	-	-	-	3800	55,5	7,0	3800	55,5	7,0
Зиньковецкие алевролиты P _{t3} sn	3800	-	-	3500	55,0	6,5	2800	54,0	5,0	2800	54,0	5,0
Бронницкие аргиллиты P _{t3} br	3300	52,5	6,5	3100	54,0	5,5	2700	59,0	4,5	2700	59,0	4,5
Бернашовские песчаники P _{t3} bn	-	-	-	-	-	-	3900	110,0	3,5	3900	110,0	3,5
"Вторые" волны												
Джурджевские песчаники	-	-	-	-	-	-	1800	43,5	4,0	1800	43,5	4,0
Зиньковецкие алевролиты P _{t3} sn	-	-	-	1900	47,0	4,0	1600	44,5	3,5	1600	44,5	3,5
Бронницкие аргиллиты P _{t3} br	1550	45,5	3,5	1800	46,5	4,0	1300	40,0	3,5	1300	40,0	3,5
Бернашовские песчаники P _{t3} bn	-	-	-	-	-	-	2100	55,0	4,0	2100	55,0	4,0

Построенные на основании такого подхода карты строения ослабленной зоны в изолиниях V_i/V_m для створов № 1 и № 2 представлены на рисунках 1 и 2. Видно, что ослабленная зона в обоих случаях имеет 3-слойное строение, однако если на створе № 2 она почти изотропна по форме (средняя мощность около 5 м), то на створе № 1 она имеет эллиптическую форму и её вертикальный размер (5 – 7 м) в 3 – 4 раза больше горизонтального (1,4 – 1,6 м). Такая картина, видимо, связана с существенной разгрузкой присводовой и приоткочной зон массива в процессе его длительной выстойки. Значительные горизонтальные размеры ослабленной зоны на створе № 2 возможно объясняются развитием тектонических трещин, влияние которых наложилось на влияние выработки. На створе № 1, где массив представляется более сохранным, горизонтальные размеры зоны гораздо меньше (1,5 м на створе № 1 против более 5,0 м на створе № 2). На створе № 2 скв. 6 (горизонтальная, в левой стенке) на протяжении 10 м не вышла из ослабленной зоны (рис. 2).

Отметим, что размеры зоны интенсивной разгрузки (падение упругих свойств в ней превышает 30%) на обоих створах не превышают 1,5 – 2,0 м. В то же время максимальные линейные размеры ослабленной зоны близки в настоящее время к диаметру выработки.

Определение упругих и деформационных свойств горных пород на опытных участках

Методика определения динамического модуля деформации (D_{oi} , D_{oii}) в скальных массивах по данным геофизических исследований обобщена в «Рекомендациях» [2].

Конкретные особенности применения этой методики на участке строительства Днестровской ГАЭС разработаны на прежних этапах геофизических исследований.

В соответствии с указанными «Рекомендациями» [2] модуль деформации вычислялся по обобщённым таблицам между статическими и динамическими показателями деформируемости.

В работе [3] приведены значения коэффициентов для расчёта модуля суммарной деформации D_{Σ} при « n » циклах нагружения. Они выбраны с учётом результатов разночастотных сейсмоакустических исследований: сейсмических и ультразвуковых, а также геомеханических исследований: прессиометрических, штамповых и УЦН-опытов. На основании опыта считается, что в зоне интенсивной разгрузки модуль деформации следует считать по корреляционному уравнению для I цикла нагружений (D_I), в сохранным массиве — по корреляционному уравнению для II цикла нагружения (D_{II}). Зная значения $a_{D_{\Sigma}}$ и

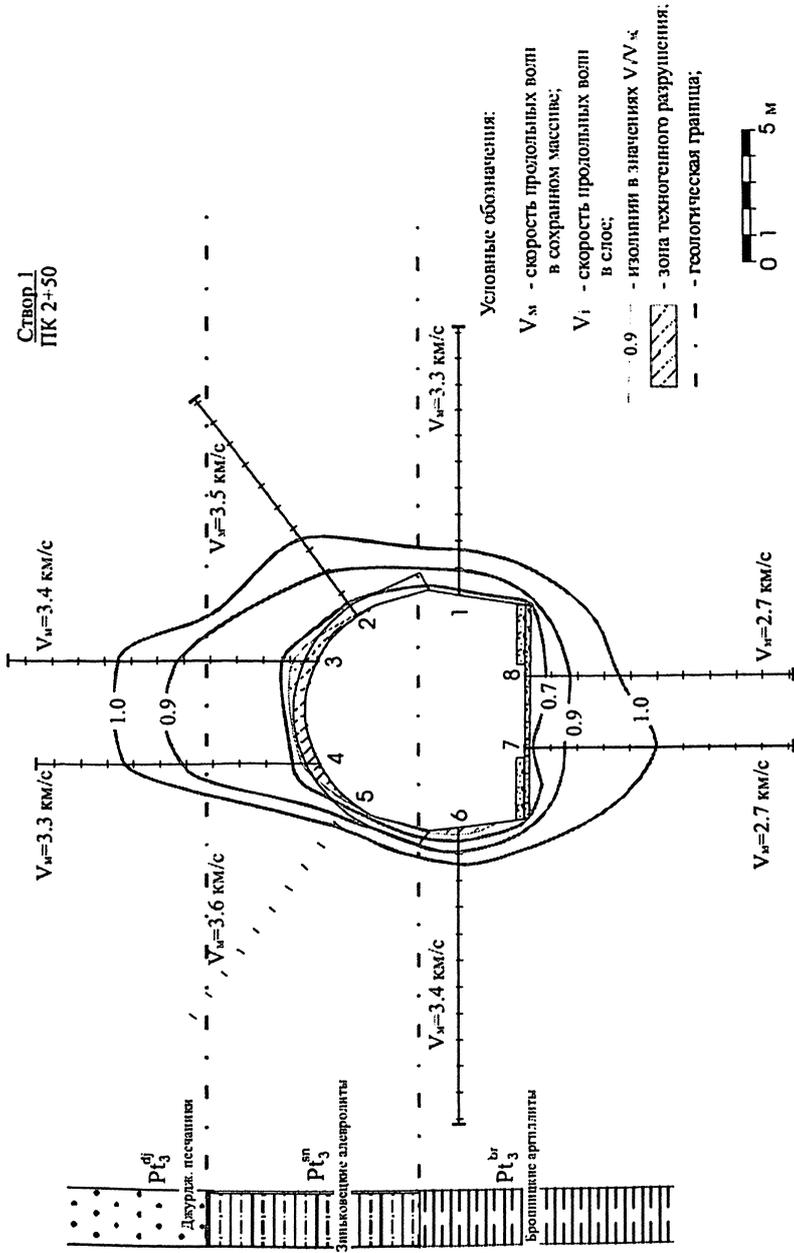


Рис. 1. Строение приконтурной области скального массива в изолиниях относительных изменений скорости продольных волн (створ №1).

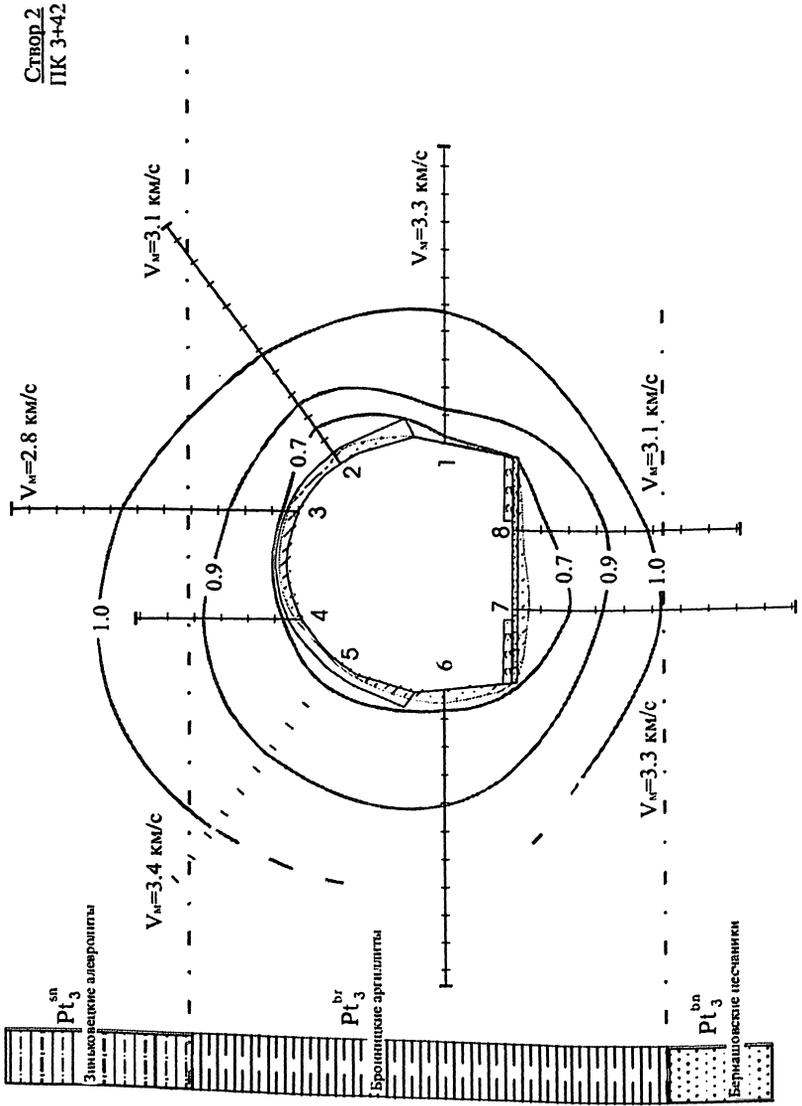


Рис. 2. Строение приконтурной области скального массива в изолиниях относительных изменений скорости продольных волн (створ №2).

b_{D_x} для направлений параллельно и перпендикулярно слоистости и приблизительные соотношения между значениями коэффициентов a_{D_x} и b_{D_x} , a_{D_I} и $a_{D_{II}}$ и a_{D_x} , b_{D_I} и b_{D_x} , $b_{D_{II}}$ и b_{D_x} , нами были определены корреляционные уравнения:

а) для направления измерений вдоль слоистости:

$$\lg D_I = 1,633 \lg E_{\text{dyn}} - 3,057;$$

$$\lg D_{I-II} = 1,533 \lg E_{\text{dyn}} - 2,625;$$

$$\lg D_{II} = 1,433 \lg E_{\text{dyn}} - 2,193;$$

б) для направления измерений перпендикулярно слоистости:

$$\lg D_{o_I} = 1,483 \lg E_{\text{dyn}} - 2,409;$$

$$\lg D_{I-II} = 1,402 \lg E_{\text{dyn}} - 2,086;$$

$$\lg D_{o_{II}} = 1,322 \lg E_{\text{dyn}} - 1,763;$$

в) для направления измерений под углом 35-40° к слоистости:

$$\lg D_{o_I} = 1,558 \lg E_{\text{dyn}} - 2,733;$$

$$\lg D_{I-II} = 1,468 \lg E_{\text{dyn}} - 2,356;$$

$$\lg D_{o_{II}} = 1,378 \lg E_{\text{dyn}} - 1,978;$$

Опираясь на приведенные выше соотношения, можно определить значения E_{dyn} и D в различных слоях ослабленной зоны и в сохранном массиве.

Для указанных интервалов были выбраны средние значения V_p и μ для ультразвукового диапазона частот, потом к значениям V_p был применен понижающий коэффициент для перехода к масштабу сейсмических наблюдений, который соответствует объёму деформируемой области вокруг выработки [4].

В таблице 2 представлены диапазоны значений динамических и статических показателей для ослабленной зоны и сохранного массива для различно ориентированных скважин.

В частности в зоне разгрузки значения D в отдельных скважинах в 10 – 20 раз ниже, чем в сохранном массиве, а значения D в сохранном массиве для однородных в литологическом отношении пород отличаются в 4 – 5 раз. Всё это служит доказательством того, что в деформационном отношении массив является весьма неоднородным. В то же время следует отметить, что зоны с умеренной

и незначительной степенью разгрузки во многих случаях близки по своим деформационным свойствам к сохранному массиву.

Таблица 2

Значения динамических и статических показателей в ослабленной зоне и сохранном массиве.

Створ	Ориентация скв.	Зона	Vp м/с	μ	E _{дуп} 10 ² МПа	D 10 ² МПа
1 ПК 2+50	гор.	осл.	2350-3300	0,40	9,0-72,1	0,6-19,5
		сохр.	3300-3400	0,38	76,9-88,0	23,7-28,8
	накл.	осл.	2500-3350	0,30	17,8-137,6	2,1-52,4
		сохр.	3500-3600	0,25	178,6-203,4	76,1-90,9
	верт.	осл.	1650-3300	0,30-0,40	3,3-107,1	0,5-41,2
		сохр.	2700-3400	0,27-0,35	22,4-142,1	4,6-53,3
2 ПК 3+42	гор.	осл.	2350-3100	0,35	12,1-60,9	1,0-7,3
		сохр.	3300	0,33	97,2	33,2
	накл.	осл.	1750-3200	0,25-0,28	7,0-91,5	0,5-28,8
		сохр.	3100-3400	0,25	74,9-145,7	23,0-57,4
	верт.	осл.	2000-2900	0,29-0,33	7,2-45,0	0,7-10,9
		сохр.	2800-3300	0,27-0,29	30,8-115,2	7,1-40,4

Оценка коэффициента удельного упругого отпора K_о

Коэффициент отпора определен по методике указанной в [5]. Коэффициент анизотропии «K» в зиньковецких алевролитах и в бронницких аргиллитах достигает значений 1,2 – 1,3.

Результаты сведены в таблицу 3.

Таблица 3.

Результаты оценки коэффициента удельного упругого отпора K_о.

Створ	Направление	K _о , кг/см ³	Примечания
1 ПК 2+50	Вертикальное	50-100	Лоток, бронницкие аргиллиты
		150	Свод, зиньковецкие алевролиты
	Горизонтальное	200-300	Стенки, бронницкие аргиллиты
2 ПК 3+42	Вертикальное	100-150	Лоток, бронницкие аргиллиты+бер-нашевские песчаники
		150	Свод, бронницкие аргиллиты+зиньковецкие алевролиты
	Горизонтальное	100-150	Стенки, бронницкие аргиллиты

Как видно из табл. 3 на створе №1 наиболее высокие значения K_0 получены в бортах водовода №1, что соответствует форме и размерам ослабленной зоны (рис. 1). Низкие значения K_0 для области лотка объясняются низкими значениями упругих и деформационных свойств бронничких аргиллитов в направлении нормально слоистости. На створе № 2 получено практически изотропное распределение значений K_0 по всем направлениям, но в целом величины K_0 ниже, чем на створе № 1.

В результате выполненных работ уточнены упругие и деформационные свойства массива горных пород на участке строительства водовода №2, на основании чего можно сделать следующие выводы:

1. Эллиптическая форма ослабленной зоны створа 1 свидетельствует о существенной разгрузке присводовой и прилотковой части массива в процессе длительной выстойки. Изотропные размеры ослабленной зоны створа 2 объясняются влиянием тектонических трещин.

2. Значительный разброс значений модуля деформаций свидетельствует о неоднородности массива в деформационном отношении.

3. Полученные значения коэффициента отпора в целом ниже результатов исследований проводившихся в 1992 году, что свидетельствует о развитии процесса разгрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савич А.И. и др. Сейсмоакустические методы изучения массивов скальных пород. М: Недра. 1969.
2. Рекомендации по применению инженерной геофизики для изучения деформационных свойств скальных горных массивов // Под ред. А.И. Савича, Б.Д. Куюнджича. М: Гидропроект. 1985.
3. Коптев В.И., Козлов О.В. Прогноз динамики горного давления на обделку шахт гидроагрегатов Днестровской ГАЭС на основе результатов комплекса сейсмоакустических исследований //Сб. науч. тр. Гидропроекта. 1992. Вып. 142.
4. A.I. Savich, M.M. Pyin & O.V. Kozlov. Different scale elastic wave velocity variations under technogene impact. Balkema, Rotterdam 1993.
5. Рекомендации по определению коэффициента отпора сейсмоакустическими методами. М: фонды Гидропроекта. 1984.

ИНФОРМАТИВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОДНОЙ СЕЙСМОСТАНЦИИ

(на примере уточнения исходной сейсмичности районов
Красноярского ГХК и Богучанской ГЭС).

Прибылова Н.Е., инженер
(ЦСГНЭО — филиал АО «Институт Гидропроект»)

Статья посвящена анализу информативности материалов, получаемых на одной сейсмостанции регионального типа при определенном аппаратурном оснащении и организации наблюдений. Проблема освещается по результатам работ, проведенных нами в связи с решением задачи по уточнению уровня сейсмической опасности районов Красноярского горно-химического комбината и Богучанской ГЭС.

Поскольку большинство энергообъектов (действующих или строящихся) насчитывает десятки лет своего существования, а современная инструментальная регистрация сейсмических событий имеет приблизительно такой же возраст (или немногим старше), то можно утверждать, что современные представления о сейсмичности районов некоторых энергообъектов отличаются от сейсмичности, принятой в свое время при проектировании.

В начале XX века сейсмостанции устанавливали преимущественно в сейсмически активных районах, где были известны сильные землетрясения: «Ташкент», «Тбилиси», «Иркутск» (1901г.). Только сейсмостанция «Пулково» (1906г.) находилась в относительно спокойном месте. К 30-м годам появляются сейсмостанции в Крыму (после события 1927г.), увеличивается их количество в районах Кавказа, Узбекистана, Казахстана. В 1929 году открывается первая опорная станция на Дальнем Востоке — «Владивосток». В 1936 году установлена с/ст «Москва». Далее осваиваются сейсмоактивные регионы: Сахалин, Камчатка, в 60-х годах открывались карпатские станции. По тем же причинам, побудившим организацию сети Крымских сейсмостанций после землетрясений 1972-73г.г., установлены несколько сейсмостанций в районе строящейся в то время Зейской ГЭС.

Таким образом, интенсивно изучались сейсмоактивные области, а информация о возможной активности довольно обширных зон Русской и Сибирской платформ, арктического побережья России долгое время оставалась невостребованной для детального рассмотрения с точки зрения применения в народном хозяйстве. В результате основное количество энергообъектов находится или на пери-

ферии территорий, обеспеченных сейсмологическим материалом, или удалены от сейсмологических станций настолько, что не представляется возможным достоверно оценить причину отсутствия землетрясений: то ли район асейсмичен, то ли просто находится за пределами возможностей регистрирующей аппаратуры из-за больших расстояний.

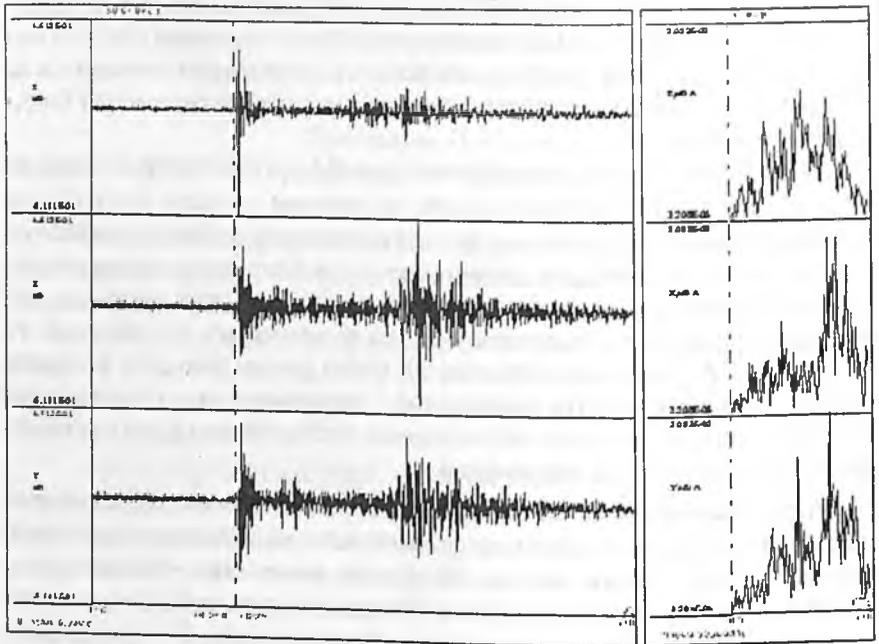
В последнее время актуальность приобретает вопрос расширения сети региональных сейсмостанций, материалы которых в некоторой степени повлияли бы на оценку сейсмической опасности районов энергообъектов. Поскольку решение этого вопроса вплотную зависит от финансовой состоятельности сейсмологических организаций, в ведении которых находятся участки отмеченных территорий, то это дело не ближайшего будущего. В связи с этим большое значение имеет умение получить правильную информацию из материалов одной станции, интерпретировать ее с учетом характерных особенностей сопредельных территорий.

Первичная обработка материалов с одной станции. В результате визуального анализа записи непрерывного сейсмического процесса, являющегося первым шагом обработки аналоговых сейсмограмм, выделяются конкретные события. Общий рисунок сейсмической записи формируется тремя основными группами волн: P — продольными, S — поперечными и L — поверхностными. Общий вид записи — ее образ — определяется соотношением временных интервалов P -, S - и L -волн, относительной интенсивностью колебаний на этих интервалах, а также особенностями колебаний внутри каждого. По мере накопления экспериментального материала сейсмологи приобрели опыт определения характера землетрясения по общему виду записи: событие было далекое или близкое, глубокое или поверхностное. От результатов этой процедуры зависит правильный выбор пути дальнейшей обработки [1].

Опытный интерпретатор, хорошо знающий свой регион, по виду записи одной станции может уверенно определить природу сейсмического события (землетрясение ли это или событие техногенного происхождения); сказать, в какой зоне произошло данное землетрясение, на какой глубине, поскольку образы записей сейсмических событий, приуроченных к одним и тем же очагам или карьерам, значимо устойчивы.

Для примера проиллюстрируем типичные записи землетрясения и взрыва, на которых видны различия как в полной записи сигналов, так и в их спектрах (Рис. 1). Записи расположены сверху вниз по компонентам Z , X , Y .

Пример записи землетрясения



Пример записи взрыва

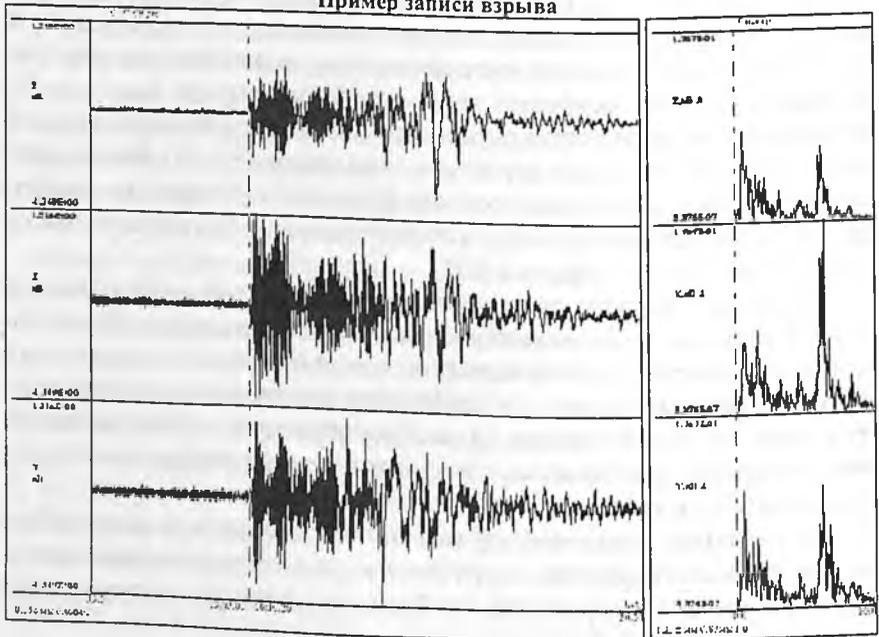


Рис. 1. Пример записи землетрясения, взрыва и их спектры.

В последующем заполняются бюллетени сейсмостанции, в которых содержится основная информация, полученная после анализа записи сейсмограмм. Бюллетень сейсмостанции содержит в себе подробную информацию о каждом зарегистрированном сейсмическом событии, а именно: дату, время вступления P , S и других типов волн, отметку о четкости первых вступлений этих волн, временную разницу t_{s-p} (сек) и соответствующее ей эпицентральное расстояние Δ (км), азимут на эпицентр, максимальные амплитуды сигналов определяющих волн (типы волн, по которым ведется расчет эпицентрального расстояния). Помимо этого указывается время в очаге t_0 и энергетический класс, рассчитанный по номограмме Раутиан, а для событий большой энергии также и магнитуда.

К сожалению, одна сейсмостанция не может предоставить окончательные данные по координатам эпицентра, поэтому их уточнение производится уже в региональном центре обработки сейсмических данных путем сопоставления материалов не менее трех сейсмостанций. Только после этого полная информация о сейсмическом событии попадает в каталог землетрясений, содержащий только самые необходимые данные, характеризующие рассматриваемое событие. В связи с этим большое количество сейсмических событий, зарегистрированных одной сейсмостанцией, не попадает в каталоги, т.к. они не были выявлены другими сейсмостанциями. Причин этому несколько:

ближайшие сейсмостанции удалены на такое расстояние, которое не позволяет аппаратуре с определенными усиливающими и частотными характеристиками зарегистрировать сигнал;

отсутствие сейсмостанций в регионе, граничащем с районом исследований: аппаратура зафиксирует событие довольно высокого энергетического класса ($K=11-12$ или $M=4-4.5$), произошедшего именно в том регионе, но вероятность его локализации на участке, сигналы из которого не доходят до других сейсмостанций, минимальна (за исключением, если известен источник возбуждения);

существует также проблема взаимосвязи между соседними сейсмологическими организациями в обработке сейсмических событий. В частности, не всегда происходит обмен информацией о событиях, зафиксированных одной станцией в каждом из этих регионов — в таком случае информация дальше первичного бюллетеня не проходит и не обрабатывается, событие не находит свое место на карте эпицентров землетрясений.

Долгое время существовала и в настоящее время имеет место следующая проблема: так как в задачи региональных сейсмологи-

ческих центров не входит распознавание и отсортировка искусственных источников, то в региональных каталогах присутствует значительное количество взрывов, создающих в плане ложные очаговые зоны, существенно искажающие пространственно-временную структуру региональной сейсмичности.

Материалы каждой сейсмостанции содержат значительно более полную информацию как о сейсмичности, так и о реакции среды на трассах прохождения сейсмических волн. Однако эти важные сведения оседают в стационарных или региональных архивах и, как правило, оказываются невостребованными или недоступными для целенаправленного анализа.

Интерпретация материалов одной сейсмостанции. Предлагаемая схема обработки и интерпретации бюллетеней сейсмостанции и сейсмограмм дает очень ценные сведения для решения целого ряда задач при уточнении текущих сейсмических условий района, которые не содержатся в каталогах, получаемых из региональных сейсмологических центров.

По опубликованным в каталогах данным строится карта эпицентров сейсмических событий с нанесением расстановки региональных сейсмостанций. Определяется участок вокруг территории объекта по принципу выделения эпицентров, предположительно оказывающих какое-либо воздействие на объект. Отмечаются ближайшие к объекту сейсмостанции с целью анализа материалов, полученных именно с этих станций.

В данном случае выбран участок территории, объединяющий два объекта: Красноярский ГХК и Богучанскую ГЭС; ближайшая сейсмостанция — «Мина» (Рис.2). Сейсмостанция «Мина» (54,9N; 94.2E), принадлежащая Алтае-Саянской ОМСЭ СО РАН (АСОМСЭ), расположена в 180 км к югу от Красноярского ГХК. Станция открыта в 1985 году, но в архиве постоянные записи обнаружены только с 1989 года. Таким образом, для анализа использовались материалы за 1989 — 2000 гг.

Для включения в компьютерный вариант бюллетеня производилась выборка сейсмических событий, произошедших в радиусе 700 км от сейсмостанции.

Для всего анализируемого периода построена диаграмма распределения эпицентров сейсмических событий во времени в соответствии с их расстоянием от сейсмостанции. Размер условного знака соответствует энергетическому классу события. Следует отметить, что события, показанные на этом графике, как землетрясения, в большинстве случаев включены в каталоги сборников «Землетря-

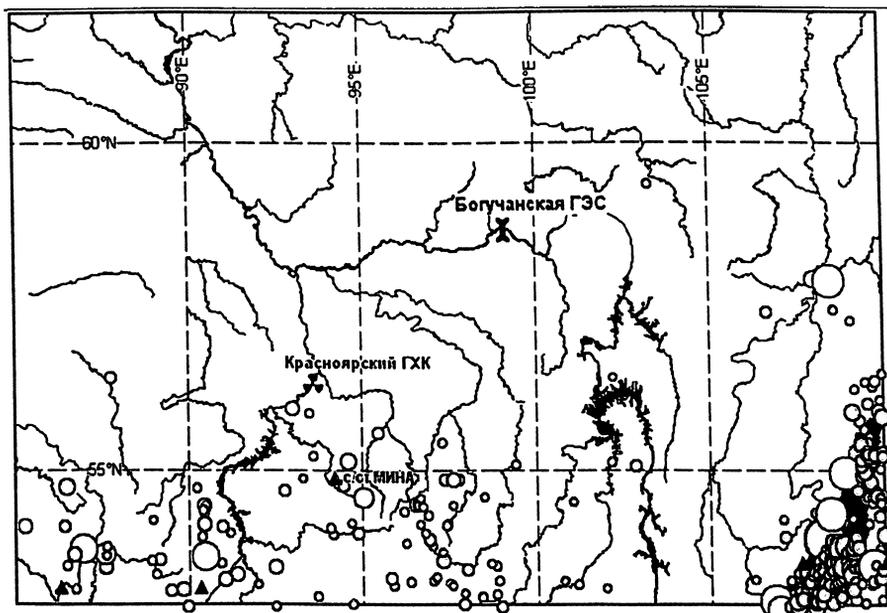


Рис.2 Карта эпицентров землетрясений района Красноярской ГХК и Богучанской ГЭС.

сения в СССР за 1989 – 1991 годы» и «Землетрясения Северной Евразии за 1992 – 1995 годы» [2,3]. Поскольку с 1996 года каталоги сейсмических событий не опубликованы, для периода с 1996 г. природа сейсмических событий определялась только при наличии указаний в материалах АСОМСЭ. События, классифицируемые как «возможно взрывы», выделены на основании списка взрывов, предоставленного в АСОМСЭ. Этот список покрывает, в основном, период 1992–1993 гг., а также 1999–2000 гг. Природа остальных событий, показанных на графике, в материалах АСОМСЭ не указана, хотя отдельные, относительно сильные события были определены, как землетрясения, другими сейсмологическими службами, в частности Байкальской опытно-методической экспедицией (БОМСЭ) (рис. 3,4).

Следует отметить, что большинство сейсмических событий малых энергетических классов на протяжении всего периода наблюдений происходило на определенных эпицентральных расстояниях от сейсмостанции. Такая особенность распределения событий и их практически одинаковый энергетический уровень позволяют предполагать, что на этих эпицентральных расстояниях регулярно производятся сильные взрывы (в карьерах, на рудниках и т.п.). Тектонические же зем-

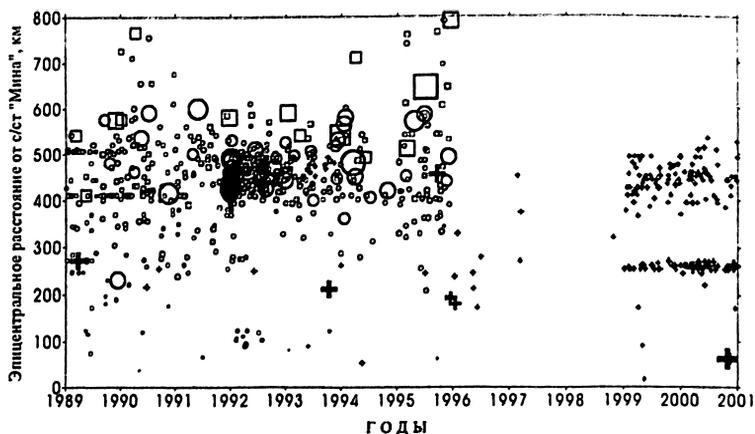


Рис.3. Хронологическое распределение сейсмических событий с учетом их энергетического класса, зарегистрированных с/ст «Мина» и обработанных в центрах АСОМСЭ и БОМСЭ.

Условные обозначения: ○ — сейсмические события, обработанные АСОМСЭ, отнесенные к землетрясениям; □ — сейсмические события, обработанные БОМСЭ, отнесенные к землетрясениям; + — сейсмические события, обработанные АСОМСЭ и отнесенные к взрывам и «возможно взрывам».

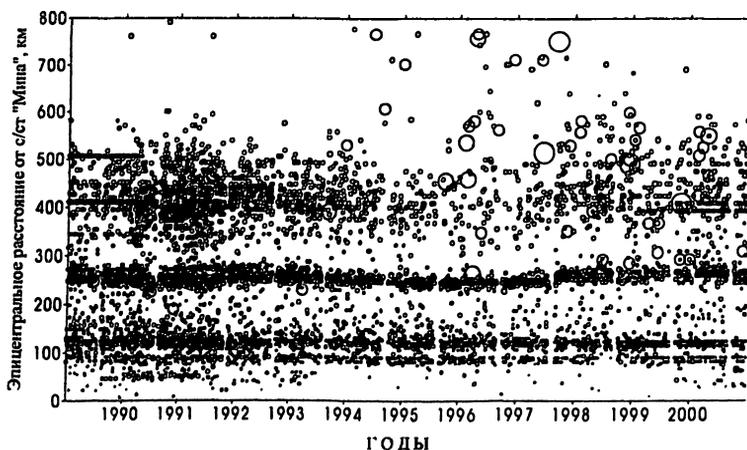


Рис. 4. Хронологическое распределение сейсмических событий с учетом их энергетического класса, зарегистрированных с/ст «Мина», но не включенных в обработку.

землетрясения обычно имеют более широкий диапазон значений энергии землетрясений. По графику можно судить о том, что в период с 1992 года интенсивность работы карьеров на расстояниях порядка 400–420 км и 500–510 км шла на убыль вплоть до 1999 года (с этого момента

линии взрывов снова стали четко прослеживаться). Проблема идентификации взрывов при первичной обработке материалов в настоящее время решена не полностью. Хотя при обработке некоторые взрывы с $K \geq 9$ были локализованы, чаще всего события, записи которых несут признаки техногенной природы, просто не обрабатываются. К сожалению, в бюллетенях это не указывается. Объясняется это, учитывая количество взрывов (порядка 98% от общего числа зарегистрированных событий), трудоемкостью такой работы.

Исключение из обработки событий с эпицентрными расстояниями свыше 500 км в ряде случаев объясняется тем, что они находятся за пределами зоны ответственности Алтае-Саянской сейсмологической экспедиции. При этом, если эпицентр удаленного сейсмического события расположен на территории, обслуживаемой Байкальской сейсмологической службой, его характеристики будут определены Иркутским центром обработки.

Территория же, расположенная севернее Алтае-Саянской горной области, не охвачена сетью сейсмостанций и не имеет ответственной организации по обработке сейсмического материала. Соответственно, сейсмостанция «Мина», являвшаяся наиболее северной станцией АСОМСЭ до середины 90-х годов, могла зарегистрировать некоторые события, произошедшие к северу от нее, но не зарегистрированные другими станциями. Это может приводить к потере важной информации о сейсмической активности северных районов Сибири. Однако землетрясения с $K \geq 9$ при существующих правилах обработки на рассматриваемой территории скорее всего не были пропущены. В настоящее время силами АСОМСЭ и КНИИГГИМСа создается сеть сейсмостанций к северу от 55 градуса северной широты.

Ряд пробелов на графике через равные промежутки времени объясняется приостановкой работы сейсмостанции во время отпусков сотрудников.

Для всех событий, зарегистрированных сейсмостанцией «Мина», которые выше были разделены на 3 категории, построены диаграммы суточного распределения событий (рис. 5.)

Основная масса сейсмических событий, регистрируемых сейсмостанцией «Мина», приходится на события техногенной природы, которые происходят в определенное время суток: с 7 до 9 часов по Гринвичу (соответственно с 14 до 16 часов по местному времени). Для землетрясений характерно более равномерное распределение событий по времени (Рис.5,а). Причем и на этой диаграмме явно выделяются пики активности в 8, 14 и 18 часов по Гринвичу, что подозрительно похоже на влияние взрывных работ. Отсюда следу-

ет, что и в опубликованных каталогах землетрясений могут присутствовать взрывы, ошибочно отнесенные к «естественным» землетрясениям.



Рис.5. Суточные распределения трех составляющих всех зарегистрированных сейсмических событий.

По данным бюллетеней сейсмостанции построен точечный график распределения сейсмических событий всех энергетических классов с расстоянием за период с 1989 по 2000 год. Пример такого распределения для событий 1989 года приведен на рис. 6.

По этому графику оцениваются реальные радиусы надежной регистрации событий каждого энергетического уровня, а именно: сейсмические события до 6 класса регистрируются на расстояниях порядка 70 км; с $K \geq 7$ до 250 км, с расстояний порядка 500 км прекращается регистрация событий 8 класса.

Далее выделяются расстояния, на которых регистрируется наибольшее скопление сейсмических событий. В данном случае это интервалы расстояний 70–100 км, 105–135 км, 230–280 км и 340–460 км. Для этих выборок строятся распределения по времени суток (Рис.7). Характер распределений дает основание утверждать, что значительное количество зарегистрированных событий может являться взрывами. Для сейсмогенных очаговых зон распределение сейсмических событий по времени суток более равномерное.

В заключении следует отметить, что на объектах, расположенных в районах с оценкой сейсмической опасности более 6 баллов, необходимо устанавливать сейсмостанцию регионального типа с регистрацией сейсмического процесса в непрерывном режиме. Если материалы этой станции дают основание для пересмотра оценки исходного балла или принципиально новые данные о сейсмическом режиме в районе объекта.

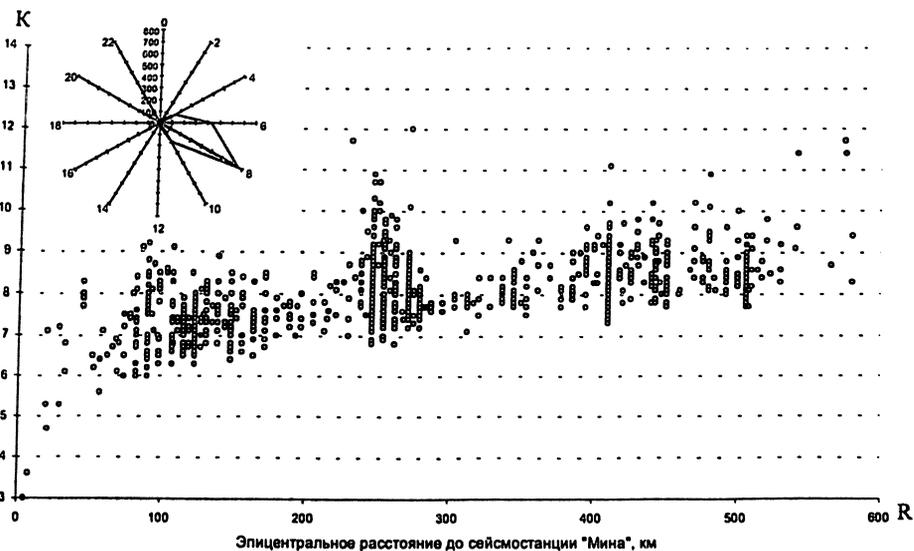


Рис.6. Распределение сейсмических событий разных энергетических классов по эпицентральному расстоянию от сейсмостанции «Мина» и их суточные распределения за 1989г.

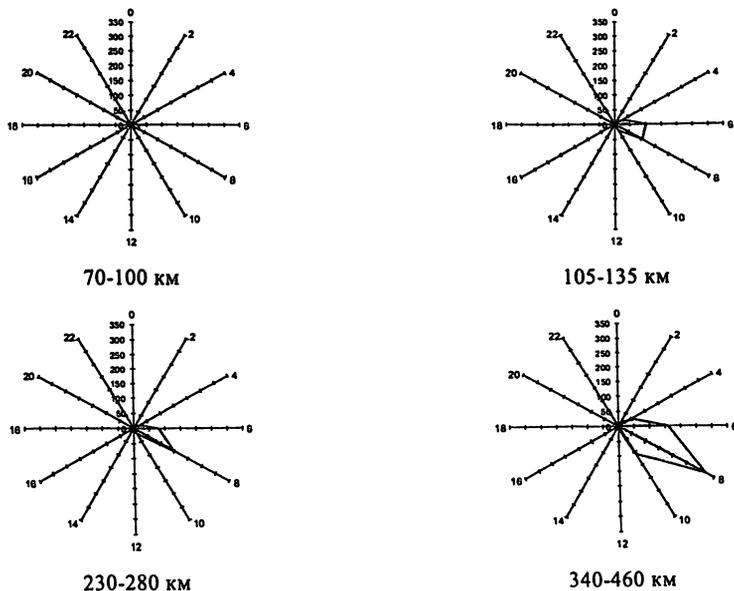


Рис.7. Суточные распределения сейсмических событий на разных эпицентральных расстояниях до сейсмостанции за 1989 год.

то важно установить еще несколько станций, оборудованных современными цифровыми комплексами, разрешающими использовать современные технологии получения и обработки материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Годзиковская А.А. Местные взрывы и землетрясения. Москва.: ротاپринт Гидропроект. 1995.
2. Ежегодник «Землетрясения в СССР», за 1989–1991г.г. Москва.: Наука 1993–1997 г.г.
3. Ежегодник «Землетрясения Северной Евразии», за 1992–1995 гг., Москва. 1997–2001 гг.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ И НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СТРОИТЕЛЬСТВА ВЫСОКОНАПОРНЫХ ГАЭС В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОПОЛЯНСКОЙ ГАЭС

Стока П.П., инженер (ОАО «Институт Гидропроект»).

Энергетические предпосылки строительства ГАЭС

Формирование Федерального оптового рынка электроэнергии и мощности (ФОРЭМ) и возможность использования зонных, в разрезе суток, тарифов на электроэнергию, продаваемую энергосистемам, продолжающийся повсеместно рост потребностей пиковых мощностей, а также ожидаемое снижение использования газа в электроэнергетике и, как неизбежное следствие, новый этап развития атомной энергетики, создают предпосылки к развертыванию строительства в России гидроаккумулирующих электростанций (ГАЭС).

Пример построенной в системе «Мосэнерго» Загорской ГАЭС мощностью 1200 МВт, электроэнергия которой продается на ФОРЭМ в часы пика нагрузки по тарифу на январь 2000 г. 42,8 коп/кВт.ч, при стоимости электроэнергии для ночного заряда ГАЭС, по тарифу 6,7 коп/кВт.ч, доказал высокую эффективность подобных объектов и их особую значимость в повышении надежности работы энергосистемы, маневренности, улучшении условий эксплуатации ТЭЦ, ГРЭС и АЭС.

Благодаря мобильности гидроэнергетического оборудования, ГАЭС принимает участие в выравнивании графика суточной нагрузки, покрывая пиковую часть графика и заполняя его провалы. Также ГАЭС используются для регулирования и поддержания на заданном уровне реактивной мощности, напряжения и частоты

в энергообъединении, и выполняют функцию аварийного резервирования, обеспечивая надежность электроснабжения конечных потребителей электроэнергии.

Как показывает анализ энергоэкономической ситуации в РФ, наряду с крупными системообразующими ГАЭС в ближайшей перспективе может возникнуть необходимость в сооружении ГАЭС малой и средней мощности. Это объясняется целым рядом причин и, в первую очередь, проблематичностью получения инвестиций в крупные проекты, стремлением региональных и районных структур к решению энергетических проблем на местном уровне, сложностью из-за экологических ограничений подбора площадок для крупных энергообъектов. Практика ряда европейских государств, где наряду с крупными строились мелкие ГАЭС местного значения, показала эффективность подобного решения. Так, в Австрии, с населением около 8 млн.чел, построены 78 ГАЭС, в числе которых наряду с установками мощностью 500 – 700 МВт действуют десятки станций мощностью от 5 до 100 – 200 МВт.

Одним из наиболее перспективных регионов для сооружения ГАЭС является Краснодарский край. Удельный вес «Кубаньэнерго» в общем объеме спроса в энергозоне Юга составляет 31% и в будущем согласно материалам «Энергетической стратегии России» будет превышать 30%. Современное электропотребление АО «Кубаньэнерго» составляет 14,1 млрд.кВт.ч., при максимуме нагрузки 2510 МВт. Энергосистема «Кубаньэнерго» является хронически дефицитной, только 50% потребности обеспечивается собственными электростанциями. Дефицит мощности и энергии Кубаньэнерго покрывается перетоками по межсистемным связям 220 и 500 кВ преимущественно из «Ставропольэнерго» и «Ростовэнерго». Переток за последние годы составлял 7,1 млрд.кВт.ч. с ростом величины принимаемой мощности из соседних энергосистем с 800 – 900 МВт в ночные часы до 1500 – 1600 МВт в часы пик. В отраслевом прогнозе объем электропотребления в регионе к 2010 г достигнет 17 млрд.квт.ч, годовой максимум нагрузки составит 2700 – 3000 МВт. Кроме того, через Краснодарскую энергосистему осуществляется также транзитные перетоки из ОЭС Центра в энергосистемы юго-восточной части ОЭС Северного Кавказа и на экспорт.

Основная электрическая сеть ОЭС Северного Кавказа не обеспечивает полностью выдачу мощности электростанций и необходимую надежность электроснабжения ряда энергоузлов. Пропускная способность магистральных ЛЭП 330 – 500 кВ в центральной части Ставропольской энергосистемы недостаточна для пропуска мощно-

сти в дефицитные узлы Краснодарской энергосистемы и транзитных перетоков. Трудности в организации реверсивных перетоков и взаиморезервирования между Дагестанской и Ставропольской энергосистемами в последние годы осложнились. Введенная в 2000 г ЛЭП 330 кВ на Чир-Юрт в обход территории Чеченской Республики не обеспечивает выдачу избытков мощности из Дагестана, в результате чего имеется запертая мощность Дагестанских ГЭС.

Строительство ГАЭС в этом регионе позволит оптимизировать режимы внешних перетоков, режимы работы собственных электростанций и, кроме того, получать значительный экономический эффект за счет сокращения покупок на ФОРЭМ пиковой электроэнергии, тарифные ставки на которую в несколько раз выше, чем на базовую. Кроме того, начатая реструктуризация РАО «ЕЭС России» и ФОРЭМ стимулируют в этом регионе кооперацию ГАЭС с атомными электростанциями (Ростовская и в перспективе — Северо-Кавказская АЭС), которая обеспечивала бы для АЭС оптимальные условия эксплуатации, гарантированную поставку электроэнергии в необходимом потребителям режиме.

Исходя из требования расположения ГАЭС с максимальным приближением к потребителю электроэнергии, площадка строительства подбиралась непосредственно в одном из центров нагрузок Краснодарского края — районе Большого Сочи.

Региону Большого Сочи в настоящее время придается особая социальная значимость как базы развивающейся курортной зоны России, учитывая его уникальные природные условия, а также потерю по известным причинам части курортных зон на Кавказе. Здесь, на базе небольшого в прошлом туристско-спортивного комплекса «Красная Поляна» проектируется строительство крупнейшего горно-климатического курорта, создание которого поддерживается Правительством РФ. В его составе предусматривается создание крупного международного горно-лыжного комплекса «Красная Поляна», а также сеть бальнеологических курортов и лечебниц с использованием уникальных ресурсов природных минеральных вод, разнообразных туристических баз и др. Такое интенсивное курортное развитие района по прогнозам приведет к значительному росту нагрузок в регионе (почти на порядок), покрытие которых связано со значительными трудностями из-за размещения региона в тупике энергосистемы, вдали от энергоисточников, усугубляемыми сложными природно-климатическими явлениями (штормовые ветра, лавины, снегоналипание на провода ЛЭП и др.).

Повышение надежности энергоснабжения этого ответственного региона может быть обеспечено за счет строительства ГАЭС.

Весь район Большого Сочи располагается в пределах Сочинского национального парка. Главная проблема, возникающая здесь при выборе площадок размещения ГАЭС, компоновок и параметров сооружений, заключается в обеспечении минимально возможного нарушения сложившегося экологического равновесия. Как показывает опыт западноевропейских государств со сходными природно-ландшафтными условиями (Австрия, Швейцария и др.), имеющих в эксплуатации большое количество ГАЭС, наиболее приемлемыми с этой точки зрения являются высоконапорные ГАЭС. Использование высоких напоров позволяет значительно сократить площади под устройство бассейнов ГАЭС, уменьшить отвод земель под строительство.

При поиске площадки для размещения ГАЭС были изучены природные условия в бассейнах рек Мзымта, Сочи, Псоу, Шахе, Пишиш и др. Выявлено, что наиболее предпочтительным для создания высоконапорных ГАЭС является бассейн р. Мзымта. Здесь были рассмотрены 4 площадки («Казачий Брод», «Красная Скала», «БСР Краснополянской ГЭС», «Эсто-Садок - Сланцевый Рудник»). В результате рекогносцировочного обследования и предварительной инженерно-геологической и экологической оценки для строительства ГАЭС была рекомендована площадка «Эсто-Садок - Сланцевый Рудник» [1]. Площадка Краснополянской ГАЭС размещается на правом берегу р. Мзымта, выше впадения в нее крупного правого притока р. Ачипсе, в 8 км выше по течению от п. Красная Поляна. Привлекательность площадки заключается в размещении ее в зоне намечаемого к созданию горно-лыжного курорта международного уровня «Красная Поляна». На этой площадке рассматривается сооружение ГАЭС мощностью 200-400 МВт с напором 830 м. Площадка Краснополянской ГАЭС согласована с администрацией Большого Сочи, в том числе с дирекцией Сочинского национального парка. Основные показатели Краснополянской ГАЭС приведены в таблице.

Основные сооружения

В состав основных сооружений ГАЭС входят: верхний бассейн, водоприемник ГАЭС, подводящий туннель, здание ГАЭС, отводящий туннель, нижний бассейн, сооружения по отводу стока руч.-Рудничный (рис. 1, 2). Верхний бассейн сооружается на относительно выравненной поверхности хр. Псехако в полувыемке-полунасыпи. Форма бассейна определяется рельефом местности, необходимостью соблюдения баланса грунтовых масс и обеспечения необходи-

Основные показатели Краснополянской ГАЭС

1. Местоположение объекта	п. Эсто-Садок р-на Б. Сочи, 8 км выше по течению р.Мзымта от п. Красная Поляна, 52км от г.Адлера.	
2. Установленная мощность, МВт		
- в турбинном режиме	200,0	400,0
- в насосном режиме	218,0	442,0
3. Максимальный статический напор, м	840,0	845,0
4. Суточная выработка электроэнергии, млн. кВт.ч.	1,2	2,4
5. Суточное потребление электроэнергии, млн. кВт.ч.	1,63	3,25
6. Годовая выработка электроэнергии, млн. кВт.ч.	396,0	792,0
7. Годовое потребление электроэнергии, млн. кВт.ч.	535,0	1070,0
8. Число часов использования установленной мощности, час/сут		
- в турбинном режиме	6	
- в насосном режиме	8	
9. Рабочая емкость бассейнов, млн.м ³	0,65	1,3
10. Площадь затопления, га	11,1	20,4
в т.ч.		
- площадь зеркала верхнего бассейна	6,5	13,0
- площадь зеркала нижнего бассейна	4,6	7,4
11. Класс капитальности основных сооружений	2	
12. Сейсмичность района	9 баллов	
13. Гидросиловое оборудование		
- схема установки	двухмашинная	
- насос-турбина	радиально-осевая обратная (РОНТ), мощностью 100 МВт	радиально-осевая обратная (РОНТ), мощностью
- количество агрегатов	2	
14. Объемы основных работ		
- выемка скальных грунтов, тыс.м ³	750	1000
- подземная выломка, тыс.м ³	115	147

Продолжение таблицы

- насыпь и обратная засыпка, тыс.м ³	35	70
- дренажи и фильтры, тыс.м ³	25	50
- бетон и железобетон, тыс.м ³	217	330
в т.ч. обделка туннеля, тыс.м ³	25	28
- металлическая облицовка туннеля, тыс.т	7,1.	9,3
15. Срок строительства, лет	3	
16. Сметная стоимость строительства, млн. долл.		
- общая,	116.5	168.4
- в том числе ЛЭП	9,6	11,4
17. Удельные затраты, долл США/кВт	583	421
18. Себестоимость производимой на ГАЭС пиковой электроэнергии с учетом затрат на заряд, цент/кВт.ч	1,4-1,5	1,2-1,3

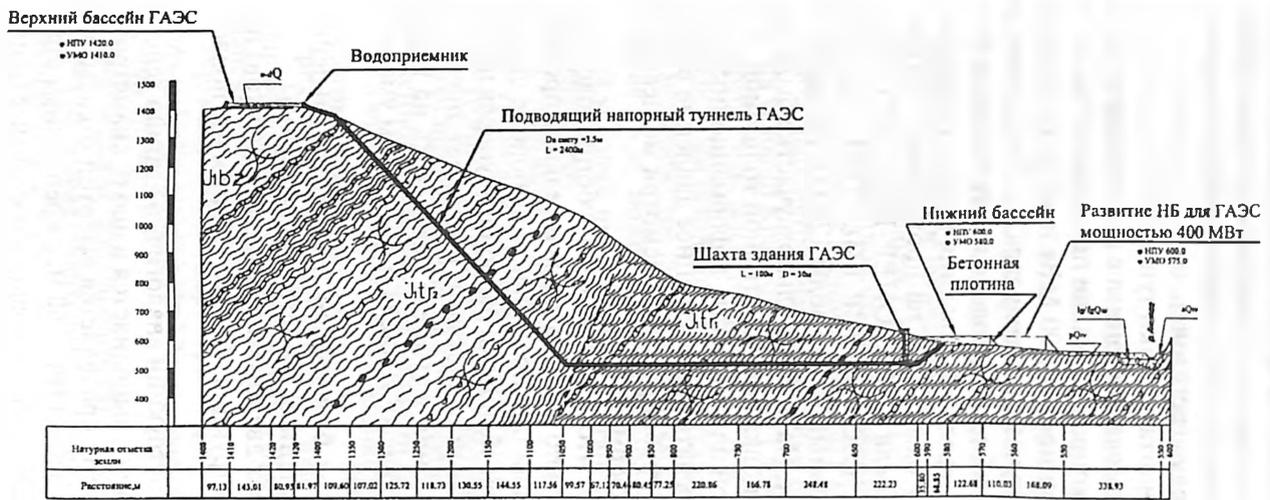
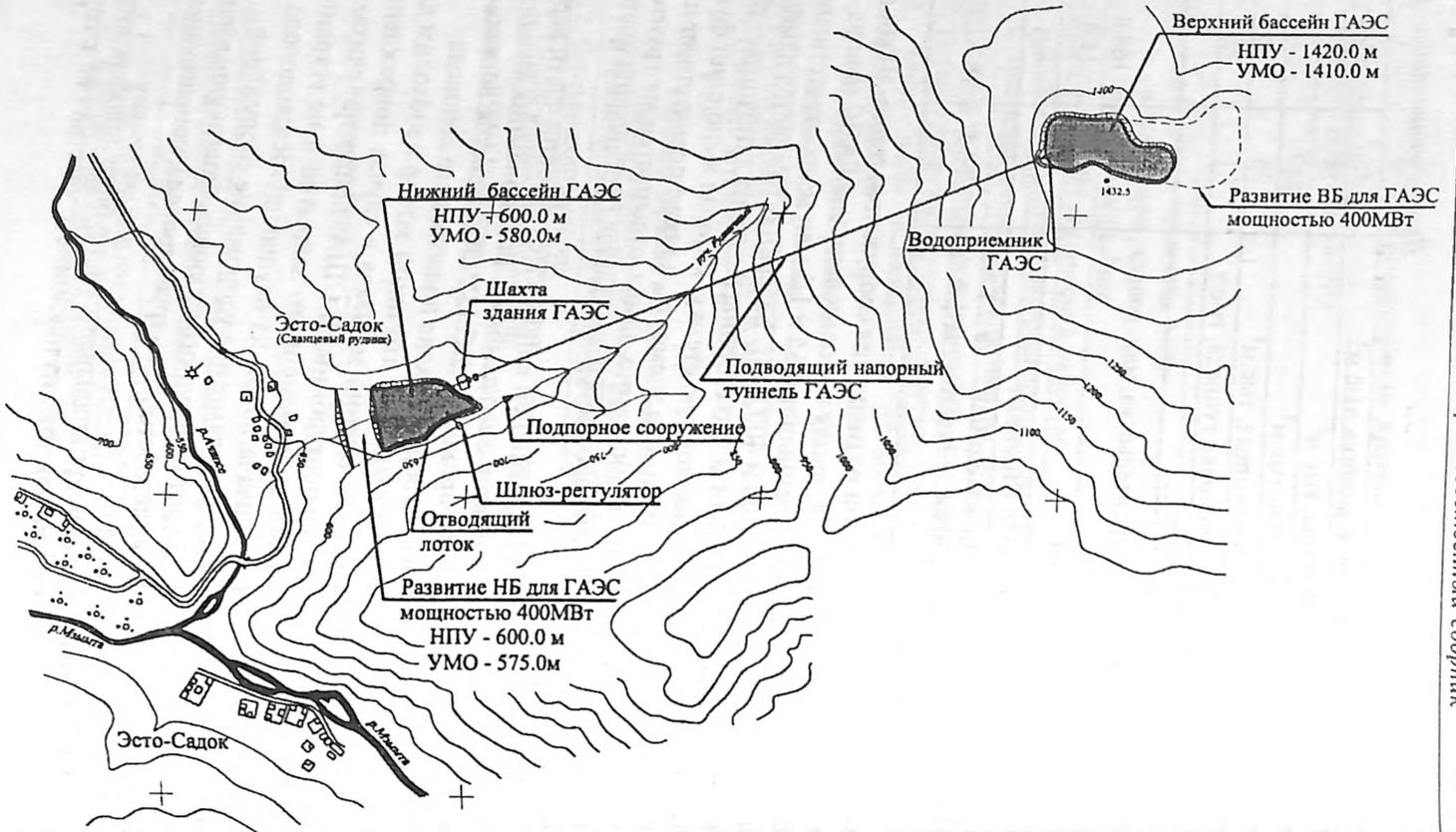
мого объема воды, схемой размещения сооружений горно-лыжного курорта. Объем бассейна, ввиду использования на ГАЭС напора — 830 м, незначителен и составляет 0,65 и 1,3 млн м³, соответственно для ГАЭС мощностью 200 и 400 МВт. Бассейн ограждается дамбой максимальной высотой 14 м. Со стороны бассейна дамба имеет бетонную вертикальную подпорную стенку, которая выполняет функцию противофильтрационного элемента, а также препятствует намерзанию льда зимой. Собственно дамба отсыпается из грунтов полезных выемок. По дну бассейна устраивается противофильтрационное крепление.

Водоприемник ГАЭС размещен в наиболее глубокой части верхнего бассейна и сопрягается с его дамбами. Водоприемник аналогичен водоприемнику Загорской ГАЭС [3]. Обсуждается вопрос об установке аварийного затвора на входе подводящего водовода.

В Европе преобладает мнение, что такой затвор необходим для того, чтобы избежать затопления машзала в случае повреждения спиральной камеры насосотурбины. В США, напротив, считают, что он не обеспечивает своевременного закрытия и не устраняет угрозы затопления машзала водой из осушающегося водовода и, кроме того, этот затвор дает заметное удорожание сооружения.

Водоприемник состоит из входного оголовка, башни управления затворами и участка железобетонного трубопровода, сопрягающегося с напорным туннелем.

Подводящий туннель прокладывается в глубине левобережного борта долины р.Ачипсе, состоит из наклонного участка (40° к гори-



Условные обозначения:

- | | | | | | |
|-------------------------------|---|--------------------------|---|--------------|--|
| Четырехлучевая система | | Классовая система | | Шрифт | |
| c-Q | Элювиально-делювиальные отложения. Глибы, щебень, древесные коренные породы с супесчанно-суглинистым заполнителем. | Jibz | Безрибьева свита. Глинистые сланцы с прослоями алевролитов и туфоосадочных. | | Тектонические разрывные нарушения: а) устойчивые, б) предполагаемые. |
| qQv | Аллювиальные отложения поймы, первой и второй надпойменных террас р. Мзымты. Галька, гравий, валуны с песчаным, реже супесчаным и суглинистым заполнителем. | Jit | Свита р. Туровой, верхняя подсвита. Глинистые сланцы с прослоями алевролитов, сланцитов, редких туфоосадочных. | | Местная неровность. |
| pQv | Прозвионные отложения конусов выноса крупных балок. Глибы, щебень, древесные коренные породы в суглинистом заполнителе. | Jiz | Свита р. Туровой, нижняя подсвита. Глинистые сланцы с прослоями сланцитов, алевролитов и туфоосадочных, горизонтально бальватными порфиритами в их туфог. | | |
| lq/lqz | Озерно-ледниковые и флювиогляциальные отложения в днище долины рек Мзымты и Ачхисе. Валуны, глибы, галька, гравий с супесчаным и суглинистым заполнителем. | | | | |

Рис. 2. Продольный разрез по оси трубопровода и зданию ГАЭС.

зонт) протяженностью 1300 м и горизонтального участка протяженностью 1000 м. Диаметр туннеля «в свету» составляет 3,5 м для ГАЭС мощностью 200 МВт и 4,0 м для ГАЭС мощностью 400 МВт. Непосредственно перед зданием ГАЭС подводный туннель разветвляется на 2 участка, по числу агрегатов.

Рассматривались два варианта обделки туннеля:

1. Обделка несущая, сталежелезобетонная с внутренней металлической облицовкой из высокопрочной стали переменной толщины от 12 до 35 мм для ГАЭС мощностью 200 МВт и от 12 до 40 мм для ГАЭС мощностью 400 Вт, с учетом гидроудара — 30% от напора. Наружное (затрубное) железобетонное кольцо имеет толщину 80 см.

2. Не несущая обделка с передачей давления воды в трубопроводе на породу. Этот вариант базируется на проводимых натурных испытаниях напорного туннеля ГЭС СЮПЕР-БИССОРТ (Франция) [2]. Диаметр туннеля ГЭС СЮПЕР-БИССОРТ 3 м, длина 2500 м, уклон 45°, максимальный напор воды 1200 м, толщина металлической оболочки 43 мм. На испытательном участке была применена металлическая облицовка конструктивной толщиной 12 мм из стали с большой площадкой пластичности, деформационные свойства которой позволили передать все внутреннее давление воды на породу, не вызвав разрыва трубопровода, несмотря на несколько значительных локальных деформаций.

Испытание подтвердило, что в напорном трубопроводе, заделанном в горную породу, можно допускать значительное превышение упругих деформаций стали при правильном выборе ее свойств.

Применение металлической облицовки напорного туннеля из стали с высокими деформационными свойствами позволяет значительную часть внутреннего давления в туннеле передавать на горную породу, упрощая при этом обделку туннеля и тем самым уменьшая его стоимость в несколько раз.

Этот вариант до конца не был изучен и требует дальнейших проработок с детальным изучением свойств горной породы.

Отводящий туннель имеет две нитки (по числу агрегатов) протяженностью по 100 м. Конструкция обделки аналогична подводному туннелю.

Здание ГАЭС по своей конструкции аналогично зданию действующей ГАЭС «Kuhtai» (Австрия), выполняется в шахте диаметром 30 м и глубиной около 100 м, что определяется высотой отсасывания двухступенчатого обратимого агрегата — 60 м, с креплением стенок железобетоном. В здании ГАЭС устанавливаются обратимые гидроагрегаты 2x100 МВт для ГАЭС мощностью 200 МВт и 2x200 МВт для

ГАЭС мощностью 400 МВт. Над шахтой здания устраивается верхнее строение, в котором размещается монтажная площадка с обслуживанием мостовым краном грузоподъемностью 200/30 тс. Непосредственно к верхнему строению примыкает площадка трансформатора, на которой размещаются 2 (по числу агрегатов) трансформатора, и площадка ОРУ.

Нижний бассейн создается в балке руч. Рудничный перекрытием балки бетонной плотиной максимальной высотой 30 м, протяженностью 230 м для ГАЭС мощностью 200 МВт, 40 м и 300 м соответственно для ГАЭС мощностью 400 МВт. По бортам и дну бассейна устраивается противофильтрационное крепление.

Технологическое оборудование.

В России и странах СНГ пока нет опыта проектирования и изготовления гидросилового оборудования на высокие напоры, аналогичные напорам Краснополянской ГАЭС (830 м).

Выбор параметров насос-турбин и предтурбинных шаровых затворов для условий Краснополянской ГАЭС произведен на основе аналогов зарубежных высоконапорных ГАЭС и будет в дальнейшем уточнен с конкретным поставщиком этого оборудования. Все электротехническое и механическое (за исключением предтурбинных затворов) оборудование ГАЭС может быть поставлено российскими заводами.

Для условий проектируемой станции были рассмотрены 2 схемы гидроагрегатов:

трехмашинный агрегат (многоступенчатый насос + ковшовая гидротурбина + двигатель-генератор, с муфтой сцепления между насос-турбиной и двигатель-генератором);

двухмашинный агрегат с двухступенчатой насос-турбиной (Н-Т), снабженной двумя направляющими аппаратами.

При сопоставлении этих вариантов гидроагрегатов в качестве аналогов были использованы:

трехмашинный гидроагрегат для ГАЭС Белмекен (Болгария), мощностью 80,5 МВт при напоре 728 м, разработанный фирмой ЧКД Бланско (Чехословакия);

двухмашинный гидроагрегат фирмы Мицубиси (Япония) мощностью 380 МВт при $H=770$ м с двухступенчатой регулируемой насос-турбиной.

Трехмашинный гидроагрегат включает: четырехступенчатый насос без направляющего аппарата, механическую муфту сцепления, включаемую на остановленном агрегате, ковшовую гидротурбину и двигатель-генератор с односторонним вращением. Наличие отдель-

ной турбины и отдельного насоса, с промежуточной муфтой сцепления позволяет получить оптимальные характеристики как турбины, так и насоса, использовать одно направление вращения в турбинном и насосном режимах и снизить потери при работе генератора в режиме синхронного компенсатора за счет расцепления соединительной муфты.

Установка ковшевой турбины не требует строительства уравнительного резервуара благодаря тому, что при сбросе и изменении нагрузки работает отсекающий струи от ковшей турбины и время закрытия сопла турбины можно, по условиям снижения гидроудара в трубопроводе, выбрать достаточно большим. Однако это значительно затрудняет использование ГАЭС для условий поддержания частоты при колебаниях нагрузки.

Двухмашинный агрегат с двухступенчатой радиально-осевой насос-турбиной снабжен двумя регулируемыми на входе и выходе воды из рабочего колеса направляющими аппаратами, что позволит довольно широко (в пределах 50 – 100% Рн) регулировать нагрузку в турбинном режиме и упрощает все пусконаладочные работы по режимам ГАЭС. Предварительный анализ гарантий регулирования двухмашинного агрегата при сбросе 100% нагрузки для условий Краснополянской ГАЭС показал возможность отказа от устройства уравнительного резервуара (пост. инерции напорного водовода $T_w=0,9$ с). Эти выводы требуют уточнения на основе данных завода-поставщика агрегатов и детальных гидравлических расчетов переходных процессов в энергетическом тракте. При этом необходимо иметь в виду, что в случае необходимости возможно осуществление мероприятий по снижению гидравлического удара в напорном тракте (уменьшение скорости в напорном туннеле, увеличение времени закрытия направляющего аппарата, устройство холостого водовыпуска и др.).

Основными недостатками трехмашинного агрегата по сравнению с двухмашинным являются более высокая стоимость (примерно в 1,5 раза), сложность его монтажа, наладки и эксплуатации, а также низкий КПД ковшевой турбины (максимальное его значение 82%). Кроме того, установка трехмашинного агрегата приводит к большому объему строительной части здания ГАЭС.

На основе изложенных выше соображений, а также учитывая мировую тенденцию предпочтительного использования для высоких напоров двухмашинных агрегатов, для условий Краснополянской ГАЭС принят двухмашинный гидроагрегат с двухступенчатой насос-турбиной с двумя направляющими аппаратами.

Эффективность проекта

Для осуществления проекта строительства и эксплуатации Краснополянской ГАЭС целесообразно создание акционерного общества ОАО «Краснополянская ГАЭС», в состав учредителей которого могут войти РАО «ЕЭС России», АО «Кубаньэнерго», другие организации Краснодарского края, местные администрации и другие зарубежные и российские инвесторы.

Расчеты финансовой эффективности показали, что тарифы на продажу пиковой электроэнергии Краснополянской ГАЭС в период возврата ссуды будут близки к тарифам оптового рынка, а в последующий период (после возврата ссуды) станут в 2-3 раза ниже тарифов оптового рынка, что подтверждает привлекательность проекта Краснополянской ГАЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краснополянская ГАЭС. Технические предложения и предварительный бизнес-план. АО «Институт Гидропроект». Москва. 2001 г.
2. Испытания напорного трубопровода в Сюпер-Биссорт (Франция). Центр научно-технической информации по энергетике и электрификации «Информэнерго». 1986 г.
3. Магрук В.И., Родионов В.Г. Режимы работы Загорской ГАЭС и ее роль в создании рынка системных услуг. //Гидротехническое строительство. 2001 г. №9.

ТЕПЛОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК (СТАНЦИЙ)

Пешнин А.Г., инженер (ОАО «НИИЭС»)

Развитие энергетики до настоящего времени в основном базируется на невозобновляющихся источниках энергии. При существующих мировых тенденциях энергопотребление почти полностью покрывается за счет использования органических топлив, а электропотребление — также за счет гидроэнергии и атомной энергии на основе тепловых нейтронов.

Энергетические установки, использующие органическое топливо, вызывают механическое, химическое и тепловое загрязнение атмосферы. Сжигание органического топлива означает вовлечение в энергетический оборот источников, которые в своем естественном состоянии не оказывают влияния на энергетичес-

кий баланс планеты. Невозобновляющиеся источники энергии при сжигании добавляют в атмосферу Земли энергию сверх солнечной и способны вызвать тепловой перегрев окружающей среды, что грозит глобальным изменением климата. Ухудшает ситуацию еще то, что продукты сгорания органического топлива содержат двуокись углерода, создающего «парниковый эффект». Доля CO_2 в общем объеме парниковых газов составляет примерно 55%. На современном этапе это около 20 млрд. т в год. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) пришла к выводу, что изменение климата, несомненно, наблюдается:

с конца девятнадцатого столетия средняя температура поверхности планеты увеличилась на $0,3 - 0,6 \text{ }^\circ\text{C}$;

последние годы, считая с 1860 г., были в числе самых теплых, несмотря на охлаждающий эффект аэрозолей;

уровень Мирового океана повысился с конца девятнадцатого столетия на 10 – 25 см, и это повышение, вероятно, во многом связано с температурными процессами;

в некоторых регионах в этом столетии наблюдались необычные экстремальные погодные явления (сильные ливни, ураганы и др.). Хотя ученые еще не пришли к единому мнению о том, насколько это статистически серьезный феномен и связан ли он с глобальным изменением климата.

С подписанием Киотского протокола в некоторых странах сокращена эмиссия углекислого и других парниковых газов.

Ситуация с тепловым загрязнением принципиально иная, чем в случае с парниковым эффектом. Уменьшить выбросы в атмосферу веществ, делающих ее непрозрачной для теплового излучения, трудно, но можно. Что же касается энергетических установок, использующих органическое и атомное топливо, то они выделяют в атмосферу Земли колоссальное количество дополнительного тепла. Атмосфера справлялась с теплом, выделявшимся растениями и животными до появления в биосфере человека, обслуживать энергетические потребности которого ей может оказаться не по силам. В расчете на наихудший вариант развития событий рассматривать следует в первую очередь именно тепловое загрязнение среды, как самый неотвратимый из факторов.

В связи с этим во многих странах вырос интерес к использованию недобавляющей (дополнительно не нагревающей планету) энергии. Энергетика на возобновляющихся источниках, к которой и относится гидроэнергетика, использует потоки энергии, уже существующие в окружающем пространстве. Вследствие этого теп-

ловое загрязнение окружающей среды, обусловленное сбросом в нее преобразованной энергии, отсутствует. По этой же причине незначительны и другие виды загрязнений воздуха и воды, а также объемы отходов.

Основной поток загрязнений исходит от производителей и потребителей энергии, главным образом связанных с использованием органического топлива. Развитие мировой энергетики, ориентированное пока на расширяющееся использование органического ископаемого топлива и атомной энергии, обуславливает все возрастающее давление на биосферу Земли и, при сохранении существующих сегодня технологий и темпов роста энергопотребления, несет угрозу глобальной экологической катастрофы.

Перевод энергетики на широкое использование атомной энергии позволяет решить проблему выбросов твердых веществ и углекислого газа, однако проблема теплового загрязнения остается. Кроме того, массовое строительство АЭС поставило нерешенную пока проблему использования или безопасного захоронения радиоактивных отходов.

Все более жесткие требования к охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов, а также действующее и перспективное природоохранное законодательство многих стран требует от электроэнергетики серьезной перестройки.

При анализе и сравнении традиционных и перспективных энергоисточников необходимо в полной мере уделять внимание учету их влияния на экологические и природоохранные аспекты в масштабе региона, страны и планеты в целом.

Использование возобновляющихся источников энергии позволяет решить многие экологические проблемы и проблему энергоснабжения. Потенциальные ресурсы возобновляющихся источников энергии во много раз превышают настоящие и перспективные потребности человечества, однако мировое потребление этих источников составляет лишь малую долю. Это объясняется тем, что удельные затраты на единицу установленной мощности и стоимость энергии возобновляющихся источников энергии при современных технологиях и методах экономического сравнения превышают затраты на использование органических топлив. Поэтому требуется совершенствование методов технико-экономического обоснования проектных решений и оценки эффективности инвестиций в объекты электроэнергетики. Необходимо в методике экономического обоснования строительства объектов электроэнергетики учитывать тепловое загрязнение атмосферы тепловыми

и атомными электростанциями, а также неизбежность значительных материальных затрат на освоение новых источников энергии и неизбежность повышения издержек на дальнейшее использование невозобновляющихся источников энергии. Игнорирование этого положения может привести к серьезным затруднениям в развитии энергетики и топливно-энергетического комплекса и потребует значительно больших затрат, чем те, которые могут планироваться и выделяться сейчас.

Расчеты экологического ущерба от электростанций, использующих возобновляющиеся источники энергии, показывают, что значительное воздействие на окружающую среду оказывают объекты большой мощности. Однако установки малой мощности можно считать практически безвредными в отношении окружающей среды — экологический эффект от их эксплуатации неизмеримо выше возможного экологического ущерба.

Одним из наиболее перспективных направлений использования возобновляющихся источников энергии в России является строительство и восстановление малых ГЭС. Развитие этого направления позволит улучшить электроснабжение населения и производства в районах децентрализованного электроснабжения, а в районах централизованного электроснабжения обеспечит гарантированный минимум снабжения электроэнергией.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ.

Мулин И.Б., инженер (ОАО «НИИЭС»)

В районах размещения гидроэнергетических объектов (ГЭО) подчас складывается сложная экологическая и социально-экономическая ситуация, затрудняющая нормальное функционирование ГЭО. Часть из возникающих проблем рассматривается в настоящей работе.

Функционирование ГЭО инициирует развитие техноприродных процессов, среди которых могут быть ведущие к ухудшению экологической обстановки в бассейнах рек, водохранилищ и на прилегающих территориях. Снижение качества окружающей среды ведет к ущербу для хозяйствующих субъектов и населения.

Часть ущербов связана с функционированием сооружений ГЭО, а другая определяется иными факторами. Однако, как правило, все негативные явления на прилегающих территориях приписываются общественным мнением воздействию ГЭО. Например, подтопление

городов, приписываемое влиянию водохранилищ, как правило, связано с самоподтоплением, возникающим из-за утечек воды из водопровода, и т.п. причин, и встречающимся также в городах, вне зоны влияния крупных водоемов. Снижение рыбопродуктивности также может быть связано как с нестационарностью процессов в водохранилище, так и с загрязнением воды промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми стоками. Значительное влияние на продуктивность ценных пород рыбы оказывает браконьерство. Такие процессы как деградация прибрежных ландшафтов, ухудшение качества воды и состояния водной биоты, в основном связаны с хозяйственной деятельностью субъектов, не учитывающих экологических особенностей бассейна.

Таким образом, собственники ГЭО в ближайшем будущем могут столкнуться с проблемами, связанными с претензиями и исками на возмещение возникающих ущербов как действительно связанных с функционированием ГЭО, так и приписываемых ему. Иски могут исходить не только от хозяйствующих субъектов, но и от региональных администраций. Нельзя исключить и того, что к возникающим конфликтам будет подключаться общественность, в частности «экологическая», и местное население.

Дополнительную проблему представляет отсутствие нормативной базы, регламентирующей разрешение подобного рода противоречий: не определены ни организации, ответственные за причиненный ущерб, ни размер и порядок предоставления компенсации. В данной ситуации иск на возмещение ущерба может предъявляться с одной стороны Министерству Природных ресурсов России, так как формально решение экологических проблем находится в его ведении, а с другой стороны собственнику ГЭО, так как ему подчинен объект, использующий водохранилище. Подобный правовой вакуум может привести, а в некоторых случаях уже приводит к конфликтам.

Любой конфликт всегда менее выгоден для обеих сторон, чем «мирное» согласование интересов. Учитывая негативное отношение к гидроэнергетике в обществе, сложившееся в ходе «зеленой» компании конца 80-х годов, и возможность активизации общественности, издержки от конфликта могут значительно превосходить затраты на компенсацию ущербов, определяемых в ходе согласования интересов. В связи с этим необходимо осуществление ряда мер, направленных на предотвращение или смягчение возможных конфликтов. Эти меры заключаются в определении круга ущербов, действительно приносимых ГЭО, создании в общественном сознании благоприятного имиджа ГЭО и гидро-

энергетики в целом, а также в действиях, направленных на развитие нормативно-правовой базы по компенсации ущербов.

К ущербам, действительно связанным с функционированием ГЭО, могут относиться:

1. Необходимость укрепления, переноса, воссоздания объектов, которым угрожает разрушение в результате размыва берегов.

2. Потеря земель, подверженных переработке, в результате эксплуатации водохранилища, а также увеличение этих потерь вследствие отклонения от плановых режимов эксплуатации (из-за активизации процессов переработки).

3. Деградация земель в зоне подтопления, подтопление селитебных территорий.

4. Снижение рыбопродуктивности (в случае, если оно связано с водохранилищами).

5. Другие ущербы.

Научно-исследовательская работа по определению круга потенциальных и реальных экологических и экономических ущербов, вызываемых функционированием ГЭО, а также по их отделению от ущербов, вызванных другими причинами, позволит, во первых, получить представление о характере возможных исков к собственнику ГЭО, во вторых, обоснованно отклонять претензии, не имеющие отношения к его деятельности. Кроме этого, научно подтвержденные данные об ущербах необходимы для работы по развитию соответствующей нормативно-правовой базы.

Развитие нормативно-правовой базы по компенсации ущербов должно состоять: в четкой фиксации круга ущербов, ответственность за которые несет собственник ГЭО; в согласовании размера и характера компенсации, предоставляемой за ущербы разного вида; в разработке механизмов взаимодействия заинтересованных сторон. Четкая законодательная регламентация отношений по проблеме ущербов от функционирования ГЭО позволит избежать конфликтов с хозяйствующими субъектами и администрациями регионов, способных привести к значительным убыткам.

Как отмечалось выше, в таких конфликтах может принимать участие общественность и местное население, тем самым изменяя основания конфликта и усугубляя его. Для нейтрализации этих проблем необходима информационная поддержка функционирования ГЭО в целом, а также крупных строительных работ, например связанных с изменением НПУ.

Поэтому при возникновении конфликтной ситуации в районе действующего ГЭО, а также на стадии проектирования и строи-

тельства новых объектов необходимо проведение PR-компаний по перечисленным ниже основным направлениям.

Прежде всего, должны быть раскрыты экологическая польза и экономическая выгода от использования конкретного объекта на фоне освещения общих достоинств гидроэнергетики. Вместе с этим должны быть зафиксированы действительные ущербы от функционирования ГЭО, «опровергнуты» приписываемые ущербы с фиксацией причин, вследствие которых они реально возникают. Также должна быть освещена деятельность собственника ГЭО по смягчению или предотвращению ущербов.

Осуществление таких мер предотвратит или значительно смягчит различного рода конфликты, связанные с экологическими и экономическими ущербами, наносимыми функционированием ГЭО природной и социальной сферам, и, тем самым, позволит обеспечить его социально-экологическую безопасность, существенно снижая связанные с ущербами убытки для собственника и способствуя поддержанию стабильной социальной ситуации вокруг ГЭО. Кроме того, в общественном сознании будет формироваться положительный имидж гидроэнергетики в целом.

ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СКВАЖИННОГО ВОДОЗАБОРА С ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ РЕГЛАМЕНТОМ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ.

*Лапина С.Ю., Батурина Н.М., инженеры
(ОАО «Красноярскгидропроект»)*

Широко распространенные в нашей стране типовые технологические схемы обеззараживания питьевой воды (озонирование, УФ-облучение, обеззараживание жидким и газообразным хлором) в условиях повышенного бактериологического загрязнения природных вод не всегда обеспечивают требуемое качество очистки, соответствующее СанПиН.

Возникает необходимость в применении более прогрессивных схем, создании новых установок и приборов для очистки воды, применении новых видов реагентов, использование которых позволит избавиться от этого недостатка.

Одним из передовых и последних в разработках отечественных систем обеззараживания является метод с применением продукта электрохимической обработки раствора хлорида натрия — анолита, вырабатываемого установкой СТЭЛ производства 000 МП «Эко-

мед» г. Москва. Этот метод, обеспечивающий снижение общего микробного числа (ОМЧ) до 0 независимо от ОМЧ в исходной воде, одобрен и согласован главным врачом Федерального Центра Госсанэпиднадзора Минздрава Российской Федерации Е.Н. Беляевым и предлагается как основной метод обеззараживания.

В Красноярском крае данная технология была опробована и успешно внедрена: в п. Малиновка Ачинского района Красноярского края, на водоснабжение которого из скважины подается 3000 м³ воды в сутки; на ОАО «Пищевой комбинат» г. Минусинска (1999 г.); в бассейнах Дворца водного спорта г. Красноярска (2000 г.); в бассейне спортивного комплекса Саяно-Шушенской ГЭС.

Более подробно остановимся на примере использования СТЭЛ на очистных сооружениях подземных вод скважинного водозабора в г. Лесосибирске. Данный проект был разработан ОАО «Красноярскгидропроект» в 2001 году. В качестве источника водоснабжения приняты подземные воды Колесниковского месторождения. Их качественный состав отвечает требованиям ГОСТ 2814-82 «Вода питьевая», и согласно протоколам №81 от 22 апреля 1999 и №75 от 15 мая 2000 г. по исследованию качества воды, отступления по СанПиНу 2.1.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» не обнаружены.

Технологическая схема очистки принята следующая

Вода из скважин при помощи центробежных скважинных электронасосных агрегатов SP 215-10 (2 рабочих, 1 резервный, насосы фирмы GRUNDFOS) и трех водоводов диаметром 200 мм, переходящих после камеры переключения КП1 в два водовода диаметром 250 мм, выполненных из стальных труб по ГОСТ 10704-91, подается в резервуары чистой воды $V=2500$ м³ (рис. 1). Из резервуаров чистой воды вода забирается двумя группами насосов: насосы Д 315-71 (2 рабочих, 2 резервных) и насосы Д 315-50 (1 рабочий, 1 резервный), установленных в помещении насосной станции 2-го подъема. Узел ввода анолита находится на водоводе между резервуарами чистой воды и насосами. Анолит, вырабатываемый установками СТЭЛ 10АК-120.01 (ES-250) (8 шт.), поступает в стальной фугированный бак, затем через дозировочные агрегаты (3 шт) идет на обеззараживание воды.

Результатом обеззараживания воды является общее микробное число, равное 0 в пробах, взятых после обработки. Органолептические и химические показатели обработанной воды находятся в пределах норм СанПиН 2.1.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

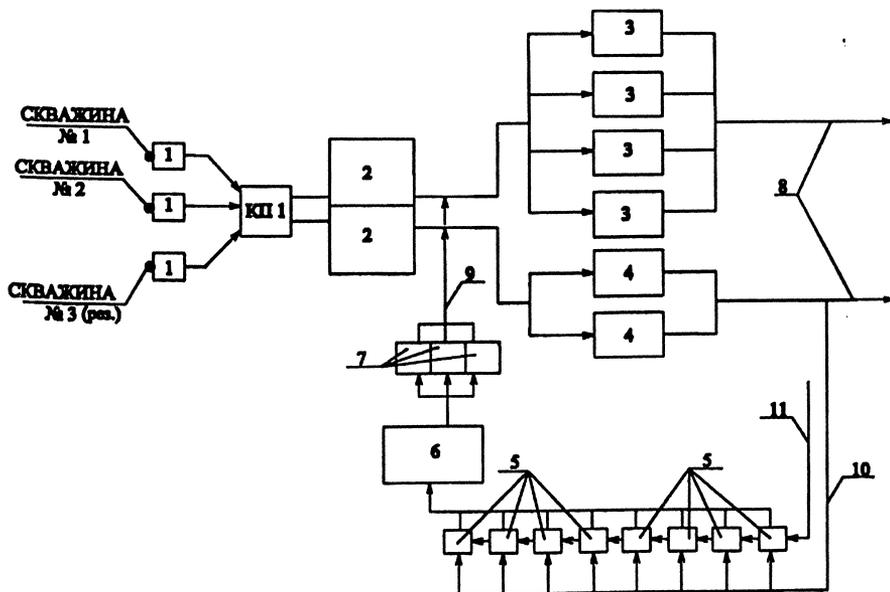


Рис. 1. Технологическая схема:

1 — насос SP15-10; 2 — резервуар чистой воды $V=2500 \text{ м}^3$; 3 — насос ДЗ15-71; 4 — насос ДЗ15-50; 5 — установка СТЭЛ ЮАК-120.01 (ES-250); 6 — бак стальной фугированный $V=10 \text{ м}^3$; 7 — дозировочный агрегат; 8 — напорный трубопровод чистой воды, идущей потребителю; 9 — трубопровод подачи анолита; 10 — трубопровод воды для синтеза дезраствора; 11 — трубопровод солевого раствора.

Для приготовления анолита используют воду со степенью жесткости в пределах требований СанПиН 2.1.4.559-96 и поваренную пищевую соль ГОСТ 13830. В результате электролиза на установках СТЭЛ вырабатывается продукт электрохимической обработки раствора хлорида натрия — анолит.

Анолит — бесцветная прозрачная жидкость по параметрам токсикометрии согласно ГОСТ 12.1.007-76* «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» при введении в желудок и нанесению на кожу относится к малотоксичным соединениям 4 класса опасности при концентрации активного хлора до 0,05%. Этот параметр выгодно отличает рассматриваемый метод обеззараживания от широко распространенного хлорирования, при котором хлор не только убивает вредные микроорганизмы, но также вступает в химические реакции и образует вредные для здоровья соединения. Например, если в водопроводной воде содержится фе-

нол, то при реакции с хлором образуются очень ядовитые хлорфенольные соединения. К тому же, в воде присутствует растворенный свободный хлор, оставшийся после хлорирования; он легко определяется по резкому запаху. Употребление такой воды тоже не способствует здоровью и долголетию. После обработки вод анолитом запах отсутствует, и остальные свойства воды — мутность, цветность, прозрачность, привкус — полностью соответствуют ГОСТ.

К достоинствам применения анолита в сравнении с хлорированием можно также отнести:

отсутствие необходимости специальных мер безопасности при транспортировке, хранении и применении;

нетоксичность и взрывобезопасность.

Во многих случаях для обеззараживания воды используется озонирование. Бесспорно, озон обладает сильным бактерицидным действием и является надежным обеззараживающим реагентом, особенно в отношении патогенных микроорганизмов и вирусов. Однако наряду с достоинствами при очистке воды может проявляться специфический характер действия озона, оказывающий отрицательное влияние на качество очищенной воды :

при озонировании воды образуются побочные продукты деструкции органических загрязнений, при этом чаще всего обнаруживается формальдегид, поэтому возникает необходимость использовать фильтры;

озон не может быть использован в качестве единственного обеззараживающего реагента, т.к. он не обладает длительным бактерицидным действием и не гарантирует безопасное качество водопроводной воды в санитарно-гигиеническом отношении при транспортировании ее потребителям.

В сравнении с обеззараживанием воды ультрафиолетовыми лучами метод с использованием анолита также занимает более выигрышную позицию. В отличие от метода УФ-облучения, при котором параметры исходной воды согласно СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» регламентируются, например цветность не должна превышать 20 град., мутность — не более 1,5 мг/л, содержание железа — не более 0,3 мг/л, колииндекс воды — не более 1000 в 1 литре, у метода с использованием анолита ограничений по составу состояния исходной воды нет.

В некоторых условиях применения УФ-облучения возможно замедление роста оставшихся жизнеспособных бактерий. Поврежденные, но вполне жизнеспособные бактерии могут не выявиться в стандартном санитарно-бактериологическом контроле качества питьевой воды, что создает ошибочное суждение об эпидемической безопасности исследуемой воды.

Ультрафиолет, не имея пролонгирующего действия, не в состоянии защитить подаваемую в сеть воду от вторичного загрязнения.

К тому же, метод УФ-обеззараживания очень энергоемкий. К положительным особенностям анолита можно отнести:

отсутствие способности образовывать пленки или трудно удаляемые осадки на оборудовании;

проникать в мельчайшие поры материала;

высокая, но ограниченная во времени окислительная активность при низких (сотые доли процента) концентрациях действующих веществ, что не наносит ущерба органолептическим свойствам обрабатываемой воды и не образует токсических соединений. Что касается самой установки СТЭЛ, вырабатывающей анолит, то она :

проста в период эксплуатации; удобна и проста в ремонте, который сводится к замене отдельных блоков;

имеет небольшие габариты и вес (самая большая по производительности $Q=1000$ л/ч установка СТЭЛ имеет размеры 500 x 400 x 600 см при весе 25 кг вместе с источником питания);

сравнительно малое энергопотребление, неприхотлива в электропитании. Следует отметить, что процесс обеззараживания поддается управлению, т.е. его легко автоматизировать по объемному и количественному показателю.

Мы рассмотрели пример обеззараживания воды из подземного источника. Централизованное водоснабжение большинства населенных пунктов России преимущественно осуществляется из поверхностных источников, воды которых характеризуются, как правило, повышенной цветностью и относительно невысокой мутностью. Использование анолита для обеззараживания воды, поступающей на сооружения водоподготовки из поверхностных источников, также нашло широкое применение.

Одним из примеров внедрения являются очистные сооружения в с. Новоселове Красноярского края. Источником водоснабжения служит Красноярское водохранилище. Вода поступает на очистные сооружения, где проходит водообработку : фильтрование, озонирование, а затем обеззараживание анолитом.

Таким образом, метод обеззараживания питьевой воды продуктом электрохимической обработки раствора хлорида натрия — анолитом, вырабатываемом установкой СТЭЛ, является одним из передовых и перспективных, на наш взгляд, способов обеззараживания воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по применению электрохимически активированного раствора натрия хлорида (анолит), вырабатываемого

в установках СТЭЛ, для целей обеззараживания воды, используемой для питьевых нужд и сырья для приготовления напитков. Москва. 1999 г. (гигиеническое заключение № 02.04.49 от 13.08.99 г. экспертизу провел НИИ МТ РАМН).

2. Установка СТЭЛ 10АК. Руководство по эксплуатации. Москва, 1997г. 3
3. Гигиеническое заключение №77. ФЦ.31.954.Т.1021.8.99 от 24.08.1999 г., согласованное гл. врачом Федерального центра Госсанэпиднадзора Минздрава РФ Беляевым Е.Н

СИСТЕМА ПРЯМОГО МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

*Залляев С.Р., кандидат технических наук, (КТТУ),
Лопатин А.А., инженер (ОАО «Красноярскгидропроект»)*

В работе рассмотрена структура программно-аппаратного комплекса с прямым микропроцессорным управлением электроприводом постоянного тока

Усложнение функций, выполняемых электроприводом, и законов движения рабочих машин при одновременном повышении требований к точности выполняемых операций закономерно приводит к использованию микро-ЭВМ в качестве регулятора.

В связи с этим актуальна разработка универсальных программно-аппаратных комплексов управления электроприводом, облегчающих процесс проектирования, настройки и внедрения в производство легко модернизируемых систем автоматизированного регулирования, позволяющих эффективно использовать новые возможности микропроцессорной техники.

Разработанный комплекс позволяет программно реализовать различные законы управления электроприводом постоянного тока. Управляющая программа вырабатывает код угла управления тиристорными преобразователями, питающими цепи якоря и возбуждения в каждый период прерывания работы ЭВМ. Включение персональной ЭВМ в состав комплекса позволяет изменять законы управления путем модификации и настройки управляющей программы, не прибегая к изменению аппаратной части комплекса. Настройка управляющей программы позволяет изменять структуру системы управления, посредством включения обратных связей по измеряемым координатам в любых комбинациях: по току якоря, току возбуждения, напряжению якоря, частоте вращения и углу поворота вала двигателя; выбирать коэффициенты алгоритмов управления; задавать тип и па-

раметры входного воздействия. Настройка управляющей программы производится с помощью программного обеспечения комплекса.

Принцип работы комплекса поясняет блок схема, представленная на рисунке.

Блок связи с сетью (БСС) регистрирует точки естественной коммутации тиристоров, вырабатывает импульсы начала отсчета задержки для каждого канала системы импульсно-фазового управления (СИФУ) и формирует импульс начала периода коммутации (ПК) для блока аналого-цифрового преобразования (БАЦП) и блока импульсного датчика (ВИД). Блок состоит из трех каналов, каждый из которых вырабатывает импульсы в точках естественной коммутации двух тиристоров, подключенных к одной фазе питающего напряжения. Принцип работы БСС основан на том, что моменты перехода линейного напряжения через ноль являются моментами естественной коммутации тиристоров.

СИФУ отсчитывает задержку, заданную программным регулятором при автоматическом управлении или оператором в блоке ручного задания угла (БРЗУ) при ручном управлении, и вырабатывает импульсы управления тиристорным преобразователем якоря двигателя и тиристорного преобразователя обмотки возбуждения двигателя (ТП-Я, ТП-В соответственно). СИФУ включает в себя восемнадцать каналов. Двенадцать для управления тиристорами реверсивного ТП-Я и шесть для управления тиристорами ТП-В. Разработанная цифровая СИФУ обладает высокой симметрией управляющих импульсов, что обусловлено высокой точностью кварцевого генератора, введенного в схему, для реализации временной задержки. Диапазон изменения угла управления равен 180° , разрядность входного кода СИФУ составляет 12 бит, соответственно шаг дискретизации угла по времени равен $0,044^\circ$, в то время как в наиболее ответственных ТП допускается несимметрия импульсов $\pm 1^\circ$.

Выходные аналоговые координаты (частота вращения, напряжение якоря, ток якоря, ток возбуждения) двигателя постоянного тока обрабатываются в блоке усреднения аналоговых координат (БУАК). В качестве параметра, подлежащего измерению, используется среднее значение измеряемой величины за период измерения. Период измерения датчиков определяется словом управления, загружаемым ЭВМ и может быть равен ПК, ПК/8, ПК/16, ПК/32, ПК/64

Блок аналого-цифрового преобразователя (БАЦП) преобразует полученные в БУАК аналоговые величины в тринадцатиразрядный цифровой код. В состав БАЦП входит логическое устройство, отвечающее за подключение к АЦП сигналов датчиков координат.

Блок импульсного датчика (БИД) преобразует полученный от импульсного датчика дискретный сигнал элементарного угла поворота вала в код частот вращения и угла поворота вала двигателя.

Блок связи с ЭВМ (БСЭВМ) передает полученную в БУАК и БИД информацию в соответствии с протоколом работы шины ISA в ЭВМ. БСЭВМ обеспечивает накапливание полученные в БУАК данные в течение ПК, ввод их в ЭВМ по прерыванию БСС и передачу сигналов управления электроприводом. Выдача сигналов управления комплексом осуществляется через порты: АЦП, импульсного датчика, СИФУ-Я, СИФУ-В

ЭВМ обрабатывает полученную информацию, записывает измененные координаты в память и вырабатывает новый угол управления.

При передаче управления ранее не работавшему вентильному комплексу реверсивного ТП-Я (ВКд или ВКн) логическое переключающее устройство (ЛПУ) обеспечивает переключение комплектов в момент, когда ни один из вентилях ТП-Я не находится в проводящем состоянии. Разработанное логическое переключающее устройство (ЛПУ) обеспечивает согласованное и несогласованное раздельное управление ТП при управлении от ЭВМ и раздельное согласованное управление ТП при изменении кода угла управления оператором. Раздельное согласованное управление реализуется путем аппаратной инверсии кода угла управления. Раздельное несогласованное управление осуществляется с помощью программной функции инвертирования и сдвига кода угла управления на заданный угол.

Датчик состояния вентилях (ДСВ) отслеживает моменты времени непроводящего состояния тиристоров ТП-Я. ДСВ состоит из трех каналов для отслеживания моментов времени непроводящего состояния вентилях в катодной группе ВКв и анодной группе ВКн. Принцип его работы заключается в том, что наличие на тиристоре напряжения любого знака, превышающего напряжение на открытом тиристоре, свидетельствует о его закрытом состоянии в данный момент.

Блок ручного задания угла (БРЗУ) предназначен для тестирования лабораторного стенда при монтаже, ремонте и эксплуатации. При его включении автоматическое управление от ЭВМ отключается и лабораторный стенд полностью переходит на ручное управление. БРЗУ формирует прямой и инверсный двенадцатиразрядный код угла управления СИФУ-Я и прямой код угла управления СИФУ-В при ручном управлении комплексом и позволяет медленно изменять его при помощи нажатия соответствующих кнопок на

панели управления. При автоматическом управлении БРЗУ является буфером, передающим код угла управления на комплект СИФУ. БРЗУ отображает текущее значение кода угла управления для каждого комплекта в шестнадцатичном коде на светодиодном индикаторе

Интерфейс пользователя (ИП) включает в себя аппаратные и программные средства, обеспечивающие управление экспериментом и наладку комплекса. Для монтажа, наладки и проверки комплекса предусмотрена панель ручного управления и блок проверки комплекса. Панель ручного управления включает в себя кнопки задания кода угла управления, переключатели режимов работы комплекса, светодиодный индикатор кода угла управления. В блок проверки выведены контрольные точки блоков комплекса и реализован генератор импульсов, необходимых для проверки работоспособности блоков комплекса. Программные средства ИП представляют собой программу-оболочку, поддерживающую диалог с пользователем до и после проведения эксперимента. По существу оболочка реализует на экране монитора управляющей ЭВМ виртуальную панель управления комплексом, которая: 1) отображает указания по корректному включению/выключению комплекса; 2) позволяет задать структуру и параметры управляющей части системы электропривода; 3) обеспечивает выбор типа и параметров задающего воздействия, а также глубины осциллографирования очередного переходного процесса (общая продолжительность записанных процессов ограничена только объемом оперативной памяти управляющей ЭВМ); 4) инициирует переходный процесс и отображает поведение координат электропривода в нем; 5) поддерживает сохранение/загрузку записанных процессов в/из дискового файла и их просмотр.

В качестве управляющей ЭВМ в составе комплекса может использоваться персональный компьютер типа IBM 386 и выше. Управляющая реализует функции программного регулятора координат электропривода и обеспечивает управление экспериментом.

В качестве основы для разработки комплекса был взят типовой тиристорный преобразователь ТПЕ 100/100-460-У 2.1 и электро-двигатель постоянного тока ПБ2Л1 160МГНХЛ, 5,6кВт.

РЫБОЗАЩИТНОЕ СООРУЖЕНИЕ ДЛЯ КРУПНЫХ МОРСКИХ ВОДОЗАБОРОВ

Иванов А.В., кандидат техн. наук,

Филиппов Г.Г., главный инженер проекта,

Масленникова Е.С., инженер (ОАО «Институт Гидропроект»).

При организации забора воды из крупных водоемов, в т.ч. морей и океанов, обитающие в них водные организмы попадают в новые гидрологические условия обитания. Создаваемый в области водозабора, значительный по скорости и объему поток воды приводит к пассивному сносу не только беспозвоночных (зоопланктон), но и рыб. Это происходит либо из-за превышения критических скоростей плавания и невозможности их удержаться в потоке, либо из-за нарушения поведенческих реакций. В результате масса гидробионтов гибнет в водозаборах. Так, например, при эксплуатации водозаборов Ленинградской АЭС количество рыбы, попадаемой на водоочистные сооружения ЛАЭС, исчисляется миллионами особей, а их биомасса — сотнями тонн [1].

Опыт эксплуатации водозаборов в тропических морских водах на ряде энергетических объектов в Индии (АЭС Мадрас, АЭС Таралур, ТЭС Энноре) показывает, что организация забора воды в этих водах также не обходится без биопомех. В качестве биопомех на водозаборном сооружении рассматриваются, главным образом, его зарастание сидячими колониальными животными и растениями, засорение животными плавающими организмами и растительными остатками.

В связи с этим при организации водозабора из богатых биомассой тропических морей необходимо предусматривать мероприятия по предотвращению попадания в водозабор различных водных организмов. При этом необходимо решать проблему не только защиты водных организмов от гибели в водозаборе, но и защиту собственно водозабора от «засорения» его, главным образом, зоопланктоном. Особенно это необходимо в периоды «вспышек» численности зоопланктона, когда размеры «пятен» его скоплений, дрейфующих по океану, достигают десятков километров в диаметре, а концентрации биомассы — 1,5 т на каждые 100 м³/с воды, поступающей в водозабор. Это происходит потому, что пространственное распределение всех групп организмов, населяющих водную толщу, характеризуется значительной неоднородностью [2]. Вследствие этой неоднородности как по вертикали, так и по горизонтали, локальные концентрации зоопланк-

панели управления. При автоматическом управлении БРЗУ является буфером, передающим код угла управления на комплекты СИФУ. БРЗУ отображает текущее значение кода угла управления для каждого комплекта в шестнадцатиричном коде на светодиодном индикаторе

Интерфейс пользователя (ИП) включает в себя аппаратные и программные средства, обеспечивающие управление экспериментом и наладку комплекса. Для монтажа, наладки и проверки комплекса предусмотрена панель ручного управления и блок проверки комплекса. Панель ручного управления включает в себя кнопки задания кода угла управления, переключатели режимов работы комплекса, светодиодный индикатор кода угла управления. В блок проверки выведены контрольные точки блоков комплекса и реализован генератор импульсов, необходимых для проверки работоспособности блоков комплекса. Программные средства ИП представляют собой программу-оболочку, поддерживающую диалог с пользователем до и после проведения эксперимента. По существу оболочка реализует на экране монитора управляющей ЭВМ виртуальную панель управления комплексом, которая: 1) отображает указания по корректному включению/выключению комплекса; 2) позволяет задать структуру и параметры управляющей части системы электропривода; 3) обеспечивает выбор типа и параметров задающего воздействия, а также глубины осциллографирования очередного переходного процесса (общая продолжительность записанных процессов ограничена только объемом оперативной памяти управляющей ЭВМ); 4) инициирует переходный процесс и отображает поведение координат электропривода в нем; 5) поддерживает сохранение/загрузку записанных процессов в/из дискового файла и их просмотр.

В качестве управляющей ЭВМ в составе комплекса может использоваться персональный компьютер типа IBM 386 и выше. Управляющая реализует функции программного регулятора координат электропривода и обеспечивает управление экспериментом.

В качестве основы для разработки комплекса был взят типовой тиристорный преобразователь ТПЕ 100/100-460-У 2.1 и электродвигатель постоянного тока ПБ2Л1 160МГНХЛ, 5,6кВт.

РЫБОЗАЩИТНОЕ СООРУЖЕНИЕ ДЛЯ КРУПНЫХ МОРСКИХ ВОДОЗАБОРОВ

Иванов А.В., кандидат техн. наук,

Филиппов Г.Г., главный инженер проекта,

Масленникова Е.С., инженер (ОАО «Институт Гидропроект»).

При организации забора воды из крупных водоемов, в т.ч. морей и океанов, обитающие в них водные организмы попадают в новые гидрологические условия обитания. Создаваемый в области водозабора, значительный по скорости и объему поток воды приводит к пассивному сносу не только беспозвоночных (зоопланктон), но и рыб. Это происходит либо из-за превышения критических скоростей плавания и невозможности их удержаться в потоке, либо из-за нарушения поведенческих реакций. В результате масса гидробионтов гибнет в водозаборах. Так, например, при эксплуатации водозаборов Ленинградской АЭС количество рыбы, попадаемой на водоочистные сооружения ЛАЭС, исчисляется миллионами особей, а их биомасса — сотнями тонн [1].

Опыт эксплуатации водозаборов в тропических морских водах на ряде энергетических объектов в Индии (АЭС Мадрас, АЭС Тарапур, ТЭС Энноре) показывает, что организация забора воды в этих водах также не обходится без биопомех. В качестве биопомех на водозаборном сооружении рассматриваются, главным образом, его зарастание сидячими колониальными животными и растениями, засорение животными плавающими организмами и растительными остатками.

В связи с этим при организации водозабора из богатых биомассой тропических морей необходимо предусматривать мероприятия по предотвращению попадания в водозабор различных водных организмов. При этом необходимо решать проблему не только защиты водных организмов от гибели в водозаборе, но и защиту собственно водозабора от «засорения» его, главным образом, зоопланктоном. Особенно это необходимо в периоды «вспышек» численности зоопланктона, когда размеры «пятен» его скоплений, дрейфующих по океану, достигают десятков километров в диаметре, а концентрации биомассы — 1,5 т на каждые 100 м³/с воды, поступающей в водозабор. Это происходит потому, что пространственное распределение всех групп организмов, населяющих водную толщу, характеризуется значительной неоднородностью [2]. Вследствие этой неоднородности как по вертикали, так и по горизонтали, локальные концентрации зоопланк-

тона в слоях и пятнах могут превышать средние значения на 1 — 4 порядка. Плотные локальные скопления могут образовывать ракообразные, оболочники, кишечнополостные и моллюски. В их формировании большую роль играют как мезомасштабные гидродинамические явления, так и активные поведенческие механизмы, связанные с питанием, размножением, защитой от хищников [2].

Разрабатывая мероприятия и устройства для предотвращения попадания гидробионтов в водозабор необходимо учитывать, что представители различных групп ракообразных, как правило, имеют ветвистые конечности, снабженные выростами и щетинками, что может повышать вероятность их оседания на фильтрующих поверхностях. При попадании на крупноячеистую сетку они способствуют ее быстрому «лавинообразному» засорению и полному прекращению фильтрации после того как более крупные организмы, например медузы, оседают на сетку и полностью ее перекрывают. Вследствие этого применение в данных условиях различных типов сетчатых рыбозаградителей без проведения дополнительных мероприятий, предотвращающих непосредственный контакт гидробионтов с защитно-водоприемной поверхностью, представляется нецелесообразным.

Существующие в настоящее время сооружения, предназначенные для предотвращения попадания в водозабор гидробионтов, ориентированы, в основном, на защиту рыбы и, главным образом, ее молоди. Рыба, в т. ч. и ее молодь, способна при непосредственном контакте с защитно-водоприемным органом рыбозащитного сооружения реагировать на источник опасности, проявляя при этом как активные поведенческие реакции, так и физические особенности своего пассивного ската в стоковых течениях. Защиту этого объекта можно организовать, концентрируя рыб, например, в поверхностных слоях водоема, а забор воды осуществлять из донных слоев. Обеспечить перераспределение рыб в верхние слои можно различными путями, например с использованием донного порога. При этом практически во всех случаях подъем рыб будет связан с наличием у них плавательного пузыря.

Принцип вертикальной переконцентрации молоди рыб в потоке воплощен в рыбозащитном концентраторе с вертикальной сепарацией молоди рыб (РКВС), включенном в СНиП 2.06.07-87 [3]. В его основу положена способность скатывающейся в потоке молоди рыб, будучи выведенной, например донным порогом, в верхний транзитный слой потока достаточно продолжительное время сохранять свое «высокое» положение, т.е. продолжать скатываться в нем на расстоянии, не меньшем семи высот донного порога (рис. 1).

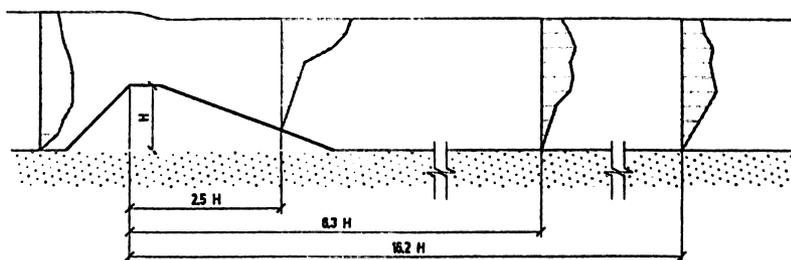


Рис. 1. Вертикальное распределение молоди рыб в водотоке за донным порогом

При размещении водозабора за порогом поток плавно растекается за ним, поступая из транзитного горизонта в водоприемные окна, а молодь концентрируется в транзитном потоке и отводится по рыбоотводу из зоны влияния водозабора.

Такой режим движения молоди внутри вертикального концентратора обеспечивают элементы его конструкции, работа которых основана на использовании вышеуказанных факторов, влияющих на эффективность защиты молоди рыб (РКВС) в устройствах этого типа [4].

Рыбозащитный концентратор с вертикальной сепарацией рыб включает водовод, в котором расположены последовательно входной порог, цепь лотков-концентраторов, к последнему из которых присоединен оголовок рыбоотвода (рис.2).

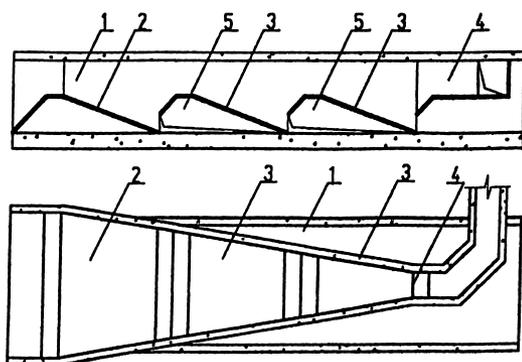


Рис. 2. Схема рыбозащитного концентратора с вертикальной сепарацией рыб (РКВС): 1 — водовод; 2 — входной порог; 3 — лоток-концентратор; 4 — оголовок рыбоотвода; 5 — водозаборное окно.

Входной порог является главным потокоформирующим элементом РКВС и служит для вывода молоди рыб в транзитный горизонт и создания условий, обеспечивающих удержание в нем молоди при скате ее по длине всего устройства (вдоль водоприемного органа) в оголовок рыбоотвода. С этой целью порог выполняется с крутой входной и пологой низовой поверхностями, позволяющими резко вывести молодь в верхний горизонт потока и в то же время обеспечить плавное поступление воды к потребителю.

Лотки-концентраторы, имеющие аналогичный профиль, что и входной порог, являются вспомогательными элементами конструкции, служащими для более плавного распределения отбираемого из транзитного горизонта рабочего потока и поддержания устойчивого ската молоди в верхнем горизонте. Для этого в нижней части входной поверхности каждого из них устроено водозаборное окно, соединенное через боковые отверстия в лотке-концентраторе с водозабором. Для поддержания постоянной скорости транзитного потока лотки-концентраторы в плане выполнены сужающимися.

Оголовок рыбоотвода служит для отбора молоди рыб из транзитного горизонта в рыбоотвод.

Факторы, влияющие на эффективность защиты молоди рыб в РКВС, подразделяются на поведенческие и физические [4-6].

К поведенческим относится фактор «комфортного слоя», характеризующий устойчивость ската молоди рыб в определенном горизонте водотока. Такое движение молоди возможно, когда:

на нее не оказывают воздействие внешние силы (например, вертикальное движение потока);

их величина не превышает плавательную способность рыб ($V_{\text{верт.}} < V_{\text{сн.}} = 0,12 \text{ м/с}$);

вертикальные перемещения молоди происходят в пределах комфортного слоя (0,5-1,7 м от исходного положения в потоке).

Поэтому данный фактор оказывает позитивное влияние на эффективность защиты рыб, когда те обитают в водоеме в транзитном горизонте, а, попав в устройство, в нем же и сносятся к оголовку рыбоотвода или же при перемещениях над порогом в пределах комфортного слоя. Когда же молодь рыб, скатывающаяся в нижнем слое потока, выводится порогом в верхний транзитный горизонт, поднимаясь при этом на большую высоту, этот фактор начинает негативно влиять на ее защиту. При этом рыба, отрабатывая плавниками, пытается вернуться в прежний комфортный горизонт, т.е. в водозаборные окна.

Молодь рыб, в зависимости от времени года и суток, погодных условий, видового и размерного состава и т.д., может скатываться в различных горизонтах потока. Кроме того, при достижении определенных величин скорости ($V_{тр.} > 2.5V_{сн.}$) и турбулентности течения покатная молодь перестает сопротивляться изменению горизонта водотока и пассивно скатывается в транзитном горизонте. Очевидно, что при проектировании рыбозащитных устройств такого типа не всегда целесообразно ориентироваться только на поведенческий фактор.

К физическим относятся три фактора — реоградиентный, гидростатический и инерционный. Все они проявляют себя при обтекании порога потоком, взаимосвязаны и дополняют друг друга.

Реоградиентный (транспортирующий) фактор обуславливает накопление рыб в зоне повышенных скоростей течения, т.е. в верхнем транзитном горизонте потока. Это объясняется тем, что при обтекании порога потоком наибольшую горизонтальную составляющую скорости последний имеет у периферии устройства в самом верхнем горизонте (рис.3). Именно здесь поток обладает наибольшей транспортирующей способностью. Вертикальная же составляющая скорости поступления рабочего потока в водозабор здесь минимальная. Поэтому в верхнем горизонте потока молодь движется по течению (транспортируется потоком) преимущественно в горизонтальном направлении. Кроме того, «высокое» расположение в потоке этого горизонта и повышенная скорость течения в нем приводит к образованию здесь зоны пониженного давления — «разряженной зоны», засасывающей и удерживающей в себе молодь, сносящуюся не только в верхнем, но и в других, нижерасположенных горизонтах потока.

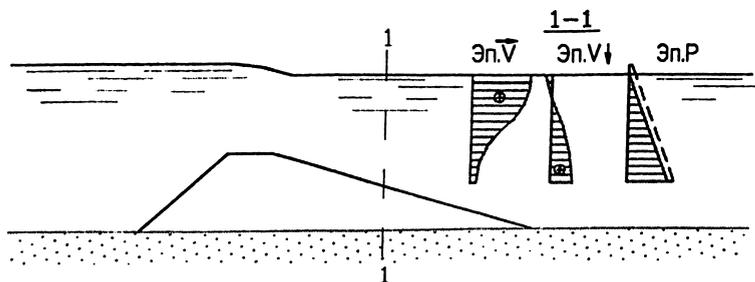


Рис. 3. Схема воздействия на молодь рыб реоградиентного фактора

Доставке молоди из нижних горизонтов в верхний способствуют два фактора — гидростатический и инерционный.

Гидростатический фактор обуславливает подъем рыбы в верхние слои потока при обтекании порога за счет приобретения ею дополнительной плавучести. Действие гидростатического фактора показано на рис. 4.

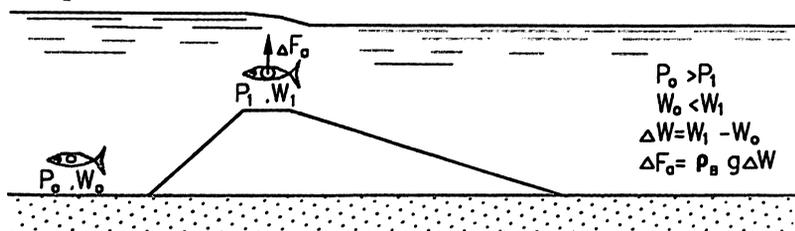


Рис. 4. Схема воздействия на молодь рыб гидростатического фактора

Двигаясь в нижних слоях водоема, молодь находится в состоянии нейтральной плавучести, при котором давление воздуха внутри ее плавательного пузыря равно давлению окружающей воды на этой глубине. При этом объем пузыря таков, что выталкивающая «архимедова» сила на этой глубине водотока равна весу рыбы. Когда же с помощью порога молодь выводится в верхние слои потока, имеющие меньшее гидростатическое давление, плавательный пузырь, чтобы восстановить равенство давлений внутри себя и окружающей жидкости, начинает расширяться. При этом увеличившаяся в объеме молодь становится легче воды, приобретает дополнительную плавучесть и начинает всплывать в самый верхний горизонт потока, в «разряженную зону», характеризующуюся преимущественно горизонтальным направлением течения.

Инерционный фактор обуславливает подъем рыбы в верхние слои водотока при обтекании последним порога за счет обгона потока молодь. Это иллюстрируется рис. 5.

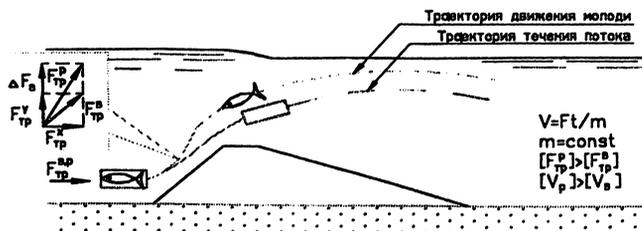


Рис. 5. Схема воздействия на молодь рыб инерционного фактора.

Двигаясь в нижних слоях потока, молодь находится в состоянии нейтральной плавучести, при котором ее плотность равна плотности окружающей воды. При этом и рыба и вода обладают одинаковой инерцией. Когда же с помощью порога транспортируемая потоком молодь начинает подниматься в верхние слои, плотность получившей дополнительную плавучесть рыбы снижается и инерция становится меньше, нежели разгоняющийся на входной грани порога водоток. При этом ускорение движения молоди выше ускорения водного потока. В результате этого, а также за счет дополнительной «архимедовой» силы (F_a) молодь обгоняет поток, достигая верхнего горизонта. Попав на транзит в «разряженную зону», она подхватывается высокоскоростным течением и скатывается к оголовку рыбоотвода.

Таким образом, становится очевидным, что только взаимосвязанные и дополняющие друг друга физические факторы позитивно влияют на эффективность защиты молоди рыб. При этом основную роль в транспортировании молоди в оголовки рыбоотвода играет реоградиентный фактор, а в поддержании высотного положения молоди в транзитном горизонте — инерционный и главным образом гидростатический факторы.

Что же касается фактора «комфортного слоя», то для повышения рыбозащитной эффективности отводящего рыбозащитного устройства необходимо создать условия по ослаблению его влияния.

Ослабить влияние на молодь рыб поведенческого фактора можно, организовав ее скат по длине рыбозащитного устройства в «комфортных» условиях (отсутствие в транспортирующем ее потоке водоворотных зон, резких перепадов скоростей и давлений и т. д.). В связи с этим особое внимание следует уделять выбору оптимального профиля потокоформирующего элемента в рыбозащитных концентраторах - входного порога. Профили порога могут быть полигональными (треугольный, трапециевидный и т.д.) или обтекаемыми. Одним из главных недостатков в работе входного порога является наличие на его поверхности вальцевых (водоворотных) зон (рис. 6) [2].

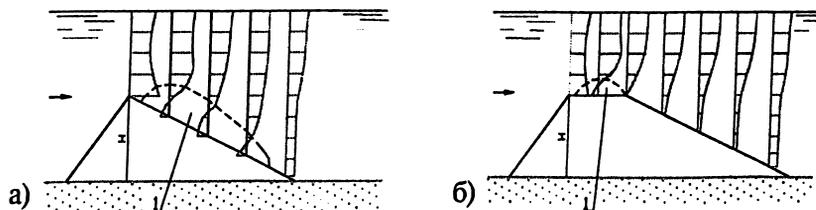


Рис. 6. Виды эпюр скорости потока над донным порогом: а) треугольный профиль порога; б) трапециевидный профиль порога. 1 — валец

Образующиеся на гребне входного порога (горизонтальной вставке трапецеидального профиля или низовой грани треугольного профиля) вальцы снижают эффективность защиты молоди рыб в устройстве потому, что:

затеняют живое сечение водотока, снижая тем самым пропускную способность устройства;

ухудшают условия растекания потока, создавая очаги поступления его с повышенными скоростями в водозаборные окна, что приводит к затягиванию молоди в водозабор;

представляя собой «разряженную» зону, засасывают в себя молодь, что приводит ее к дезориентации, потере высотного положения и попаданию в водозабор.

Причиной образования вальцов на поверхности входного порога является направленная вверх вертикальная составляющая скорости потока, обтекающего с нарастающей скоростью входную грань порога. В то же время при отсутствии над входной гранью порога восходящих течений не могут быть созданы условия для проявления гидростатического и инерционного факторов, обеспечивающих доставку молоди в верхний транзитный горизонт устройства.

Поэтому правильное распределение по длине входного порога вертикальной составляющей скорости обтекающего его потока является залогом обеспечения высокоэффективной работы всего рыбозащитного концентратора. Это распределение должно быть следующим: на входной поверхности порога величина вертикальной составляющей растет, достигая на ее середине (по высоте) максимального значения; затем она начинает уменьшаться и на гребне порога становится равной нулю; на низовой грани направленная вниз вертикальная составляющая скорости плавно распределяется по всей ее длине и имеет минимальные (менее критических для защищаемой молоди) значения.

Добиться такого распределения вертикальной составляющей скорости потока можно с помощью каплевидного профиля, задав профиль потокоформирующего элемента (рис. 7) [4].

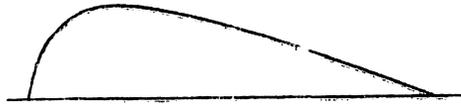


Рис. 7. Каплевидный профиль входного порога.

Однако учитывая, что рыбозащитные концентраторы, рассчитанные на небольшие расходы воды, наиболее технологично строить из плоских сборных железобетонных плит, то более целесооб-

разным представляется применение трапецеидального профиля входного порога, имеющего скругленный гребень (рис. 8) [4]. Это позволит упростить изготовление устройства, уменьшить величину вертикальной составляющей скорости потока на гребне лотка, предотвратив тем самым образование обширного донного вальца на его низовой поверхности. При этом, поскольку для соблюдения предъявляемых к порогу требований входная поверхность должна быть значительно круче низовой, то согласно результатам совместных исследований, проведенных Гидропроектом и Калининским политехническим институтом в 1982–1990 гг., оптимальные заложения верховой и низовой граней входного порога должны быть равны соответственно 1:1 и 1:3 [3,5].

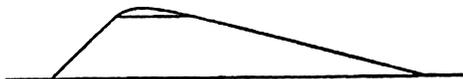


Рис. 8. Трапецеидальный профиль входного порога со сглаженной вставкой.

Данная конструкция РКВС с успехом может быть применена для защиты рыб на крупных водозаборах. Однако при заборе морской воды, богатой водными организмами, как рыбой, так и другими гидробионтами, возникает дополнительная проблема защиты водозабора от организмов, не обладающих плавательным пузырем, что не позволяет при их защите реализовать гидростатический и инерционный факторы. Для исправления этого недостатка РКВС разработана его конструкция, оснащенная эрлифтом (воздушно-пузырьковой завесой), позволяющим флотировать гидробионтам, оснащая их «плавательным пузырем» — прилипшими пузырьками воздуха.

Для крупных морских водозаборов наиболее целесообразно устройство единого рыбозащитного блока с тремя изолированными секциями (рис.9) — двумя рабочими и одной резервной, позволяющей организовать очистку водозаборного тракта от обрастателей без остановки или снижения водопотребления. Единый рыбозащитный блок в свою очередь подключен к водозаборному трубопроводу, соединяющему его с водопотребителем.

Каждая секция РКВС выполнена в виде открытого, сужающегося в плане железобетонного лотка с вертикальными стенками и состоит из последовательно установленных в нем трапецеидального входного порога, двух лотков-концентраторов обтекаемого профиля и оголовка рыбоотводящего тракта. Перед входным порогом РКВС за пазами

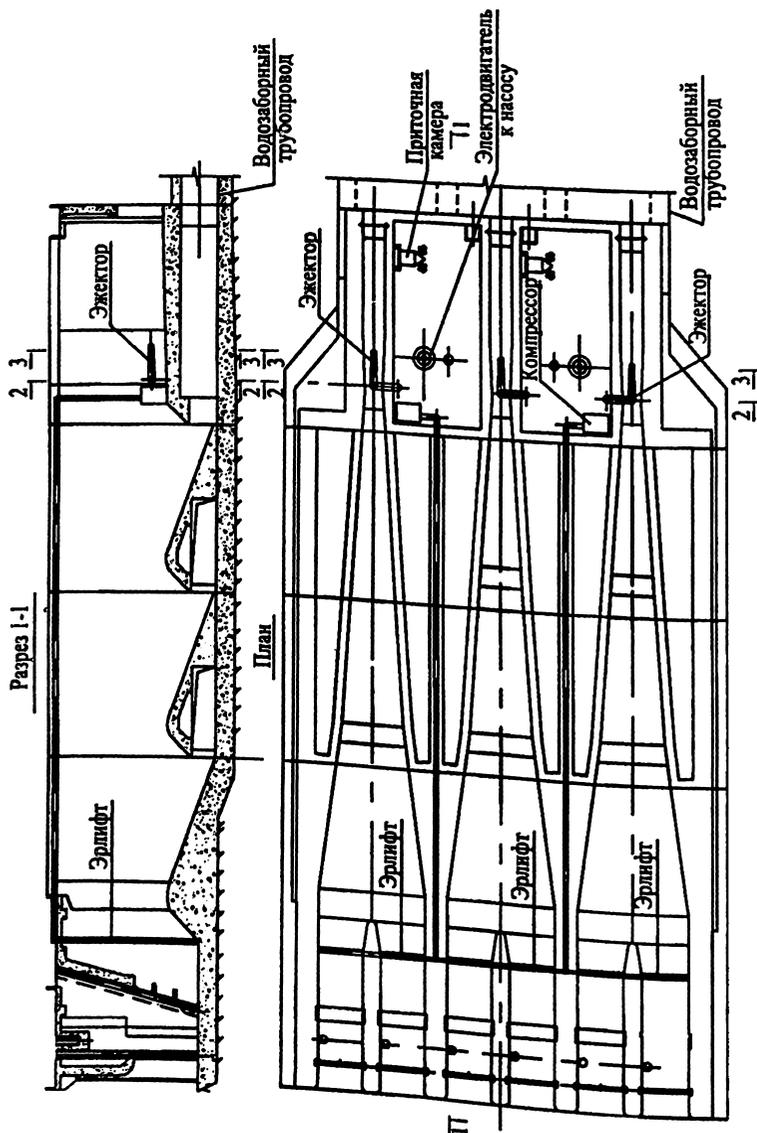


Рис. 9. Схема трехниточного рыбозащитного блока.

ремонтных затворов и сороудерживающей решетки расположены трубы эрлифта (воздушно-пузырьковой завесы). В стенках лотков рыбоотводящего тракта также устроены пазы ремонтных затворов.

В состав единого рыбозащитного блока входят также два технологических помещения (рис. 10), предназначенных для размещения оборудования систем управления работой РКВС. Двухэтажные технологические помещения размещены симметрично оси рыбозащитного блока между стенками лотков рыбоотвода над входом в водозаборный трубопровод.

Работа рыбозащитного сооружения такого типа требует расхода воды на рыбоотведение до 20% от расхода водозабора. В большинстве случаев течение в рыбоотводящем тракте организуется с помощью гидравлического эжектора, запитанного от автономного насоса. Течение в рыбоотводе РКВС создается эжекторами, сопла которых установлены по оси рыбоотводящих трактов. Питание эжекторов осуществляется от двух автономных насосов (основного и резервного), работающих поочередно. Насосы установлены по одному на нижних этажах двух технологических помещений управления, расположенных между рыбоотводами симметрично оси трехниточного РКВС над входом в подводящий трубопровод. Насосы размещены над водозаборным отверстием, устроенном в потолке водоподводящего трубопровода и соединены друг с другом коллектором-водоводом. Из коллектора-водовода в каждую нитку рыбоотвода проложены трубы с соплами-эжекторами. Управление системой эжекторов осуществляется пятью задвижками, две из которых расположены между насосами и коллектором-водоводом, а три — между коллектором водоводом и трубами эжекторов. Схема системы питания эжектора показана на рисунке 11.

Каждый из двух насосов приводится в действие соответствующими электродвигателями, установленными на втором этаже технологического помещения управления насосами. В этом же помещении установлена аппаратура управления двигателями, а также компрессор эрлифта и другое технологическое оборудование, в том числе системы дренажа и вентиляции помещения.

Управление питанием эрлифта осуществляется от двух автономных компрессоров (основного и резервного), работающих поочередно. От компрессоров по каналу, устроенному на боковых стенах центральной нитки РКВС, проложены два симметричных коллектора-воздуховода. Воздуховоды соединены между собой распределительным коллектором, проложенным по верху водозаборного сооружения. От распределительного коллектора вниз по стенкам быков

Рис. 10. Схема технологического помещения управления ТЭС.

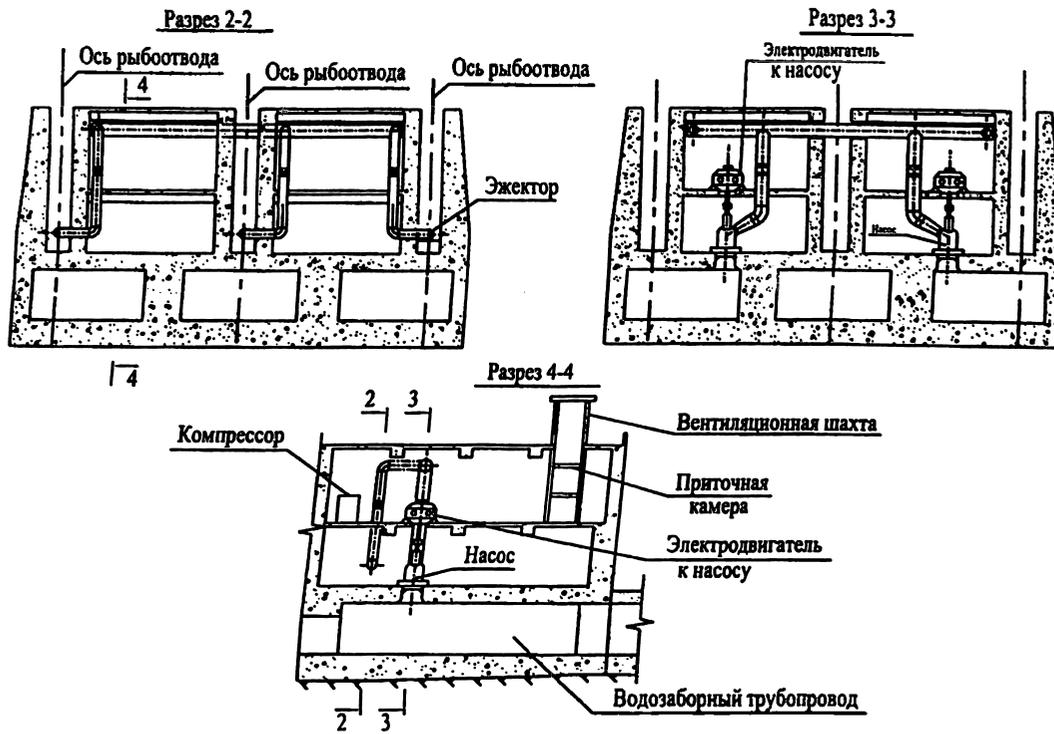
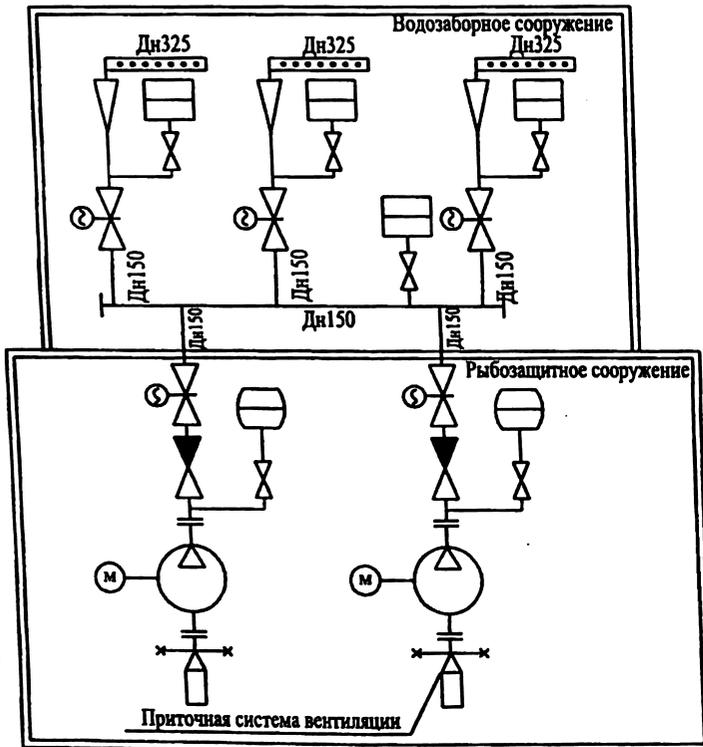


Рис. 11. Схема системы питания эрлифта РЭС.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Обозначение	Наименование
	компрессор с электродвигателем
	обратный клапан
	вентиль
	затворка с электроприводом
	передающий манометр
	перфорированный трубопровод
	показывающий манометр
	переход на трубопроводе
	затворка с ручным управлением

ПЕРЕЧЕНЬ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Поз.	Наименование потребителя	Количество раб./рез.	Расход сжатого воздуха м3/мин.
1	Эрлифт	3/0	43,2

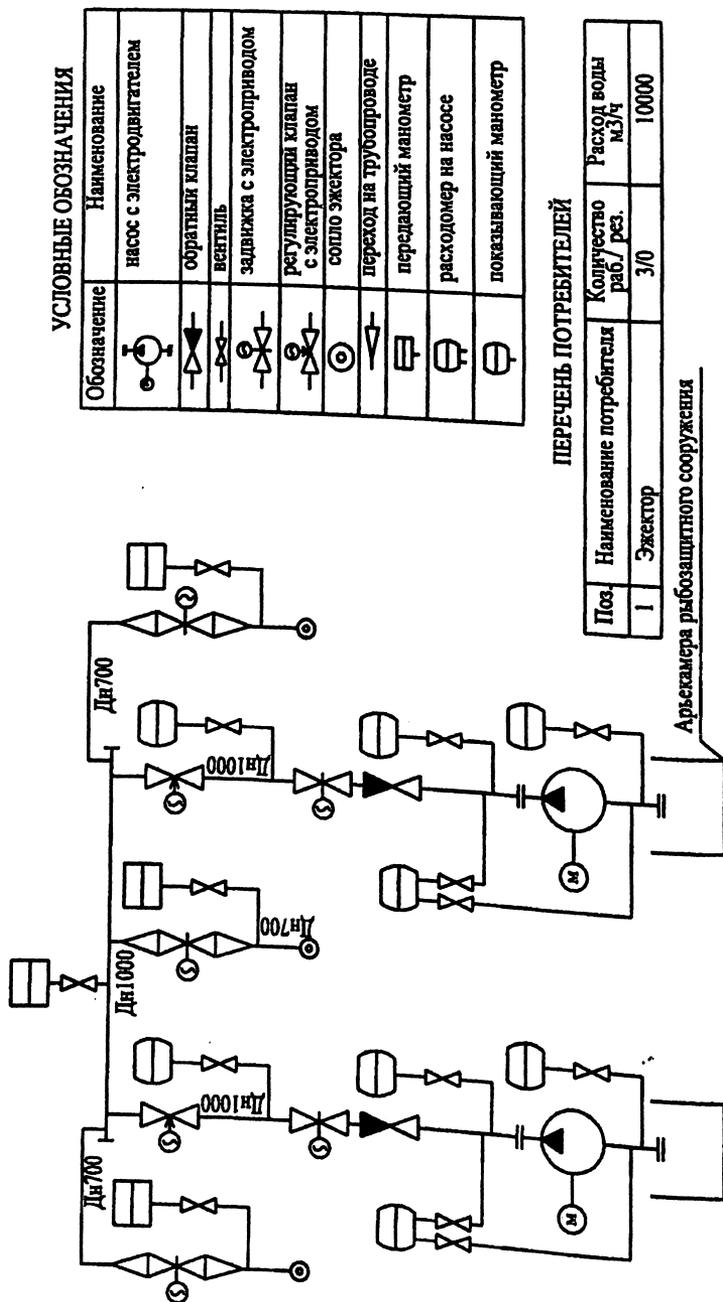


Рис. 12. Схема системы питания эжектора РЭС.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Обозначение	Наименование
	насос с электродвигателем
	обратный клапан
	вентиль
	задвижка с электроприводом
	регулирующий клапан с электроприводом
	сопло эжектора
	переход на трубопроводе
	передающий манометр
	расходомер на насосе
	показывающий манометр

ПЕРЕЧЕНЬ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Поз	Наименование потребителя	Количество раб./рез.	Расход воды м ³ /ч
1	Эжектор	3/0	10000

Арсенала работозащитного сооружения

спускаются три нитки воздухопроводов к горизонтальным перфорированным трубам. Перфорированные трубы уложены перед верхней гранью входного порога РКВС и приподняты на подставках. Каждая из трех перфорированных труб проходит через промежуточный бычок водозаборного окна соответствующей нитки РКВС и предназначена для обслуживания одной этой нитки. Работа эрлифта регулируется десятью задвижками. Две из них установлены между компрессорами и коллекторами-воздуховодами, остальные три - между распределительным коллектором и перфорированными трубами. Схема системы питания эрлифта показана на рисунке 12.

Работает рыбозащитный блок следующим образом.

Вода к потребителю поступает только через работающие секции РКВС. Вместе с водой в сооружение попадают и обитающие в ней водные организмы, а также плавающий мусор. На входе в рыбозащитную секцию биота и мусор оказываются в обогащенном воздушными пузырьками восходящем течении, флотируются и входной гранью порога выводятся в верхний горизонт потока. Поскольку в результате флотирования водных организмов все они как бы обретают «плавательный пузырь», то в организации сохранения их стабильного высотного положения при скате в транзитном рыбо-транспортирующем горизонте реализуются все четыре вышеописанных фактора, влияющих на эффективность защиты рыб в РКВС. Растекающаяся в потоке воздушно-пузырьковая завеса, помимо флотирования водных организмов, играет в защите рыб немаловажную роль как визуальная преграда, служащая нижней границей транзитного горизонта их ската. Все это обеспечивает устойчивую доставку водных организмов в рыбоотвод и далее по нему назад в рыбообитаемый водоем. При этом водный поток растекается по низовым граням порога и лотков-концентраторов в водозаборные окна и поступает к потребителю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рябов И.Н. Анализ рыб, попавших на водоочистные сетки ЛАЭС I с декабря 1982 по декабрь 1983 г. /Отчет №414 ИЭМЭЖ АН СССР» Влияние теплового сброса Ленинградской АЭС на особенности размножения и развития рыб прибрежных вод Финского залива». НИТИ-Сосновый бор. 1983.
2. Folt C.L., Bums C.W. Biological drivers of zooplankton patchiness/ Trends in ecology and evolution. V.I 4.1999.
3. Строительные нормы и правила (СНиП 2.06.07-87). Подпорные стены, судходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения. М.: Стройиздат. 1987.

4. Иванов А.В. Совершенствование конструкций рыбозащитных устройств с применением потокоформирующих элементов. М. Гидропроект, 1999.
5. Барекян А.Ш., Смирнов В.А. Изучение механизма защиты молоди рыб в рыбозащитных концентрирующих сооружениях с вертикальной сепарацией рыб (РКВС) при транзитной скорости в сооружении от 0,3 до 1,0 м/с. // Отчет НИР по теме №171 /10. Тверь: ТвеПИ, 1990.
6. Павлов Д.С., Пахоруков А.М. Биологические основы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1983.

РАСЧЁТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЕНСАЦИОННОГО УЧАСТКА НАПОРНЫХ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ВОДОВОДОВ

*Лисичкин С.Е., кандидат техн. наук,
Ивонтьев А.В., Пономарёв Д.И., инженеры (ОАО «НИИЭС»)*

Напорные водоводы представляют собой наиболее ответственные элементы гидротехнических сооружений. Обеспечение требуемого уровня надёжности и безопасности при эксплуатации сооружений гидроузлов является важнейшей задачей при расчётных исследованиях прочности и обосновании проектных решений сооружений в зонах напорных водоводов.

На участке соединения станционной секции плотины со зданием ГЭС в случае приплотинной компоновки здания ГЭС, как правило, устраивается деформационный шов (или контактный строительный шов).

В зоне шва возможны неодинаковые деформации носковой части плотины и входного участка в здание ГЭС, в результате чего в стальной оболочке водовода и его железобетонной части формируется напряжённно-деформированное состояние (НДС), которое может привести к разрушению элементов оболочки и окружающего железобетона.

Для снижения напряжений на контакте оболочки и железобетона в зоне деформационного шва (или контактного строительного шва) требуется устройство специального компенсатора, за счёт которого реализуются взаимные осадки и смещения участков плотины и здания ГЭС, находящихся в зоне указанного шва.

В мировой практике применяются различные варианты компенсаторов. Одним из недостатков конструкций компенсаторов является необходимость устройства уплотнителей для надёжной гермети-

зации зазоров между подвижными элементами компенсаторов. Некоторые конструкции компенсаторов полностью воспринимают продольные смещения, но не приспособлены для восприятия вертикальных перемещений и взаимных поворотов концевых участков компенсатора.

В России успешное применение нашло конструктивное решение компенсационного участка с применением податливой низко модульной прокладки. На компенсационном участке, одна половина которого располагается в плотинной части, а другая - в здании ГЭС, стальная оболочка напорного водовода покрывается по всей окружности звеньев прокладкой (как правило, имеющей толщину 3 - 5 см), изготавливаемой из войлока, пенопласта, стекловаты и т. п.

Таким образом, на определённом участке железобетонная часть, окружающая стальную оболочку водовода, оказывается отделённой податливой прокладкой. В пределах этого участка стальная оболочка имеет возможность свободно деформироваться, не соприкасаясь и практически не передавая усилия на окружающий железобетон. В пределах компенсационного участка, помимо внутреннего давления стальная оболочка воспринимает продольные осевые усилия, поперечные усилия (вертикальные и горизонтальные), изгибающие моменты (в вертикальной и горизонтальной плоскостях), крутящие моменты. При этом толщина прокладки принимается в зависимости от ожидаемой величины деформаций.

Описанная выше конструкция, разработанная в России, применялась при проектировании и строительстве Братской, Усть-Илимской, Красноярской, Саяно-Шушенской и других ГЭС, а также на строящихся в настоящее время Богучанской [1], Бурейской и Юмагузинской ГЭС. На Юмагузинской ГЭС компенсационный участок по проекту предусматривается в зоне контакта подводящих сталежелезобетонных водоводов и массивной напорной стены машзала со стороны верхнего бьефа.

Типичное расположение компенсационного участка водовода в сооружении представлено на рис.1. В таблицу сведены данные о конструктивных параметрах компенсационных участков ряда ГЭС. Конструкции компенсационных участков ряда ГЭС изображены на рис.2.

Действующие в настоящее время нормативные документы (СНиП 2.06.08-87, «Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений» к СНиП 2.06.08-87, «По-

собие по проектированию сталежелезобетонных конструкций гидро технических сооружений» П 780-83) не содержат конкретных рекомендаций по расчёту конструкций напорных водоводов на компенсационном участке. В действующих нормах не предусматривается расчётный случай, соответствующий повреждению внутренней стальной оболочки и передаче внутреннего давления на окружающую железобетонную часть водовода.

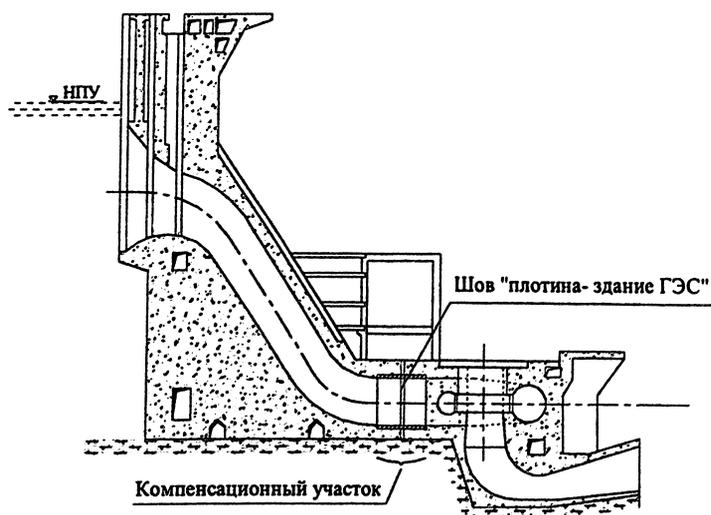


Рис.1. Вид стационарной секции плотины и здания ГЭС в поперечном разрезе.

В ОАО «НИИЭС» были разработана методика численного моделирования напряжённого состояния сталежелезобетонных напорных водоводов, включая компенсационный участок с применением податливой прокладки, а также методика расчёта прочности и армирования водоводов по всей их протяжённости.

Указанные выше методики были разработаны в целях повышения надёжности сооружений и обеспечения их безопасной эксплуатации в соответствии с требованиями Федерального закона «О безопасности гидротехнических сооружений». За последнее десятилетие они были реализованы при обосновании сооружений ряда отечественных и зарубежных гидроузлов, при этом была подтверждена достоверность и надёжность результатов расчётов.

Параметры конструкции водовода и сооружения
компенсационного участка

№ п/п	Наименование гидроузла	Напор, м	Диаметр, мм	Длина компенсац. участка, мм	Толщина «мягкой» прокладки, мм
1	Саяно-Шушенская ГЭС на р. Енисей	270	7050	11000	60
2	Усть-Илимская ГЭС на р. Ангара	110	7850	11000	50
3	Зейская ГЭС на р. Зея	135	7770	12300	50
4	Богучанская ГЭС на р. Ангара	135	10000	8500	50
5	Курпсайская ГЭС на р. Нарын	111	7000	12800	50
6	Ташкумырская ГЭС на р. Нарын	70	7600	6550	50
7	Бурейская ГЭС на р. Буряя	140	8500	12000	50
8	Юмагузинская ГЭС на р. Белая	65	3200	5000	30
9	«Три ущелья» на р. Янцзы (КНР)	140	12400	12000	50

Расчётные исследования НДС компенсационных участков выполняются на основе трёхмерных (в том числе осесимметричных) конечноэлементных моделей фрагментов сооружения, выделенных в зоне деформационного или контактного строительного шва. При этом граничные условия в виде нагрузок и перемещений на гранях выделенных расчётных фрагментов принимаются, как правило, из анализа результатов расчётов системы «станционная секция плотины — здание ГЭС — основание».

На формирование НДС стальной оболочки компенсационного участка существенно влияют сроки монтажа последнего звена водовода на участке соединения со спиральной камерой (сроки замыкания водовода). Состояние сооружения в этот момент времени является начальным отсчётом при определении температурных деформаций и напряжений.

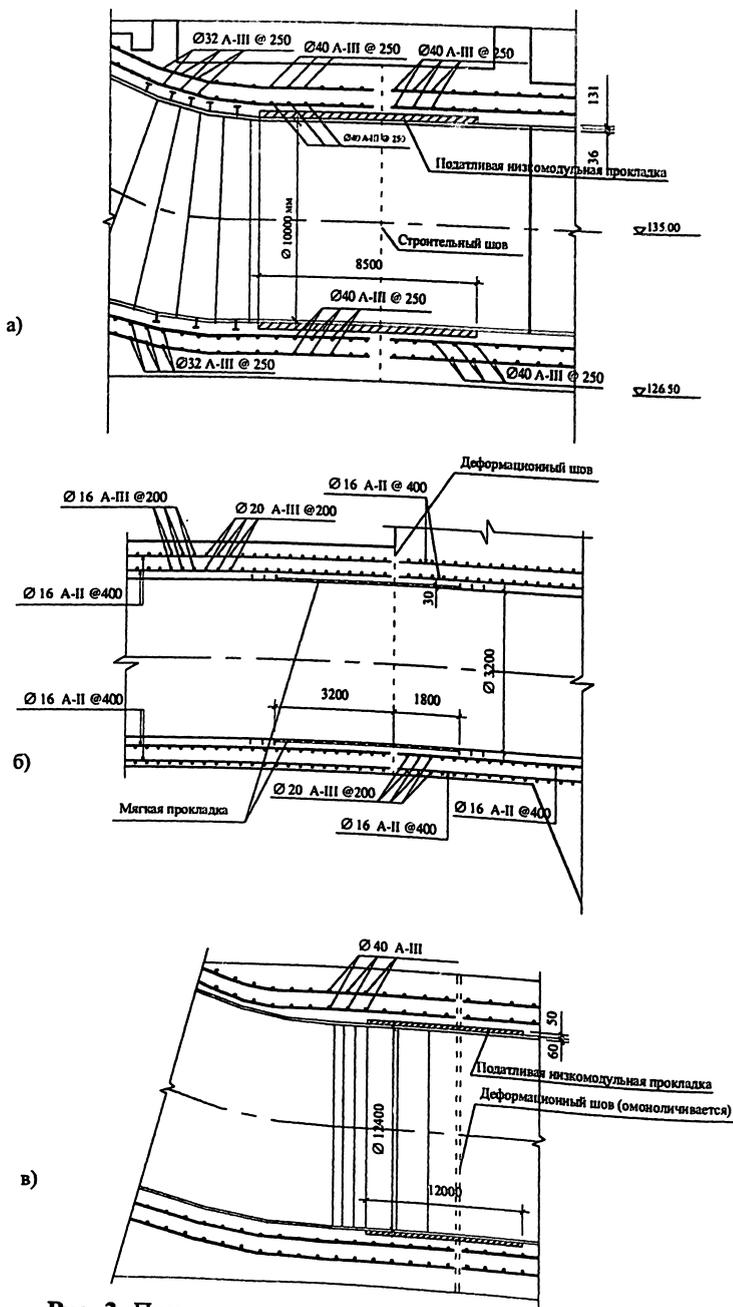


Рис. 2. Примеры конструкций компенсационного участка:
 а) Богучанской ГЭС; б) Юмагузинской ГЭС; в) ГЭС «Три ущелья» (КНР).

Схемы принципиальных расчётных вариантов для определения НДС стальной оболочки водовода на компенсационном участке при действии продольных и поперечных усилий, взаимных осадок и поворотов его торцевых сечений, а также при температурных воздействиях представлены на рис.3.

Расчётные исследования НДС на основе конечноэлементных моделей конструкций компенсационных участков, в том числе учитывающих трещинообразование и схему армирования, показали, что оно существенно зависит от соотношения длины участка и диаметра водовода, а также толщины стальной оболочки и условий закрепления оболочки по торцам данного участка.

В соответствии с ранее принятыми подходами упрощённых зависимостей аналитических методик (в частности, расчёт поперечного сечения по «котельной» формуле) на железобетонную часть, отделённую прокладкой, в случае нормальной эксплуатации нагрузка не передаётся.

Исследования численными методами показывают, что при сравнительно коротком компенсационном участке водовода усилия от внутреннего давления передаются на железобетон средней части, распространяясь от крайних зон, заделанных в массивы плотины и машзала. Таким образом, сочетание нагрузок нормального эксплуатационного случая требует расчётного армирования средней зоны компенсационного участка.

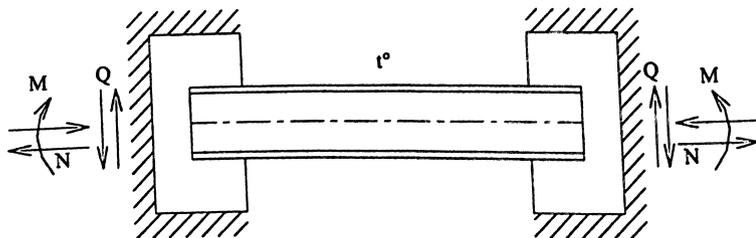
Действовавшие в период проектирования и строительства Братской, Усть-Илимской, Красноярской ГЭС нормы предусматривали отдельные расчёты внутренней стальной оболочки и железобетонной части сталежелезобетонных напорных водоводов, что соответствовало учёту аварийного действия нагрузки при возможном повреждении оболочки.

В ходе дальнейшего изменения положений нормативных документов в период тенденции к экономии материалов были приняты подходы, основанные на совместной работе металла оболочки и арматуры, одновременно находящихся в предельном состоянии при существенно различных величинах расчётных сопротивлений.

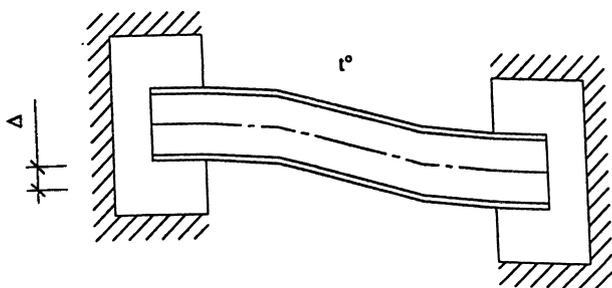
Методики ОАО «НИИЭС», разработанные в целях повышения надёжности и безопасности, предлагают учитывать аварийные ситуации путём введения в расчётные зависимости соответствующих коэффициентов и расчётных сопротивлений.

Представленные на рисунке 2 принципиальные схемы армирования были обоснованы специалистами ОАО «НИИЭС» с учётом аварийного случая.

от действующих усилий



от осадок и смещений



от взаимных поворотов

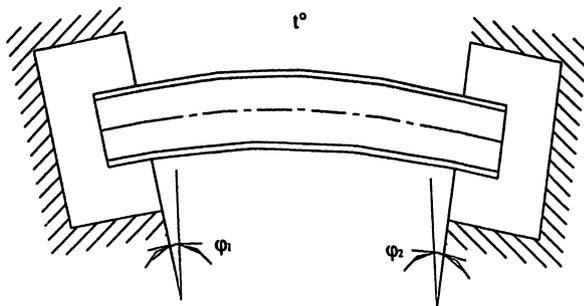


Рис. 3. Расчетная схема водовода на компенсационном участке.
Схема нагрузок и воздействий.

В ОАО «НИИЭС» была выполнена проверка проектных решений напорных водоводов Богучанской ГЭС, в том числе на компенсационном участке. Расчёты НДС проводились на основе трёхмерных и осесимметричных конечноэлементных моделей компенсационного участка. Анализ результатов показал, что разработанная конструкция удовлетворяет условиям прочности и безопасности, в том числе при учёте аварийного случая.

Конструкция компенсационного участка водоводов ГЭС «Три ущелья» (КНР) была предложена и обоснована российскими специалистами (ОАО «НИИЭС» с участием СПКТБ «Мосгидроталь») [2, 3, 4]. Китайскими специалистами были выполнены проектно-конструкторские разработки с учётом сделанных рекомендаций, реализованы в рабочих чертежах, а в настоящее время — в строительных конструкциях гидроузла «Три ущелья».

Предполагается проведение дальнейших исследований и совершенствование конструкции компенсационного участка с использованием низкомодульной прокладки. При этом планируется исследовать влияние следующих факторов:

соотношения длины участка и диаметра водовода;

толщины оболочки и прокладки;

классов бетона, арматуры и стальной оболочки;

наличия рёбер жёсткости в зонах заделки оболочки в массиве бетона и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисичкин С. Е., Рубин О. Д. Расчёт прочности напорных водоводов Богучанской ГЭС// В сб. Трудов ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 1996. т.232.
2. Рубин О. Д., Лисичкин С. Е., Николаев Б. А., Ляпин О. Б. Расчётная оценка прочности высоконапорных водоводов большого диаметра гидроузла «Три ущелья»// Гидротехническое строительство. 1999. №4.
3. Рубин О. Д., Лисичкин С. Е., Нефёдов А. В., Ляпин О. Б. О повышении безопасности напорных водоводов ГЭС «Три Ущелья» (КНР)// «Безопасность энергетических сооружений». вып. 4. М.: АО НИИЭС. 1999.
4. Рубин О. Д., Лисичкин С. Е., Николаев Б. А., Камнев Н. М. Особенности расчёта и проектирования сталежелезобетонных напорных водоводов// Гидротехническое строительство. 1999. № 1.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НИЖНЕЙ ГОЛОВЫ БАЛАКОВСКОГО ШЛЮЗА НА ОСНОВЕ НАТУРНЫХ И РАСЧЕТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

*Рубин О.Д., Ильин Ю.А., кандидаты техн. наук,
Багин В.В., инженер (ОАО «НИИЭС»)*

Шлюзы №25 и №26 Балаковского РГС расположены в районе г. Балаково Саратовской области в среднем течении р. Волги и входят в состав двухниточного шлюза Саратовской ГЭС.

В конструктивном плане нижние головы шлюзов (НГШ) выполнены из монолитного железобетона неразрезной доковой конструкции с размерами в плане 46,5х3,0 м. и шириной камеры 30,0 м. Проектный класс бетона монолитных конструкций составляет В20, сборных — В25. Под подошвами НГШ выполнена бетонная подготовка толщиной 15 см из бетона проектного класса В15. Фундаментные плиты имеют толщину 10,0 м. В устоях голов расположены водопроводные галереи системы питания шлюзов, ниши рабочих двухстворчатых ворот и ниши аварийно-ремонтных ворот. На устоях голов на отм. 30,0 м расположены железобетонные опоры автодорожного моста. Общий вид модели и конструкция фрагментов шлюза №25 показаны на рис. 1 и 2.

На отметке основания НГШ (— 1,15 м.) в естественном состоянии залегают средние суглинки, которые при подготовке основания были полностью удалены и заменены среднезернистыми песчаными грунтами, отсыпанными с послойным уплотнением. Нижний слой песчаной подушки уложен на гравелистые пески базальтового горизонта с прослоями суглинков. Боковые призмы засыпки котлована выполнены из мелкозернистого песка.

Наблюдения за поведением конструкций НГШ проводятся с начала эксплуатации. В 1969 г. было зафиксировано образование вертикальных трещин в устоях НГШ №25 и №26 на расстоянии примерно 1,8 м от опор автодорожного моста в сторону ВБ. Вертикальные магистральные трещины с шириной раскрытия 0,5 – 1,0 мм практически разделяли НГШ на два фрагмента. В августе 1970 г. была проведена цементация устоев НГШ в зоне трещин, для чего были пробурены скважины на глубину до 3,0 м, в которые был закачан раствор портландцемента марки 500 под давлением 3 атмосферы.

Для наблюдения за раскрытием магистральных трещин были установлены двух- и трёхмарочные щелемеры на отм. 30,0 м. на всех

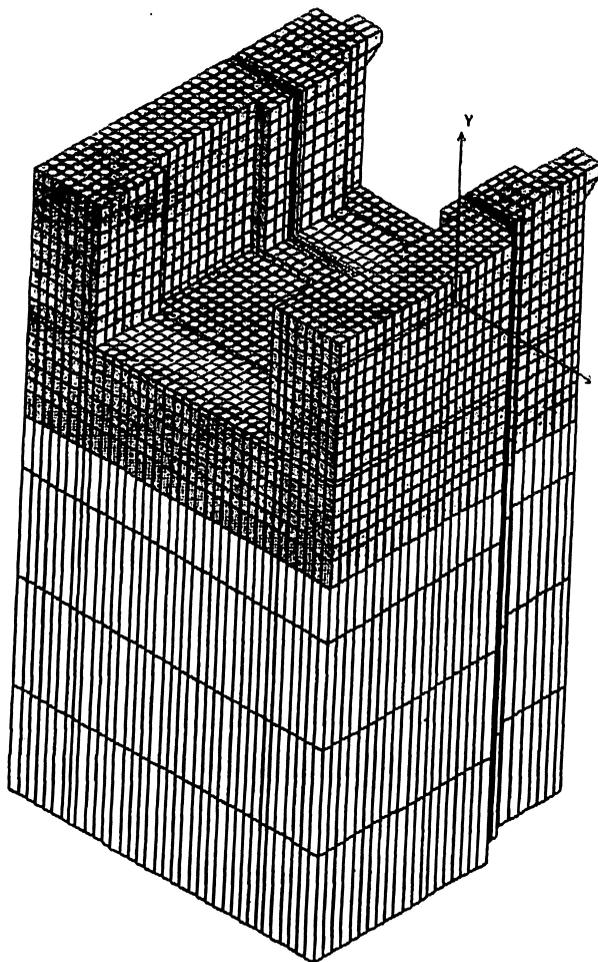
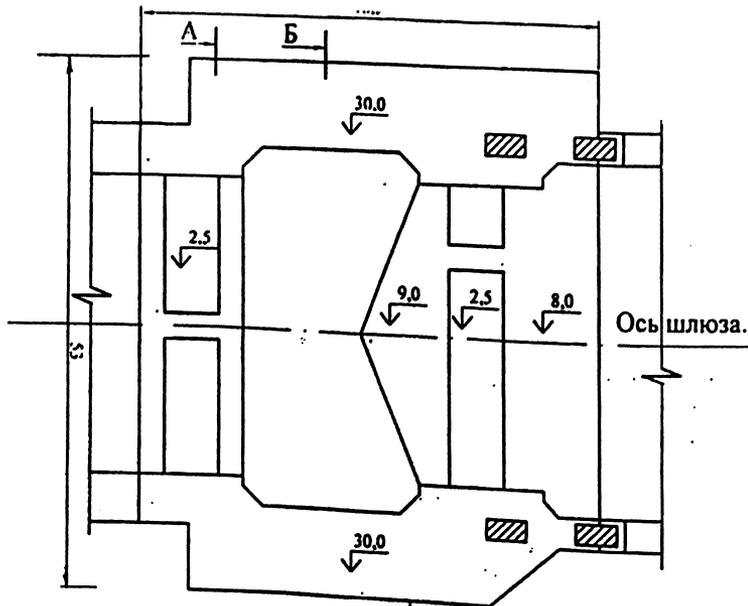
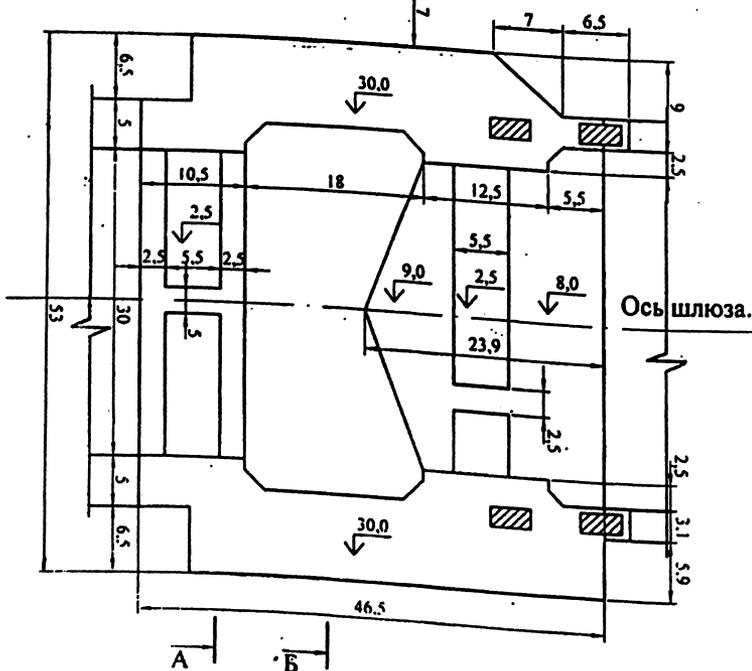


Рис. 1. Общий вид пространственной конечноэлементной модели нижней головы шлюза с фрагментом прилегающего массива грунта.

устоях НГШ. С помощью этих приборов осуществляется контроль за поведением трещин в верхней части устоев. По данным многолетних наблюдений видно, что трещины на отг. 30,0 м устоев НГШ при величине раскрытия 1,1 – 1,5 мм в зимний период летом закрываются до 0,1–0,2 м. Помимо щелемеров, на устоях НГШ были установлены высотные марки, по которым ведется наблюдение за осадками сооружения.



Шлюз № 25.



Шлюз № 26.

Рис. 2. Конструкция расчетных фрагментов сооружений, принятых в расчетах.

Для оценки состояния сооружений, в том числе для прогнозирования динамики развития магистральных трещин в устоях НГШ №25 и №26 возникла необходимость в проведении расчетных исследований на основе современных программных комплексов, которые позволяют уточнить напряжённо-деформированное состояние (НДС) сооружений НГШ и определить критерии их безопасной работы. Исследования проводились при помощи современных компьютеров на основе метода конечных элементов.

В отделе исследований сооружений и конструкций ОАО «НИИЭС» были выполнены расчеты НДС конструкций НГШ №25 и №26, которые проводились на основе серии плоских и пространственных конечноэлементных моделей системы «сооружение — окружающий массив грунта». Конечно-элементные модели учитывают фактическую схему армирования и выявленные трещины. Общий вид плоской конечноэлементной модели показан на рис. 2.1.

Пространственное распределение напряжений в сооружениях НГШ определялось на основе разработанной трехмерной конечноэлементной модели НГШ №25. В целях уменьшения объема расчётных исследований было рассмотрено одно из двух сооружений, имеющих одинаковую конструкцию — НГШ №25. В расчётной схеме были учтены все составляющие нагрузок в различных сочетаниях. Влияние же соседней конструкции (НГШ №26) определялось из решений вспомогательных задач на основе плоских конечноэлементных моделей.

Таким образом, плоские конечноэлементные модели системы «сооружение — окружающий массив грунта» разрабатывались исключительно для решения вспомогательных задач по определению взаимного влияния НГ шлюзов друг на друга при различных сочетаниях действующих нагрузок. Схема нагрузок на пространственную конечноэлементную модель, принятая в расчётах, показана на рис.3.

В рамках разработанной трёхмерной КЭ модели были приняты следующие нагрузки:

- P_1 — нагрузка от веса автодорожного моста;
- P_2 — нагрузка от веса основных ворот;
- q_b — давление воды изнутри на конструкции НГ;
- q_d — противодействие на днище НГ;
- Q — нагрузка от влияния соседнего сооружения - НГШ №26;
- $Q_{г.м}$ — давление грунта межшлюзового пространства;
- $Q_г$ — активное давление грунта на устои НГ.

Для анализа величин перемещений элементов сооружений в ходе расчетных исследований были выделены наиболее характерные контрольные точки, позволяющие получить наиболее полное представ-

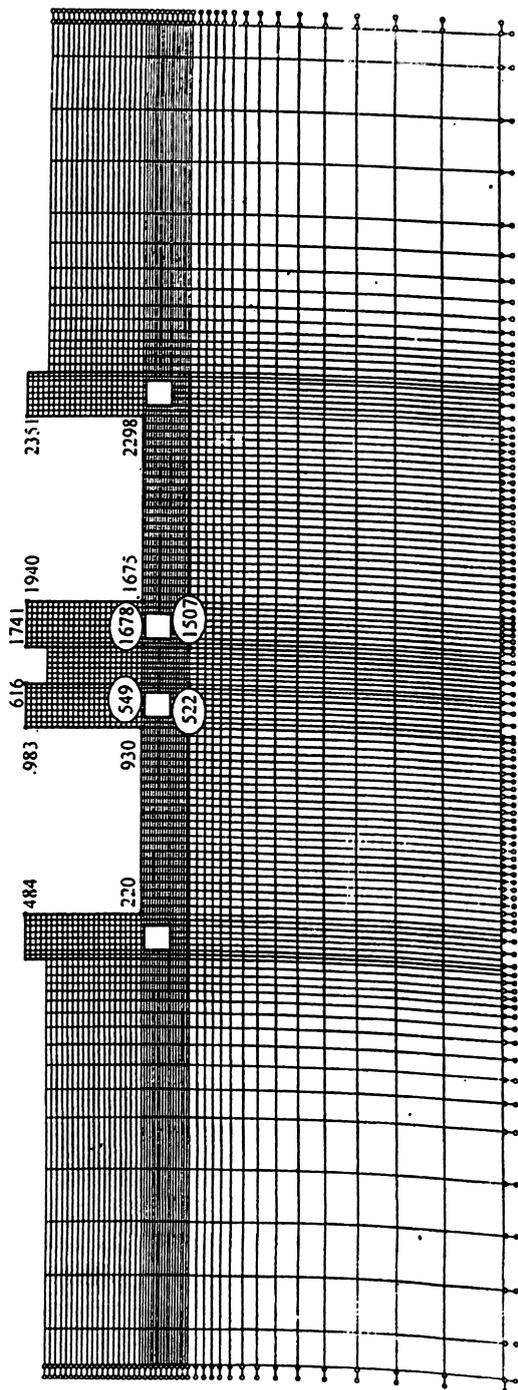


Рис.2.1. Вид плоской конечноэлементной модели расчетной системы «сооружения — окружающий массив грунта» (Сечение Б-Б)

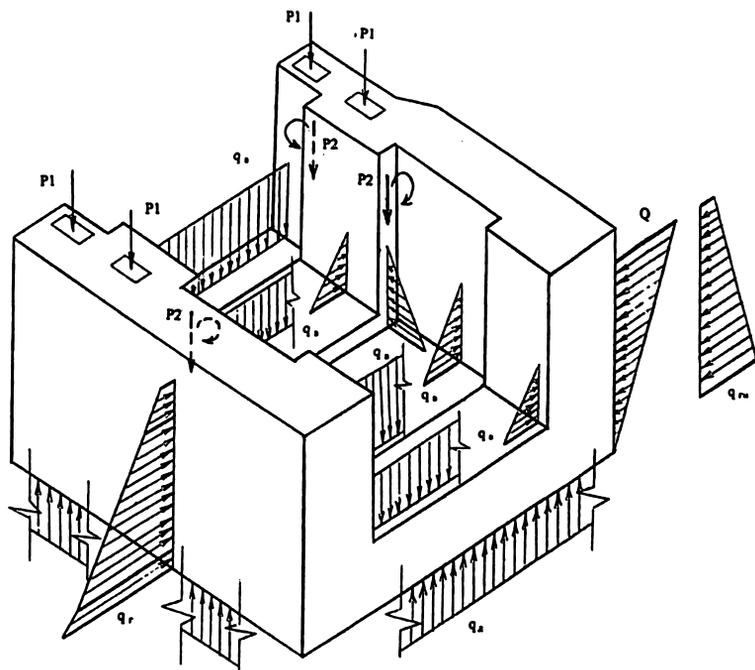


Рис. 3. Схема нагрузок на НГШ №25, принятая в расчетах.

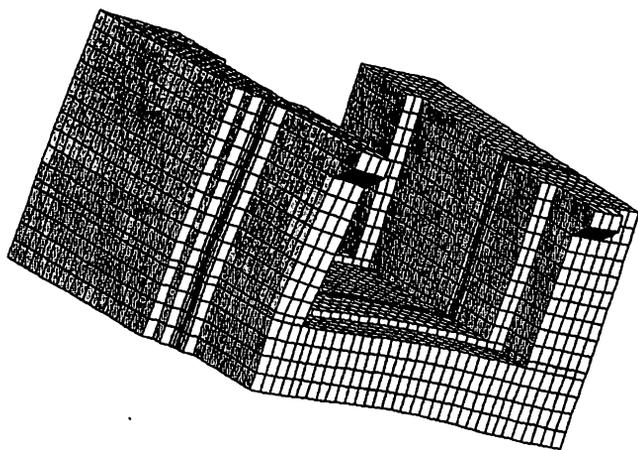


Рис. 4. Схема деформирования НГШ под действием нагрузки в момент до образования трещин. Масштаб деформирования 750:1 относительно линейных размеров.

ление о характере деформаций железобетонных конструкций НГШ. Схема расположения контрольных точек на плоских конечноэлементных моделях показана на рис.2.1. Картина деформирования НГШ №25 от действия приложенных нагрузок показана на рис.4.

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты:

установлено НДС бетона и арматуры сооружений, характер трещинообразования;

получено распределение напряжений при взаимном влиянии сооружений с учётом передачи нагрузок через грунт межшлюзового пространства;

определены величины взаимных перемещений элементов сооружений и характер деформаций элементов конструкций.

РАСЧЁТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ВЕРХНЕЙ ГОЛОВЫ (ВГ) ПАВЛОВСКОГО ШЛЮЗА

*Ильин Ю.А., кандидат техн. наук, Ивонтьев А. В., Багина Е. В.,
инженеры (ОАО «НИИЭС»)*

Многолетние натурные наблюдения за состоянием ВГ Павловского шлюза (Республика Башкортостан) показали несоответствие между проектными предпосылками в работе и реальной работой конструкции. Это обусловило необходимость проведения обследований конструкций, а также выявления причин, вызвавших такое несоответствие. Одним из элементов решения поставленной задачи являются расчетные исследования рассматриваемого сооружения с учетом данных натурных наблюдений, фактических характеристик материалов конструкций и основания, реально действующих нагрузок и воздействий, в том числе неучтенных в проекте.

Для решения поставленных вопросов в ОАО «НИИЭС» были выполнены расчетные исследования ВГ Павловского шлюза. Расчеты проводились численными методами в рамках современных вычислительных программных комплексов.

Павловский шлюз является конструкцией докового типа. Верхняя голова и секция I представляют собой неразрезную конструкцию с массивными стенками-устоями высотой 38,0 м и толщиной 9,4 м. В теле устоев верхней головы шлюза (ВГШ) выполнены водопроводные галереи, оси которых опускаются в толщу фундамент-

ной плиты до отм. 99,7 м, до оси водоводов. Галереи наполнения шлюза имеют аварийно-ремонтные затворы, расположенные на отм. 128,0 м, и рабочие затворы, расположенные на отм 98,0 м.

ВГШ имеет общее днище с секцией №1 толщиной 12 м. Отметка низа днища 93,0 м.

Запроектированная как шлюз-водосброс, конструкция ВГШ имеет стенку падения высотой 23,0 м и толщиной 6,0 м, расположенную в первой трети ВГШ. Уширенная на отм. 128,0 м до 11,5 м в сторону верхнего бьефа стенка падения служит основанием для рабочих и аварийно-ремонтных ворот. Рабочие подъемные механизмы ворот подняты на отм. 159,2 м с помощью трех арок толщиной 1,0 м, разрезанных по оси шлюза температурным швом.

Вид со стороны нижнего бьефа показан на рис. 1.

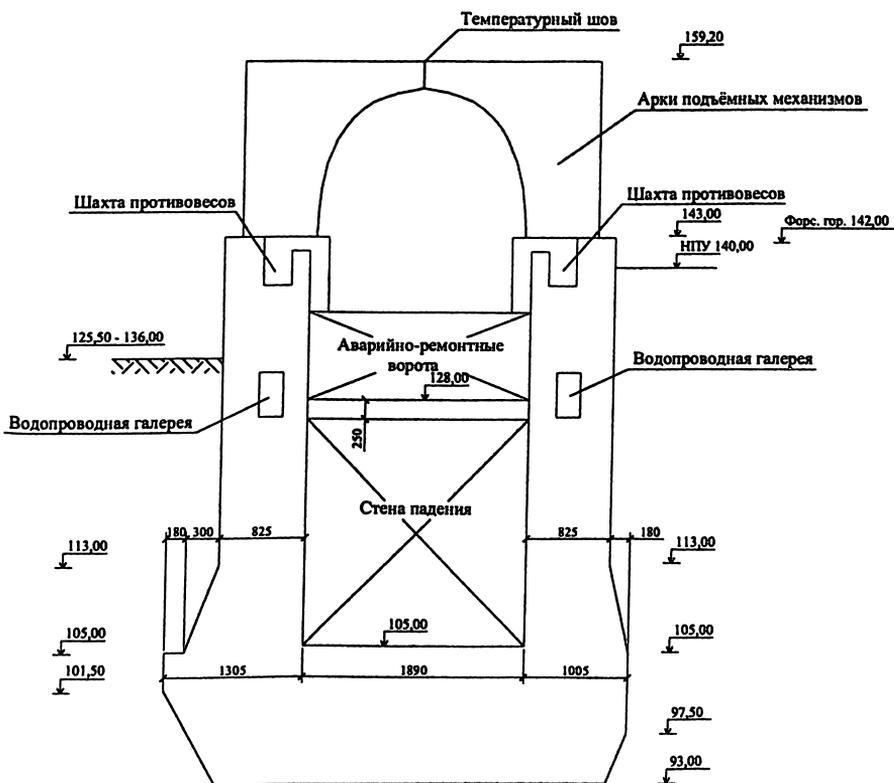


Рис. 1. Поперечный разрез по верхней голове Павловского шлюза. Вид со стороны нижнего бьефа.

Правым устоем шлюз примыкает к земляной русловой плотине. На протяжении верхней головы отметка верхового откоса грунтовой плотины изменяется от 125,5 м до 136,0 м. Со стороны левого устоя находится водохранилище. НПУ имеет отметку 140,0 м.

Конструктивными особенностями ВГШ являются:

наличие ослабленных сечений в теле устоев за счет технологических особенностей;

наличие продольного зуба с внешней стороны правого устоя на отм. 105,0 м.

Расчетные исследования конструкций ВГШ выполнены на основе плоскоприведенных конечно-элементных моделей. В плоской задаче рассматривается вся конструкция ВГШ, где с помощью толщины конечных элементов учитываются ослабления сечений конструктивных элементов, а также элементы, не имеющие протяжённый характер вдоль оси шлюза. При разработке моделей учтены конструктивные особенности шлюза:

ослабленные сечения в теле устоев заданы толщиной элементов;

смоделированы существующие арки рабочих подъемных механизмов с температурным швом;

смоделирована геометрия продольного зуба в правом устое;

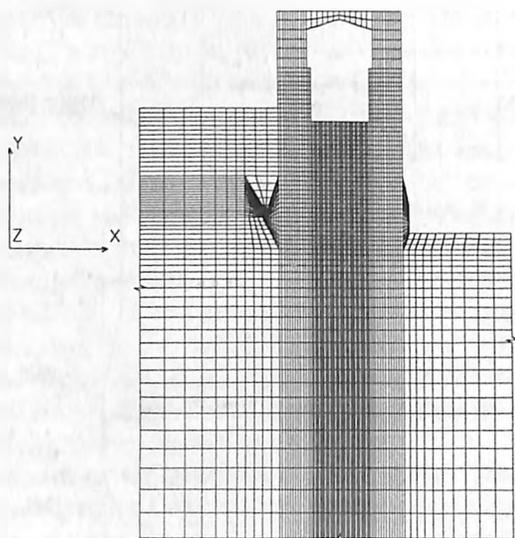


Рис. 2. Фрагмент плоскоприведённой конечно-элементной модели верхней головы Павловского шлюза.

выполнено уташение конечноэлементной сетки в зоне стенки падения для детального изучения напряженно-деформированного состояния в месте соединения стенки падения с устоями.

В математической модели был учтен фрагмент основания. Фрагмент полученной модели показан на рис. 2. Отметка поверхности основания со стороны правого устоя принята как средняя величина между отметками верхового откоса плотины по длине верхней головы.

Для выполненных расчетов рассмотрены расчетные сочетания нагрузок и воздействий в соответствии с нормами. Во всех случаях рассматривались воздействия нагрузок при давлении внутри камеры, соответствующем как уровню верхнего бьефа, так и уровню нижнего бьефа, а также при осушенной камере.

Общая схема действия нагрузок приведена на рис.3, где:

q_b — давление воды изнутри на конструкции верхней головы;

q_n — противодействие на днище ВГ;

q_n - давление воды снаружи на конструкции ВГ;

q_r — активное давление грунта на устои ВГ;

P_n — ледовая нагрузка.

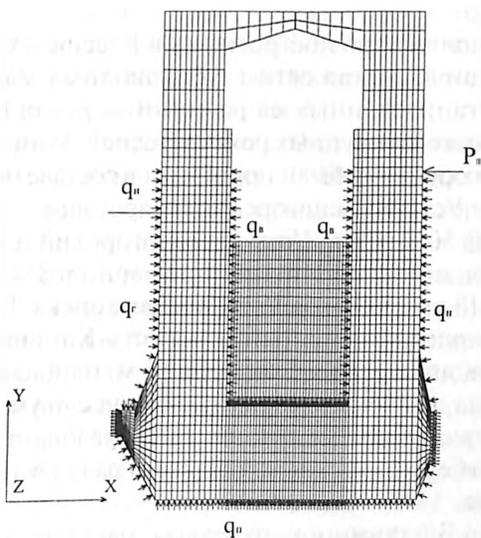


Рис. 3. Схема действия нагрузок

В расчетах учитывалась возможность наличия карстовых зон в основании сооружения. Кроме того, исследовалось влияние продольного зуба на общее напряженно-деформированное состояние верхней головы шлюза. Деформации сооружения исследовались по выбранным контрольным точкам на устоях и арках.

В результате расчетов было определено, что в летнее время сооружение деформируется в сторону правого устоя. Наличие зуба в летний период препятствует деформациям, а в зимний период увеличивает их. Общая деформация ВГШ в сторону правого устоя обусловлена, в том числе, возможностью наличия карстовых зон под этим устоем.

Результаты расчетов показали удовлетворительное согласование с данными натурных наблюдений, что подтвердило обоснованность применяемой методики исследования с использованием конечно-элементного метода расчёта конструкций.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ШЛЮЗОВЫХ СООРУЖЕНИЙ БУХТАРМИНСКОГО И УСТЬ- КАМЕНОГОРСКОГО ГИДРОУЗЛОВ

*Ильин Ю.А., Лисичкин С.Е., кандидаты техн. наук,
Ляпин О.Б., Мукашов Р.З., инженеры (ОАО «НИИЭС»)*

Значительное количество построенных в России и СНГ судоходных шлюзов входит в состав сети глубоководных магистральных водных путей, организованных на равнинных реках Европейской части России, а также на крупных реках Средней Азии. В частности, судопропускные сооружения были построены в составе инфраструктур Бухтарминского и Усть-Каменогорского гидроузлов.

Построенный в 50-х годах, Усть-Каменогорский шлюз расположен в верхнем течении реки Иртыш, примерно в 3143 километрах от устья реки и в 10 км от города Усть-Каменогорска. В своем составе гидроузел судоходных сооружений при Усть-Каменогорской ГЭС представлен высоконапорным (с напором 42 м) однокамерным шлюзом шахтного типа, имеющим верхний подход с двумя причальными стенками, нижний подходной канал, образованный частично выемкой правого берега, частично насыпью разделительной дамбы длиной 400 метров.

Строительство Бухтарминского шлюза, расположенного в юго-западной части рудного Алтая (Восточный Казахстан) на реке Иртыш, было закончено в 60-х годах. Четырехкамерный шлюз с сум-

марным максимальным напором 68,6 м, построенный на гидроузле с многолетним регулированием стока, расположен в скальной выемке правого берега реки Иртыш.

При длительной эксплуатации гидротехнических сооружений, в том числе шлюзовых сооружений, в условиях изменения характера внешних воздействий в состоянии этих сооружений и в режимах их работы возникли некоторые отклонения от принятых проектных положений. Эти отклонения зачастую вызваны различными дефектами, трещинами, разуплотнением швов, температурной коррозией бетонных поверхностей в зонах переменных уровней воды, изменением физико-механических характеристик материалов сооружений, связанных со старением, изменением характера действия нагрузок, а в отдельных случаях — изменением расчетных схем и т.д. Перечисленные выше обстоятельства обусловили необходимость проведения натурных, а также расчетных исследований с целью определения фактического состояния сооружений на настоящий период времени, оценки их пригодности к дальнейшей эксплуатации, и, при необходимости, разработки мероприятий по их усилению или ремонту.

Верхняя голова Бухтарминского шлюза выполнена с боковым забором воды через отдельное водозаборное сооружение с донными продольными водопроводными галереями. Ширина входной части водозаборного сооружения составляет 15 м. Длина сооружения — 53,8 м. Верхняя голова со стенкой падения имеет длину 36,5 м. Камеры шлюза представляют собой многосекционные конструкции, ограниченные по концам головами.

Стены камер представляют собой массивные конструкции переменной высоты сечения, за исключением речной стороны второй камеры, которая выполнена в виде контрфорсной конструкции, имеющей водосливной лоток в верхней части. Днище представляет собой двухчковую раму при толщине элементов 1 м (рис.1).

Нижняя голова шлюза оборудована двухстворчатыми воротами и имеет ширину шкафной части 12 м с короткими обходными галереями в устоях. Средние головы шлюза выполнены с подкорольным расположением водопроводных затворов. Основные расчетные элементы сооружений средних голов имеют одинаковые размеры. Промежуточные головы шлюза 2, 3, 4 и 5 (нижняя) — однотипны. Их устои соединены поверху мостами-затяжками, воспринимающими часть распора двухстворчатых ворот.

Длина второй головы 23,65 м, третьей головы — 23,65 м, четвертой головы — 27,4 м. Все четыре камеры шлюза имеют одинако-

вое конструктивное оформление (длина 100 м, ширина 18 м). У первой камеры высота стен составляет 26,4 м, у остальных камер 20,7 м. Стены разрезаны вертикальными сквозными температурными швами с шагом 10 – 12 м. Швы уплотнены резиновыми шпонками.

За береговыми стенками всех камер и за левой стенкой 2-ой камеры выполнена песчано-гравийная засыпка до отметки верха стен.

Усть-Каменогорский шлюз имеет полезную длину камеры 100 м. Камера шлюза разделена вертикальными температурно-осадочными швами на 9 секций. Нумерация секций левой (со стороны русла реки) стенки имеет четные номера, а секциям правой (береговой) стенки камеры присвоены нечетные номера. В зоне сопряжения последней, девятой секции с верховыми открывками нижней головы (участки от начала устоя до забральной стенки нижней головы) устроен температурно-осадочный шов. Необходимо отметить, что береговая стенка шлюза, до отметки 317,0 располагается на скальном основании. Выше, до отметки 337,0 м, выполнена обратная засыпка. Русловая стенка камеры шлюза до отметки 311,0 м расположена на скальном основании, выше (до отметки 337,0) стенка не имеет засыпки. По высоте камера шлюза имеет разбивку на десять слоев бетонирования высотой около 5,2 м.

Ширина шлюзовой камеры составляет 18 м (рис. 2).

Как и Бухтарминский, Усть-Каменогорский шлюз имеет боковой водозабор и продольную донную галерею с распределителями системы.

Верхняя голова имеет длину 57,5 м в нижней части и 27 м в верхней части. Конструкция устоев в нижней части представляет собой заанкерную в скале бетонную облицовку. Нижняя голова шлюза имеет забральную стенку высотой 29,4 м, расположенную на уровне отметки 307,6 м до отметки 337,0 м. Ниже стенки выполнено выходное отверстие высотой 17,0 м для пропуска судов в камеру.

Для опорожнения камеры построена специальная галерея, выполненная под монтажной площадкой здания ГЭС с выпуском воды под уровень нижнего бьефа в отводящий канал ГЭС.

Нижняя голова шлюза имеет общую длину 36 м. В верхней части стены выполнены из массивного железобетона. Обе стены связаны между собой забральной стенкой.

Геологическая характеристика грунтов в рассматриваемых створах Бухтарминского и Усть-Каменогорского шлюзов представлена преимущественно скальными породами кристаллического габбро (в створе Бухтарминского гидроузла примерно на 3 четверти площади основания). Однако в качественном отношении имеются су-

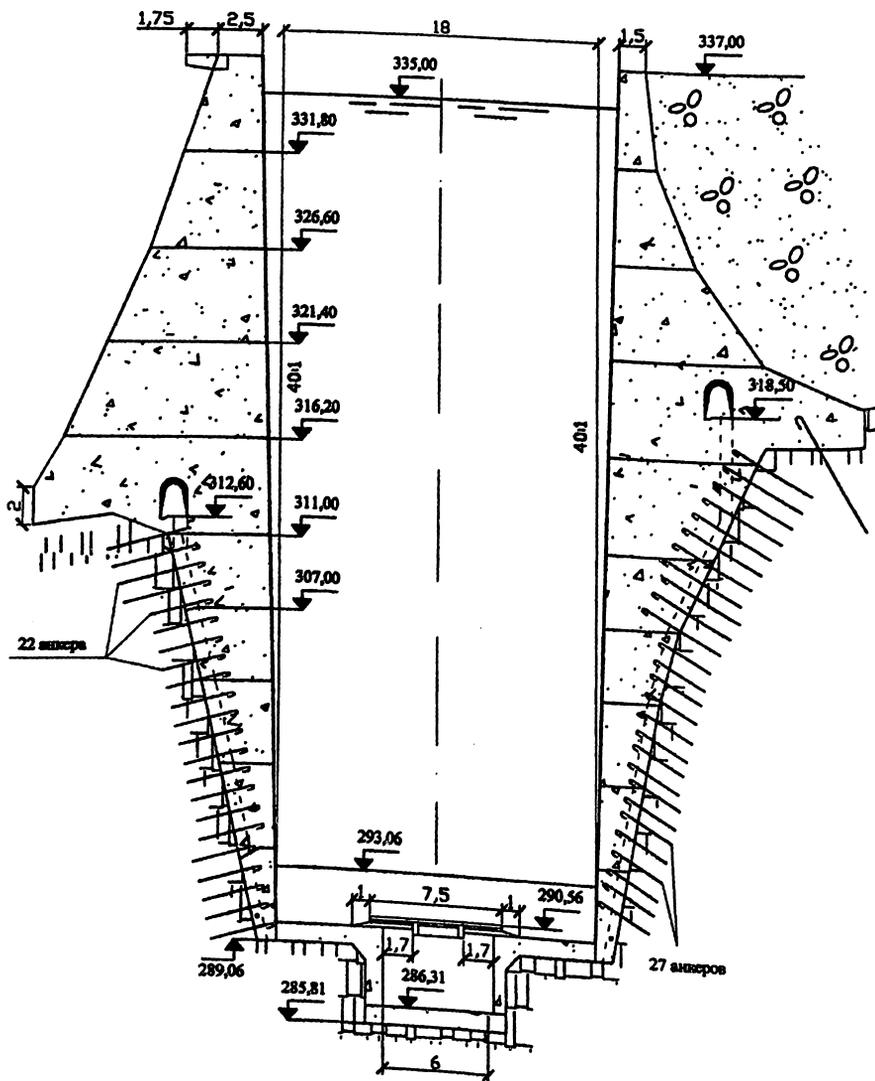


Рис. 2. Поперечный разрез камеры шлюза
Усть-Каменогорского гидроузла.

шественные различия в степени сохранности, трещиноватости слагающих пород. Береговая часть в районе расположения Усть-Каменогорского шлюза в верхнем слое представляет собой разрушенную и выветрелую породу, покрытую различными по мощности и происхождению слоями мягкого грунта, в основном речными отложениями.

Более благоприятная в геологическом плане картина наблюдается в створе Бухтарминского гидроузла, где на большей части основания породы имеют хорошую сохранность и незначительную трещиноватость. На меньшей площади основания, представленной амфиболитами, порода более рассланцована и имеет более интенсивную трещиноватость. В целом по всей длине шлюзового сооружения Бухтарминского гидроузла основания и борта котлована сложены различными типами скальных пород. Засыпка пазух камер производилась различными грунтами: камень, гравий, песок, грунт из котлована.

Речные и береговые стенки камер Усть-Каменогорского шлюза выполнены железобетонными, трапецеидального профиля с лицевой гранью, имеющей уклон 40:1.

По высоте стенки камер разбиты блоками бетонирования, разделенными горизонтальными строительными швами. Некоторые секции камеры выполнены в экспериментальном варианте с предварительно напряженной арматурой.

В пределах массива горных пород достаточной прочности (ниже поверхностной зоны интенсивного выветривания) стенки усилены анкерами.

В связи с основной особенностью статической работы голов и камер судоходных шлюзов (напор, действующий на них, передается при наполнении и опорожнении камер попеременно то на одни, то на другие части сооружения), необходимо при расчетах учитывать следующие основные случаи:

1. Нормальный эксплуатационный случай I — в камере, опороженной до минимального расчетного навигационного уровня воды, при наибольшем уровне депрессионной кривой водной поверхности в обратной засыпке или дренаже.

2. Нормальный эксплуатационный случай II — в камере, наполненной до наибольшего расчетного навигационного уровня воды при наименьшем уровне депрессионной кривой в обратной засыпке или дренаже.

3. Ремонтный случай — камера и водопроводная система шлюза полностью осушены в период ремонта оборудования или конструк-

ций, а уровень грунтовых вод находится на максимальной отметке.

Указанные уровни грунтовых вод в засыпке или дренаже, соответствующие основным сочетаниям нагрузок, представлены в таблице.

Таблица

Расчетные горизонты воды

Расчетные случаи	№ камер	Расчетный горизонт воды	
		в засыпке- УГВ	в камере
Эксплуатационный I	1	378	380,2
	2	362,6	364,8
	3	354,5-350,6	349,4
	4	335	334
Эксплуатационный II	1	378	402,6
	2	362,6	380,4
	3	354,5-350,6	365,6
	4	335	350,8
Ремонтный	1	378	
	2	362,6	
	3	354,5-350,6	
	4	336	

При проведении расчетов строительных конструкций шлюзов учитывались следующие нагрузки и воздействия:

собственный вес элементов сооружения;

давление грунта окружающего природного массива на стенки;

давление грунта засыпки пазух на стенки;

реактивное давление, возникающее при навале конструкций на скальный массив бортов или грунт засыпки, при этом учитывается упругий отпор скалы бортов и грунта засыпки;

гидростатическое давление на конструкции, обусловленное уровнями воды в камерах, также уровнями грунтовых вод;

противодавление на днище и на стенки, обусловленное уровнями грунтовых вод; (при раскрытии сквозных швов между блоками бетонирования в этих швах возникают силы противодавления, приводящие к появлению дополнительных растягивающих напряжений в арматуре стеновых конструкций);

судовые нагрузки от навала судов при подходе к сооружению и от натяжений причальных тросов;

гидродинамическое давление потока воды на перекрытия продольных галерей днища;

временные статические нагрузки, создаваемые подъемно-транспортными механизмами, временная нагрузка на пришлюзовых площадках задается с интенсивностью от 1,5 до 2 тонн на квадратный метр;

силы, вызванные объемными деформациями материала сооружения (от изменения температуры, усадки бетона и т.д.).

Характер принятых расчетных схем действия нагрузок показан на рис. 3.

В ОАО «НИИЭС» разработана и успешно применяется методика численного моделирования массивных железобетонных сооружений, имеющих строительные швы, трещины, окруженные скальным массивом, грунтами засыпки пазух и грунтами основания, имеющих различные физико-механические характеристики и пр.

В рамках данной методики на основе плоских, плоскоприведенных и трехмерных конечноэлементных моделей системы «сооружение-окружающий массив грунта» с применением современных вычислительных программных комплексов имеется возможность детального исследования конструкций сооружений и прилегающих массивов грунтового основания и засыпки с учетом фактических схем армирования, а также фактических характеристик материалов, характера действующих нагрузок и ряда других факторов.

Для определения напряженно-деформированного состояния шлюзовых сооружений Бухтарминского и Усть-Каменогорского гидроузлов были разработаны плоские, плоскоприведенные и трехмерные конечноэлементные модели. Предварительно были выделены расчетные области, которые включали в себя непосредственно железобетонные конструкции сооружений, массивы скального основания и грунта засыпки. На границах расчетной области (боковые вертикальные и нижние горизонтальные) предполагалось отсутствие горизонтальных и вертикальных перемещений. Соответствующим зонам расчетной области придавались прочностные и жесткостные характеристики, соответствующие материалам с различными свойствами.

На основе расчетных схем выделенных областей была разработана серия конечноэлементных математических моделей, соответствующих системе «сооружение — окружающий массив грунта». Вид конечноэлементных моделей камер шлюза Бухтарминского гидроузла в качестве примера представлен на рис. 4.

В конечноэлементных моделях были учтены особенности конфигурации сооружений, швы бетонирования, имеющие пониженные прочностные характеристики, фактические схемы размещения арматуры, результаты натурных наблюдений и пр.

На моделях воспроизводились зафиксированные в процессе натурных исследований трещины и раскрывшиеся швы, а также выявленные на поверхностях железобетонных конструкций дефекты и повреждения.

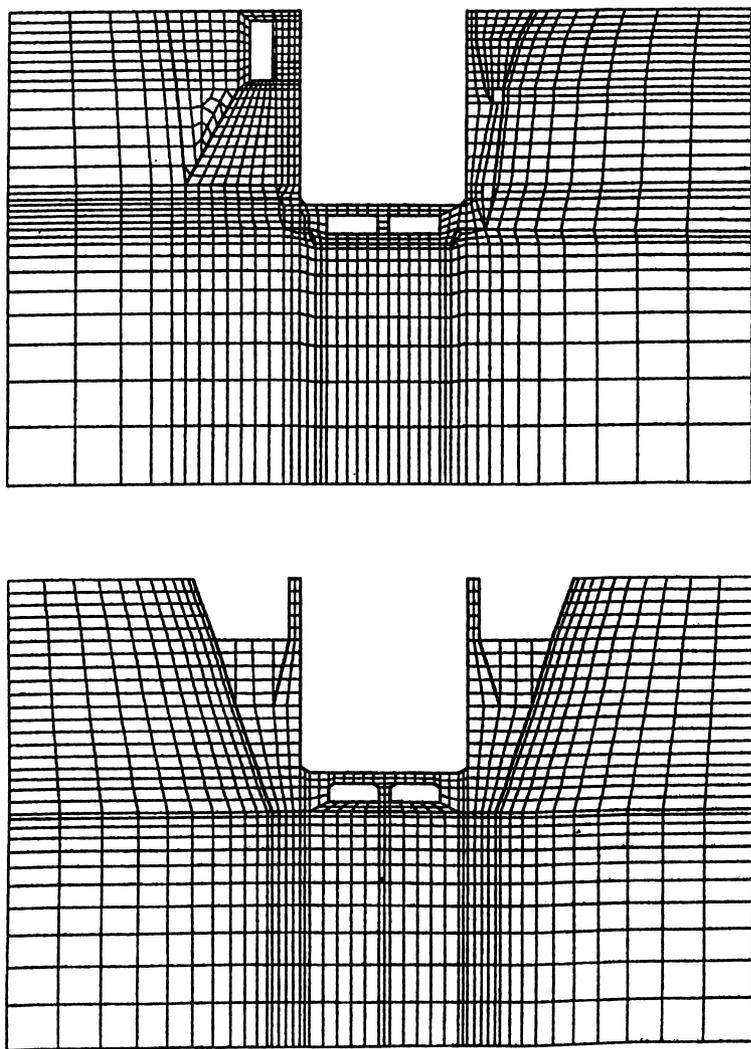


Рис. 4. Конечноэлементные модели участков 2-й и 3-й камер Бухтарминского шлюза.

Для материалов (бетона, арматуры, окружающего скального массива, грунтов засыпок) на основе полученных в ходе обследований сооружений и испытаний натуральных образцов были заданы фактические прочностные и деформативные характеристики.

Было проведено тестирование конечноэлементных моделей с целью оценки достоверности и надежности получаемых результатов. Контрольные расчеты проведены на действие собственного веса элементов сооружения. Анализ полученных результатов подтвердил достоверность применяемой методики.

Представленные на рис. 4 конечноэлементные модели разработаны в целях тщательного исследования существующего в настоящее время напряженно-деформированного состояния (НДС), оценки НДС при дальнейшей эксплуатации путем корректировки существующих моделей на основе оценки проведенных регулярных наблюдений.

Таким образом, в результате проведенных работ изучены конструктивные особенности камер Бухтарминского шлюза, характер действия нагрузок, физико-механические свойства материалов и окружающего массива грунта. Выполнен анализ данных натуральных наблюдений по сооружению, а также анализ проектных расчетов прочности и устойчивости; на основе полученных данных разработаны расчетные схемы камер шлюза, воспроизведены конечноэлементные модели систем «камера шлюза — окружающий массив грунта».

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗМЫВА СКАЛЬНОГО ГРУНТА В НИЖНИХ БЬЕФАХ ГИДРОУЗЛОВ

Салов Ф.В., инженер (ОАО «НИИЭС»)

При проектировании гидроузлов на скальном и полускальном основании сопряжение бьефов часто осуществляется по принципу отброса струи от сооружения во избежание его подмыва. С этой целью концевые сооружения водосбросов устраиваются в виде носка-трамплина. В месте падения струи возникает воронка размыва, которая должна быть расположена на соответствующем расстоянии от сооружения и ее размеры не должны быть опасными для гидроузлов. Несмотря на то, что деформационным процессам посвящено много исследований, размыв в скальных и полускальных породах, который больше всего заслуживает внимания при проектировании водосбросов на скальном и полускальном основании, изучен недостаточно [1].

Местные размывы в нижних бьефах гидроузлов являются одним из важнейших критерием при выборе оптимальных компоновок и конструкций водосбросных сооружений. Во многих случаях проводимая для разных вариантов сопоставительная оценка недостаточна и требуется надежный прогноз ожидаемых характеристик местных размывов русел.

Эти данные необходимы для расчета устойчивости основных сооружений гидроузла и береговых упоров, оценки высоты отложения бара из продуктов размыва и прогноза подтопления нижнего бьефа, приводящего к уменьшению действующего напора на ГЭС и осложняющего экологическую обстановку.

Наиболее сложный вопрос при исследовании местных размывов за сооружениями на скальном основании является выбор методики моделирования скального грунта. В настоящей работе представлен анализ существующих методик моделирования скального грунта.

Использование имеющихся в литературе многочисленных эмпирических зависимостей для расчета параметров размыва в скальных грунтах не гарантирует достоверного определения требуемых величин [1]. Исходные предпосылки этих зависимостей содержат существенные допущения и ни одной из них нельзя отдать полного предпочтения по сравнению с другими, а результаты, полученные с их помощью, разнятся. Кроме того, как правило, указанные зависимости получены в плоских условиях и для наиболее простых схем: размыв струей, движущейся параллельно дну, или струей, отброшенной с гладкого носка. Они не всегда позволяют учесть пространственные условия, сложные границы потока, геологическое строение размываемого участка и т.п. Поэтому довольно часто для оценки деформации скального русла применяется физическое моделирование.

Однако в связи со сложностью воспроизведения характеристик скального массива, влияющих на размыв (при том каких характеристиках в настоящее время достаточно достоверно еще не выяснено), экспериментальные оценки размыва весьма приблизительны. Тем не менее, они могут быть применены для сопоставления различных вариантов сопряжения бьефов.

При моделировании локального размыва в скальных грунтах существует несколько способов воспроизведения грунта [2].

Применительно к задаче размыва можно выделить три методологических подхода к моделированию: замена скального грунта несвязным грунтом, замена скального грунта связным грунтом и воспроизведение блочной структуры скального массива.

Чаще всего при моделировании скальный массив воспроизводят несвязными материалами (песок, гравий, щебень). Такой прием получил распространение как в отечественной, так и зарубежной практике. Правомерность такого способа обосновывается тем, что под действием динамических нагрузок потока происходит усталостное разрушение скального массива и его отдельности утрачивают связи. На конечной стадии размыва дно воронки, как правило, полностью покрыто продуктами разрушения скалы, причем размеры отдельных, лежащих на дне, лимитируют глубину размыва. Крупность несвязного материала, заменяющего на модели скальный массив, выбирается исходя из тех или иных условий, выполнение которых предполагает подобие глубины размыва. Часто при воспроизведении скального грунта размеры частиц несвязного материала принимаются соответствующими размерам отдельностей, на которые разбит трещинами скальный массив. Или крупность частиц на модели выбирают так, чтобы отношение неразмывающих скоростей для грунта на модели и в натуре в условиях равномерного движения равнялось масштабу скоростей при моделировании по закону гравитационного подобия.

Существуют и другие подходы к выбору размеров несвязного материала. Например, модельный грунт подбирают так, чтобы отношение его гидравлической крупности и отдельностей воспроизводимого массива равнялось масштабу скоростей.

Простота и мобильность способа оценки размыва скального грунта с использованием несвязного материала и то, что в результате эксперимента получается та воронка размыва, к которой будет стремиться размыв в натуре, определили целесообразность применения данного способа при исследованиях размыва отводящего русла для обоснования оптимального варианта сопряжения бьефов.

Этот метод был применен, например, при моделировании скального грунта во время исследований водосбросных сооружений и реке Кванзи (Ангола). Здесь при определении крупности несвязного материала на модели было принято, что размеры частиц соответствуют размерам отдельностей, на которые разбит системами трещин скальный массив [3].

Другим способом моделирования скального массива является замена его связным грунтом на модели. В качестве связного грунта на моделях используются песчано-цементные, песчано-гипсовые, песчано-глинистые и т.п. композиции. Основным из критериев для подбора материала принимается условие, чтобы отношение неразмывающих скоростей для грунта модели и в натуре равнялось масштабу

скоростей. Недостатком данного способа является отсутствие подобия неоднородности массива, невоспроизведение системы трещин и т.д. Размываемый материал на модели разрушается, главным образом, путем отрыва мелких агрегатов, не образующих бара.

При воспроизведении блочной структуры скального грунта, скальный грунт схематизируется совокупностью блоков и воспроизводится на модели бетонными параллелепипедами, уложенными вплотную к друг другу. Размеры этих параллелепипедов принимаются соответственно размерам заданных отдельностей скального массива, а их ориентация — основным системам трещин. При этом, чтобы при выпадении одной отдельности не происходило нарушение устойчивости целой области массива, зазоры между отдельностями заполняются известковым, меловым или глиняным раствором. Модель скального грунта, полученная таким образом, обеспечивает возможность существования крутых откосов и относительно малую проницаемость массива. К ее недостаткам следует отнести невозможность разрушения отдельностей на модули в процессе размыва, а также значительная трудоемкость изготовления моделей, возрастающая по мере усложнения структурнопетрологических характеристик скалы в зоне возможного размыва.

Наличие в трещинах вязкого заполнителя, изменяющего характер распространения давления — основного фактора, вызывающего разрушение скал, приводит к различию как продолжительности процесса стабилизации, так и окончательных параметров воронки размыва. В частности, на модели с заполненными трещинами высота бара существенно меньше и соответственно больше воронки размыва.

Указанный подход моделирования размывов в скальных грунтах был неоднократно применен в отечественной и зарубежной практике. Например, этот метод моделирования скалы был применен во время исследований водосбросных сооружений гидроузла Коусар на реке Хейрабад (Иран)[4]. Сопоставление натуральных размывов с лабораторными прогнозами, выполненных для ряда гидроузлов, дало вполне удовлетворительные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубинштейн Г.Л. Местные размывы скальных русел в нижних бьефах гидроузлов. Известия ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева. том 230 часть 1. Санкт-Петербург. 1997.
2. Лятхер В.М., Прудовский А.М. Гидравлическое моделирование. М.: Энергоатомиздат. 1984.

3. Гидравлические исследования и обоснование компоновки, обеспечивающей безопасную эксплуатацию водосбросных сооружений гидроузла Капанда. Научно-технический отчет /ОАО НИИЭС. М.: 1998
4. Родионов В.Б., Куприянов В.П. Организация пропуска поводков в стесненных горных условиях на гидроузле Коусар (Иран). /Безопасность энергетических сооружений. //Научно-технический и производственный сборник. Вып 4. М.:АО НИИЭС. 1999.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАШЕНИЯ ЭНЕРГИИ СБРОСНОГО ПОТОКА ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ КОМБИНИРОВАННОГО РЕЖИМА СОПРЯЖЕНИЯ БЬЕФОВ

Юрченко А.Н., кандидат техн. наук (ОАО «НИИЭС»)

Безопасность и безаварийная работа гидроузлов обеспечивается надёжностью всех сооружений, из которых наиболее ответственными и дорогостоящими являются, пожалуй, водосбросы.

Пропускаемый в нижний бьеф поток, особенно в периоды паводков и половодий, обладает огромной мощностью, сопоставимой, а иногда и превышающей мощность, вырабатываемую на ГЭС. Так, например, установленная мощность крупнейшей в России Саяно-Шушенской гидроэлектростанции составляет 6,4 млн.кВт.час, а водосбросное сооружение запроектировано на гашение энергии мощностью 20 млн.кВт. Во избежание значительных разрушений остальных сооружений гидроузла избыточную энергию стремятся погасить в пределах укрепленного участка, устраиваемого непосредственно за водосбросом таким образом, чтобы поток на склоне крепления имел скорости, сопоставимые со скоростями в естественном русле водотока.

Для эффективной диссипации значительной части кинетической энергии и равномерного распределения потока по ширине и глубине нижнего бьефа в мировой гидротехнической практике широкое распространение получили следующие схемы сопряжения бьефов [1,2]: с отбросом или свободным падением водяной струи (рис.1А,Б); организацией донного гидравлического прыжка (рис.1В); одним из видов поверхностного режима (рис.1Г); комбинацией одной или нескольких перечисленных схем.

Выбор той или иной схемы сопряжения зависит от многих факторов и, в первую очередь, от топографических и геологических условий, компоновки гидроузла, схем эксплуатации и т.д.. Наибольшее распространение, пожалуй, получила схема с организа-

цией донного гидравлического прыжка (рис. 1В). Как правило, для обеспечения затопленного типа донного прыжка необходимо устройство водобойных колодцев или стенок, которые и обеспечивают необходимую глубину потока. Донный вид прыжка достаточно полно изучен и поведение потока при таком режиме сопряжения оказывается хорошо прогнозируемым и управляемым. Также при сопряжении потока с образованием донного прыжка достигается значительная диссипация кинетической энергии потока в пределах его вальцовой зоны. Но у указанного типа сопряжения бьефов есть и свои негативные стороны, среди которых можно выделить: значительные придонные скорости потока и пульсация давления, распространяющиеся и на послепрыжковый участок;

сравнительно большие гидродинамические нагрузки, требующие устройства плит крепления значительной толщины и протяжённости;

необходимость мощных и дорогостоящих конструкций как для организации гидравлического прыжка затопленного вида (водобойный колодец, водобойная стенка, гасители различного типа), так и для обеспечения необходимой степени его затопления;

вращение в вальце гидравлического прыжка плавающих тел или льда, могущих повредить водосливную поверхность;

дно и стенки водобойного колодца подвержены абразивному разрушению при попадании в него продуктов размыва.

Наряду с донным сопряжением бьефов как в России, так и за рубежом получила распространение схема с организацией поверхностного режима (рис. 1.Г.). Для её реализации применяются конструкции плотин с носком-уступом на низовой водосливной грани. В зависимости от его высоты, глубины потока в нижнем бьефе и величины сбросного расхода могут иметь место различные виды поверхностного режима течения. Такая форма сопряжения обладает рядом преимуществ:

транзитный поток проходит у поверхности с минимальными придонными скоростями;

за плотинами указанного вида возможно устройство облегчённого крепления;

через отверстия, в которых расположен уступ, возможен беспрепятственный пропуск льда, плавающего мусора и т.д.

Но у плотин подобного типа необходимо отметить и следующие недостатки:

для создания гидравлического прыжка поверхностного вида, как правило, возникает необходимость в относительно большей глубине потока;

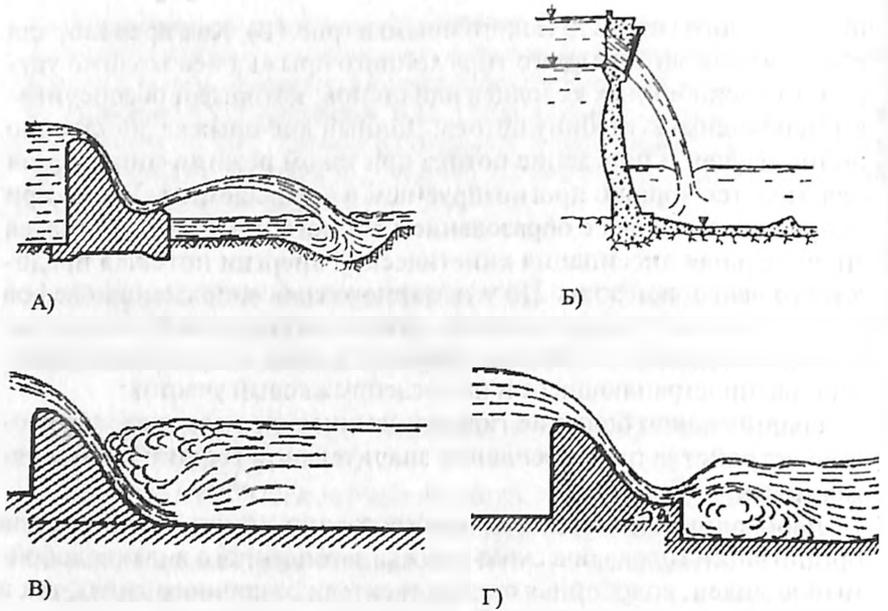


Рис. 1. Типы водосбросных плотин, обеспечивающих основные виды сопряжения бьефов: отбросом струи (А); свободнопадающей струей (Б); донным гидравлическим прыжком (В); поверхностным типом гидравлического прыжка (Г.)

использование гасителей энергии для плотин с уступом практически оказывается мало эффективным;

распределение транзитной струи по глубине потока, происходящее на значительном протяжении нижнего бьефа, сопровождается существенными колебаниями свободной поверхности (так называемая «раскачка бьефов»), способствующими обрушению береговых откосов и весьма негативно сказывающимися на работе ГЭС.

Более благоприятные условия сопряжения бьефов могут быть достигнуты при комбинации донного и поверхностного режимов сопряжения бьефов на едином водобое. Это осуществимо, когда в пределах одного водосброса располагаются как пролёты с носком-уступом на низовой грани водослива, так и пролёты с донным сопряжением водосливной поверхности с поверхностью плиты водобоя (рис.2). В условиях многопролётной конструкции водосброса возможно также чередование отверстий с уступом и без последнего через один пролёт или по схеме «два через два». При четырёхпролёт-

ном водопропускном сооружении возможно расположение уступов по центру водосброса (рис.3), а отверстия с донным сопряжением с водобоем — по обоим краям водосброса (у береговых устоев).

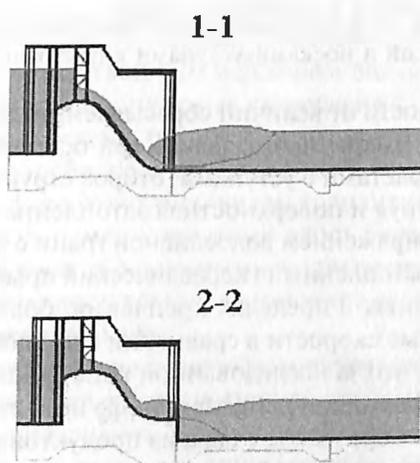
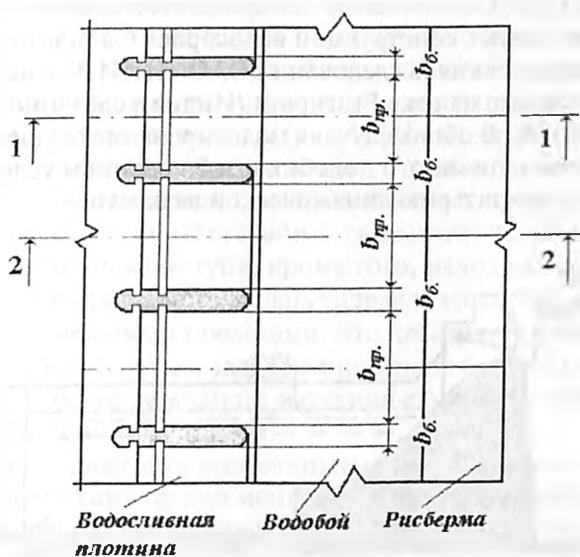


Рис. 2. План водосбросной плотины исследуемого типа и разрезы по ней.

Экспериментальные исследования водосбросного сооружения подобной конструкции были проведены в гидравлической лаборатории кафедры гидротехнических сооружений МГУП на модели водосброса Сурского гидроузла (р. Сура), выполненного в масштабе 1:70 (рис.2) [3]. Обстоятельные исследования и сравнительная оценка работы различных конструкций водосброса были выполнены в отделе гидравлических исследований ОАО «НИИЭС» на модели гидроузла Котешвар на реке Бхагирати (Индия), сделанной в масштабе 1:80 (рис.3) [4]. В обоих случаях моделирование осуществлялось по закону гравитационного подобия с соблюдением условия автомодельности по критерию динамической вязкости.

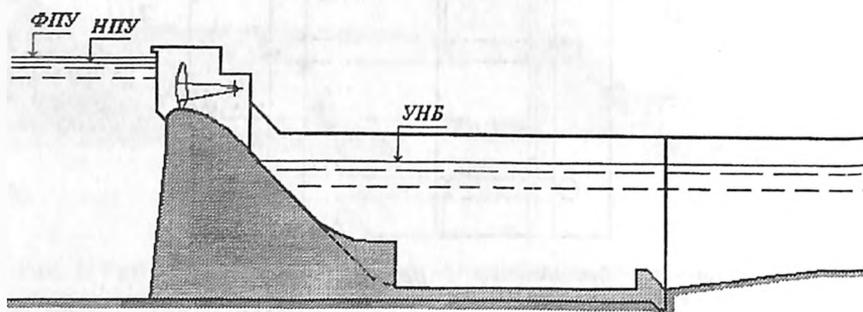


Рис. 3. Разрез по водосбросной плотине гидроузла Котешвар с водобойной стенкой и носками-уступами в центральной части водослива.

В зависимости от величин сбрасываемого расхода и глубин потока в нижнем бьефе, наблюдалось три основных типа сопряжения бьефов за пролётами с уступами: отброс струи, поверхностная незатопленная струя и поверхностная затопленная струя. За пролётами с донным сопряжением водосливной грани с поверхностью водобоя наблюдался затопленный гидравлический прыжок. В эпюрах скоростей, измеренных в пределах крепления, большие значения имели поверхностные скорости в сравнении с придонными [3]. Необходимо отметить, что за исследованной конструкцией водосброса существенных деформаций в нижнем бьефе не было, а соответственно не происходило образования бара из продуктов размыва [4].

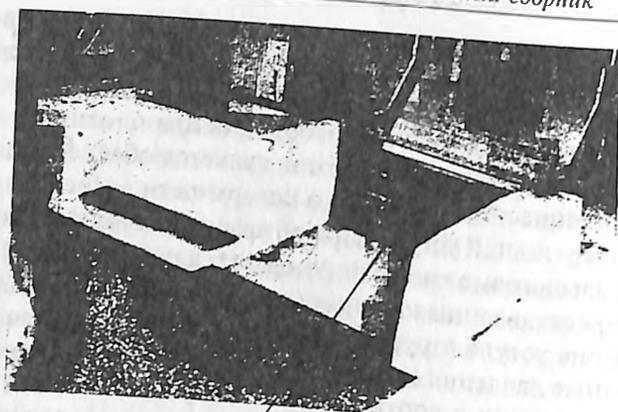
Колебания свободной поверхности в нижнем бьефе, возникающие при сбросе потока повышенной турбулентности, оказывают негативное влияние на устойчивость откосов отводящего канала и берега водотока, а также на эксплуатационные режимы гидроэлектростанции. Согласно результатам исследований [4], волнение

при использовании конструкции указанного типа было сравнительно небольшим и не распространялось на значительное расстояние за пределы креплёного участка.

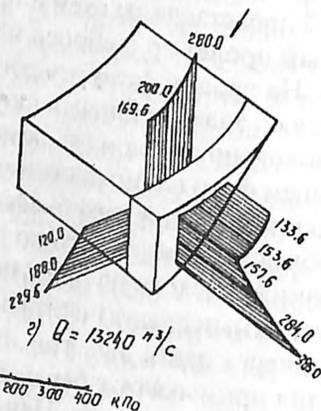
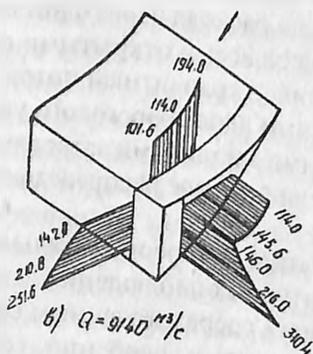
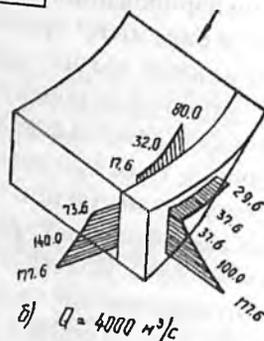
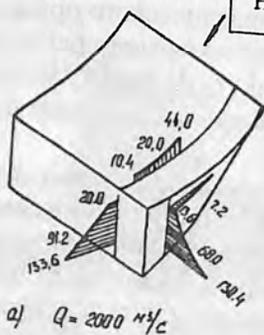
Одним из весьма важных требований для плотины с уступом, устраиваемым в части из пролётов, является обеспечение кавитационной безопасности не только поверхности водослива, но и боковых поверхностей уступа. При обтекании их высокоскоростным потоком здесь возможно возникновение кавитационных факелов. Анализ представленных данных (рис.4) [4] свидетельствует о том, что в районе уступа отсутствуют зоны с отрывными течениями, а осреднённые давления имеют положительные значения и изменяются практически в соответствии с гидростатическим законом. Боковые стенки носка-уступа, кроме того, находятся в зоне действия сильно аэрированного вальца гидравлического прыжка, возникающего за смежными пролётами. Это позволяет предположить, что кавитационная эрозия здесь возникать не будет. Однако этот вопрос требует более детального изучения с проведением исследований на кавитационном стенде.

Как правило, даже при всех открытых водосбросных отверстиях, поток имеет существенно меньшую ширину, чем русло в нижнем бьефе. Соответственно при большей пространственности потока, то есть когда осуществляется подъём лишь части затворов, возможно возникновение такого опасного, а подчас и недопустимого явления, как сбойность потока. Поэтому при эксплуатации любого водосброса существенным фактором является схема пропуска расхода через водопропускные сооружения гидроузла. Так, на рис. 5 представлены схемы пропуска расхода через один правобережный пролёт водосброса и схема со всеми открытыми отверстиями. На первом фото отчётливо виден транзитный поток, движущийся со значительными скоростями вдоль берегового устоя, а также водоворотная зона за остальными закрытыми затворами. На следующем фото видно достаточно равномерное распределение потока по ширине нижнего бьефа.

Необходимо сказать, что по результатам экспериментальных исследований и исходя из практики натуральных наблюдений заведомо недопустимыми следует считать схемы с сосредоточенным сбросом расхода через одно, два, три и т.д. пролёта и, особенно, если эти отверстия примыкают к береговому устою или разделительному устою гидроэлектростанции. Наиболее благоприятные условия протекания потока наблюдались, как правило, при рассредоточенных схемах пропуска расхода и равномерном частичном или полном от-



Носок-уступ.



0 100 200 300 400 кПа

Рис. 4. Распределение пьезометрических давлений на носок при пропуске разных расходов.

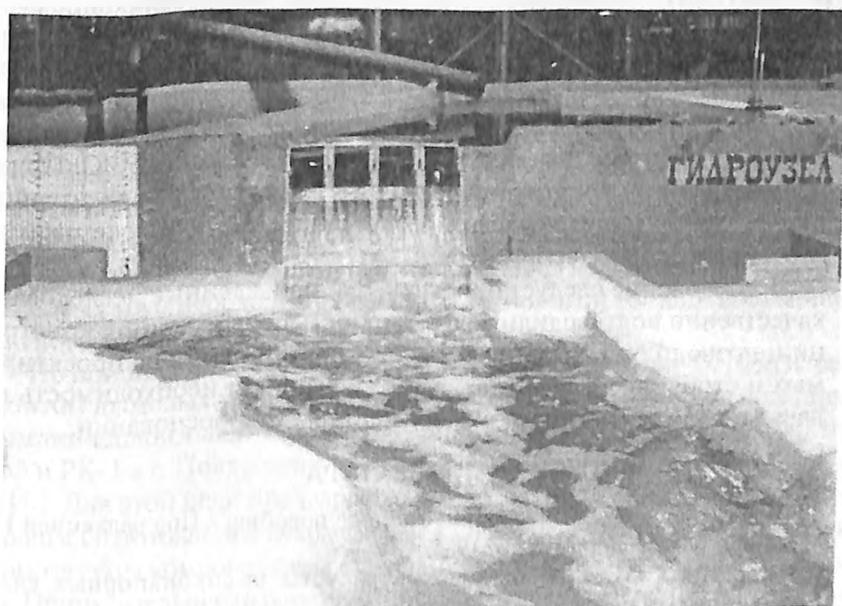


Рис. 5. Пропуск расхода $Q=2285 \text{ м}^3/\text{с}$ через крайний правый пролет (вверху) и расхода $Q=9140 \text{ м}^3/\text{с}$ через все отверстия водосливной плотины с водобойным колодцем и носком-уступом в центральной части.

крытии водопропускных отверстий [3]. Весьма качественное распределение потока и приемлемое гашение его энергии будет достигаться, по-видимому, при балансе расходов через отверстия с уступами и без последних, как 50%х50%. Но даже при несимметричных схемах пропуска эксплуатационных расходов, при работе конструкции с комбинацией донного и поверхностного режимов сопряжения, опасных сбойных течений отмечено не было [3, 4].

Таким образом, исследованная конструкция позволяет осуществлять более качественное гашение кинетической энергии за счёт встречного вращения вальцов поверхностного и донного гидравлических прыжков. В ней сохраняются отдельные достоинства как донного, так и поверхностного режимов сопряжения. Также за счёт более интенсивной диссипации значительной части энергии потока за пределами участка сопряжения он имеет меньшую степень турбулентности, в результате чего сокращается длина необходимого крепления за водосбросом, величина гидродинамических нагрузок на плиты крепления, а следовательно, и их толщина. Соответственно происходит снижение размывающей способности потока, о чём свидетельствуют сравнительно небольшие и не представляющие существенной опасности для устойчивости сооружения размывы за пределами укрепленного участка. Колебания свободной поверхности при пропуске расходов через водосброс исследуемого вида не представляли опасности как для устойчивости откосов отводящего канала и берегов водотока, так и для режимов эксплуатации ГЭС. Применение подобной конструкции позволяет также снять ряд ограничений в схемах маневрирования затворами при пропуске расходов через водосбросное сооружение.

В заключение следует отметить, что проведённые исследования качественно подтвердили эффективность предложенной конструкции, позволили рекомендовать её для применения на проектируемых и строящихся объектах, а также выявили необходимость в её дальнейшем расчётном и экспериментальном обосновании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидротехнические сооружения: Учебное пособие. / Под редакцией Н.П. Розанова. М.: Агропромиздат. 1985.
2. Слиссский С.М. Гидравлические расчёты высоконапорных гидротехнических сооружений. М.: Энергия. 1979.
3. Юрченко А.Н. Сравнительная оценка гидравлических режимов для двух конструкций водосливной поверхности с водобоем. Материалы научнотехнической конференции МГУП. М. 1998.
4. Гидравлические исследования водопропускных сооружений гидроузла Котешвар (Индия). Научно-технический отчёт./ НИИЭС. М. 1993.

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ САМОВСПЕНИВАЮЩЕЙСЯ НЕГОРЮЧЕЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ КОНСИЛ НА ДЫМОВЫХ ТРУБАХ В СЕВЕРНЫХ РАЙОНАХ РОССИИ

Затворницкая А. О., инженер (ОАО «НИИЭС»)

Одним из наиболее распространенных дефектов в процессе эксплуатации дымовых труб является частичное нарушение или полное разрушение теплоизоляции. Обычно применяемая в дымовых трубах теплоизоляция из минераловатных матов при попадании в нее конденсата дымовых газов разрушается и превращается в пыль в течение 10 – 15 лет, теплоизоляция из пенополиуретана выходит из строя уже через 2 – 3 года.

В дальнейшем это приводит к ухудшению тепловлажностного состояния бетона ствола и футеровки, развитию трещин в футеровке и бетоне, коррозии арматуры железобетонного ствола.

Разработанный в Отделе исследований сооружений и материалов ОАО «НИИЭС» теплоизоляционный материал КОНСИЛ отвечает требованиям, предъявляемым к теплоизоляции дымовых труб. Это — долговечность (сохранение структуры) в течение 15–20 лет, стойкость в парах кислот, водопоглощение 16–20%, средняя плотность — 150–400 кг/м³, теплопроводность — 0,06–0,11 Вт/м²К, негорючесть — «НГ» по ГОСТ 12.1.044-89, прочность на сжатие — до 6 МПа, на растяжение — до 0,4 – 0,6 МПа, возможность изготовления как в сборном, так и в монолитном вариантах, а также высокая технологичность при ремонтных работах по замене теплоизоляции дымовых труб.

Однако для широкого внедрения КОНСИЛ в области ремонтов дымовых труб необходима отработка технологии выполнения монолитного варианта теплоизоляции.

По инициативе АОЗТ «Корта», занимающейся строительством и ремонтом дымовых труб, было принято решение выполнить опытные участки теплоизоляции ремонтируемых труб на РК-4 в г. Новый Уренгой и РК-1 в г. Полярный Мурманской области с применением КОНСИЛ. Для этой цели предварительно отработывалась дозировка и технология изготовления сухих смесей КОНСИЛ. Оптимальная тонкость помола сухих компонентов составила 2,5 – 3 тыс. см²/г (по прибору ПСХ-2). Принудительное перемешивание составляющих в лопастном смесителе в течение 15 мин. обеспечило гомогенность сухой смеси. Было подобрано оптимальное соотношение сухой и жидкой составляющих 1:0,6, обеспечивающее кратность вспенивания 8 – 10 при температуре 18 – 20°С с инкубационным периодом в пределах 20 минут.

Сухие смеси КОНСИЛ были изготовлены в лаборатории ОАО «НИИЭС» из исходных сырьевых материалов АО «Стройэволюция» и отдо- зированы в 3-слойные полиэтиленовые мешки по 15 кг в каждый.

Опытные работы по изготовлению и укладке КОНСИЛ в дефек- тные зоны теплоизоляции за кирпичную футеровку дымовой трубы на РК-4 г. Новый Уренгой проводились с 27 по 30 августа 2001 года.

Дымовая труба высотой 90 м и диаметром выходного отверстия 4 м состоит из железобетонного ствола, кирпичной футеровки с ан- тикоррозионной обмазкой и теплоизоляционного слоя толщиной 5 – 9 см (минвата и пеноизол), имеющего значительные зоны местного разрушения (рис. 1). Средняя температура отводящих газов РК-4, ра- ботающей на газе (метан), составляет 80 – 100°С.

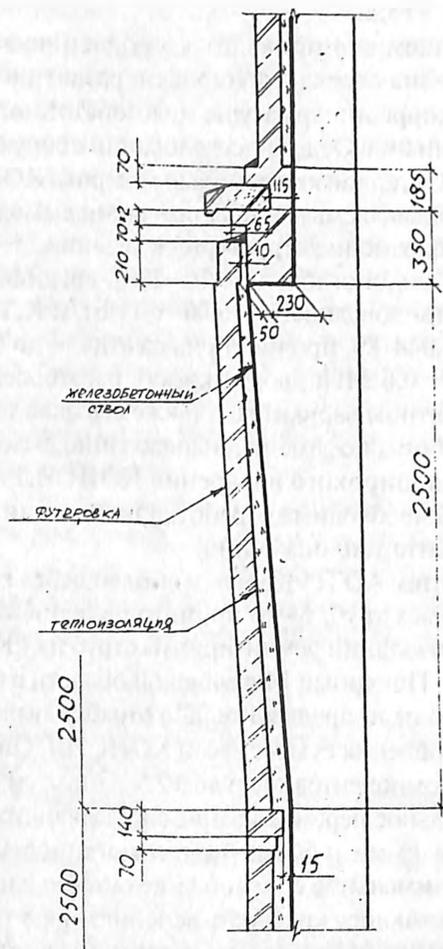


Рис. 1. Конструкция ствола дымовой трубы.

В зонах дефектов через 3 – 4 м по периметру были вырублены отверстия размером 10x10 см, через которые производилась заливка КОНСИЛ. В помещении нижней части трубы в условиях производства работ были проведены корректировки соотношения составляющих сухой смеси и жидкого компонента с учетом конкретных условий, в том числе температуры окружающего воздуха, которая в период с 27 по 30 августа составляла $+12 - +14^{\circ}\text{C}$. Жидкие смеси КОНСИЛ замешивались в бачке с помощью ручной дрели с насадкой непосредственно на передвижной монтажной площадке (рис. 2) и заливались через лоток поочередно в 4 отверстия опытных участков на отметках 40 и 50 м. В зоны дефектов было уложено $0,6 \text{ м}^3$ готового КОНСИЛ. В соответствии с требованиями производства подобранная смесь вспенивалась в течение 5 – 10 минут с кратностью не менее 10 раз. При этом она обволакивала остатки намокшей и слежавшейся минваты и пеноизола, заполняя собой трещины в футеровке и труднодоступные полости, в том числе под слезняковым поясом. Простота технологии приготовления и укладки КОНСИЛ, отмеченная ремонтниками, позволила им продолжить ремонт дефектных зон теплоизоляции самостоятельно. Всего на данном объекте было уложено 10 м^3 готового материала.

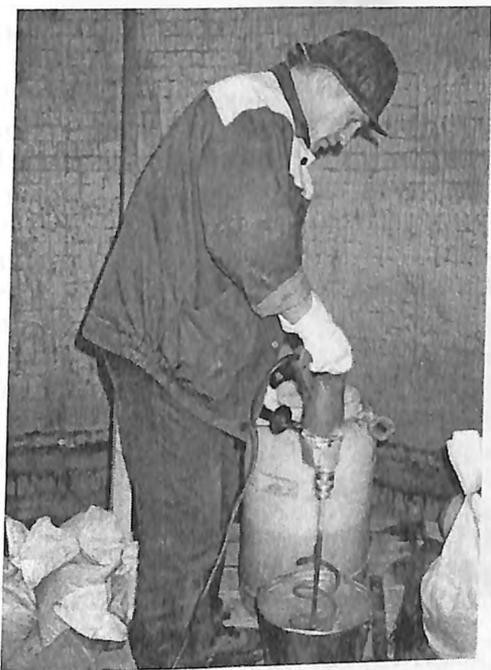


Рис. 2.

Следующим объектом опытного внедрения КОНСИЛа была труба на РК-1 г. Полярный Мурманской обл. (рис.3). Дымовая труба имеет высоту 120 м и диаметр выходного отверстия 3,75, состоит из железобетонного ствола, кирпичной футеровки и оставленной полости на всю высоту трубы для выполнения теплоизоляции толщиной 10 – 15 см. В кирпичной кладке нижней части трубы были вырублены отверстия размером 15–20 см для опытной заливки КОНСИЛ. Процесс укладки теплоизоляции производился аналогично предыдущему, однако при пониженной температуре в трубе и наружного воздуха $+2 - +4^{\circ}\text{C}$.

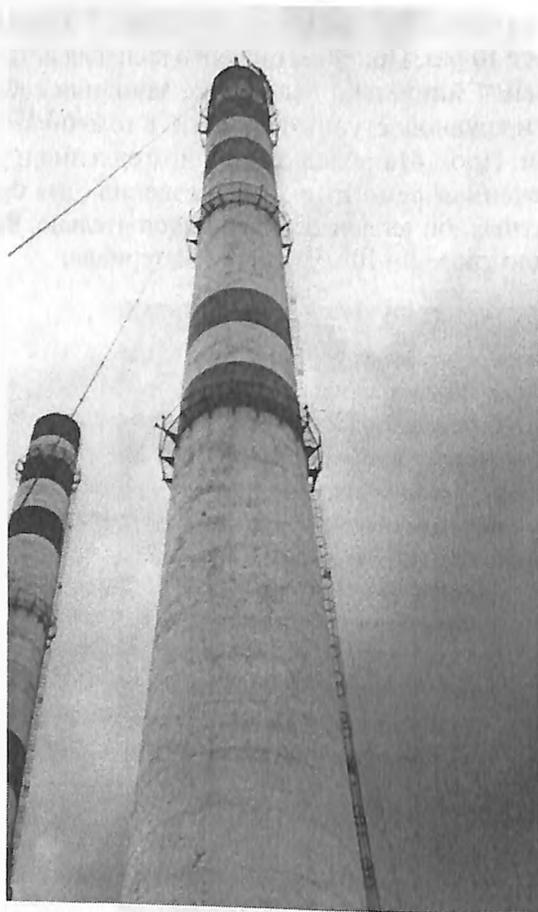


Рис. 3.

В ТУ на сухие строительные смеси для производства КОНСИЛ не была предусмотрена технология изготовления теплоизоляции при столь низких температурах окружающего воздуха. Прохождение реакции с газообразованием, сопровождающей процесс вспенивания и отверждения КОНСИЛ, как и другие химические реакции, значительно замедляется при снижении температуры среды. Поэтому сотрудниками ОАО «НИИЭС» была произведена дополнительная корректировка соотношения компонентов смеси и технологии их введения, в результате чего были достигнуты требуемые характеристики КОНСИЛ при укладке. 26 сентября 2001 г. при выполнении опытных работ было уложено 0,8 м³ теплоизоляции. Затем в течение октября бригадой ремонтников было уложено еще 10 м³ смеси при более низких температурах (-2 ... -6°С).

На обоих объектах производился отбор контрольных проб с определением кратности, скорости вспенивания смеси, а также средней плотности готового КОНСИЛ. Результаты исследования образцов на месте показали, что материал соответствует требованиям ТУ: кратность вспенивания — 8–10 раз, средняя плотность — 180–200 т/м³.

В результате проведения опытных работ на дымовых трубах установлено:

1. Предложенная и откорректированная на месте технология монолитной укладки КОНСИЛ показала ее эффективность при ремонте и выполнении теплоизоляции в дымовых трубах.
2. Разработанные составы и сухие смеси обеспечивают требуемые физико-механические свойства теплоизоляции согласно ТУ.
3. Технология приготовления и заливки позволяет вести работы при температуре +4...+2°С наружного воздуха и ниже.
4. Ввиду высокой адгезии к бетону, футеровке и другим материалам и способности, вспениваясь, вбирать в себя остатки дефектной теплоизоляции и строительный мусор, КОНСИЛ не требует специальной подготовки ремонтируемой заполняемой полости и удаления остатков сохранный теплоизоляции.
5. Опыты показали, что при высокой пластичности смеси и вспенивании обеспечивается эффект заполнения труднодоступных зон и выявляемых трещин в бетоне и футеровке при ремонте дымовых труб.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Затворническая Т.А., Рубин О. Д., Ильин Ю. А., Талденкова Е. Н., Кузьмин В. Н., Букреев Н. А. Опыт применения негорючей теплоизоляции КОНСИЛ на кровле машзала Курской АЭС. /Научно-технический и производственный сборник БЭС ОАО «НИИЭС». М. 2000. Вып. 6.
2. СНиП II-3-79* изд. 1995 г. Строительная теплотехника.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «РАБОЧЕЕ МЕСТО ИНЖЕНЕРА-СМОТРИТЕЛЯ ТЭС»

Панова Н.М., инженер (ОАО «НИИЭС»)

Надзор за безопасностью многочисленных зданий и сооружений тепловых электростанций осуществляется, в основном, путем проведения систематических визуальных и комиссионных обследований (весенних, осенних), периодических освидетельствований и т.д.

Эти обследования выполняются, как правило, инженерами-смотрителями ТЭС, специально созданными комиссиями или специализированными организациями. При любом виде обследования ведение документации возлагается на инженеров-смотрителей. Кроме того, инженер-смотритель ведет паспорта зданий и сооружений, вовремя вносит в них изменения, следит за тем, чтобы все документы были сделаны по формам, соответствующим требованиям нормативных документов.

ОАО «НИИЭС» совместно с ОАО «Фирма ОРГРЭС» разработала компьютерную систему контроля за состоянием строительных конструкций зданий и сооружений тепловых электростанций. Эта система обладает широкими возможностями и имеет блочную структуру. Один из блоков этой системы после определенной доработки был использован для создания компьютерной системы более узкого назначения — «Рабочее место инженера-смотрителя ТЭС».

Применение разработанной системы, с одной стороны, поднимает наблюдения за состоянием строительных конструкций на новый современный уровень с применением компьютерных технологий, а, с другой стороны, освобождает инженера-смотрителя от основной части рутинной бумажной работы, которую он ведет в течение года.

Компьютерная система «Рабочее место инженера-смотрителя ТЭС» состоит из базы данных и программной оболочки, обеспечивающей функциональные возможности системы.

Блок-схема баз данных, входящих в систему, приведена на рис. 1.

База данных об объекте обследования содержит информацию о типе обследуемого объекта, конструкциях, из которых этот объект состоит, элементах и узлах, входящих в конкретный тип конструкций. Здесь же содержатся справочные данные о материалах конструкций, нормативных документах и др. На каждое здание и сооружение заполняется паспорт, в котором содержатся электронные чертежи самих зданий и его элементов.

Хранимая информация в этой базе данных позволяет определить любой элемент обследования, в котором обнаружен дефект.



Рис. 1.

Программная оболочка обеспечивает вход в базу данных «Обследования» с выбранным объектом обследования. В этой базе данных хранится информация о видах обследования, о типах и паспортах приборов, использованных при проведении инструментальных наблюдений, обнаруженных дефектах, размерах и причинах, их вызывающих.

Программы ввода данных, входящие в программную оболочку, предназначены для упорядочивания структуры вводимой информации и унификации терминов и обозначений.

Посредством меню ввода пользователь обращается к соответствующим вводным формам, через которые записывает в базу данных информацию, используемую в дальнейшем для подготовки отчетных документов по паспортам зданий и сооружений и результатам обследований.

Основное назначение компьютерной системы - ведение паспортов зданий и сооружений ТЭС и обработка результатов обследований.

Пример многостраничной формы при заполнении данных для составления паспорта здания центральной насосной станции (ЦНС) показан на рис. 2.

На вводных формах есть несколько видов полей записи. В поля, рядом с которыми есть символ , информация выбирается из таблиц, ранее заполненных или в случае отсутствия необходимой, дополняемой при вызове этих таблиц.

Паспорт здания/сооружения					
Здание ЦНС (центральная насосная станция)					
Общие данные	Общие данные, продолжение	Основания	Помещения, отделения	Конструкции	Площади
Описание конструкций производственной части					
Конструкция	<input type="checkbox"/>	Описание конструкции			
Фундамент	<input type="checkbox"/>	Монолитная железобетонная плита			
Каркас	<input type="checkbox"/>	Сборные железобетонные конструкции			
Стены	<input type="checkbox"/>	Наружные I - керамзито-бетонные стеновые панели толщиной 300 мм, облицованные плиткой типа "Ириска" молочно-белого цвета; II - панели			
Описание конструкций служебно-бытовой части					
Конструкция	<input type="checkbox"/>	Описание конструкции			
Фундамент подземной части	<input type="checkbox"/>	Монолитная железобетонная плита, бетон гидротехнический М 300 по Г по морозостойкости Мр3 - 200, водонепроницаемость В - 8			
Каркас подземной части	<input type="checkbox"/>	Подземная часть насосной станции запроектирована в два яруса; нижт -17,89 до стн -9,56] выполнен полностью в монолитном железобетоне; стн -9,56 до стн -0,00] в сборном железобетоне с стальными элементами			
Несущие конструкции междуэтажных, чердачных перекрытий подземной части	<input type="checkbox"/>	Колонны, балки			

Рис. 2.

В поля, рядом с которыми символ отсутствует, информация заносится с клавиатуры.

Система позволяет работать с электронными чертежами (просматривать, редактировать), заранее изготовленных в пакете для проектирования AutoCAD.

В системе реализована возможность для ввода и обработки результатов:

- весеннего осмотра;
- внеочередного обследования;
- освидетельствования;
- осеннего осмотра;
- осмотра гидротехнических сооружений.

Часть информации может быть опущена. Вводные данные по обследованиям в дальнейшем используются при составлении отчетных документов и чем полнее информация, тем нагляднее будет отчет.

После заполнения базы данных о выполненных обследованиях инженер-смотритель автоматически может получить:

- акт весеннего осмотра;
- акт осеннего осмотра (план подготовки к зиме);
- акт технического осмотра гидротехнических сооружений;
- перспективный план капитального ремонта.

Все эти документы изготавливаются в формах, предусмотренных нормативными документами. Акты изготавливаются в среде Word 97, которые можно, в случае необходимости, отредактировать и распечатать.

Формирование запроса по результатам весенних обследований

← ? ×

Выбор зданий/сооружений
Главный корпус

Выбор помещений, отделений
Блочный щит управления

Выбор конструкций
Колонны

Выбор исполнителей ремонта

Выбор годов обследований
2001

Выбор заключений о состоянии

Выбор обнаруженных дефектов
Вымывание раствора из швов кладки

Выбор причин дефектов

Выбор ремонтных работ

Рис. 3.

В компьютерной системе просто и удобно реализована возможность выполнения отдельных запросов. На рис. 3 показана форма, реализующая выполнение запросов по результатам весеннего осмотра.

Как видно из рисунка запросы могут быть сформированы по нескольким признакам:

- здания;
- отделения;
- конструкции;
- исполнители ремонта;
- года, когда проводились обследования;
- заключение о состоянии;
- обнаруженные дефекты;
- причины дефектов;
- ремонтные работы.

В условиях запроса может стоять любой из вышеперечисленных признаков или их совокупность в любом сочетании.

Результаты запроса формируются в среде Word 97 и в любой момент могут быть отредактированы и распечатаны.

Разработанная компьютерная система «ТЭС ИС» является интеллектуальной записной книжкой, позволяющей значительно облегчить и автоматизировать работу инженера-смотрителя ТЭС.

Система снабжена встроенной помощью, воспользоваться которой инженер-смотритель сможет на любом этапе работы.

Система рассчитана на неопытного пользователя компьютером, обладающего начальными знаниями и навыками работы на нем.

К настоящему времени система внедрена на Каширской и Пермской ГРЭС.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ПРОРАНА В ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЕ

Пономарчук К.Р., инженер (ОАО «НИИЭС»)

Авария на гидротехническом сооружении, сопровождающаяся прорывом напорного фронта гидроузла, не является исключительным событием. Согласно проведенным статистическим исследованиям, на существующих в настоящее время в мире 15 000 больших плотин в среднем ежегодно имеет место около 1,5 случаев их разрушения, т.е. вероятность возникновения подобной аварии в год на отдельно взятой плотине составляет 1/10 000. Причины образования проранов в грунтовых плотинах могут быть различными, начиная с небольшого перелива или суффозии и заканчивая взрывом в результате диверсии. Но независимо от причины возникновения, формы и размеров начального отверстия в напорном фронте плотины, дальнейшее его развитие во всех случаях имеет идентичный характер.

Прорыв напорного фронта гидроузлов и распространение волны излива в нижнем бьефе часто сопровождаются затоплением значительных прилегающих территорий, приводя к тяжелым экономическим, экологическим и социальным последствиям, а также к человеческим жертвам. Для прогноза последствий возможной аварии необходимо оценить условия распространения прорывного паводка в нижнем бьефе гидроузла, что невозможно без учета особенностей раскрытия прорана в напорном фронте.

В настоящее время существуют более или менее надежные методы определения интегральных характеристик прорана: суммарного

объема выноса грунта или конечной ширины прорана, максимального расхода излива, времени стабилизации процесса. Некоторые авторы [1, 2, 3] предлагают определять эти характеристики в зависимости от так называемого «фактора формирования прорана» — комплекса $W_{изл} \cdot h_0$, где $W_{изл}$ — объем воды, излившейся через проран, h_0 — начальный перепад уровней воды на плотине. При выполнении данной работы произведен сбор имеющихся в литературе сведений о параметрах проранов, образовавшихся при прорыве 59 грунтовых плотин. На основании выполненной статистической обработки данных, получены следующие степенные зависимости, соответствующие минимуму среднеквадратичных отклонений:

$$Q_{max} = 1,292 \cdot (W_{изл} \cdot h_0)^{0,431}, \quad (1)$$

$$W_{вын} = 0,047 \cdot (W_{изл} \cdot h_0)^{0,719}, \quad (2)$$

$$T_{разв} = 6,8 \cdot (W_{изл} \cdot h_0)^{0,357}, \quad (3)$$

где Q_{max} — максимальный расход через проран в процессе излива, м/с, $W_{вын}$ — суммарный объем вынесенного грунта, м³, $T_{разв}$ — полное время развития прорана, с. Выполненный сравнительный анализ показал, что величины Q_{max} , $W_{вын}$ и $T_{разв}$ достаточно тесно коррелируют с комплексом $W_{изл} \cdot h_0$.

В гидротехнической литературе имеются также попытки определения интегральных параметров прорана, исходя из методов теории размерностей. Так, Дж.И. Коста [4], полагая влияющими величинами Q_{max} , g , $W_{изл}$ и h_0 , применив π -теорему, получил следующую связь

$$Q_{max} = C \cdot g^{1/2} \cdot h_0^{3/2} \cdot \left(\frac{W_{изл}}{h_0^3} \right)^n,$$

которая после статистической обработки натуральных данных трансформирована в зависимость:

$$Q_{max} = 0,116 \cdot g^{1/2} \cdot h_0^{3/2} \cdot \left(\frac{W_{изл}}{h_0^{3/2}} \right)^{0,221}, \quad (4)$$

Подобные методы имеют один существенный недостаток - они не дают возможности построения гидрографа излива через проран и определения характера изменения во времени других расчетных параметров.

При оценке параметров волн прорыва, выполненных в последние годы, в большинстве случаев вводилось предположение о мгновенном достижении конечных размеров прорана не только в бетонных и железобетонных, но и в грунтовых плотинах. Однако такое предположение заведомо неверно. Результаты оценок развития проранов в грунтовых плотинах при реально имевших место авариях свидетельствуют о том, что, даже при относительно небольших размерах водохранилищ, время развития прорана измеряется часами. Сведения об условиях и параметрах формирования проранов в грунтовых плотинах ряда гидроузлов (табл. 1), подвергнутые нами некоторой переработке, почерпнуты главным образом из [1,5] и значительно дополнены некоторыми данными. Анализ приведенных в таблице натуральных данных позволил также сделать следующие выводы:

размыв прорана, как правило, происходит по глубине до основания плотины;

крутизна боковых откосов прорана в среднем близка к 2:1.

К сожалению, сведения, приводящиеся в отчетах об авариях, не дают возможности оценить динамику самого процесса, но эти данные позволяют оценить правомерность применения той или иной методики.

В последние годы большое внимание уделяется численному моделированию формирования прорана и разлива воды через него. Попытки создания полной пространственной математической модели прорыва вследствие многофакторности процесса и недостаточной изученности составляющих его явлений пока не дали положительных результатов. В связи с этим численное моделирование в выполненных до настоящего времени работах базируется на упрощенных системах математических моделей, включающих в себя эмпирические или полуэмпирические зависимости. Результаты такого моделирования нужно полагать сугубо приближенными.

Предлагаемые разными авторами математические модели развития прорана обычно состоят из зависимости для пропускной способности прорана, уравнения неразрывности потока, связи объема воды в водохранилище с уровнем воды в нем и зависимости интенсивности выноса грунта из прорана от гидравлических и геометрических параметров. Опубликованные модели отличаются, главным образом, описанием интенсивности увеличения размеров прорана. Для определения эрозии в них используются в большинстве случаев зависимости для транспортирующей способности водного потока, что не соответствует реальному механизму процесса выноса материала из тела плотины, происходящего, главным образом, с бортов

прорана при квантованном обрушении откосов. Результаты сопоставления расчетов по различным моделям формирования прорана показали, что гидрографы излива имеют существенные отличия как в значениях максимального пикового расхода, так и во времени его наступления. Положенная в основу настоящих исследований математическая модель, предложенная А.М. Прудовским [6], позволила устранить указанный выше недостаток. Эмпирическая зависимость, полученная обработкой результатов лабораторных опытов, выполненных в гидравлической лаборатории Научно-исследовательского института энергетических сооружений при изучении смыва однородных «плавких вставок», имеет следующий вид:

$$\left(\frac{dB_{np}}{dt} \right)_i \cong \frac{A \cdot \sqrt{g}}{w_{yo}} \cdot h_i^{3/2} \quad (4)$$

Здесь $A \cong 0,02$; t — момент времени формирования прорана; w_{yo} — площадь поперечного сечения плотины между ее гребнем и дном прорана; h_i — разность между уровнем воды в верхнем бьефе и отметкой дна прорана (действующий напор в проране). Сопоставление с имеющимися данными о характеристиках прорана свидетельствует о том, что приведенная зависимость отражает основные особенности процесса формирования прорана. Однако то обстоятельство, что она получена в весьма ограниченном диапазоне условий, потребовало ее уточнения.

Основной трудностью при составлении математической модели является установление зависимости для интенсивности развития прорана во времени. При определении этой зависимости эмпирическим путем затруднения вызывает значительное количество величин, входящих в общем случае в описание плотины. С использованием теории размерностей предложена следующая структура искомой зависимости:

$$\frac{dB}{dt} = A \cdot \frac{g^{0,5} \cdot h_i^{2,5}}{w_{yo}} \cdot \left(\frac{w_{yo}}{h_i^2} \right)^n \cdot \left(1 - \frac{h_n}{h_i} \right)^p, \quad (5)$$

где A — экспериментальный коэффициент, а n и p — показатели степеней.

С целью исследования процесса развития прорана во времени, уточнения зависимости для интенсивности боковой эрозии прорана и определения влияния различных факторов (высоты и удельного объема тела плотины, гранулометрического состава грунта, объема

Гидравлические и геометрические

№	Название плотины	Высота плотины	Ширина по верху	Заложение откосов	Емкость водохранилища	Характерис
		$H_{пл}, M$	$b_{пл}, M$			m_1/m_2
	2	3	4	5	6	7
1	Johnston City	4,3	2	1:4,8 / 1:2,8	0,57	0,58
2	Spring Lake	5,5	2,5	1:0,8 / 1:0,8	0,135	-
3	Bullock Draw Dike	6	4	1:2 / 1:3	0,74	0,74
4	Goose Creek	6	3	1:1,5 / 1:1,5	11	0,58
5	Canyon Lake	6	-	-	0,985	-
6	Oakford Park	6	2,6	-	-	-
7	Hatfield	6,8	-	-	12,3	-
8	Break Neck Run	7	-	-	0,049	-
9	Cheaha Creek	7	4	1:3 / 1:2,5	0,069	-
10	Rito Manzanares	7	4	1:1,3 / 1:1,3	0,025	0,025
11	Winston	7	2	1:1 / 1:1	-	0,6
12	Grand Rapids	7,5	3,7	1:1,5 / 1:1,5	220	-
13	Elk City	9	-	1:3 / 1:2	0,74	-
14	Sandy Run	9	-	-	0,06	0,06
15	Тирляндская	9,9	6	1:2 / 1:2	5	6,7
16	Frankfurt	10	-	1:1,3 / 1:1	0,35	0,35
17	Eigiau	10,5	-	-	4,52	-
18	Erindale	10,5	-	-	-	-
19	Sherburne	10,5	-	-	0,042	-
20	Coedty	11	-	-	0,31	-
21	Melville	11	3	1:3 / 1:1,5	31	31
22	Low el Two Medicine	11	-	-	19,8	25,8
23	Franch Landing	12	2	1:2 / 1:2,5	-	3,9
24	Kelly Barnes	12	6	1:1 / 1:1	0,5	0,78
25	Hebron	12	4	1:3 / -	-	-
26	Kaddam	12,5	-	-	214	-
27	Franchman Creek	13	6	1:3 / 1:2	21	16
28	Laurel Run	13	-	-	0,38	0,38

характеристики проранов в грунтовых плотинах

тики потока при прорыве		Характеристики прорана			Материал плотин	Причины разрушения
Перепад уровней	Максимальный расход излива	Ширина прорана	Объем вынесен. материала	Максим. время развития		
$\Delta z_0, \text{м}$	$Q_{\text{max}}, \text{м}^3/\text{с} \cdot 10^3$	$B_{\text{max}}, \text{м}$	$W_{\text{вын}}, \text{м}^3 \cdot 10^3$	$T_{\text{max}}, \text{час}$		
8	9	10	11	12	13	14
3	-	13,4	0,673	-	земляная	фильтрация
5,5	-	20	0,528	-	-	-
3	-	14	1,35	-	земляная	свищи
1,4	0,565	30,5	1,07	0,5	земляная	перелив
-	-	-	-	0,1	-	-
-	-	23	-	1	-	-
-	3,4	91,5	-	2	-	-
-	9,2	30,5	-	3	-	-
7	-	-	15,5	-	зонир.зем	перелив
5	-	19	1,29	-	земляная	перелив
8	-	21	1,5	5	зем.с кам.приз	фильтрация
7,5	-	12,2	1,02	0,5	-	-
-	-	45,5	-	-	-	-
9	0,428	-	-	-	земляная	перелив
10	-	25	6,4	2	суглинок	перелив
8	0,079	9	1,3	2,5	земляная	фильтрация
-	0,4	-	-	-	-	-
-	-	39,5	-	-	-	-
-	0,96	46	-	-	-	-
-	-	67	-	-	-	-
9	-	40	10,6	-	земл.с глин.ядр	фильтрация
11	1,8	-	-	-	земляная	перелив
9	0,93	41	14	0,58	земляная	фильтрация
10	0,68	35	0,78	-	земляная	свищи
12	-	61	31	1-3,5	земляная	перелив
-	-	30	-	1	-	-
11	1,4	67	28	-	земляная	свищи
13	1	-	-	-	земляная	перелив

Научно-технический и производственный сборник

1	2	3	4	5	6	7
29	Lake Latonka	13	-	-	1,59	-
30	Buffalo Creek	14	128	1:1,6 / 1:1,3	0,61	-
31	Wheatland № 1	14	6	1:1,8 / 1:1	-	11,6
32	Lake Avalon	14,5	-	-	7,75	-
33	Lake Frances	15	5	1:3 / 1:2	0,865	0,79
34	Nanaksagar	16	-	-	210	-
35	Lyman	16,2	3,7	1:2 / 1:2	49,5	35,8
36	Sheep Creek	17	6	1:3 / 1:2	1,4	2,9
37	Киселевская	18	6	1:2 / 1:2	32	30
38	Artik	18	6	-	-	1,5
39	Hatchtown	19	6	1:2 / 1:2,5	14	16,8
40	Sinker Creek	21	-	-	3,33	-
41	Lake Barkfort	21	-	-	3,12	-
42	Mammoth	21,3	-	-	13,6	-
43	Johnstown	23	3	1:1 / 1:1,5	19	20
44	Bengtao	24,5	-	-	492	701
45	Shimentan	25	-	-	91,8	25,5
46	Little Deer Creek	26	-	-	1,72	1,2
47	Bradfield	29	-	-	3,2	-
48	Schaeffer	30,5	4,6	1:3 / 1:2	3,92	3,92
49	Apishapa	34	5	1:3 / 1:2	22	22
50	Salles Oliveira	35	-	-	26	72
51	Oros	35,5	-	1:3 / 1:2,9	650	650
52	Baldwin Hills	49	19	1:2 / 1:1,8	0,91	0,91
53	Euklides da Cunha	53	-	1:0,5 / 1:0,5	13,6	58
54	Manchhu	60	6	1:3 / 1:2	110	-
55	Teton	67,1	10,7	1:3 / 1:2,5	355	309,5
56	Frias	-	-	1:1 / 1:1	-	-
57	North Branch Tributary	-	-	-	-	0,02
58	Otto Run	-	-	-	-	0,007

Безопасность энергетических сооружений

Продолжение таблицы

8	9	10	11	12	13	14
-	0,29	33,5	-	3	-	-
-	1,42	153	-	0,5	-	-
12	-	46	14,6	1,5	земляная	свищи
-	2,32	137	-	2	-	-
12	-	30	12,4	1	земляная	свищи
-	9,7	46	-	12	-	-
20	-	106,7	71,9	-	-	-
14	-	30,5	18,3	2	земляная	перелив
18	-	70	50,9	7,5	земляная	перелив
18	0,3	40	23,8	-	земляная	фильтрация
16	3-6,9	180	161	3	земляная	фильтрация
-	-	92	-	2	-	-
-	-	23	-	>1	-	-
-	2,52	9,2	-	3	-	-
22	5,6-8,4	304	69	3,5	земл.с грав	перелив
26	78	372	560	-	земляная	свищи
25	30	440	-	-	земляная	перелив
17	1,3	23	-	0,33	земляная	свищи
-	1,15	-	-	<0,5	-	-
30,5	-	210	517,8	0,5	-	-
28	6,8	98	223	2,5	песчаная	свищи
38	-	-	440	2	земляная	перелив
35	9,5-13,4	201	765	-	земляная	перелив
18	1,12	23	-	1,3	земляная	фильтрация
50	1020	131	726	7,3	земляная	перелив
60	-	540	5054,4	3	-	-
93	65,09	80	30,6	5	-	-
-	-	62	-	0,25	-	-
4,6	0,03	40	-	-	земляная	-
6	0,059	201	-	-	земляная	перелив

водохранилища, положения прорана относительно оси сооружения и т.д.) на интенсивность и объем выноса грунта в лаборатории отдела гидравлических исследований ОАО «НИИЭС» был проведен ряд экспериментов на установке, конструкция и размеры которой приведены на рис. 1. Установка представляла собой гидравлический лоток 1 длиной 23,82 м, шириной 3,48 м и глубиной 0,9 м. Вода подавалась из системы питания лаборатории через трубу 15 в голову лотка. В голове лотка был установлен сливной лотковый водослив 4, обеспечивающий сброс воды для поддержания уровня в верхнем бьефе модели плотины. Сливные лотки были установлены таким образом, чтобы при превышении расхода воды, подаваемой на установку, пропускной способности прорана избежать перелива воды через гребень. В конце лотка был установлен щелевой расходомер 5 для определения расхода воды через проран (без учета аккумуляции воды в нижнем бьефе модели плотины). Уровни воды выше и ниже плотины определялись лимниграфами 6 и 7, дающими возможность оценить изменение уровней во времени с точностью до 1 мм. Опыты проводились на моделях плотин высотой 30, 45 и 60 (66) см трапецеидального поперечного сечения. Заложение откосов моделей обычно принималось равным $m_1 = 1:2$, $m_2 = 1:3$, ширина по гребню — 10 см. Модели плотин изготавливались из кварцевого песка двух составов: однородного мелкозернистого песка со средней крупностью 0,15 мм и разнородного среднезернистого песка со средней крупностью 0,22 мм. Начало развития прорана инициировалось начальной прорезью 12 в гребне модели плотины шириной 2 см и глубиной 2 см. Эта прорезь размещалась либо в центре плотины по оси лотка, либо у его боковой стенки. Процесс формирования плотины фиксировался на магнитную ленту видеокамерой 8 со стороны нижнего бьефа. Время процесса определялось по отметкам на пленке, синхронизированным с лимниграфами. Масштаб размеров изображений на пленке определялся по градуированной рейке 9, расположенной над гребнем модели плотины, с точностью до 1 см. Таким образом, в опытах определялось изменение во времени следующих величин: уровней воды в бьефах модели плотины, расхода излива через проран, размеров прорана. Данные об условиях проведения экспериментов приведены в табл. 2.

Качественно процесс развития прорана в плотине, имеющей однородный состав, по результатам визуальных наблюдений в случаях образования прорана вследствие перелива воды через гребень, протекает следующим образом.

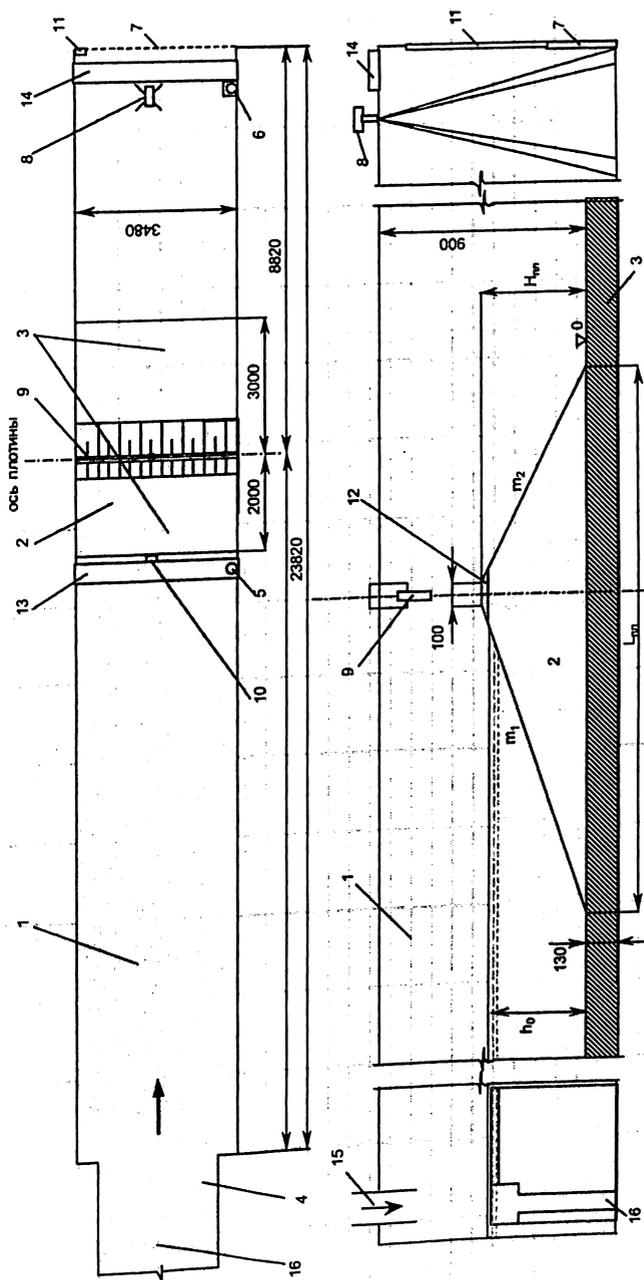


Рис. 1. План экспериментальной установки

1 — лоток; 2 — модель плотины; 3 — бетонный порог; 4 — лотковый водослив; 5, 6 — лимниграфы ВВ и НВ; 7 — мерный водослив; 8 — видеокамера на штативе; 9 — горизонтальная рейка; 10, 11 — вертикальные рейки; 12 — начальная прорезь; 13, 14 — мостики; 15 — подача воды; 16 — водосливная труба.

Таблица 2

Условия проведения опытов.

	Высота плотины, Н, м	Заложение откосов плотины	Положение прорана отн. оси плотины	Начальные размеры прорана, м	Характери- стика песка
Опыт 1	0,3	1:2 / 1:3	в центре	0,02×0,02	разнородн. среднезерн.
Опыт 13		1:2 / 1:3	сбоку	0,02×0,02	разнородн. среднезерн.
Опыт 17		1:2 / 1:3	сбоку	0,02×0,02	однородн. мелкозерн.
Опыт 4	0,45	1:2 / 1:3	в центре	0,02×0,02	разнородн. среднезерн.
Опыт 5		1:2 / 1:3	в центре	0,02×0,02	разнородн. среднезерн.
Опыт 6		1:2 / 1:3	сбоку	0,02×0,02	разнородн. среднезерн.
Опыт 14		1:2 / 1:3	сбоку	0,02×0,02	однородн. мелкозерн.
Опыт 7	0,6	1:2 / 1:3	сбоку	0,02×0,02	разнородн. среднезерн.
Опыт 8		1:2 / 1:3	сбоку	0,2×0,22	разнородн. среднезерн.
Опыт 11	0,66	1:2 / 1:3	в центре	0,02×0,02	разнородн. среднезерн.
Опыт 12	0,6	1:3 / 1:3	сбоку	0,02×0,02	разнородн. среднезерн.
Опыт 15		1:2 / 1:3	сбоку	0,02×0,02	однородн. мелкозерн.
Опыт 16		1:2 / 1:3	в центре	0,02×0,02	однородн. мелкозерн.

На участке начального перелива снос грунта начинается на низовой грани, где имеет место кривая спада потока. Обычно низовой откос имеет крепление того или иного типа, чаще всего каменное. Условия начала разрушения такого крепления приведены в работе [7].

После инициации разрушения крепления размыв тела плотины распространяется вверх по течению, в сторону гребня, при этом на низовом откосе образуется ложбина. При пересечении этой ложбиной гребня плотины, вследствие увеличения действующего напора и ширины прорана, происходит увеличение расхода истечения

через проран. При углублении врезки переливающегося потока в тело плотины боковые откосы прорана могут потерять устойчивость, и развитие прорана происходит как за счет смыва грунта с обтекаемых поверхностей, так и за счет обрушения откосов прорана. Описанная первая стадия формирования прорана заканчивается при достижении дном прорана основания плотины поперек всей ее подошвы.

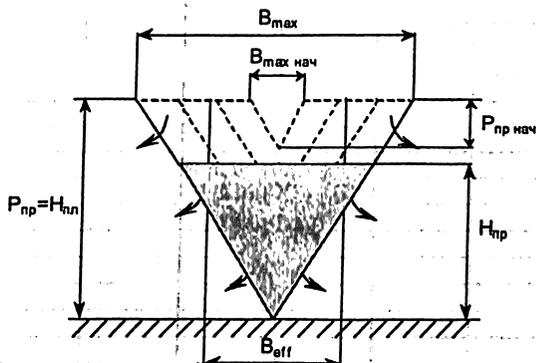


Рис.2. Схема I стадии развития прорана.

На второй стадии формирования прорана происходит его боковое расширение. Расширение связано с квантованным обрушением боковых откосов прорана. Масса грунта по трещине, пересекающей тело плотины, обрушается в проран, причем часть ее во взвешенном состоянии сносится потоком в нижний бьеф, а другая откладывается у основания откоса, обеспечивая на некоторое время его устойчивость. Постепенно грунт у основания потока сносится изливающимся потоком, и откос снова теряет устойчивость (рис.3).

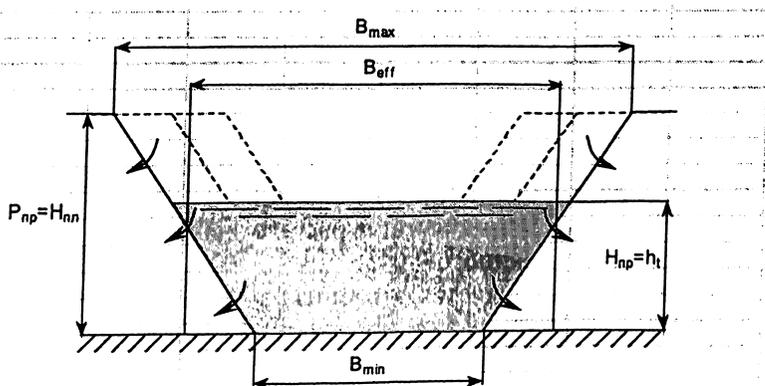


Рис.3. Схема II стадии развития прорана (боковая эрозия).

В процессе развития прорана вследствие опорожнения водохранилища уровень воды в верхнем бьефе падает (действующий напор на проране уменьшается). При определенном сочетании между действующим напором и шириной прорана расход истечения достигает максимума. Затем вследствие падения напора расход уменьшается и интенсивность расширения прорана снижается. Расширение прорана прекращается либо при опорожении водохранилища, либо при достижении скоростями потока в проране у его откосов неразрывающих для грунта значений.

На основании экспериментальных данных были получены значения коэффициента $A = 0,09$ и показателей степеней $n = -1$ и $p = 0,3$, соответствующих минимуму среднеквадратичных отклонений расчетных значений ширины прорана от экспериментальных. Таким образом, зависимость (5) предложена в виде:

$$\frac{dB}{dt} = 0,09 \cdot \frac{g^{1/2} \cdot h_i^{3/2}}{w_{yo}} \cdot \left(\frac{w_{yo}}{h_i^2} \right)^{-1} \cdot \left(1 - \frac{h_u}{h_i} \right)^{0,3} = 0,09 \cdot \frac{g^{1/2} \cdot h_i^{9/2}}{w_{yo}^2} \cdot \left(1 - \frac{h_u}{h_i} \right)^{0,3} \quad (6)$$

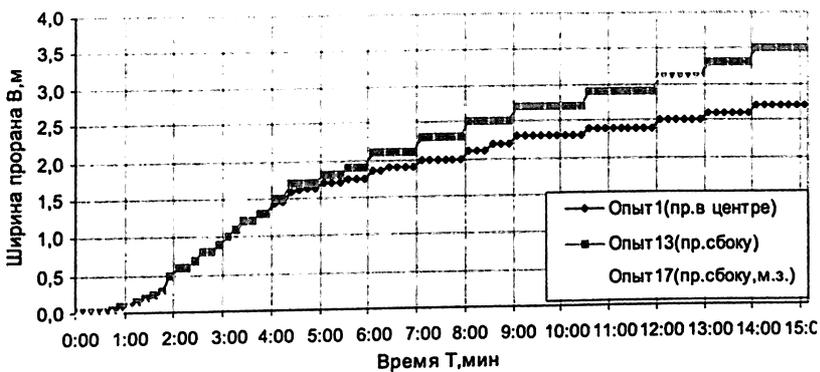
По результатам экспериментов были проведены расчеты и построены графические зависимости изменения во времени основных характеристик процесса. На рис. 4 представлены фактические кривые изменения ширины проранов, которые имеют ступенчатый характер, связанный с тем, что боковой размыв прорана происходит не плавно, а порционно (квантовано), за счет потери устойчивости откосов прорана и обрушения частей плотины. На основе обработки результатов исследований сделаны следующие выводы:

пик расхода воды, исходящей через проран, приходится на вторую стадию, что даёт возможность полагать именно эту стадию решающей при оценке гидрографа излива через проран;

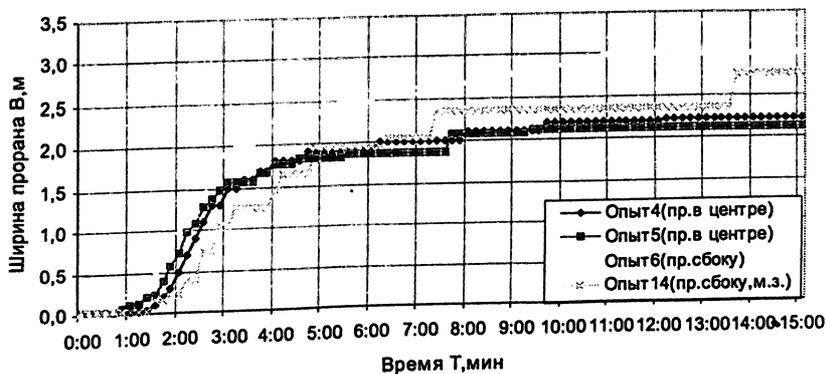
сравнительная оценка графиков фактического расширения прорана для всех опытов позволила прийти к заключению о том, что интенсивность развития ширины прорана во всех случаях столь разных экспериментов имеет идентичный характер;

при расчете случаев одностороннего размыва текущие и конечные значения расхода, ширины и интенсивности развития прорана получаются при использовании в расчете значения эмпирического коэффициента A' , равного 0,045.

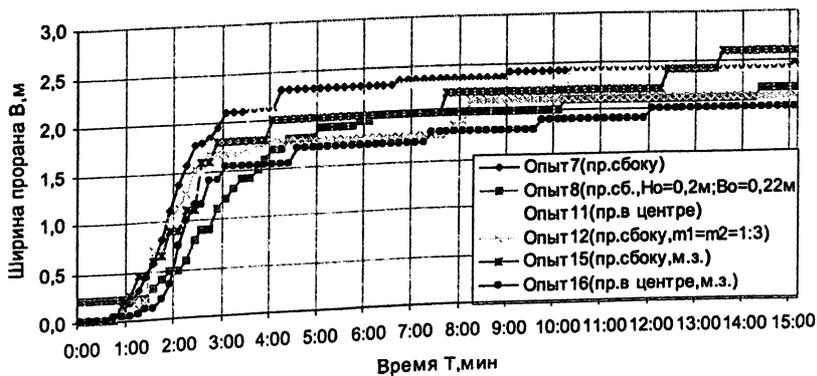
Зависимость (6) является одним из основных уравнений, входящих в состав математической модели развития прорана. Модель состоит из пяти уравнений, описывающих динамику процесса, включающих: зависимость для определения ширины или интенсивности



а) $H_{пл}=0,3м.$



б) $H_{пл}=0,45м.$



в) $H_{пл}=0,6м.$

Рис. 4. Характер фактического расширения прорана по результатам опытов

расширения прорана в любой момент времени, формулу для расчета расхода излива через проран (как для водослива с широким порогом), зависимость для определения объема излива и связи между объемом воды в водохранилище и уровнем поверхности воды в нем. Подробное описание математической модели процесса представлено в [6]. Предлагаемая методика составлена без учета размыва основания плотины и влияния волновых явлений в водохранилище. По данной модели составлена компьютерная программа расчета характеристик формирования прорана с возможностью построения графиков динамики процесса.

Для определения надежности разработанного метода выполнено сопоставление между интегральными характеристиками, полученными расчетом по предлагаемой методике, и имеющимися данными о реально произошедших прорывах грунтовых плотин, приведенными в табл. 1. Результаты сопоставления представлены на рис. 5.

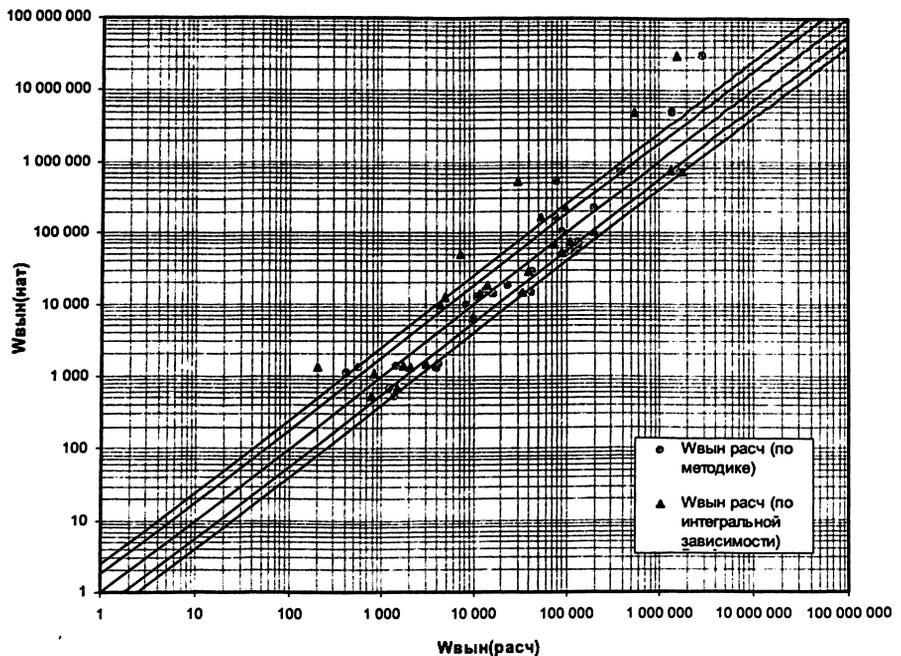


Рис. 5. Сравнение значений полного объема выноса грунта, рассчитанных по предлагаемой методике и по интегральной зависимости $W_{\text{вын}}^{\text{расч}}$ с натурными данными $W_{\text{вын}}^{\text{нат}}$.

На этом графике по оси абсцисс отложены значения логарифмов полного объема выноса грунта, рассчитанного по разработанной методике для зафиксированных прорывов. На той же оси помещены соответствующие величины, определенные по статистической зависимости (1). По оси ординат отложены логарифмы значений соответствующих параметров для реальных случаев прорыва, подвергнутых расчетам. Очевидно, что совпадению результатов расчетов и натуральных данных соответствует биссектриса графика

($\lg W_{\text{вын}}^{\text{расч}} = \lg W_{\text{вын}}^{\text{нам}}$). На графике проведены линии, соответствующие отклонениям в обе стороны в 1,5 и 2 раза. На данном графике разным цветом нанесены точки для значений, рассчитанных по предлагаемой методике и по интегральной зависимости. При этом хорошо заметно, что точки, относящиеся к расчетам по разработанной методике, расположены в большинстве случаев ближе к биссектрисе, чем точки значений, рассчитанных по интегральным зависимостям.

К сожалению, известных данных по максимальному расходу в процессе излива значительно меньше. При сравнении расчетных и натуральных значений по данной интегральной характеристике было отмечено, что в большинстве случаев расчеты дают некоторые завышения определяемого параметра. Причинами данного факта можно предположить как весьма ограниченные пригодные для сравнения сведения о максимальном расходе излива в натуре, так и то обстоятельство, что экспериментальные зависимости были получены для однородных плотин из несвязного грунта, а в большинстве реальных плотин имеются противофильтрационные элементы, снижающие интенсивность размыва тела плотины. В связи с этим можно полагать, что расчеты с использованием предложенной зависимости для интенсивности расширения прорана могут дать некоторый запас при оценке интенсивности прорывного паводка.

В качестве примера использования разработанного метода произведено численное моделирование волны излива при прорыве реальной грунтовой плотины. Расчет выполнен по программе «БОР», разработанной в НИИЭС, в которую программа расчета развития прорана введена в качестве блока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mac Donald T.C., Langridge - Monopolis J. «Breaching characteristics of dam failures». ASCE, Journal of Hydr. Eng. Vol.110, 1984, № 5.
2. Molinaro P., Pacheco R., Tancini C. «Algoritmo para el calculo de perfiles de aqua en rios con transiciones de corriente». XVI Congreso Latino-Americano de Hydraulica de la IAHR, Santiago, Chile, 1994.

4. Costa J.E. «Flood from dam failures». Open-File Report 85-560. U.S.G.S., Denver Colorado.
5. Dam-break flood analysis. Bulletin of Subcommittee 5 of ICOLD Committee on Hydraulic for Dams, 1995.
6. Прудовский А.М. «Образование прорана при прорыве земляной плотины». //Научно-технический и производственный сборник Безопасность Энергетических сооружений. АО «НИИЭС». М. 1998. Вып 2.
7. Kupriyanov V.P., Lounatsi M.E., Prudovsky A.M., Rodionov V.B. «Some problems of «fuse» elements application to discharge extreme floods». Dam safety. Proceeding of the International symposium on new trends and guidelines on dam safety. Barcelona, vol. 2, 1998.

СИСТЕМА ОСНОВНОЙ ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ВОДЫ АЭС КУДАНКУЛАМ

Севостьянова С.В., инженер (АО «Институт Гидропроект»)

Площадка строительства АЭС Куданкулам находится на крайнем юго-востоке полуострова Индостан на берегу Манарского залива в районе 9° северной широты.

Район строительства характеризуется следующими климатическими условиями: климат тропический муссонный; средняя температура наиболее жаркого месяца 33°С при относительной влажности 73%, абсолютный максимум температуры 39,6°С при относительной влажности 90%.

В нашу задачу входило проектирование системы охлаждающей воды, необходимой для отвода тепла от конденсаторов турбины АЭС. Были очень жесткие требования и к оборудованию, и к проектированию самой системы.

В проекте учтена защита технологических элементов и компонентов от чрезмерных переходных режимов. Условия окружающей среды, такие как температура, влажность, радиационные дозы, давление и вибрация, определены на стадии ТП в различных местах в нормальных и аварийных условиях. Учитывается потребность периодических проверок и испытаний во время эксплуатации блока или остановок блока. Компоненты, которые должны разбираться в процессе эксплуатации, снабжаются вспомогательными системами таким образом, чтобы при разборке не происходило потери воды или загрязнения.

Проектирование должно сводить к минимуму использование труб и теплообменников на морской воде.

При проектировании системы особое внимание обращается на предотвращение таких явлений как: кавитация, гидроудар, шум, излишние потери давления, вибрации пульсации давления, коррозия и эрозия. Насосы должны проектироваться для непрерывной эксплуатации.

Расчетная температура воды принималась вместо 25°C как обычно 31°C. Это повлияло на выбор оборудования. Были рассмотрены варианты насосов, которые работают на морской воде с заданными параметрами. При этом учитывались большие колебания воды, ее соленость, большие потери напора.

Для подачи воды в систему охлаждения необходима система, обеспечивающая забор воды из моря, подготовку и подачу ее на объекты АЭС.

Для исключения попадания в системы технической воды биопомех в водозаборном сооружении устанавливается рыбозащитное сооружение УРХ. Во избежание биообрастания системы ТВС для обработки морской воды, поступающей на производственную площадку, принят наиболее распространенный метод обработки морской воды раствором гипохлорита натрия. Для получения раствора гипохлорита натрия используется электрохимическая технология (электролиз морской воды), обеспечивающая безопасные условия производства, хранения и применения рабочего раствора.

Для обеспечения работоспособности системы необходима система промыва лотков, сороудерживающих решеток и вращающих секток основной системы охлаждения.

В проекте АЭС «Куданкулам» в Индии для кодирования систем, сооружений, установок и других компонентов АЭС используется унифицированная (Европейская) система классификации и кодирования KKS, владелец которой объединение VGB(Германия).

Система классификации и кодирования KKS является универсальной системой, позволяющей идентифицировать любую технологическую систему, сооружение, агрегат или часть агрегата в процессе проектирования, сооружения и эксплуатации энергетического объекта.

Гидротехническая часть системы охлаждения морской водой представляет собой комплекс гидротехнических сооружений, посредством которых осуществляется забор воды из моря, подготовка и подача ее на объекты АЭС.

К сооружениям относятся: водозаборные сооружения, рыбозащитные сооружения, подводные трубопроводы, основная насосная станция, насосная станция ответственных потребителей, отводящий канал, туннели для систем охлаждающей воды ответственных потребителей.

Предусматривается забор воды из акватории залива с водозаборными сооружениями, огражденными защитными дамбами и отстоящими от береговой линии на расстояние порядка 600,0 м. Подача воды от водозаборных сооружений к береговым насосным станциям осуществляется по трем железобетонным трубам. Они обеспечивают выполнение наиболее важных технических требований, таких как защиту от биопомех, защиту береговой полосы от эрозии, возможность осмотра водозаборных сооружений без остановки АЭС.

Насосная станция основной охлаждающей воды UQA состоит из водоприемника с установленным в нем оборудованием механической очистки воды системы РА и помещений для насосов и другого оборудования. Водоприемник разделен бычками на 6 водоочистных линий с шириной водопроводной части 6 метров. В каждой линии предусмотрена установка решетки средней очистки и вращающейся водоочистной сетки мелкой очистки, а также пазы для установки ремонтных затворов. Все линии очистки примыкают к поперечному водоподводящему каналу, из которого забирают воду все насосы. Поперечный водоприемный канал разделен на отсеки с возможностью их отключения на ремонт с помощью ремонтных затворов. Конструкция водопроводящей части принята такой, что любой его участок может быть выведен на ремонт без остановки работы насосной, т.е. ремонт не приводит к полной остановке любой из предусмотренных в насосной станции шести основных групп насосов.

Также в насосной станции размещается электротехническое оборудование, оборудование вентиляции, насосы дренажной системы, насосы подачи воды на промывку механизмов механической очистки воды, насосы подачи воды в электролизерную для подготовки воды.

Описание системы основной охлаждающей воды

Система основной охлаждающей воды РА предназначена для отвода тепла от конденсаторов турбины и конденсаторов турбопитательных насосов турбины. Система обеспечивает конденсацию отработанного в турбине пара с требуемой величиной вакуума и, в конечном счете, обеспечивает получение мощности турбины.

Источником охлаждающей воды и конечным поглотителем тепла от конденсаторов турбин является Манарский залив Индийского океана.

Система РА и сооружения системы рассчитываются на колебания уровня воды в Манарском заливе от максимального уровня воды 0,1% обеспеченностью с учетом приливов, штормового нагона и ветрового волнения до минимального уровня при отливе спокойной воде 97% обеспеченностью.

Система электроснабжения обеспечивает электропитанием все электроприводные элементы системы РА во всех проектных режимах работы системы РА.

Для управления и контроля системы в процессе эксплуатации предусматриваются контрольно-измерительные приборы.

Система вентиляции и охлаждения помещений, в которых расположено оборудование системы РА, обеспечивает поддержание параметров окружающей среды, необходимых для работы системы.

Превышение температуры морской воды в точке сброса в море над температурой забираемой воды не должно быть более 7°С.

Компоновка системы и взаимное расположение насосного оборудования выполнено с учетом следующих основных принципов: периодических осмотров основного оборудования; обеспечения нормальных условий для функционирования системы.

При выборе материалов для оборудования, трубопроводов и прочих компонентов системы учитывается коррозионное влияние морской воды.

При нарушении нормальных условий эксплуатации ННУЭ (кроме обесточивания) система сохраняет работоспособность. При обесточивании насосные установки системы основной охлаждающей воды отключаются.

В состав системы основной охлаждающей воды РА входят следующие системы: система механических очистных устройств охлаждающей воды; система трубопроводов основной охлаждающей воды; насосные установки основной охлаждающей воды; система очистки основной охлаждающей воды от мидий.

Для системы РА предназначены следующие сооружения: общие для всех систем — водозаборный трубопровод; водозаборное сооружение; рыбозащитное сооружение; подводный трубопровод; аванкамера; отводящий канал, а также насосная станция основной охлаждающей воды и сифонный колодец.

Технологическая схема системы основной охлаждающей воды представлена на рис. 1.

Система основной охлаждающей воды выполнена по прямой схеме с однократной циркуляцией морской воды через конденсаторы турбины. Морская охлаждающая вода через общие для всех систем водозаборные сооружения по подводному тракту поступает к насосной станции в общую аванкамеру. Из аванкамеры УПУ вода подводится в общий поперечный водоприемный канал через устройства механической очистки систем РА и РЕ.

Из поперечного водоприемного канала вода забирается шестью насосами основной охлаждающей воды и перекачивается по напорным трубопроводам в конденсаторы турбинного отделения.

Каждый из шести насосов подает 1/6 часть необходимого расхода по отдельному трубопроводу диаметром 2200 мм в половину одного из трех сдвоенных конденсаторов.

Каждая половина сдвоенного конденсатора независима по потоку воды- это требование проекта..

Скорость потока в трубопроводах до 3,00 м/сек. Такая скорость необходима в целях борьбы с биообрастанием . Нагретая в конденсаторах вода возвращается в Манарский залив по шести независимым сбросным водоводам диаметром 2200 мм через независимые для каждого водовода сифонные колодцы.

Сифонный колодец обеспечивает расчетный гидравлический режим в напорной части насосной системы и поддерживает вакуум со стороны охлаждающей воды на выходе из конденсатора в пределах заданной величины.

Кроме обеспечения охлаждающей водой конденсаторов турбины система основной охлаждающей воды подает воду на охлаждение конденсаторов турбопитательных насосов и на насосы эжекторов турбины.

Отбор воды на эти потребители производится в здании турбины от каждого из шести напорных трубопроводов:

от двух напорных трубопроводов PAB10 и PAB20 первого конденсатора — турбины к конденсатору первого турбопитательного насоса;

от двух напорных трубопроводов PAB30, PAB40 второго конденсатора турбины к насосам эжекторов турбины;

от двух напорных трубопроводов PAB50, PAB60 третьего конденсатора турбины к конденсатору второго турбопитательного насоса.

Основные параметры системы основной охлаждающей воды

	Параметры
Общий расход основной охлаждающей воды на один агрегатный блок, м ³ /ч (м ³ /с)	263000 (73,10)
Расход одного насоса основной охлаждающей воды, м ³ /ч (м ³ /с)	44000 (12,20)
Общий расход на основные конденсаторы турбины, м ³ /ч (м ³ /с)	240000 (66,70)
Расход на конденсаторы ТПН (2шт), м ³ /ч	17000 (2x8500)
Расход на эжекторы, м ³ /ч	6000

Основные насосные станции UQA охлаждающей воды блоков 1 и 2 АЭС располагаются на берегу Манарского залива. Габариты каждой основной насосной станции 1 UQA и 2 UQA выбраны, исходя из условия размещения шести насосных агрегатов системы основной охлаждающей воды, насосных агрегатов системы неотвественных потребителей, теплообменников. Предусматривается установка электрооборудования для насосных установок и их вспомогательных систем, разводка трубопроводов, установка оборудования систем откачки насосных установок и дренажа здания. Посадка здания насосной станции (отметка фундамента) выбиралась исходя из отметки заглубления насосов основной системы РА.

Отметка заглубления насосов выбиралась исходя из необходимости сохранения насосами работоспособности при минимальном уровне воды в заливе, равном минус 0,49 м, а также с учетом потерь напора в подводящих тракте, равном 2,00 м.

Оси насоса имеют отметку минус 6,30 м, что обеспечивает заглубление оси рабочего колеса насоса на 3,80м ниже минимального уровня воды в поперечном водоприемном канале или на 5,80м ниже минимального уровня моря.

В каждой основной насосной станции 1 и 2 блоков АЭС устанавливаются по шесть насосных установок типа 180 ВДП (РАС10, РАС20, РАС30, РАС40, РАС50, РАС60). Подвод воды к каждому насосу осуществляется из общего поперечного водоприемного канала по изогнутой всасывающей трубе. Отводящий напорный трубопровод от насоса — коленчатый, изогнутый под углом 60°. Отвод диаметром 1800 мм соединяется фланцевым разъемом с напорным водоводом диаметром 2200 мм. Насос не требует специального затвора на напорной линии, т.к. насос соединяется с конденсатором по блочной схеме: насос — конденсатор — сбросной водовод в индивидуальный сифонный колодец. Предусматривается установка плоского ремонтного затвора перед всасывающей трубой каждого насоса для отделения проточного тракта насоса от общего поперечного водоприемного канала при ремонте насосной установки.

Таким образом отвечая всем требованиям заказчика был выбран насос:

Тип насоса	180 ВДП - 12/26, диагональный вертикальный
Диаметр рабочего колеса, мм	1800
Напор при нормальном режиме работы, м	11,50...15,50
Напор при пуске насосной установки, м	7,00...23,00
Подача, м ³ /с (м ³ /ч)	13,60...12,20 (49000...44000)

Максимальный КПД насоса, %	88
Заглубление оси рабочего колеса под минимальный уровень моря, м	5,80
Температура перекачиваемой морской воды, °С	Макс. 31 Мин. 21
Тип электродвигателя	4АВ-235/104-24МТЗ, асинхронный вертикальный
Частота вращения, об/мин	250
Номинальная мощность, кВт	3150
КПД при номинальной нагрузке, %	94,7

Лопастни рабочего колеса, вал и все другие части, которые соприкасаются с морской водой, выполнены из специальной коррозионно-стойкой стали. Подшипники вала насоса имеют резиновые вкладыши и смачиваются перекачиваемой водой. Перед пуском насоса необходима предварительная смазка водой резинового подшипника. Без предварительной смазки резинового подшипника пуск насоса недопустим. Электродвигатель насоса вертикального подвешенного исполнения с подпятником скольжения и двумя направляющими сегментными подшипниками, один из которых расположен в верхней крестовине, второй — в нижней крестовине. Система смазки подпятника и подшипников электродвигателя — замкнутая внутри масляных ванн верхней и нижней крестовин, без внешней циркуляции масла. Масло в маслованнах охлаждается с помощью встроенных маслоохладителей.

На рис.2 представлена трасса трубопроводов системы РАВ. Пуск насосной установки осуществляется при частично заполненном сливном трубопроводе. Заполнение сливного трубопровода (от выхода из конденсатора до отметки гребня водослива сифонного колодца) необходимо для создания гидравлического замка, обеспечивающего эффективную работу эжектора при создании вакуума в сливной камере конденсатора. Заполнение сливного участка трубопровода РАВ производится мобильными погружными насосами через гибкий шланг. Погружные насосы могут устанавливаться в воде либо в поперечном водоприемном канале перед основными насосами (для первоначальной заливки первой пусковой установки), либо в сифонном колодце соседней работающей насосной установки (для пуска последующих насосных установок).

В процессе пуска насосной установки, после включения электродвигателя и постепенного заполнения водой напорного участка трубопровода РАВ происходит автоматическое открытие клапанов вы-

пуска воздуха из-за избыточного давления воздуха в сливной камере конденсатора. Клапаны выпуска воздуха устанавливаются в верхней точке сливной камеры конденсатора. Клапаны закрываются автоматически при понижении давления воздуха в камере конденсатора, что происходит после заполнения верхних трубок конденсатора водой. С помощью продолжающего работать эжектора создается необходимый вакуум, и насос выходит в нормальный установившийся режим. Необходимая при пуске насоса величина вакуума зависит от отметки воды перед насосом в период его пуска и от отметки гребня водослива сифонного колодца.

Производительность насосных агрегатов выбрана исходя из потребности постоянного расхода охлаждающей воды через конденсаторы турбин и других потребителей в здании турбины равного $26300000 \text{ м}^3/\text{час}$ и обеспечения перепада температуры охлаждающей воды 7°C . Насосы сохраняют свою работоспособность при низком уровне воды в Манарском заливе минус $0,49 \text{ м}$, т.к. ось рабочего колеса насоса заглублена ниже этого уровня на $5,80 \text{ м}$.

Для обоснования выбора работоспособности системы выполнен гидравлический расчет системы. Расчет основан на определении потерь напора по длине трубопроводов и элементов системы, по которым определяется коэффициент расхода и строится кривая потерь напора системы. При совмещении кривой потерь напора системы с расходной характеристикой насоса определяется зона работы насоса. Рабочий напор насоса в установившемся режиме определяется как сумма трех величин: статического напора насоса, напора на водосливе в сифонном колодце; гидравлических потерь напора по всей трассе трубопровода, от входа во всасывающую трубу насоса до выхода в сифонный колодец, включая потери напора на конденсаторе, фильтре мидиевом и фильтре шарикоочистки.

Статический напор насоса определяется как разность отметок гребня водослива ($4,60 \text{ м}$) и уровня воды перед всасывающей трубой насоса. Этот уровень зависит от уровня моря и потерь напора в водоподводящих сооружениях.

На рис.2 также показаны потери напора на основных элементах системы по трассе при установившемся режиме работы насоса. Все режимы работы насоса укладываются в пределы рабочей зоны насоса.

Таким образом, выполнено проектирование Системы охлаждающей воды для отвода тепла от конденсаторов турбины атомной станции, выбраны основные насосные агрегаты, обеспечивающие заданные параметры системы.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ РОССИИ

*Каледа Е.И., Кутанова О.А., Тарасова Е.Н., студенты
(МПУ, Химический факультет)*

Храмы Православной Руси, музеи-заповедники, архитектурные памятники имеют исключительное значение для развития культуры России, самосознания ее народов. При сохранении, восстановлении, реставрации этих памятников возникает необходимость решения целого комплекса сложных геоэкологических проблем. Для их решения нужны усилия специалистов разного профиля: геологов, гидрологов, строителей, реставраторов и даже гидротехников.

Задачами нашего исследования являлись:

анализ геоэкологических проблем сохранения историко-культурных памятников,

разработка на этой основе программы исследования состояния и восстановления Храма Живоначальной Троицы на Грязях, на ул. Покровка в Москве.

Работа выполнялась на основе анализа литературных и фондовых материалов, визуального обследования сооружений Троице-Сергиевой Лавры и Храма Живоначальной Троицы.

Многие древнерусские города и отдельные православные храмы имеют возраст до 7 — 10 веков. За это время существенно изменилась окружающая среда и те условия, в которых они строились. Трансформировался рельеф, изменились свойства и состав грунтов оснований, преобразовалась гидрографическая сеть и водный режим территорий в целом. Заметно активизировались геологические процессы (подтопление, деформации грунтов оснований, сползание склонов, карст, пучение и пр.), резко возросли техногенные нагрузки (движение транспорта, строительные работы и т.д.), ухудшились условия эксплуатации храмов, например, при их использовании не по назначению.

Некоторые примеры неблагоприятного воздействия окружающей среды на состояние храмов приведены в таблице.

Анализ имеющихся данных показывает, что первой группой негативных факторов воздействия следует считать изменение физико-механических свойств грунтов, возрастание их коррозионных свойств, активизацию опасных геологических процессов.

В истории русской архитектуры известно немало случаев, когда храмы раннего средневековья, простояв несколько десятков лет,

Таблица

Некоторые примеры неблагоприятного воздействия окружающей среды на геоэкологическое состояние храмов и монастырей Православной Руси

Храм	Неблагоприятные условия	Последствия	Меры борьбы
1	2	3	4
Рождественский собор Суздальского Кремля	Неравномерность осадок и просадок в верхней зоне просадочной толщи основания, а затем деформации неравномерных осадок в нижней зоне несущего слоя в связи с его подтоплением через подстилающий слой песка от подъема воды в р. Каменка, обусловленного строительством накопительной плотины.	Три обрушения собора	Разрабатываются
Кирилло-Белозерский монастырь	Подтопление, заболачивание, криогенное пучение грунтов, колебания уровня и изменение режима грунтовых вод и верховодки.	Выпучивание фундаментов, переувлажнение и разрушение строительных конструкций.	Устройство вертикального и горизонтально-вертикального дренажей.
Новочеркасский Вознесенский собор	Поднятие уровня грунтовых вод у стен собора.	Затопление подвалов собора, образование трещин в его стенах, крен здания.	Разрабатываются
Ферапонтов монастырь	Недостаточная глубина фундаментов, высокий уровень грунтовых вод.	Затопление подвалов, образование трещин.	Уложен дренаж из керамических труб.
Колокольня "Иван Великий" в Москве	Масштабные строительные работы (прокладка линии метрополитена, строительство котлована Дворца Советов и т.д.).	Нарушение установившихся веками геоэкологических условий, резкое ускорение разрушительных биологических процессов в древесине.	Разрабатываются
Кирилло-Белозерский монастырь	Колебания уровня и изменение режима грунтовых вод и верховодки, динамика выпадения и характер	Многочисленные трещины, уменьшение прочности стен,	Устройство дренажей

1	2	3	4
	распределения по территории снежного покрова, сезонное промерзание грунтов, криогенное пучение грунтов при их сезонном промерзании.	нарушение термовлажностного режима кладки.	
Троицкая церковь в г. Зарайске	Прокладка коллекторов под теплотрассу, водопротока вблизи фундамента колокольни, движение междугородних автобусов.	Постоянное раскрытие крупных трещин в кирпичных стенах колокольни.	Разрабатываются
Трапезная Троице-Сергиевой Лавры	Различия литологического состава грунтов основания, поднятие и опускание грунтов.	Многочисленные трещины, неоднократные разрушения гульбища.	Разрабатываются
Успенский собор Московского и Успенский собор Рязанского Кремлей	Сверхуплотнение грунтов оснований от предшествующих построек.	Многочисленные трещины, разрушение соборов.	Укрепление фундаментов, грунтов.
Храм Иоанна Воина на Якиманке в Москве	При строительстве вблизи храма новых зданий различного назначения не были предусмотрены меры по обеспечению целостности здания храма.	Появление трещин, сколов в стенах.	Разрабатываются
Храм Воскресения Христова в г.Брянске	Утечки из расположенной вблизи теплотрассы — замачивание просадочных грунтов.	Деформации аварийного характера.	-
Успенский собор в г. Тихвине	Осадки внутренних колонн.	Значительные разрушения наземных конструкций.	-
Екатерининский собор в Кингисеппе (Ямбурге)	Динамические воздействия производственных взрывов при разработке карьеров сырья для удобрений.	Аварийные деформации собора.	Ограничение динамических воздействий до минимума.

разрушались в результате значительных и неравномерных осадок. Так, первый белокаменный Успенский собор в Московском кремле, построенный при Иване Калите в 1326 г., уже в начале XV века ремонтировался, а при Иване III сначала обрушился Петровский предел, а затем и весь собор. Успенский собор в Ростове Великом, построенный зодчими Андрея Боголюбского в 1162 г., разрушился уже через 42 года. Состояние строительных конструкций историко-архитектурных памятников обусловлено не только их физическим износом, но и взаимодействием с грунтами. Последние являются весьма динамичной средой, постоянно изменяющейся от техногенных воздействий. Нередко памятники архитектуры, церкви, соборы, монастырские здания расположены на высоких речных берегах. Вследствие развития боковой эрозии, оползней, суффозии, а также техногенных воздействий (строительства водохранилищ, застройки и хозяйственного освоения береговой полосы) происходит интенсивное переформирование склонов, что представляет серьезную угрозу устойчивости сооружений. Существенную опасность для их сохранности создают оползни. Известны случаи, когда оползневые процессы приводили к полному уничтожению крупных сооружений храмовой архитектуры. Подобная катастрофа произошла с Печерским монастырем вблизи Нижнего Новгорода, основанным в XIV веке на волжском берегу. В 1507 г. весь склон, на котором размещался монастырь, сдвинулся вниз и переместился в сторону Волги более чем на 100 м. Неудачная попытка постигла строительство в Москве первого храма Христа Спасителя на склоне Воробьевых гор. Съем для этой цели значительного объема грунта активизировал дренирование многочисленных источников в этом месте и снизил устойчивость всего оползневого склона. Оползневые процессы создают угрозу также храмовым постройкам, расположенным у подножия склонов. Например, для построек Саввинского скита Саввино-Сторожевского монастыря (под Звенигородом). Существует опасность образования оползней вблизи целого ряда храмовых построек: в Коломенском, на склонах Андроникова монастыря в Москве, Печорского монастыря в Нижнем Новгороде, Спасо-Евфимиева монастыря в Суздале и др.

Ко второй группе негативных факторов воздействия следует отнести изменение режима подземных вод.

Так, обследование объектов во Владимирской, Рязанской, Орловской областях и Хабаровском крае показало, что более 70% из них получили деформацию осадки фундаментов в результате изменения гидрогеологических условий. Как показывают результаты

многочисленных исследований, в оползневых процессах возвышенных территорий (особенно береговых) главную роль играют потоки инфильтрационных вод, а во вторую очередь поверхностный сток атмосферных осадков и талых вод.

Возрастание агрессивности подземных вод приводит также к коррозии цементов и бетонов, снижению прочности фундаментов и стен. Деревянные сваи в основании храмов и некоторых памятников (например, Медного всадника) и другие деревянные конструкции подвергаются биологическому разрушению под действием грибов, бактерий, насекомых-древоточцев.

К значительным негативным последствиям приводит воздействие агрессивных атмосферных осадков. Исторические памятники Греции и Италии, простояв тысячелетия, разрушаются прямо на глазах. Такая же судьба грозит Тадж-Махалу в Индии, Тауэру в Лондоне, Казанскому собору, Мраморному дворцу, Александро-Невской лавре в Санкт-Петербурге. На соборе Св. Павла в Риме слой известняка изъеден кислотными осадками на 2,5 см. Эти явления мы наблюдаем и в Москве.

Нередко после реставрации процессы разрушения даже ускоряются. Поэтому выбор устойчивых строительных материалов очень важная задача.

Практически все перечисленные «беды» можно наблюдать в Троице-Сергиевой Лавре. Наибольшее опасение вызывает состояние Трапезной. Фундамент Трапезной сложен валунно-глыбовым и галечно-щебенистым материалом с известково-глинистым цементом. Грунты основания до строительства фундамента уплотнились деревянными сваями длиной 2,0 — 2,5 метра, толщиной от 12 до 22 см. Часть свай сгнила полностью, другие — частично. Идет неравномерная осадка здания, развиваются трещины, гибнут ценные фрески.

Другой пример. Южная стена Лавры тянется вдоль небольшой реки. Здесь отмечается медленное развитие оползневых процессов. В результате стена выгибается в сторону реки, видны многочисленные трещины.

В последние годы в Лавре наблюдается локальное позеленение белокаменной облицовки стен, что обусловлено образованием сульфатов и карбонатов меди и цинка под действием дождевых вод.

Поступление в весенний период верховодки в подвалы некоторых зданий Лавры сопровождается образованием солей и разрушением строительного материала стен.

Существует много современных методов и технологий сохранения и восстановления памятников. Важно выбрать оптимальное решение для конкретных условий.

Такая задача в настоящее время решается для Храма Живоначальной Троицы на Грязях. Храм построен в конце 19 века, в советский период использовался как склад и как клуб. Подверглся перестройке. Возвращен верующим в 1991 году.

Храм находится в центре города, на Покровке и в полной мере испытывает воздействие городской среды - агрессивных атмосферных осадков, подтопления от городских коммуникаций, вибрационного воздействия транспорта, влияние прокладки подземных коммуникаций, непрофессиональной внутренней перестройки.

Программа восстановления Храма включает в себя:

исследование влияния на объект атмосферных осадков;

разработку рекомендаций по составу строительных материалов для ремонта, учитывающих экологические особенности центра Москвы;

изучение инженерно-геологических условий;

исследование состояния фундамента и несущих конструкций;

разработку на этой основе проекта ремонтных работ.

Программа выполняется совместно с экологами, специалистами по строительным материалам и конструкциям ОАО «НИИЭС», геологами АО «Институт Гидропроект».

многочисленных исследований, в оползневых процессах возвышенных территорий (особенно береговых) главную роль играют потоки инфильтрационных вод, а во вторую очередь поверхностный сток атмосферных осадков и талых вод.

Возрастание агрессивности подземных вод приводит также к коррозии цемента и бетонов, снижению прочности фундаментов и стен. Деревянные сваи в основании храмов и некоторых памятников (например, Медного всадника) и другие деревянные конструкции подвергаются биологическому разрушению под действием грибов, бактерий, насекомых-древоточцев.

К значительным негативным последствиям приводит воздействие агрессивных атмосферных осадков. Исторические памятники Греции и Италии, простояв тысячелетия, разрушаются прямо на глазах. Такая же судьба грозит Тадж-Махалу в Индии, Тауэру в Лондоне, Казанскому собору, Мраморному дворцу, Александро-Невской лавре в Санкт-Петербурге. На соборе Св. Павла в Риме слой известняка изъеден кислотными осадками на 2,5 см. Эти явления мы наблюдаем и в Москве.

Нередко после реставрации процессы разрушения даже ускоряются. Поэтому выбор устойчивых строительных материалов очень важная задача.

Практически все перечисленные «беда» можно наблюдать в Троице-Сергиевой Лавре. Наибольшее опасение вызывает состояние Трапезной. Фундамент Трапезной сложен валунно-глыбовым и галечно-щебенистым материалом с известково-глинистым цементом. Грунты основания до строительства фундамента уплотнялись деревянными сваями длиной 2,0 — 2,5 метра, толщиной от 12 до 22 см. Часть свай сгнила полностью, другие — частично. Идет неравномерная осадка здания, развиваются трещины, гибнут ценные фрески.

Другой пример. Южная стена Лавры тянется вдоль небольшой реки. Здесь отмечается медленное развитие оползневых процессов. В результате стена выгибается в сторону реки, видны многочисленные трещины.

В последние годы в Лавре наблюдается локальное позеленение белокаменной облицовки стен, что обусловлено образованием сульфатов и карбонатов меди и цинка под действием дождевых вод.

Поступление в весенний период верховодки в подвалы некоторых зданий Лавры сопровождается образованием солей и разрушением строительного материала стен.

Существует много современных методов и технологий сохранения и восстановления памятников. Важно выбрать оптимальное решение для конкретных условий.

Такая задача в настоящее время решается для Храма Живоначальной Троицы на Грязях. Храм построен в конце 19 века, в советский период использовался как склад и как клуб. Подвергался перестройке. Возвращен верующим в 1991 году.

Храм находится в центре города, на Покровке и в полной мере испытывает воздействие городской среды - агрессивных атмосферных осадков, подтопления от городских коммуникаций, вибрационного воздействия транспорта, влияние прокладки подземных коммуникаций, непрофессиональной внутренней перестройки.

Программа восстановления Храма включает в себя:

исследование влияния на объект атмосферных осадков;

разработку рекомендаций по составу строительных материалов для ремонта, учитывающих экологические особенности центра Москвы;

изучение инженерно-геологических условий;

исследование состояния фундамента и несущих конструкций;

разработку на этой основе проекта ремонтных работ.

Программа выполняется совместно с экологами, специалистами по строительным материалам и конструкциям ОАО «НИИЭС», геологами АО «Институт Гидропроект».

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Аверин А.П.</i> Сейсмоакустические исследования современного состояния скального массива на участке напорного водовода №2 Днестровской ГАЭС	3
<i>Прибылова Н.Е.</i> Информативные возможности одной сейсмостанции (на примере уточнения исходной сейсмичности районов Красноярского ГХК и Богучанской ГЭС)	12
<i>Стока П.П.</i> Энергетические предпосылки, перспективы и некоторые аспекты строительства высоконапорных ГАЭС в Российской Федерации на примере Краснополянской ГАЭС	22
<i>Пешнин А.Г.</i> Тепловое загрязнение атмосферы и экологическая эффективность гидроэнергетических установок (станций)	33
<i>Мулин И.Б.</i> Социально-экологические аспекты безопасности гидроэнергетических объектов	36
<i>Лапина С.Ю., Батурина Н.М.</i> Очистные сооружения подземных вод скважинного водозабора с технологическим регламентом обеззараживания	39
<i>Залыаев С.Р., Лопатин А.А.</i> Система прямого микропроцессорного управления электроприводом постоянного тока	44
<i>Иванов А.В., Филиппов Г.Г., Масленникова Е.С.</i> Рыбозащитное сооружение для крупных морских водозаборов	49
<i>Лисичкин С.Е., Ивонтьев А.В., Пономарёв Д.И.</i> Расчётные исследования компенсационного участка напорных сталежелезобетонных водоводов	64
<i>Рубин О.Д., Ильин Ю.А., Багин В.В.</i> Оценка состояния нижней головы Балаковского шлюза на основе натуральных и расчётных исследований	72
<i>Ильин Ю.А., Ивонтьев А.В., Багина Е.В.</i> Расчётные исследования напряжённо-деформированного состояния верхней головы Павловского шлюза	78
<i>Ильин Ю.А., Лисичкин С.Е., Ляпин О.Б., Мукашов Р.З.</i> Численное моделирование шлюзовых сооружений Бухтарминского и Усть-Каменогорского гидроузлов	82
<i>Салов Ф.В.</i> Моделирование размыва скального грунта в нижних бьефах гидроузлов	92
<i>Юрченко А.Н.</i> Повышение эффективности гашения энергии сбросного потока при осуществлении комбинированного режима сопряжения бьефов	96
<i>Затворницкая А.О.</i> Опыт внедрения самовспенивающейся негорючей теплоизоляции КОНСИЛ на дымовых трубах в северных районах России	105

<i>Панова Н.М.</i> Компьютерная информационная система «рабочее место инженера-смотрителя ТЭС»	110
<i>Пономарчук К.Р.</i> Экспериментальные исследования развития прорана в грунтовой плотине	114
<i>Севостьянова С.В.</i> Система основной охлаждающей воды АЭС Куданкулам	130
<i>Каледа Е.И., Кутанова О.А., Тарасова Е.Н.</i> Геоэкологические проблемы сохранения историко-культурного наследия России	140

**Российское акционерное общество энергетики и электрификации
«Единая энергетическая система России»
(РАО «ЕЭС России»)**

**Открытое акционерное общество
«Научно-исследовательский институт энергетических сооружений»
(ОАО «НИИЭС»)**

**ОБЪЯВЛЯЕТ В 2002 ГОДУ ПРИЕМ В АСПИРАНТУРУ ОАО «НИИЭС»
с отрывом и без отрыва от производства ПО СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ**

- 1. Гидротехническое строительство**
- 2. Строительные материалы и изделия**
- 3. Строительные конструкции, здания и сооружения**
- 4. Гидравлика и инженерная гидрология**
- 5. Технология и организация строительства**
- 6. Электростанции и энергетические системы**
- 7. Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение**

Заявление о приеме в аспирантуру с указанием специальности и формы обучения направлять на имя генерального директора ОАО «НИИЭС» к.т.н. *Бритвина Сергея Олеговича* с приложением следующих документов:

- личного листка по учету кадров с фотографией, заверенного в отделе кадров по месту работы;
- автобиографии;
- характеристики-рекомендации с последнего места работы или из ВУЗа, если не прошло двух лет со времени его окончания;
- нотариально заверенной копии диплома об окончании ВУЗа;
- реферата по избранной специальности или опубликованной статьи.

Паспорт и диплом об окончании ВУЗа представляются лично поступающими в аспирантуру.

Прием заявлений до 20 сентября 2002 года.

Вступительные экзамены по специальности, философии и иностранному ЯЗЫКУ проводятся с 10 октября 2002 года.

Обучение в аспирантуре платное. Форма и размер оплаты - по соглашению сторон.

Аспиранты имеют возможность работать по совместительству.

Документы направлять по адресу: 123362, Москва, а/я 393, Строительный проезд, дом 7-а, ОАО «НИИЭС» (аспирантура). Телефон: (095) 493-51-32, 492-66-71. Факс: (095) 493-64-29.

Заведующая аспирантурой — *Дмитриева Ирина Львовна*.

ОАО «НИИЭС»

Лицензия ИД № 06483 от 19 декабря 2001 г.

Предлагает полный цикл изготовления печатной продукции (листовки, брошюры, буклеты, приглашения, папки, визитки) — разработка оригинал-макета, дизайн, скапирование графики, верстка, вывод пленок, офсетная печать.

Предлагает приобрести Научно-технический и производственный сборник «Безопасность энергетических сооружений» (БЭС) — вып. 2 – 8 по следующим расценкам:

№ 2 – 3	– 150 руб;
№ 4	– 120 руб;
№ 5	– 60 руб;
№ 6	– 120 руб;
№ 7	– 160 руб;
№ 8	– 90 руб.
№ 9	– 160 руб
№ 10	– 90 руб

Почтовые расходы (10% от стоимости заказа) и НДС (на научно-техническую литературу согласно статье 164 ч. II Налогового кодекса — 10% от стоимости заказа) просим включить в общую сумму.

Для получения указанных изданий следует:

перечислить необходимую сумму на наш расчетный счет № 40702810438210101135 в Краснопресненском ОСБ №1569/01694 Сбербанка России, г. Москва.

Корреспондентский счет 3010181040000000225

БИК 044525225; ИНН 7733021533; ОКПО – 00113543;

ОКОНХ – 95120; КФС – 41,

направить письмо с перечнем заказываемой литературы и указанием почтового адреса, кодов ОКПО и ОКОНХ для оформления счета-фактуры, а также копию платежного поручения с отметкой банка.

Наш адрес: 123362, Москва, а/я 393, Строительный проезд, д. 7а

Телефон: (095) 493-51-32, 492-67-35; 492-21-51,

Факс (095) 493-64-29,

**Безопасность энергетических сооружений.
Сборник**

Научный редактор И.Л. Дмитриева
Технический редактор Т.А. Григорьева
Оригинал-макет и компьютерная верстка А.Г. Мелихова

Подписано в печать 09.12. 2002
Формат 60х90/16. Гарнитура Таймс
Бумага офс. №1. Печать офсетная.
Объем 9,5 п.л. Тираж 1000 экз.

Лицензия ИД № 06483 от 19 декабря 2001 г.
ОАО «НИИЭС».
123362 г. Москва, Строительный проезд, д. 7а.

Отпечатано в типографии ООО «ГЕО_ТЭК»
г. Красноармейск, Московской области.
Тел.: 254 97 27; 254 99 58, 584 16 23.