



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Гидрометрии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(дипломный проект)

На тему

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ
ОБОСНОВАНИЕ
ПРОЕКТА ПЕРЕХОДА
ГАЗОПРОВОДОМ ЗАВОДСКОГО
КАНАЛА В СЕСТРОРЕЦКЕ

Исполнитель Н.С. Кретьова
 Г-64 ФЗО
Руководитель к.т.н., доцент
 Г.Н. Угренинов

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой



(подпись)

«22» 06 2016 г.

Санкт-Петербург
2016

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Российской Федерации
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
(РГГМУ)

Допущен к защите
Зав. кафедрой,
к.г.н., доцент
Д.И. Исаев

Кафедра гидрометрии

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

ГИДРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

ПРОЕКТА ПЕРЕХОДА

ГАЗОПРОВОДОМ

ЗАВОДСКОГО КАНАЛА

В СЕСТРОРЕЦКЕ

Выполнила: Н.С. Кретьова
Г-64 ФЗО

Руководитель: к.т.н., доцент
Г.Н. Угренинов

Санкт-Петербург
2016

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Общая характеристика объекта проектирования	3
2 Изученность природной среды	4
2.1 Картографические материалы	4
2.2 Геологическое строение района проектирования	5
2.3 Климатическая характеристика района проектирования	6
2.4 Гидрологическая характеристика района проектирования	6
3 Климатическая характеристика района проектирования	6
3.1 Общие сведения	6
3.2 Температура воздуха	8
3.3 Атмосферное давление	9
3.4 Относительная влажность воздуха	9
3.5 Атмосферные явления и осадки	10
3.6 Скорость и направление ветра	11
4 Водные объекты района проектирования	13
4.1 Общие сведения о водных объектах района проектирования	13
4.2 Восточная часть Финского залива	14
4.2.1 Общая характеристика восточной части Финского залива	14
4.2.2 Режим уровней воды Сестрорецкой бухты Финского залива	14
4.3 Водохранилище Сестрорецкий Разлив	16
4.3.1 Общие сведения	16
4.3.2 Режим уровней воды и расчет аккумуляции в водохранилище	17
4.3.3 Расчет стока воды из водохранилища	18
4.4 Заводской канал	20
4.4.1 Общие сведения о Заводском канале	20
4.4.2. Рекогносцировочное обследование Заводского канала	22
4.4.3. Морфометрические характеристики Заводского канала на участке перехода газопроводом	30
4.4.4 Водность Заводского канала	32
4.4.5 Ледовый режим Заводского канала	43
4.4.6. Направленность и интенсивность плановых и вертикальных де- формаций русла Заводского канала на участке перехода газопроводом	43
4.4.7 Гидрологическое обоснование строительства газопровода	48
Заключение	51
Список использованных источников	53

ВВЕДЕНИЕ

В рамках настоящего дипломного проекта подвергнута анализу и обобщена опубликованная и архивная информация о природных условиях в районе г. Сестрорецка.

В связи с тем, что на состояние Заводского канала и р. Малой Сестры оказывают влияние водохранилище Сестрорецкий Разлив (в истоке канала) и Финский залив (в устьевой зоне), потребовалась оценка гидрологических характеристик этих водных объектов. Особое внимание уделено состоянию головного сооружения канала – Заводскому водосбросу, в створе которого существенно уменьшился расход воды после демонтажа турбины ГЭС в 1984 году.

Наибольшую важность при проектировании перехода газопроводом через водоток представляет собой оценка направленности и интенсивности плановых и вертикальных деформаций русла. Такая оценка осуществлена на основе анализа результатов комплекса полевых работ и расчетов, произведенных с применением метода математического моделирования.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Строительство распределительных газопроводов в г. Сестрорецке предусматривает, в частности, переход газопроводом через Заводской канал. Этот канал представляет собой одно из звеньев системы водоотведения из водохранилища Сестрорецкий Разлив.

Заводской канал завершается руслом р. Малой Сестры, впадавшей в Сестрорецкую бухту Финского залива до прекращения в 1984 году действия гидроагрегатов ГЭС Сестрорецкого Оружейного завода и резкого уменьшения водности канала.

Участок проектирования перехода газопроводом через Заводской канал показан на обзорном плане (рис 1.1). Наличие плотной застройки прилегающей территории и развитой инфраструктуры

накладывает повышенные требования к строительству и эксплуатации газопровода. Особую значимость приобретают проблемы, связанные с оценкой вероятности значимых плановых и высотных деформаций русла Заводского канала.

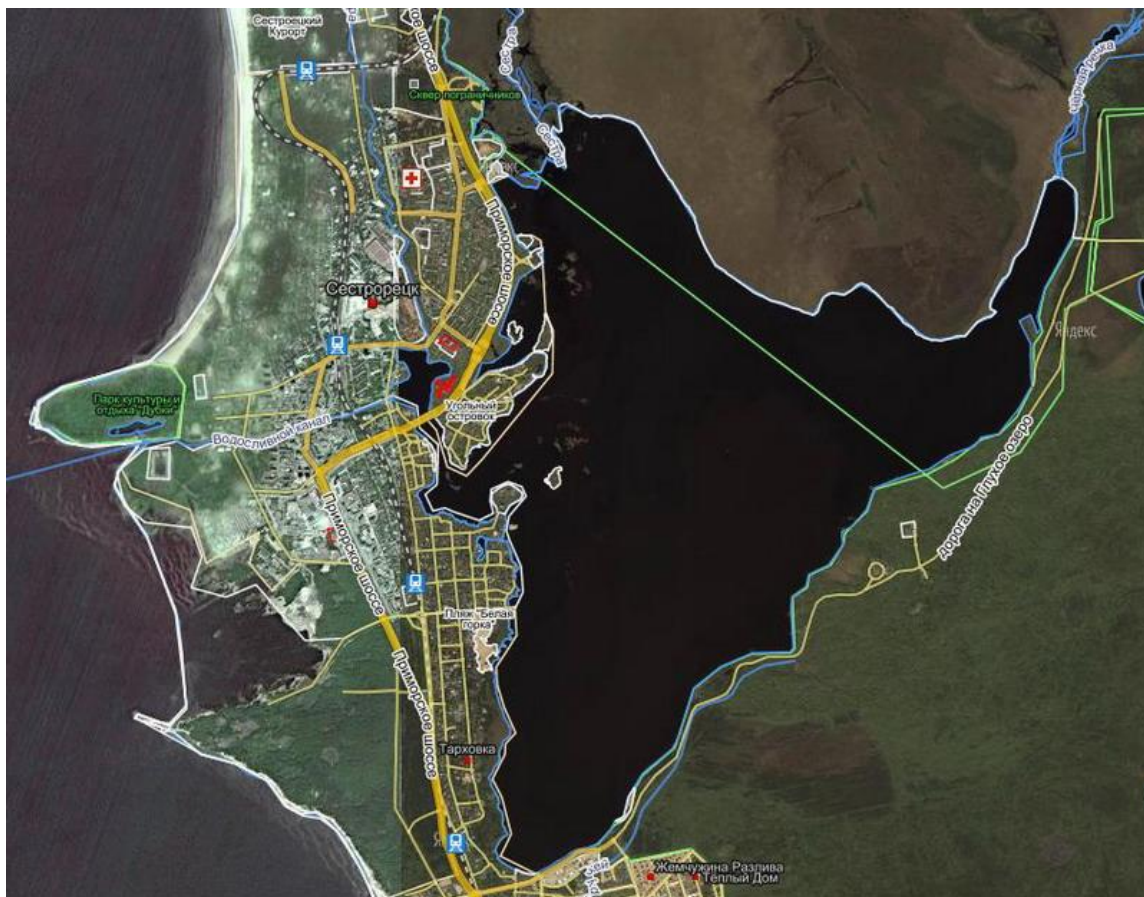


Рис. 1.1. Обзорный план объекта проектирования

2. ИЗУЧЕННОСТЬ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

2.1. Картографические материалы

- Архивные планшеты Геолого-геодезической службы КГА Санкт-Петербурга – М 1:500 и 1:2000;
- Морская навигационная карта № 25003 – М 1:25000;
- Топографические карты Р-35-143,144; Р-36-133,134 – М 1:100000.

2.2. Геологическое строение района проектирования

Вблизи створа перехода газопроводом Заводского канала 09.02.2010 г. сотрудниками ООО «Научно-производственное предприятие «БЕНТА» на глубину 8 метров пробурены две скважины: скважина № 4 на правом и скважина № 5 на левом берегах канала.

Устья скважин №№ 4-5 имеют отметки, соответственно, 5,00 м БС и 3,00 м БС.

Результаты бурения скважин:

- на поверхности прослежен мерзлый почвенно-растительный слой мощностью 0,2 м;
- в скважине № 4 в интервале отметок 3,0 – 4,8 м БС залегают пески мелкие, средней плотности, желтые, с редкими органическими остатками; ниже отметки 3,8 м БС – насыщенные водой;
- в скважине № 5 в интервале отметок 1,1 – 2,8 м БС встречены также пески мелкие, ниже отметки 1,7 м БС – насыщенные водой;
- пески пылеватые средней плотности, насыщенные водой, светло-желтые, с редкими органическими остатками в скважине № 4 залегают в интервале минус 3,0 – плюс 3,0 м БС, а в скважине № 5 – в интервале минус 5,0 – плюс 1,1 м БС.

Гранулометрический состав проб песков мелких характеризуется следующими показателями:

- доля фракций крупнее 0,1 мм составляет около 89%;
- доля фракций мельче 0,05 мм – 5%.

Гранулометрический состав песков пылеватых:

- доля фракций крупнее 0,1 мм составляет около 72%;
- доля фракций мельче 0,05 мм – 8,5%.

2.3. Климатическая характеристика района проектирования

- Справочник по климату СССР. Вып. 3. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская и Псковская области. ГИМИЗ, Л., 1966 [1].

- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 3. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининская и Смоленская области. Л., Гидрометеиздат, 1988 [2].

2.4. Гидрологическая характеристика района проектирования

- Гидрологическая изученность. Т. 2, Карелия и Северо-Запад, 1965 [3].

- Основные гидрологические характеристики. Т. 2. Карелия и Северо-Запад, Л., Гидрометеиздат, 1966, 1978 [4].

- Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2, ч. 1, 2, 1972 [5].

- Гидрологические ежегодники Т. 1, вып. 0-3 (1936-1980); Т. 1, вып. 5 (1981-1987) [6].

- Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2002 г. (Комитет ПООС и ОЭБ, СПб, 2003 г.) [7].

- Нежиховский Р.А. Вопросы гидрологии реки Невы и Невской губы. Л.: Гидрометеиздат, 1988 [8].

3. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

3.1. Общие сведения

Территория окрестностей Санкт-Петербурга относится к атлантико-континентальной климатической области умеренного пояса [1,2]. Главное значение в формировании климата здесь принадлежит воздействию морских и континентальных воздушных масс, арктическим вторжениям и интенсивной циклонической деятельности. Активная циклоническая деятельность и частая смена воздушных масс

определяют неустойчивый характер погоды во все сезоны года и являются причиной формирования климата с хорошо выраженными морскими чертами: мягкой зимой, прохладным летом, достаточным увлажнением и сравнительно частым выпадением осадков.

Зима длится в среднем 3,5 месяца и характеризуется частыми оттепелями, особенно в первой её половине. В декабре в среднем отмечается до 12 дней с оттепелью, в это время преобладает пасмурная и ветреная погода, с частыми осадками в виде мокрого снега. В середине декабря отмечается устойчивый переход средней суточной температуры воздуха через -5° и образование устойчивого снежного покрова. Наибольший за зиму запас воды в снеге в среднем составляет 70-80 мм.

В январе западные потоки ослабевают, и число дней с оттепелью уменьшается до 7-8 дней в месяц, однако в теплые зимы оттепель может длиться непрерывно более месяца.

Осадки за период с декабря по март составляют в среднем около 140 мм или 22% от годовой суммы. Они носят, в основном, обложной характер и выпадают 17-20 дней в месяц в виде снега, дождя, мокрого снега. Из-за частых оттепелей мощного снежного покрова не образуется. Максимальных значений (25-30 см на открытых участках) высота снежного покрова достигает в марте.

Весна носит затяжной характер. Таяние снега наступает в середине марта, и к 12 апреля устойчивый снежный покров, как правило, сходит. В отдельные годы снежный покров появляется вновь, поэтому даты его окончательного схода колеблются от первой декады марта до начала мая. Переход средней суточной температуры через 0°C к положительным значениям осуществляется в среднем 3-4 апреля. Повышение температуры воздуха от 0°C до 10°C происходит в среднем за 45 дней. Заморозки возможны до конца мая. Внутрисуточные колебания температуры воздуха в отдельные дни могут достигать 18-20 $^{\circ}\text{C}$.

Лето умеренно тёплое и длится обычно от начала июня до конца первой декады сентября. Летние месяцы характеризуются наибольшей продолжительностью солнечного сияния: 280-300 часов в июне, 200-

240 часов в августе. Период со средними суточными температурами воздуха выше 15°C длится обычно около 65 дней (в среднем с 19 июня по 24 августа). Скорость ветра летом наименьшая в году, на скорости ветра до 5 м/с приходится около 80% случаев. Осадков выпадает больше, чем в другие сезоны, на период с июня по август приходится 34% годовой суммы. Продолжительность осадков составляет в среднем 52 часа в месяц. Максимальное количество осадков выпадает в августе. Осадки, в основном, носят ливневой характер и иногда сопровождаются грозами.

Осень наступает около середины сентября с началом заморозков на поверхности почвы и характеризуется общим ухудшением погоды (понижением температуры, повышением влажности, увеличением облачности). Продолжительность осадков в октябре-ноябре увеличивается по сравнению с летом в 2 раза, возрастая до 147 часов в ноябре. Переход средней суточной температуры воздуха через 10°C происходит 21 сентября, через 5°C – 19 октября, через 0°C – 15 ноября. Появление снежного покрова возможно уже в середине октября.

По данным информационного центра погоды (ИЦП), за год выпадает 620 мм осадков, причем за теплый период 420, а за холодный 200 мм.

В среднем за многолетие с суши за год испаряется 425 мм, а с водной поверхности около 540 мм.

3.2. Температура воздуха

Температура воздуха достигает максимума в июле, а минимум приходится на февраль. В табл. 3.1 приведены нормы среднемесячных и среднегодовых температур воздуха.

Таблица 3.1

Среднемесячные значения температуры воздуха, °C

Станция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ИЦП	-7,8	-7,8	-3,9	3,1	9,8	15,0	17,8	16,0	10,9	4,9	-0,3	-5,0	4,4

3.3. Атмосферное давление

Наибольшие значения среднего месячного давления отмечаются в феврале, марте и мае, причём наивысшие значения наблюдаются в мае. Наименьшие значения среднего месячного давления приурочены к июлю, сентябрю и декабрю.

Среднемесячные значения атмосферного давления представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Ежемесячные значения атмосферного давления, гПа

Стан-ция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ИЦП	1013,1	1015,3	1014,8	1013,2	1015,4	1012	1010,8	1011,9	1011,7	1012,8	1012,3	1011,2	1012,9

3.4. Относительная влажность воздуха

Средняя годовая относительная влажность воздуха составляет 79 %.

Минимальные значения средней месячной относительной влажности воздуха отмечаются в мае-июне, а максимальные – в ноябре-декабре.

В табл. 3.3 приведены среднемесячные значения относительной влажности воздуха.

Таблица 3.3

Среднемесячные значения относительной влажности воздуха, %

Станция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ИЦП	86	84	78	72	65	67	72	76	81	84	87	88	79

3.5. Атмосферные явления и осадки

Сведения об атмосферных явлениях [1,2], наблюдаемых в районе проектирования, и их продолжительность, приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

Число дней с атмосферными явлениями (среднее/максимальное)
по метеостанции НУС

Явления	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
туман	$\frac{4}{10}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{4}{9}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{0,8}{6}$	$\frac{0,9}{5}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{4}{11}$	$\frac{5}{11}$	$\frac{39}{57}$
метель	$\frac{7}{15}$	$\frac{7}{15}$	$\frac{4}{11}$	$\frac{0,8}{6}$						$\frac{0,2}{3}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{5}{14}$	$\frac{26}{45}$
гроза			$\frac{0,03}{1}$	$\frac{0,5}{3}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{11}$	$\frac{5}{12}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{0,8}{3}$	$\frac{0,1}{1}$			$\frac{13}{24}$
Град				$\frac{0,03}{1}$	$\frac{0,3}{2}$	$\frac{0,7}{3}$	$\frac{0,3}{2}$	$\frac{0,1}{1}$	$\frac{0,3}{1}$	$\frac{0,2}{1}$			$\frac{1,9}{7}$

Наибольшее количество осадков отмечается в летний период (июль-сентябрь), иногда выделяется второй дождливый период – в октябре-ноябре.

Наименьшее количество осадков выпадает в зимний период (февраль-март).

Наиболее часто годовой максимум месячных сумм осадков приходится на июль-август, а минимум – на март (см. табл. 3.5).

Таблица 3.5

Среднемесячные слои осадков, мм/мес.

Метеостанция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
ИЦП	38	35	32	38	46	62	68	82	66	58	51	44	620
НУС	35	29	28	34	36	56	74	73	62	61	50	45	583

3.6. Скорость и направление ветра

В рассматриваемом районе преобладают ветры западного, юго-западного и южного направлений. Значительно реже наблюдаются восточные и северные ветры. Изменение средней скорости ветра по сезонам не превышает 1-2 м/с.

Сведения о сезонном ходе скорости ветра в восточной части Финского залива представлены в табл. 3.6 по результатам наблюдений на станции Лисий Нос, метеоплощадка которой находится в ветровой тени, кроме западного румба.

Таблица 3.6

Среднемесячные значения скорости ветра по станции Лисий Нос,
м/с

Месяцы												Год
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
4,7	4,2	4,2	3,9	3,9	4,1	3,8	4,0	4,6	5,1	5,2	4,9	4,4

Повторяемости ветра различной скорости и направлений за период ледовых явлений (ноябрь-апрель) и за период открытой воды (май-октябрь) по ближайшей метеостанции Лисий Нос приведены в табл. 3.7 - 3.9.

Станция расположена в 15-20 м от уреза воды на береговой отмели, искусственно приподнятой до 2.6 м за счет насыпного грунта. Высота флюгера с тяжелой доской и высота анеморумбометра – 16 м, высота флюгера с легкой доской – 15.7 м. Метеостанция Лисий Нос закрыта в ноябре 2004 г.

Таблица 3.7

Повторяемость ветра различной скорости за период ледовых явлений (ноябрь-апрель), %, метеостанция Лисий Нос

Скорость ветра, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
1 - 3	6,5	6,5	7,3	6,5	2,9	2,0	5,7	7,8
4 - 7	1,9	2,4	4,8	9,2	6,9	5,4	7,0	3,1
8 - 11	0,0	0,05	0,2	2,1	3,3	3,4	2,8	0,2
12 - 15	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,0
16 - 19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,05	0,1	0,0
20 - 23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σ	8,4	8,95	12,3	18,0	13,5	11,45	16,3	11,1

Таблица 3.8

Повторяемость ветра различной скорости за период открытой воды (май-октябрь), %, метеостанция Лисий Нос

Скорость ветра, м/с	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
1 – 3	9,8	9,7	7,1	6,8	3,0	4,0	8,5	7,5
4 – 7	2,1	2,4	2,3	4,8	5,4	6,5	8,8	2,5
8 – 11	0,1	0,0	0,0	0,8	2,0	2,7	2,1	0,2
12 – 15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,4	0,3	0,0
16 – 19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20 – 23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
>24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Σ	12,0	12,1	9,4	12,4	10,6	13,6	19,7	10,2

Таблица 3.9

Наибольшие скорости ветра 3 румба редкой повторяемости на высоте 10 м [2], м/с , метеостанция Лисий Нос

Повторяемость	Скорость ветра, м/с
1 раз в 1 год	16
1 раз в 5 лет	18,5
1 раз в 10 лет	20
1 раз в 20 лет	21
1 раз в 25 лет	22
1 раз в 50 лет	22,5

4. ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ РАЙОНА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

4.1. Общие сведения о водных объектах района проектирования

Водный режим Заводского канала и русловые процессы в нем находятся в зависимости от состояния восточной части Финского залива, куда происходит разгрузка вод канала, а также от наполнения водохранилища Сестрорецкий Разлив, водами которого питается Заводской канал.

При повышении уровней Финского залива значительная часть Заводского канала находится в подпоре от морских вод. При сгонах на море скорости течения в канале возрастают, что сопряжено с возможным усилением деформаций русла.

Расходы воды в Заводском канале зависят от наполнения водохранилища Сестрорецкий Разлив. Кроме того, водность Заводского канала определяет пропускная способность гидроузла Сестрорецкого оружейного завода (ныне ЗАО «СИЗ Пром»).

4.2. Восточная часть Финского залива

4.2.1. Общая характеристика восточной части Финского залива

Участок проектирования расположен на сравнительно узкой прибрежной полосе суши между Сестрорецкой бухтой Финского залива и водохранилищем Сестрорецкий Разлив. Два этих водных объекта соединяются системой проток, одной из которых является Заводской канал.

Побережье Финского залива у г. Сестрорецка имеет генеральное направление с северо-северо-запада на юго-юго-восток.

Мористее сестрорецкого побережья находится о. Котлин, разделяющий выход из Невской губы в Финский залив на два пролива: Южные и Северные Ворота. Морская акватория, омывающая Сестрорецк, тяготеет к участку Северных Ворот.

Дамбы Комплекса Защитных Сооружений (КЗС) пересекают Южные и Северные Ворота, соединяя оба берега Финского залива с о. Котлин.

4.2.2. Режим уровней воды Сестрорецкой бухты Финского залива

Ординар уровней воды Финского залива на акватории проектирования имеет практически ту же самую отметку, что и на посту г. Кронштадта, т.е. минус 0,01 м БС.

Изменения отметок уровня воды Финского залива у г. Сестрорецка происходят под воздействием сгонно-нагонных явлений, сейшевых волн и при вторжении «длинной» волны с Балтики [8]. Последний фактор определяет наибольшие повышения уровня воды – наводнения. Наводнения происходят не только в навигационный период, но и при наличии льда. Зимние наводнения сопровождаются взломом ледяного покрова.

Понижения уровня воды наблюдаются при сгонах, вызываемых сильными и продолжительными ветрами восточного сектора.

Изменение водности р. Невы практически не влияет на отметки уровней воды Финского залива.

Важным фактором, определяющим режим уровней воды, является Комплекс Защитных Сооружений (КЗС). Моделирование хода уровней воды на прибрежной акватории Финского залива показывает, что в современном состоянии КЗС наблюдается превышение отметок водной поверхности по сравнению с естественными условиями, т.е. до строительства КЗС, при одной и той же гидрометеорологической ситуации.

Оценка влияния дамб КЗС в современном состоянии на ход уровней воды Финского залива у г. Сестрорецка выполнена путём математического моделирования условий конкретных наводнений с максимальными уровнями различной обеспеченности.

Полученные в результате расчетов данные о максимальных годовых и зимних уровнях различной обеспеченности на акватории Сестрорецкой бухты Финского залива в современных условиях приведены в табл. 4.1-4.2.

Таблица 4.1

Превышения максимального годового уровня воды над естественным
под влиянием КЗС

Обеспеченность, %	Годовой максимум в естественных условиях уровня, м БС	Превышения уровня над естественным, м
		Современные условия КЗС
1	2,93	0,41
5	2,00	0,31
10	1,81	0,30
20	1,65	0,28
50	1,38	0,24

Таблица 4.2

Максимальные годовые и зимние уровни воды на акватории Сестрорецкой бухты Финского залива, м БС, современные условия (по завершении ввода КЗС в проектный режим эксплуатации)

Обеспеченность, %				
50	20	10	5	1
Годовые				
1,62	1,93	2,11	2,31	3,34
Зимние				
1,16	1,49	1,75	2,00	2,56

Сгонные явления в восточной части Финского залива не претерпели существенного изменения в связи со строительством КЗС. Обобщение натурной информации позволило установить отметки годовых и зимних минимальных уровней воды заданной обеспеченности у Сестрорецка (см. табл. 4.3).

Таблица 4.3

Минимальные годовые и зимние уровни воды на акватории Сестрорецкой бухты Финского залива, м БС

Обеспеченность, %		50	95	99
Уровни воды, м БС	Годовые	−0,94	−1,34	−1,64
	Зимние	−0,83	−1,21	−1,45

4.3. Водохранилище Сестрорецкий Разлив

4.3.1. Общие сведения

Водохранилище Сестрорецкий Разлив было образовано в 1723 г. в результате сооружения плотины ниже слияния рек Сестры и Черной. При отметке уровня 8,0 м БС площадь водохранилища равна 10,6 км², объем 16,89 млн. м³, средняя глубина 1,59 м. В настоящее время сток

из водохранилища осуществляется через Заводскую плотину и плотину Гаусмана, соответственно по Заводскому (р. Малая Сестра) и Водосливному каналам. Поверхностный приток в водохранилище формируется с водосборной площади 555,4 км² (без учета акватории водохранилища). Из этой площади 399 км² (71,8%) занимает бассейн р. Сестры, 126 км² (22,7%) – бассейн р. Черной и 30,4 км² (5,5 %) – территория, примыкающая непосредственно к водохранилищу.

4.3.2. Режим уровней воды и расчет аккумуляции в водохранилище

Сохранившиеся сведения об уровнях воды водохранилища Сестрорецкий Разлив получены в службе Главного энергетика «Сестрорецкого инструментального завода».

На рис. 4.1 показана многолетняя динамика уровней воды в водохранилище на 1-е число каждого месяца за период 1973-1985 гг., а на рис. 4.2 – типовой график внутригодового хода уровней.

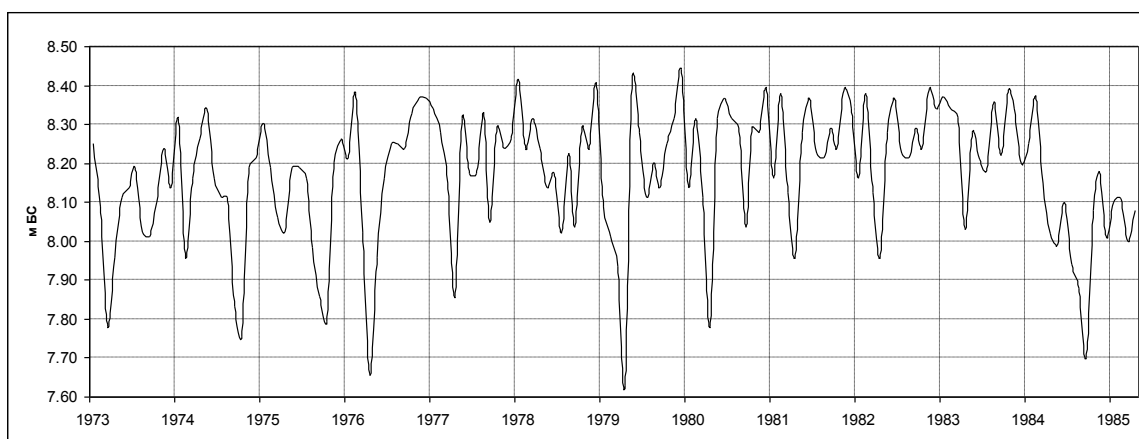


Рис. 4.1. Хронологический график уровней водохранилища
Сестрорецкий Разлив

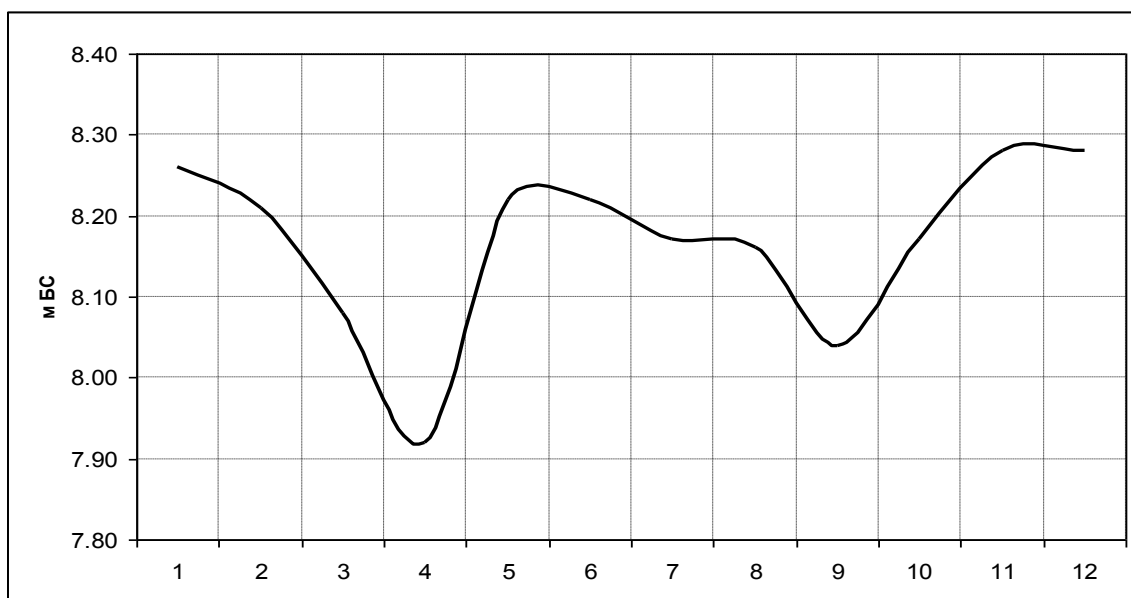


Рис. 4.2. Типовой график уровней водохранилища Сестрорецкий Разлив

Водохранилище Сестрорецкий Разлив имеет режим уровней воды, характерный для водохранилищ Северо-Запада. В годовом ходе уровней воды можно выделить предвесеннюю сработку, резкий весенний подъем при наполнении талыми водами, плавное снижение уровней летом и подъем осенью за счет повышенного притока дождевых вод.

По историческим материалам отметки НПУ и УМО часто менялись [9]. Данные, приведенные на рис. 4.1 и 4.2, позволяют сделать вывод о том, что в 1973-1985 гг. колебания уровня водохранилища происходили, в основном, в пределах от 7,8-7,9 до 8,3-8,4 м БС.

В Декларации безопасности ГТС г. Сестрорецка указаны характерные отметки уровней водохранилища Сестрорецкий Разлив: УМО 7.2 м БС; НПУ 8.0 м БС; ФПУ 8.2 м БС.

4.3.3. Расчет стока воды из водохранилища

Ввиду того, что регулярные наблюдения за стоком через плотины водохранилища Сестрорецкий Разлив не проводятся, месячные величины стока из него рассчитывались как остаточный член уравнения водного баланса.

На рис. 4.3 представлена кривая распределения годового стока из водохранилища Сестрорецкий Разлив, а в табл. 4.5 – его основные статистические параметры.

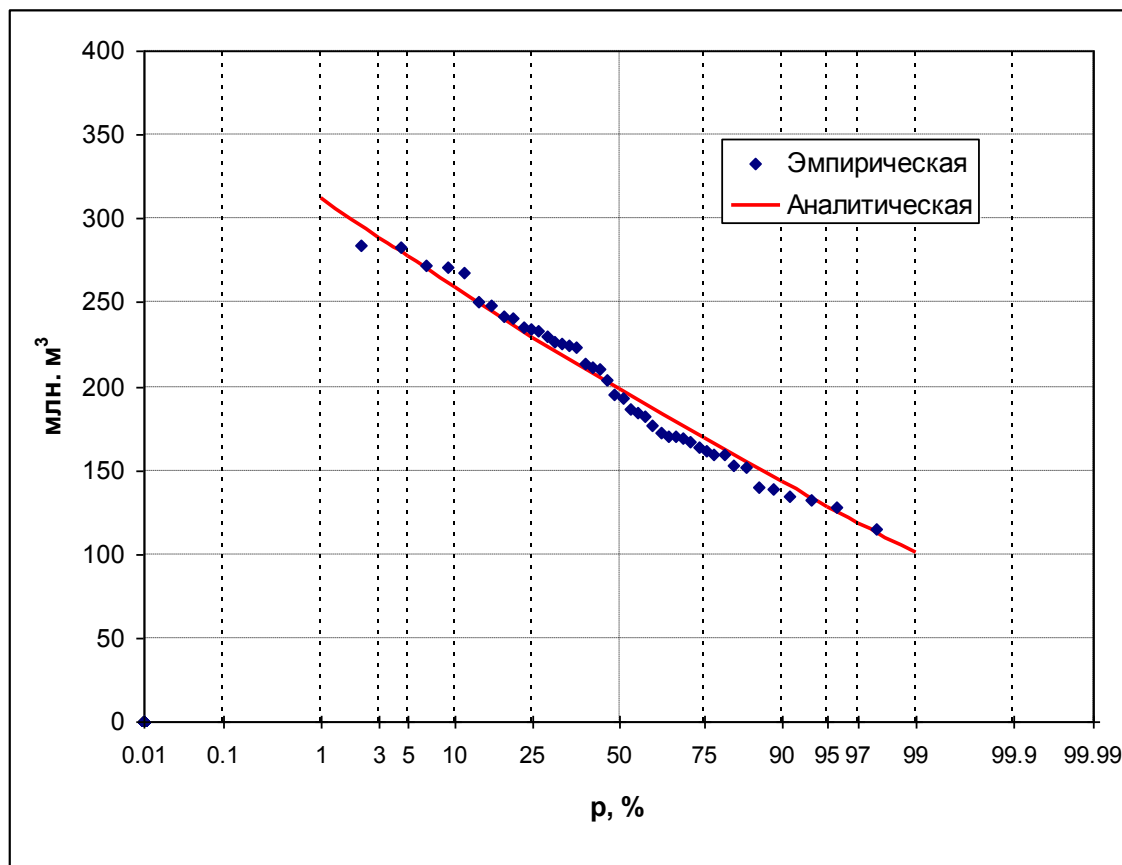


Рис. 4.3. Кривая распределения годового стока из водохранилища Сестрорецкий Разлив

Таблица 4.5

Статистические характеристики годового стока из водохранилища Сестрорецкий Разлив

Среднее (млн. м ³)	C_v	C_s/C_v	Годовой сток (млн. м ³) различной обеспеченности (%)						
			5	10	25	50	75	90	95
198	0,23	1,0	277	259	229	198	169	143	128

4.4. Заводской канал

4.4.1. Общие сведения о Заводском канале

Заводской канал берет начало из водохранилища Сестрорецкий Разлив и, протекая в северо-западном направлении, впадает в Финский залив Балтийского моря. Общая длина канала составляет 5,25 км. Ниже по течению от Малого Водосливного канала, соединяющего Заводской канал с Сестрорецкой бухтой Финского залива, водоток носит название р. Малая Сестра. В головной части Заводского канала имеется водосбросное сооружение и ГЭС руслового типа.

Заводская плотина относится к ГТС IV класса. Головное водопропускное сооружение расположено в начале подводящего канала к зданию ГЭС и представляет собой доковую конструкцию с расходящимися открылками со стороны верхнего бьефа.

Подпорные стенки открылков, стены и днища водосбросов сложены из известняковых плит на цементном растворе. Водосброс оборудован двумя рабочими и одним ремонтным затвором в виде металлических щитов.

Рабочие затворы подняты над поверхностью воды. Конструкция рабочих затворов одинакова. Каждый затвор представляет собой щит с вертикальными левой и правой гранями: горизонтальной верхней и параболической (выпуклой вниз) нижней гранью. Ширина затворов составляет (по чертежам) 4,88 м, максимальная высота в середине – 3,13 м, а с краев – 2,62 м. При поднятых рабочих щитах напор воды сдерживает ремонтный затвор, имеющий те же размеры, но без выпуклой грани (4,88 2,62 м), т.е. сток воды в Заводской канал осуществляется через незакрытый щитом придонный сегмент.

Гидроэлектростанция, действовавшая на оружейном заводе, в настоящее время не используется: турбина в 1984 году заглушена, пропуск воды в Заводской канал осуществляется через направляющий аппарат. По данным Декларации безопасности Заводской плотины, пропускная способность направляющего аппарата составляет 4,00 м³/с. Гидрометрические работы не подтверждают этой информации. По результатам измерений, выполненных 11.06.2002 г., 03.07.2002 г. и

03.11.2009 г., расходы воды, измеренные в Заводском канале (ниже ГЭС), составили, соответственно, 0,90 и 0,75 м³/с. Уменьшение расхода воды через направляющий аппарат в данном случае вызвано, прежде всего, развитием в подводящем канале перифитона, засоряющего направляющий аппарат и уменьшающего его пропускную способность. В принципе, расход в створе Заводской плотины (в ее нынешнем состоянии) зависит от степени засоренности направляющего аппарата и от отметки уровня верхнего бьефа, т.е. от уровня водохранилища Сестрорецкий Разлив. Подпор Сестрорецкой бухты Финского залива не достигает створа сооружений Заводской плотины.

При работающей турбине максимальный проектный расход воды в створе Заводской плотины равен 36,0 м³/с (при ФПУ верхнего бьефа) и 29,0 м³/с при НПУ. Максимальный фактический расход воды за годы эксплуатации электростанции составил 12,6 м³/с.

Верхний участок Заводского канала (водосброс - здание ГЭС) представляет собой канал с вертикальными подпорными стенками. Ширина канала на указанном участке составляет 4,8 м, высота стенок – 3,5 м. Подпорные стенки и днище выполнены из известняковых плит на цементном растворе. Ниже здания ГЭС на участке длиной 155 м днище и стенки канала облицованы преимущественно железобетоном. На остальном протяжении канал проходит в земляном русле, здесь ширина Заводского канала по урезу воды в межень изменяется от 12 до 35 м.

Сооружения головной части и верхнего течения Заводского канала показаны на фотоснимках рис. 4.4-4.6 и 4.9-4.15.

Река Малая Сестра имеет долину преимущественно трапецеидальной формы. Ширина долины составляет 80-300 м, склоны крутые, на отдельных участках очень крутые. Высота их изменяется от 8-10 м в верхней части водотока до 2-3 м – в устьевой.

Русло канала в пределах нижнего участка (0-2,47 км от устья) преимущественно прямолинейное, в нижнем течении обладает слабой извилистостью. Ширина русла по урезу воды в межень составляет 20-30 м, глубины – от 0,3 до 1,0 м. Дно песчаное и песчано-илистое. Русло

в значительной степени зарастает водной растительностью, на отдельных участках оно захламлено.

До недавнего времени р. Малая Сестра не имела выхода в Финский залив, поскольку ее основное русло в устье было запружено баром, длина которого достигала 300 м. Сток воды в Сестрорецкую бухту Финского залива осуществлялся по Малому Водосливному каналу. Несколько лет назад произведена расчистка речного устья.

4.4.2. Рекогносцировочное обследование Заводского канала

Предварительное рекогносцировочное обследование Заводского канала (р. Малой Сестры или Сестры Заводской) выполнено 03.11.2009 г. с целью выявления особенностей морфологии русла и руслового процесса.

Обследованию подлежал участок Заводского канала длиной 2 км ниже по течению от водохранилища Сестрорецкий Разлив.

На верхней границе обследованного участка вдоль водохранилища Сестрорецкий Разлив по улице Воскова расположена земляная дамба.

По гребню дамбы проходит асфальтированная автомобильная дорога – ул. Воскова. Наиболее низкая отметка гребня дамбы – 9,15 м.

Верховой откос дамбы пологий. Вдоль гребня дамбы проходит заасфальтированная пешеходная дорожка, ближе к урезу воды - грунтовая пешеходная дорожка. Откос покрыт травой, растут деревья (клен, липа, ольха и др.) и кустарник.

Низовой откос дамбы более крутой, местами очертания откосов геометрически неправильные. Откос также покрыт травой, произрастают деревья, встречаются кустарники. На низовом откосе дамбы имеются пешеходные дорожки и тропинки.

Основные характеристики дамбы представлены в табл. 4.6.

Таблица 4.6

Основные параметры грунтовой дамбы по ул. Воскова

Длина по гребню	Ширина по гребню	Средняя отметка гребня	Ширина по подошве	Максимальная высота	Средняя высота	Заложение откосов		Максимальный напор
						верхового	низового	
180 м	15-20 м	9,3 м БС	90 м	10,0 м	4-5 м	1:5	1:3	9,1 м

Верхним бьефом земляной дамбы является водохранилище Сестрорецкий Разлив, а нижним - Заводской канал.

Средняя глубина водохранилища по акватории, прилегающей к земляной дамбе по ул. Воскова, составляет около 0,5-1,5 м.

В верхнем бьефе, напротив водосброса на Заводском канале, установлена шпунтовая стенка, понижающая уровень воды перед водопропускными сооружениями водосброса на 0,2 м (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Шпунтовая стенка перед водосбросом в Заводской канал

Сброс воды в нижний бьеф осуществляется через плоские щиты (см. рис 4.5). Берега Заводского канала укреплены бетонными плитами (рис. 4.6).



Рис. 4.5. Регулирующие щиты на Заводском канале



Рис. 4.6. Заводской канал, подводящий воду к турбинам ГЭС на Сестрорецком инструментальном заводе ЗАО «СИЗ Пром»

По результатам полевого обследования построен продольный профиль водной поверхности на гидротехническом сооружении по ул. Воскова (рис. 4.7).

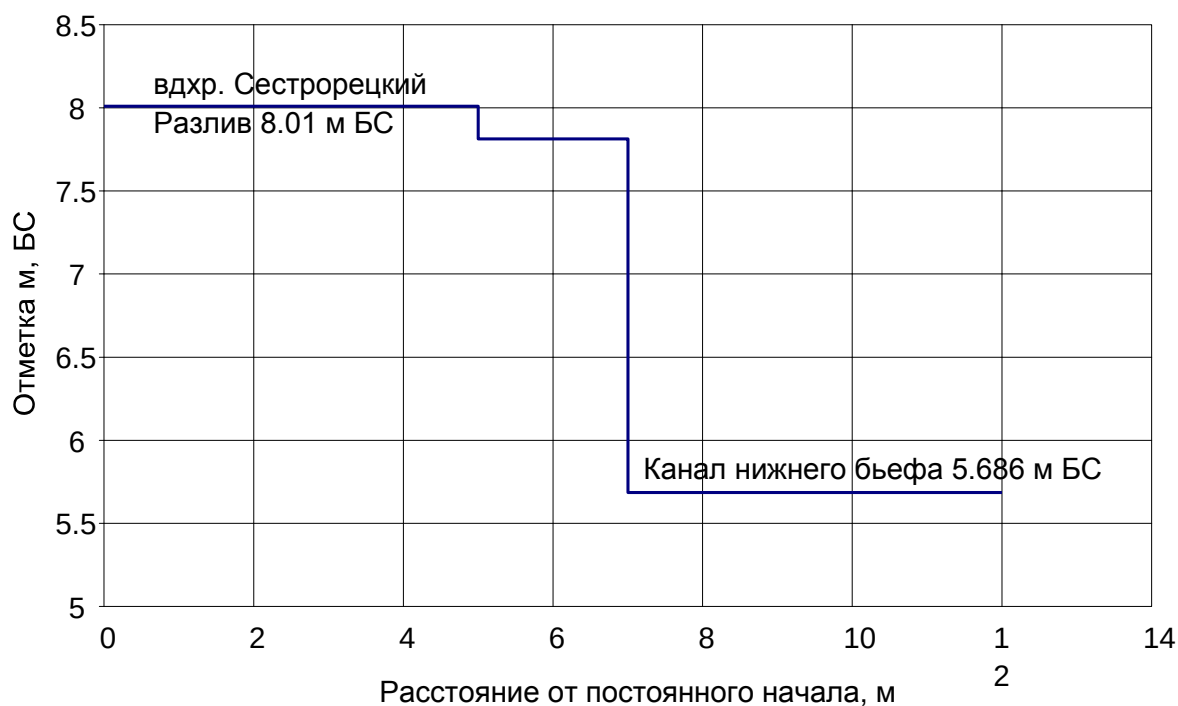


Рис. 4.7. Продольный профиль водной поверхности на гидротехническом сооружении по улице Воскова

На рис. 4.8 представлен поперечный профиль водоподводящего канала к турбинам ГЭС на Сестрорецком инструментальном заводе ЗАО «СИЗ Пром». Расход воды, измеренный в этом канале 03.11.2009 г., составил $0,75 \text{ м}^3/\text{с}$.

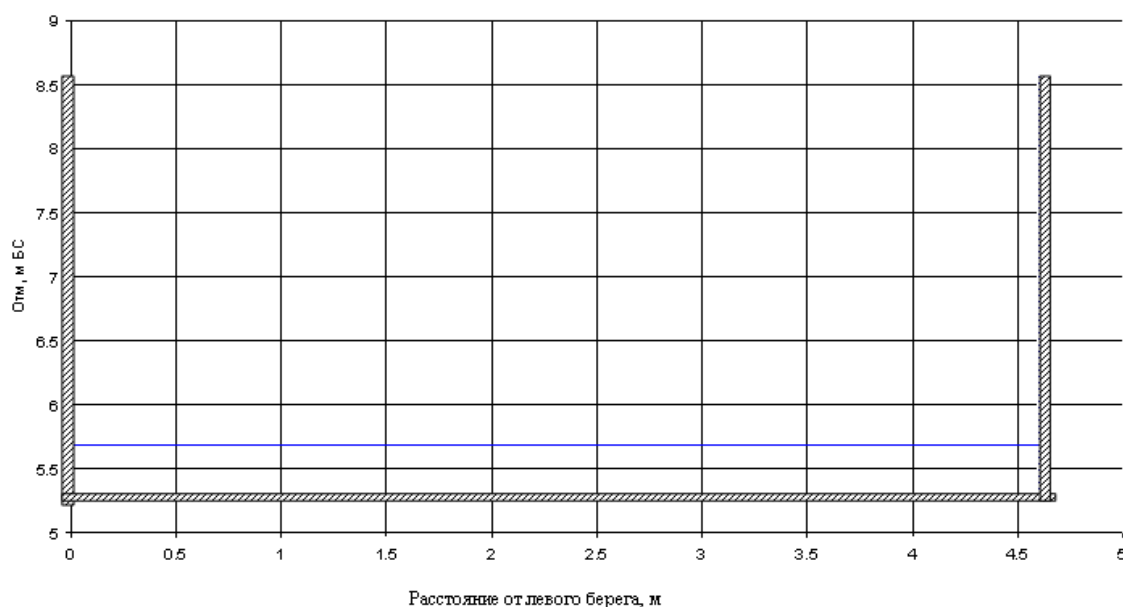


Рис. 4.8. Поперечный профиль водоподводящего канала к турбинам
ГЭС на

Сестрорецком инструментальном заводе ЗАО «СИЗ Пром»

После протекания через заглушенные в настоящее время турбины водный поток Заводского канала поступает в земляное русло (рис. 4.9). Затем, петля между песчаными дюнами (рис. 4.10 - 4.11), водоток впадает в Финский залив.

Проектный створ расположен в вершине излучины реки (рис. 4.12) Берега канала здесь имеют высоту 10-12 м. Правый берег обрывистый, заросший древесной и кустарниковой растительностью (рис. 4.13), левый пологий – представляет собой классическую песчаную дюну.

Ниже по течению от створа перехода морфологическое строение русла сохраняется (рис. 4.14-4.15) - Заводской канал имеет черты естественного водотока.



Рис. 4.9. Заводской канал в пределах восточной границы территории завода



Рис. 4.10. Заводской канал на выходе с территории завода (вид вниз по течению)



Рис. 4.11. Излучина канала выше по течению от створа перехода (вид с левого берега против течения)



Рис. 4.12. Вид на створ перехода с левого берега



Рис. 4.13. Правый берег канала в районе створа перехода



Рис. 4.14. Участок канала ниже по течению от створа перехода -- вид вверх по течению (створ перехода на дальнем плане)



Рис. 4.15. Типичный вид Заводского канала в среднем течении вблизи створа перехода

4.4.3. Морфометрические характеристики Заводского канала на участке перехода газопроводом

С целью подготовки исходных данных для моделирования скоростной структуры потока и оценки направленности и интенсивности руслового процесса, на участке проектирования разбиты 6 морфометрических створов.

В табл. 4.7 приведены морфометрические характеристики канала в интервале изменения отметок водной поверхности от 0,30 до 0,95 м БС. Выбор этого интервала обоснован положением уровня воды в канале при обычном колебании отметок уровня Сестрорецкой бухты, при этом через Заводской водосброс пропущен расход воды, близкий к среднему в современных условиях ($0,75 - 0,95 \text{ м}^3/\text{с}$), а уровень воды водохранилища Сестрорецкий Разлив близок к НПУ, т.е. 8,00 м БС (табл.4.7).

Таблица.4.7

К расчету морфометрических характеристик Заводского канала на
участке проектирования

Морфоствор № 1

Z , м БС	B , м	ω , м ²	h_{cp} , м	h_{max} , м
0,30	40,1	12,4	0,30	0,41
0,50	42,4	20,6	0,48	0,61
0,60	43,5	24,9	0,57	0,71
0,70	44,7	29,3	0,65	0,81
0,80	45,8	33,9	0,74	0,91
0,90	46,9	38,5	0,82	1,01
0,95	47,5	40,9	0,86	1,06

Морфоствор № 2

Z , м БС	B , м	ω , м ²	h_{cp} , м	h_{max} , м
0,30	30,6	9,2	0,30	0,47
0,50	35,3	15,8	0,45	0,67
0,60	37,0	19,5	0,52	0,77
0,70	38,6	23,2	0,60	0,87
0,80	40,1	27,2	0,68	0,97
0,90	41,7	31,3	0,75	1,07
0,95	42,5	33,4	0,78	1,12

Морфоствор № 3

Z , м БС	B , м	ω , м ²	h_{cp} , м	h_{max} , м
0,30	30,6	9,2	0,30	0,47
0,50	35,4	16,0	0,45	0,67
0,60	37,0	19,6	0,52	0,77
0,70	38,6	23,4	0,61	0,87
0,80	40,1	27,3	0,68	0,97
0,90	41,7	31,4	0,75	1,07
0,95	42,5	33,5	0,79	1,12

Морфоствор № 4

Z , м БС	B , м	ω , м ²	h_{cp} , м	h_{max} , м
0,30	46,2	18,9	0,41	0,55
0,50	48,3	28,3	0,58	0,75
0,60	49,3	33,2	0,67	0,85
0,70	50,3	38,2	0,76	0,92
0,80	51,3	43,2	0,84	1,05
0,90	52,9	48,4	0,91	1,15
0,95	53,9	51,2	0,95	1,20

Морфоствор № 5

Z , м БС	B , м	ω , м ²	$h_{\text{ср}}$, м	h_{max} , м
0,30	34,5	9,90	0,29	0,47
0,50	38,4	17,2	0,45	0,67
0,60	40,0	21,1	0,53	0,77
0,70	41,7	25,1	0,60	0,87
0,80	43,3	29,5	0,68	0,97
0,90	45,0	33,9	0,75	1,07
0,95	45,8	38,1	0,83	1,12

Морфоствор № 6

Z , м БС	B , м	ω , м ²	$h_{\text{ср}}$, м	h_{max} , м
0,30	30,5	11,9	0,39	0,54
0,50	33,8	18,3	0,54	0,74
0,60	35,5	21,8	0,61	0,84
0,70	37,1	25,4	0,68	0,94
0,80	38,9	39,2	0,75	1,04
0,90	40,4	33,1	0,82	1,14
0,95	41,2	35,2	0,85	1,19

Z – отметка уровня воды;

B – ширина русла;

ω – площадь поперечного сечения в створе;

$h_{\text{ср}}$ – средняя глубина;

h_{max} – максимальная глубина.

По результатам расчетов выявлено, что при ширине Заводского канала 30,5 – 53,9 м (в вышеприведенном интервале изменения уровней воды), средняя глубина сравнительно невелика и колеблется в интервале 0,29 – 0,95 м. Локальные понижения и повышения отметок дна, скорее всего, не следствие естественного хода руслового процесса, а результат конкретных техногенных вмешательств (выемка и отсыпка грунта в русле, земляные работы в береговой зоне и т. д.)/

4.4.4. Водность Заводского канала

При отметках уровней водохранилища Сестрорецкий Разлив НПУ (8,00 м БС) и ФПУ (8,20 м БС) расчетные расходы воды, пропускаемые через водосброс Заводской плотины, равны, соответственно, 29,0 и 36,0 м³/с, при действующей турбине ГЭС.

После того, как гидроагрегаты ГЭС в 1984 году были заглушены, расход воды в створе водосброса не превышает $4,00 \text{ м}^3/\text{с}$, как это следует из Декларации безопасности Заводской плотины.

Как указывалось выше, действительная пропускная способность Заводского водосброса существенно меньше. В зависимости от состояния направляющего аппарата и отметки уровня воды водохранилища Сестрорецкий Разлив, расход изменяется в сравнительно узком интервале и обычно составляет $0,70 - 1,00 \text{ м}^3/\text{с}$.

Условия протекания воды в Заводском канале исследовались с использованием метода математического моделирования. Цифровая модель Заводского канала (см. рис. 4.16) охватывает участок от перегиба русла между излучинами выше по течению от створа проектируемого перехода газопроводом до устья Малого Водосливного канала, т.е. до Сестрорецкой бухты.

Иллюстрация трехмерной модели собственно участка проектирования приведена на плане-схеме рис. 4.16 и на плане рис. 4.17

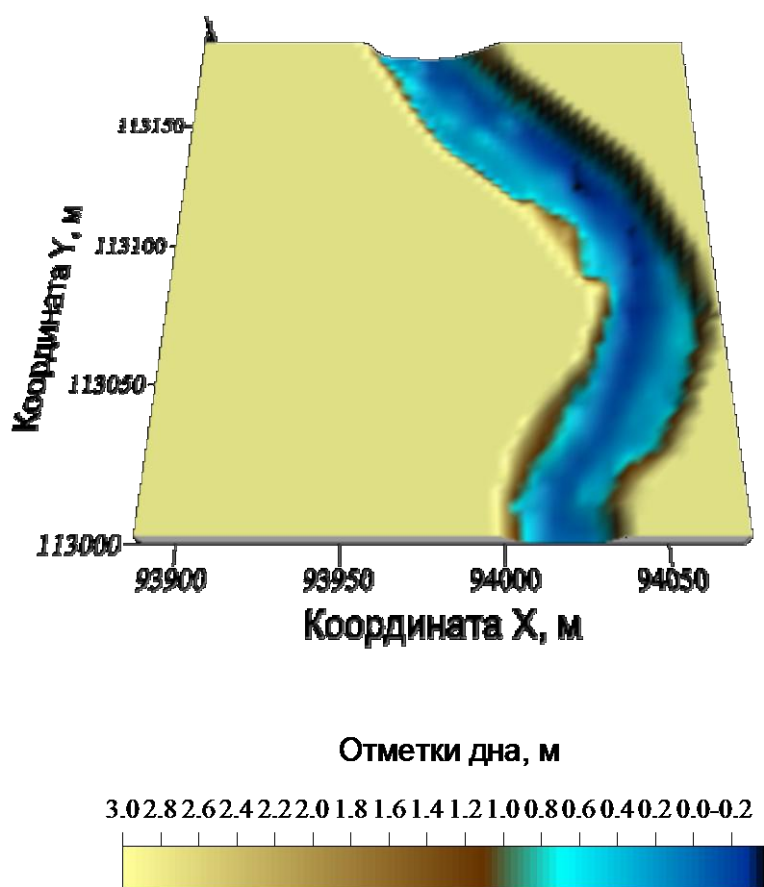


Рис 4.16. План-схема Заводского канала на участке перехода газопроводом

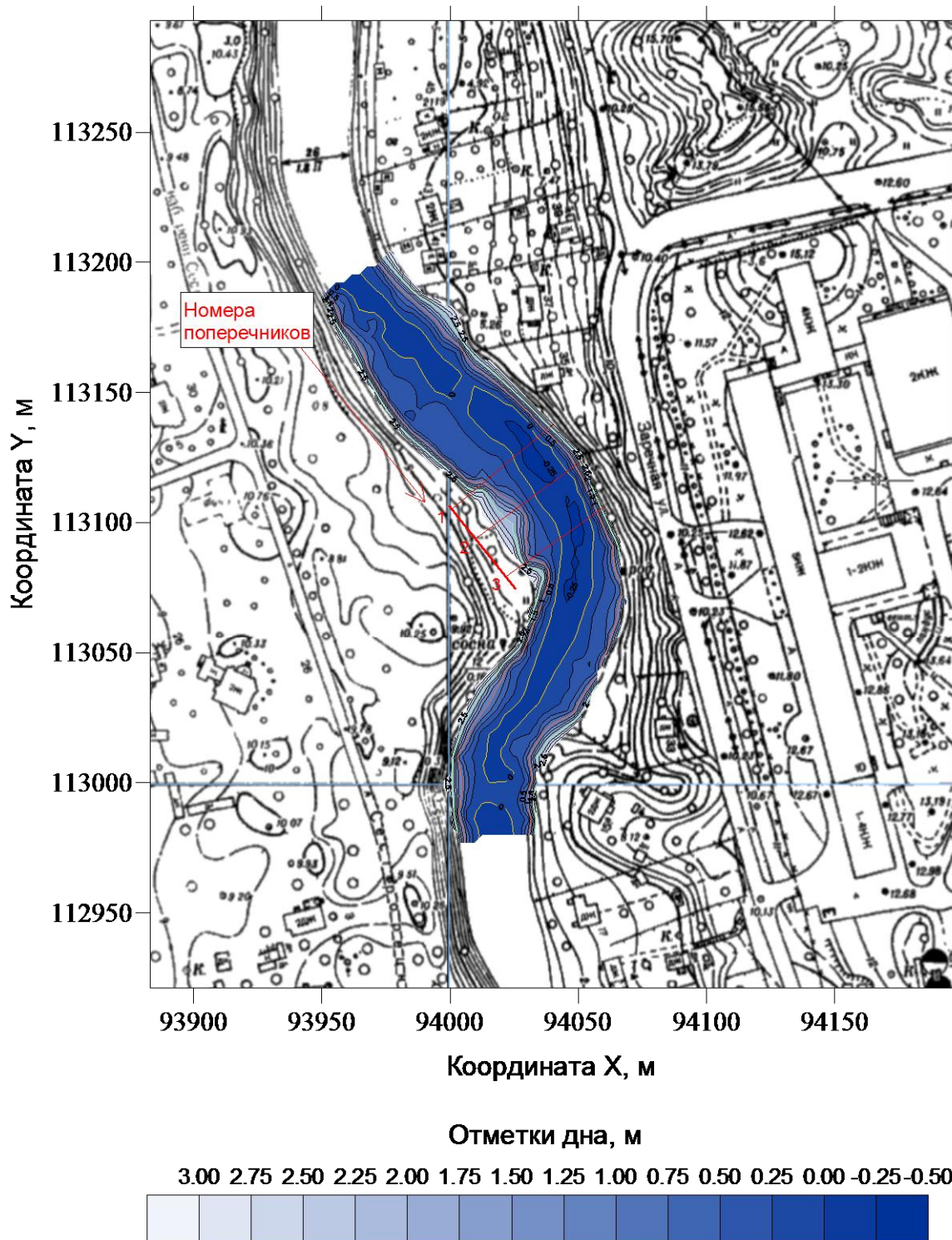


Рис. 4.17. План рельефа дна Заводского канала на участке проектирования

Для тарирования модели 3 ноября 2009 года на Заводском канале (при производстве предварительного гидрологического обследования) измерен расход воды. Поскольку скорости течения в створе будущего перехода газопроводом (морфоствор № 4 – см. табл.4.7) не превышали начальную скорость вертушки, измерения произведены в подводящем

канале перед стенкой Заводского водосброса. Участок канала от водосброса до створа перехода газопроводом не имеет притоков, поэтому допустимо признать равными расходы воды в подводящем канале и в морфостворе № 4 . Ниже приведены сведения об измеренном расходе.

Сведения об измеренном расходе воды

Дата измерения: 03.11.2009 г.

Гидрометрический створ: за шпунтовой стенкой перед водосбросом в Заводской канал

Погода: ясно, видимость 10 км, давление 766 мм рт. столба

Таблица 4.8

Сведения о метеорологических элементах

Час	t , °C	Р, %	Ветер	
			N	W , м/с
9	- 0,8	81	Ю	2,0
12	0,8	75	Ю	2,0
15	3,1	62	Ю	2,0

Обозначения: t – температура воздуха;

Р – относительная влажность;

N – направление ветра (румб);

W – скорость ветра.

Состояние водного объекта: чисто, облицованный бетонными плитами подводящий канал

Отметка уровней воды в подводном канале при промерах и измерении скоростей равна 5,69 м БС.

Таблица 4.9

Промеры глубин

№№ промерных вертикалей	№№ скоростных вертикалей	h , м	b , м	ω , м ²
1		0,35	0,5	0,175
2	1	0,35		0,175
3	2	0,35	0,5	0,175
4	3	0,35	0,5	0,175
5	4	0,35	0,5	0,175
6	5	0,35	0,5	0,175
7	6	0,35	0,5	0,175
8	7	0,35	0,5	0,175
9	8	0,35	0,5	0,175
10	9	0,35	0,5	0,175
11		0,35	0,10	0,04
				$\Sigma \omega = 1,62$

Таблица 4.10

К расчету расхода воды

№№ скоростных вертикалей	v , м/с	Скорость между вертикалями, м/с	Площадь между вертикалями, m^2	Расходы воды между вертикалями, m^3/c
		0,40	0,175	0,070
1	0,45			
		0,46	0,175	0,081
2	0,48			
		0,48	0,175	0,084
3	0,49			
		0,50	0,175	0,087
4	0,50			
		0,50	0,175	0,087
5	0,50			
		0,50	0,175	0,087
6	0,50			
		0,49	0,175	0,086
7	0,48			
		0,47	0,175	0,082
8	0,46			
		0,43	0,175	0,075
9	0,40			
		0,36	0,04	0,014
				$\Sigma Q=0,75$

Принятые данные:

- отметка уровня воды подводящего канала перед Заводским водосбросом равна 5,69 м БС;
- отметка уровня воды оз. Разлив практически соответствует НПУ (8,01 м БС);
- отметка уровня воды Сестрорецкой бухты Финского залива – минус 0,31м БС;
- расход воды $0,75 \text{ м}^3/\text{с}$;
- площадь водного сечения $1,62 \text{ м}^2$;
- ширина потока 4,60 м;
- средняя глубина 0,35 м;
- максимальная глубина 0,35 м;
- средняя скорость течения 0,46 м/с;
- максимальная скорость течения 0,50 м/с.

По данным о расходе ($0,75 \text{ м}^3/\text{с}$) и уровнях воды в районе створа перехода ($0,30 \text{ м БС}$) и в Финском заливе (минус $0,31 \text{ м БС}$), которые были измерены 03.11.2009 г., выполнена тарировка модели, т. е. определен коэффициент гидравлического трения русла канала.

Сетка контрольных объемов модели русла представлена на плане (рис. 4.18).

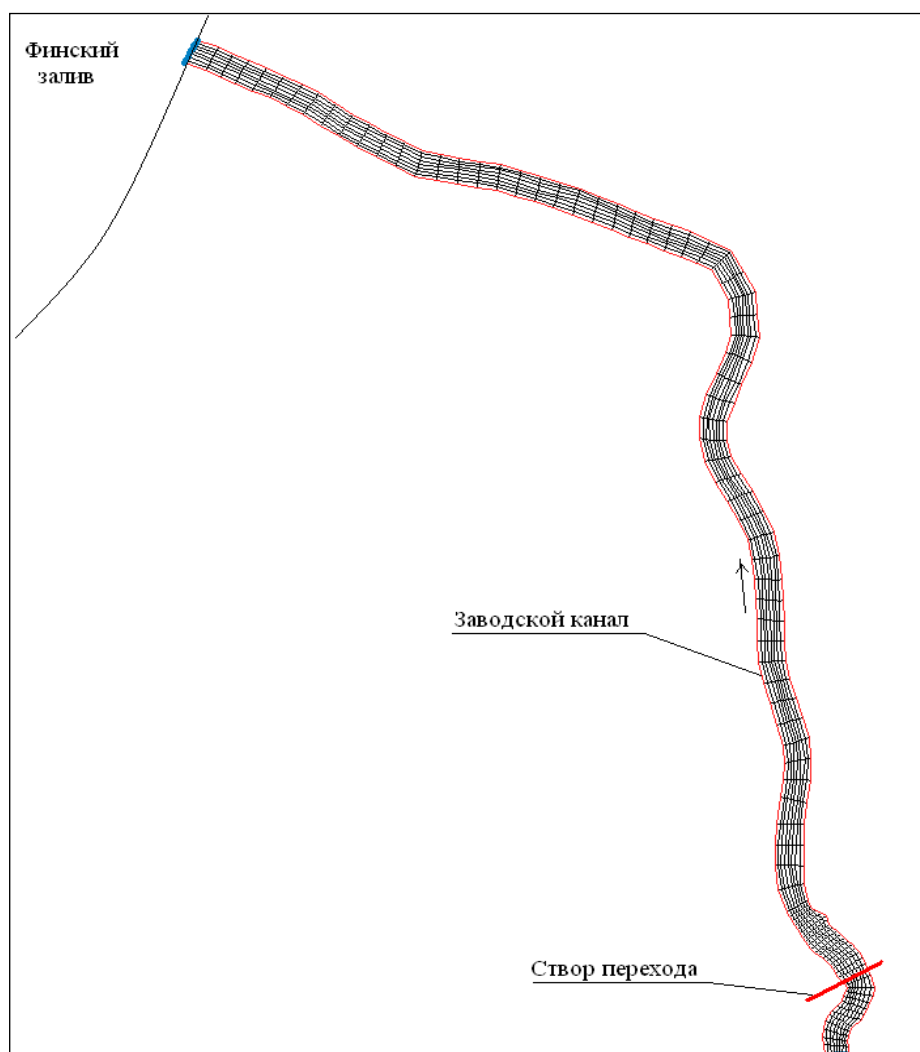


Рис. 4.18. Сетка контрольных объемов математической модели
Заводского канала

На модели выполнены расчеты при различных расходах, которые могут быть пропущены заглушенными турбинами Заводской ГЭС, в диапазоне от $0,5$ до $4,0 \text{ м}^3/\text{с}$, при ординаре уровня в Финском заливе (минус $0,01 \text{ м БС}$).

Моделирование условий протекания водного потока в Заводском канале на участке проектирования длиной $0,7 \text{ км}$ указывает на

незначительность мгновенных продольных уклонов: перепад отметок уровней воды на этом участке при расходе $0,75 \text{ м}^3/\text{с}$ не достигает 1 см.

С использованием математической модели Заводского канала, произведены расчеты отметок уровней воды в створе перехода газопроводом при следующих условиях:

- отметка уровня воды в дхр. Сестрорецкий Разлив равна НПУ (8,00 м БС);

- отметка поверхности воды Сестрорецкой бухты Финского залива – минус 0,01 м БС;

- расходы воды в створе Заводского водосброса изменяются в диапазоне от 0,47 до $3,19 \text{ м}^3/\text{с}$ (в современных условиях это возможный диапазон изменения водности Заводского канала).

В результате расчетов определены параметры зависимости расходов и уровней воды Заводского канала в створе перехода газопроводом (морфоствор № 4). График зависимости расходов и уровней воды представлен на рис. 4.19.

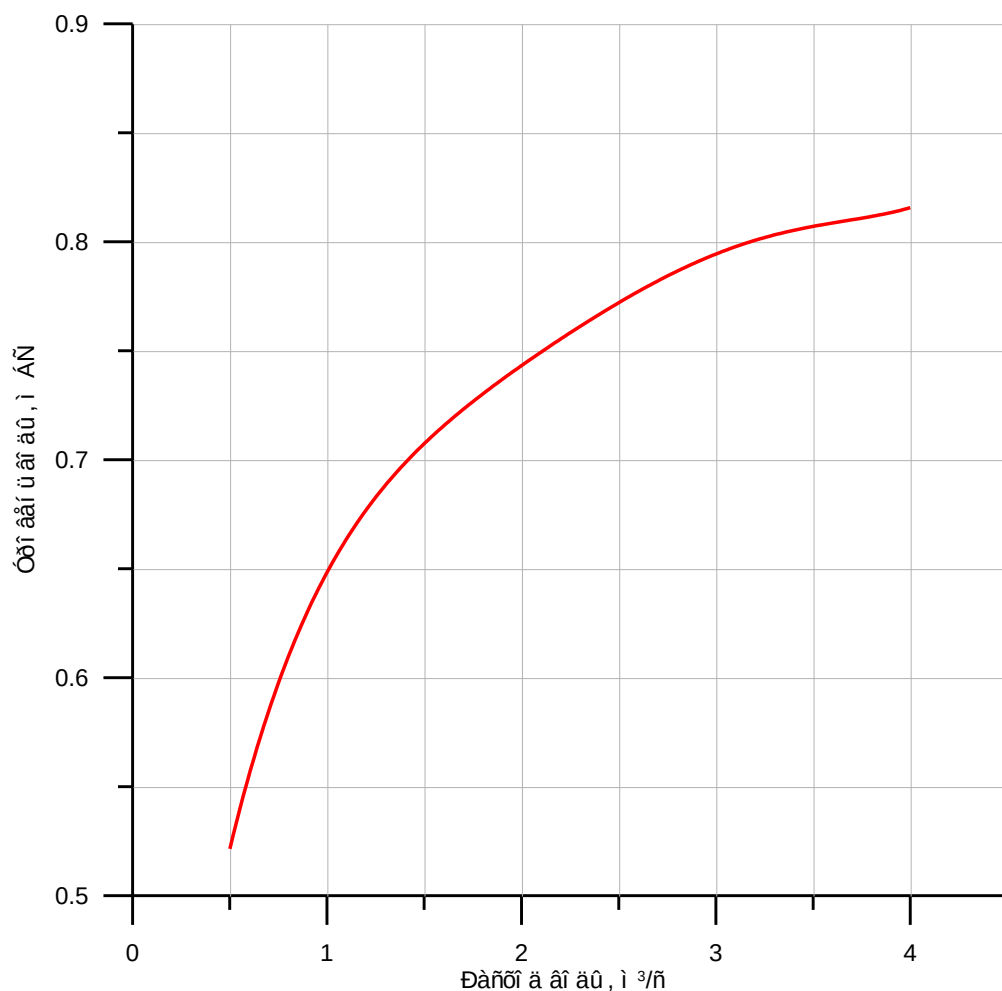


Рис. 4.19. График зависимости расходов и уровней воды Заводского канала в створе перехода

Для оценки степени воздействия потока на русло Заводского канала (размыв, заиление) необходимы сведения о скоростях течения при различной водности. В табл. 4.11 приведены расчетные скорости течения (v_{cp} , м/с) в пределах возможного интервала изменения расходов воды Заводского канала.

Табл.4.11

Расчетные скорости течения воды в Заводском канале

Z , м БС	Q , m^3/s	ω , m^2	v_{cp} , м/с
0,50	0,47	28,3	0,017
0,60	0,78	33,2	0,023
0,70	1,42	38,2	0,037
0,80	3,19	43,2	0,074

Согласно данным табл. 4.11, расчетные скорости течения малы и существенно меньше значений предельных неразмывающих скоростей для однородных несвязных грунтов.

В связи с тем, что измерение расхода воды 3 ноября 2009 года произведено при сгоне в Финском заливе (отметка поверхности воды в Сестрорецкой бухте – минус 0,31 м БС), дополнительно (в обычных погодных условиях) выполнены две серии 12-ти срочных наблюдений за уровнями на трех временных водомерных постах на участке проектируемого перехода газопроводом через Заводской канал. Период проведения учащенных наблюдений за уровнями определен по прогнозу Северо-Западного УГМС и соответствовал 3 и 11 апреля 2010 года, когда отметки водной поверхности Сестрорецкой бухты были близки к ординару.

Расход воды, пропускаемый через Заводской водосброс, составлял обычную в современных условиях величину – 0,70-0,80 м³/с.

Наблюдения за уровнем воды произведены на трех водомерных постах, расположенных в морфостворках №№ 1, 4, 6.

Погода в целом благоприятствовала производству учащенных наблюдений.

Результаты наблюдений за уровнями сведены в табл. 4.12.

Анализ данных табл. 4.12 позволил установить соответствие значений наблюденных уровней воды рассчитанным по зависимости расходов и уровней в створе перехода газопроводом (см. график на рис. 4.19).

Таблица 4.12

Отметки уровней воды на участке перехода газопроводом через Заводской канал

Дата наблюдений	3 апреля 2010 г.												11 апреля 2010 г.													
Срок наблюдений	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	
Отметка уровня, м БС Морфоствор № 1	0,58	0,60	0,55	0,56	0,56	0,57	0,58	0,60	0,60	0,59	0,61	0,62	0,59	0,58	0,60	0,62	0,61	0,58	0,56	0,58	0,60	0,61	0,60	0,61	0,62	
Отметка уровня, м БС Морфоствор № 4	0,57	0,59	0,54	0,56	0,55	0,56	0,58	0,59	0,60	0,59	0,59	0,62	0,59	0,58	0,59	0,61	0,60	0,58	0,55	0,57	0,60	0,61	0,60	0,60	0,61	
Отметка уровня, м БС Морфоствор № 6	0,57	0,58	0,54	0,56	0,55	0,55	0,57	0,59	0,59	0,58	0,59	0,61	0,58	0,58	0,59	0,61	0,60	0,58	0,56	0,57	0,59	0,60	0,59	0,60	0,60	

4.4.5. Ледовый режим Заводского канала

Ледовая обстановка на участке перехода газопроводом через Заводской канал находится под воздействием нескольких факторов:

- ход температуры воздуха за холодный период;
- малые уклоны водной поверхности;
- изменение уровней воды Сестрорецкой бухты (нагоны, сгоны, длинноволновые денivelяции водной поверхности);
- поступление относительно теплых вод из водохранилища Сестрорецкий Разлив и с части прилегающей городской территории.

В связи с многообразием условий замерзания и вскрытия, ледовая обстановка может отличаться по длине Заводского канала, особенно в периоды резких подъемов уровней Финского залива.

Канал не подвержен перемерзанию, толщина льда здесь меньше, чем на соседних малых водотоках, впадающих в Финский залив.

Анализ гидрометеорологической информации позволяет заключить, что в створе перехода ледовые явления в канале не способны негативно повлиять на состояние газопровода.

4.4.6. Направленность и интенсивность плановых и вертикальных деформаций русла Заводского канала на участке перехода газопроводом

Снижение водности Заводского канала после демонтажа гидроагрегатов ГЭС коренным образом изменило русловой процесс в канале. Одним из однозначно выраженных последствий уменьшения расходов, пропускаемых через Заводской канал, явилось занесение трехсотметрового участка русла в устье р. Малой Сестры.

Следует отметить, что отложение наносов в устье р. Малой Сестры произошло, несмотря на отмеченное уменьшение мощности вдольберегового переноса твердого материала морского происхождения.

Не исключено, что на занесение устья р. Малой Сестры повлияло возрастание интенсивности циклонических процессов на Балтике в последние два десятилетия, сопровождающееся усилением ветрового волнения, направленного с запада на восток по нормали к береговой линии.

Одним из важных факторов, оказавших влияние на русловой процесс, следует назвать сооружение Малого Водосливного канала, перехватывающего водный поток на подходе к устью р. Малой Сестры.

На участке перехода газопроводом определяющий фактор изменения характера руслового процесса – уменьшение с 1984 г. расхода воды с 12,6 м³/с (при НПУ на водохранилище Сестрорецкий Разлив) до 4,00 м³/с. В действительности, водность Заводского канала уменьшилась еще кардинальнее – до 1,00 м³/с и менее, если направляющий аппарат демонтированной ГЭС забит водорослями и различного рода наплавным мусором.

Направленность плановых деформаций русла на участке проектирования оценена путем совмещения урезов воды, показанных на планах съемки М 1:2000 - планшеты КГА, 1985 г., и русловой съемки М 1:500, а также на морфостворах №№ 1-6.

Установлено, что в последние 20-25 лет размыв правого берега на участке проектирования прекратился и линия уреза воды отступила от крутого правобережного откоса. В целом, плановые очертания русла на участке проектирования стали более плавными, а ширина канала несколько уменьшилась, что связано со снижением водности.

Промеры до «жидкого» грунта и до «твердого» дна, а также отбор проб донных отложений на участке проектирования (длиной около 65 метров) указывают на продолжающееся четверть века заиление русла. С целью количественной оценки этого явления, разбиты 8 поперечников.

Рассчитаны толщины слоя современных донных отложений в каждом из поперечников. Результаты расчета сведены в табл. 4.16.

Таблица 4.16

К расчету толщины слоя современных донных отложений в Заводском
канале

№№ j i промерных вертикалей	$h_{жр}$, м БС	$h_{тд}$, м БС	Δh , м
1,1	-0,04	-0,04	0,00
1,2	-0,34	-0,36	0,02
1,3	-0,35	-0,38	0,03
1,4	-0,32	-0,40	0,08
1,5	-0,15	-0,16	0,01
1,6	0,20	0,18	0,02
2,1	-0,16	-0,16	0,00
2,2	-0,24	-0,25	0,01
2,3	-0,34	-0,36	0,02
2,4	-0,16	-0,17	0,01
2,5	0,12	0,11	0,01
2,6	0,19	0,18	0,01
3,1	-0,03	-0,04	0,01
3,2	-0,03	-0,05	0,02
3,3	-0,22	-0,24	0,02
3,4	-0,68	-1,08	0,40
3,5	-0,34	-0,40	0,06
4,1	0,01	-0,04	0,05
4,2	-0,02	-0,07	0,05
4,3	-0,26	-0,28	0,02
4,4	-0,48	-0,50	0,02
4,5	-0,02	-0,03	0,01
5,1	-0,09	-0,10	0,01
5,2	-0,16	-0,19	0,03
5,3	-0,23	-0,25	0,02
5,4	-0,25	-0,27	0,02
5,5	-0,23	-0,39	0,16
6,1	-0,13	-0,15	0,02
6,2	-0,34	-0,36	0,02
6,3	-0,24	-0,24	0,00
6,4	-0,29	-0,68	0,39
7,1	-0,06	-0,07	0,01
7,2	-0,43	-0,43	0,00
7,3	-0,11	-0,13	0,02
7,4	-0,46	-0,50	0,04
7,5	-0,27	-0,32	0,05
8,1	-0,07	-0,08	0,01
8,2	-0,21	-0,22	0,01
8,3	-0,10	-0,13	0,03
8,4	-0,37	-0,38	0,01
8,5	-0,27	-0,34	0,07
			$\Sigma \Delta h = 1,80$
			$\Delta h_{cp} = 0,04$

Примечание: в первой графе j – номер промерного поперечника, i – номер промерной вертикали на j -ом поперечнике

Установлено, что в среднем на исследованном участке длиной около 65 метров, включающем створ будущего перехода газопроводом, за 20-25 лет накопилось около 4 см донных отложений, т.е. темп заиления составляет около 2 мм/год.

Столь малая интенсивность заиления объясняется поступлением через Заводской водосброс отстоянной (осветленной) воды из водохранилища Сестрорецкий Разлив. Верхний участок Заводского канала, где наиболее значительны продольные уклоны и скорости течения, облицован и, таким образом, защищен от размыва. Береговые откосы канала на участке проектируемого перехода газопроводом задернованы, поэтому склоновая эрозия невелика. В итоге, поступление твердого материала к створу перехода газопроводом весьма ограничено.

Наибольшее накопление иловатых донных отложений (до 40 см) приурочено к локальным углублениям, по-видимому, техногенного происхождения: здесь скопились, прежде всего, растительные остатки (опавшая листва, отмершая трава, древесный мусор и т.п.).

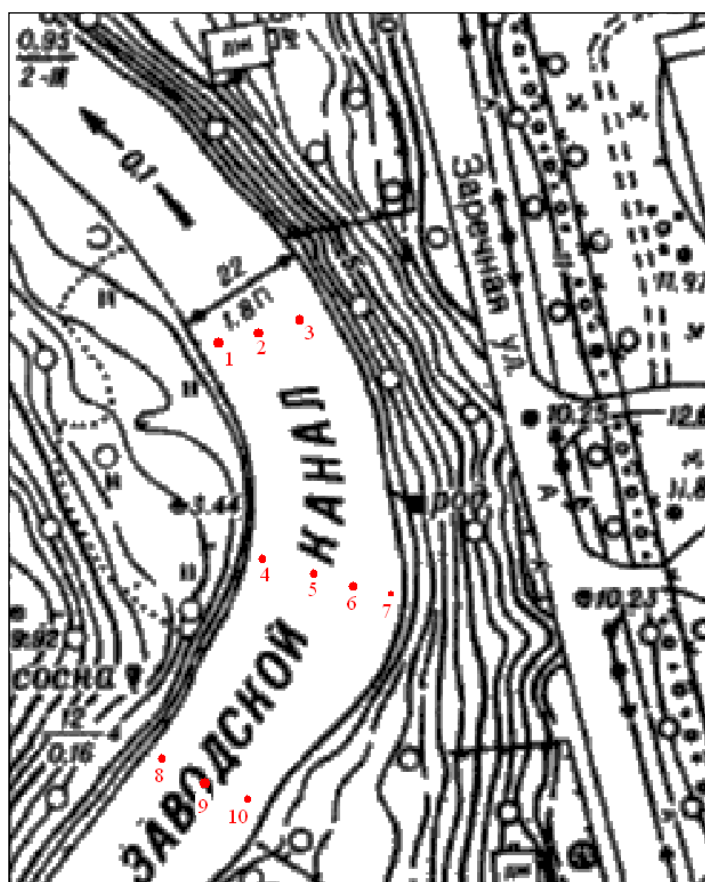
По отметкам «твердого дна» построены профили №№ 1, 5, 8. Эти профили совмещены по плановым координатам стрежневой линии. Нижняя огибающая линия совмещённого графика отметок «твёрдого дна» принята в качестве профиля предельного размыва в створе перехода газопроводом (см. рис. 4.20).

Отбор десяти проб донных отложений, произведенный при рекогносцировочном обследовании участка (см. план местоположения точек отбора проб на рис. 4.21), позволил установить, что отложения преимущественно представляют собой тонкодисперсный ил с растительными остатками.

Вывод:

На обследованном участке Заводского канала в настоящее время отсутствуют признаки заметных плановых и высотных деформаций русла. Причиной этому являются осаждение наносов в котловине водохранилища Сестрорецкий Разлив, а также малая водность, ограниченная заглушенными турбинами заводской ГЭС. Современный водный поток не имеет достаточной мощности для транспорта влекомых наносов. В результате происходит вялотекущее заиление русла канала, на что указывают результаты отбора проб донных отложений, которые представлены илами (см. рис. 4.21 и табл. 4.17).

Прогноз возможного размыва русла Заводского канала на участке проектирования составлен по данным о положении отметок «твердого дна» в поперечниках №№ 1, 5, 8. Нижняя огибающая этих графиков принята в качестве профиля предельного размыва (см. рис. 4.20). Как показано на профиле, возможный размыв русла канала в створе проектируемого перехода, примерно соответствующем поперечнику № 5, сравнительно невелик.



Характеристика донных отложений в точках отбора проб

№№ точек отбора проб	Характеристика донных отложений
1	Ил с преобладанием древесных включений
2	Ил с преобладанием древесных включений
3	Жидкий ил
4	Ил с преобладанием древесных включений
5	Жидкий ил
6	Жидкий ил
7	Ил с преобладанием древесных включений
8	Ил с преобладанием древесных включений
9	Ил с преобладанием древесных включений
10	Жидкий ил

4.4.7. Гидрологическое обоснование строительства газопровода

Элементы режима Заводского канала, которые способны повлиять на состояние газопровода в створе перехода:

- наполнение водохранилища Сестрорецкий Разлив, определяющее напор на водосбросе Заводской плотины;
- отметки поверхности воды Сестрорецкой бухты Финского залива, от показателей которых зависит распространение подпорных явлений по длине Заводского канала;
- пропускная способность направляющего аппарата заглушенной Заводской ГЭС, во многом определяющая расход воды в Заводском канале;
- сброс сточных вод в Заводской канал;
- ледотермический режим Заводского канала;
- направленность и интенсивность русловых процессов в Заводском канале;
- техногенное вмешательство в русловой процесс Заводского канала.

Подпорные явления четко прослеживаются в створе проектируемого перехода газопроводом. Уровни воды на участке перехода зависят, прежде всего, от повышения или понижения отметок поверхности воды в Сестрорецкой бухте. После завершения строительства КЗС это влияние стало еще заметнее. Однако, сравнительно кратковременное наполнение русла Заводского канала при нагонах и вторжениях «длинной волны» не способно сколько-нибудь значительно повлиять на состояние газопровода.

Интенсивный сгон, сопровождающийся возрастанием продольных уклонов в канале, сопряжен с ростом скоростей течения, тем более, что при сгоне происходит подъем уровней у западного берега водохранилища Сестрорецкий Разлив. Реализация сгонного гидрометеорологического сценария не угрожает опасностью размыва дна в створе перехода, так как пропускная способность головного сооружения канала ограничена габаритами и засоренностью направляющего аппарата заглушенной турбины бывшей ГЭС. Кроме того, подверженные возможному размыву иловатые донные отложения имеют в среднем толщину около 4 см и даже полный их размыв не окажет негативного воздействия на состояние газопровода.

По мере очистки направляющего аппарата от водорослей и наплавного мусора расход воды на участке проектирования способен достичь (теоретически) $4,00 \text{ м}^3/\text{с}$. Согласно данным табл. 4.11, скорости течения даже при столь высокой в современных условиях водности Заводского канала не вызовут значимых плановых и вертикальных деформаций русла [10].

Нет оснований ожидать существенного возрастания объемов сброса сточных вод в Заводской канал. Напротив, система водоотведения г. Сестрорецка подлежит планомерной оптимизации, что, в частности, выразилось в установлении жестких лимитов на сброс сточных вод посредством выпусков городских КОС в 2008-2012 гг. Таким образом, объемы сброса в Заводской канал либо стабилизируются, либо даже уменьшатся.

Приток в канал относительно тёплой воды из водохранилища Сестрорецкий Разлив и сброс сточных вод препятствуют перемерзанию

Заводского канала. Образование шуги в верхнем течении канала не формирует значимых ледяных пробок, вызывающих зажорные подъёмы уровней выше по течению.

После демонтажа в 1984 году гидроэнергетического оборудования Заводской ГЭС русловой процесс в канале характеризуется как вялотекущий аккумуляционный. Плановые деформации русла практически прекратились. Вертикальные деформации выражены сравнительно слабо: средняя толщина ежегодного нарастания слоя современных донных отложений около 2 мм и нет оснований ожидать, что темп заиления русла возрастет. В результате анализа архивных материалов построен профиль предельного размыва русла Заводского канала (см. рис. 4.20).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе производства инженерно-гидрологических работ по обоснованию проекта перехода газопроводом через Заводской канал оценены природные условия в районе г. Сестрорецка и участка проектирования.

Дана оценка изученности природной среды. Подвергнут анализу картографический материал по району производства работ. Рассмотрены особенности геологического строения территории г. Сестрорецка. Описана система отведения воды из водохранилища Сестрорецкий Разлив.

В дипломном проекте представлена климатическая характеристика района проектирования.

Установлено, что на водность Заводского канала и на русловой процесс в канале способны оказать влияние водные объекты, находящиеся у истока и в устьевой зоне водотока – это водохранилище Сестрорецкий Разлив и Сестрорецкая бухта Финского залива.

Выполнено обобщение сведений о режиме уровней воды Сестрорецкой бухты в современных условиях - после ввода КЗС в эксплуатационный режим.

Обобщены сведения о водном балансе водохранилища Сестрорецкий Разлив. Особое внимание уделено оценке режима уровней воды. Отметки уровня водохранилища Сестрорецкий Разлив определяют напор на Заводском водосбросе в истоке канала, а подпорные явления от Финского залива распространяются на большую часть канала, в том числе и на участок проектируемого перехода газопроводом.

Выполненные инженерно-гидрологические работы позволили установить существенные изменения гидрологического режима этого водотока за последние 20-25 лет, после демонтажа гидроэнергетического оборудования ГЭС. Расходы воды в канале уменьшились более чем на порядок, и в настоящее время большую

часть года составляют менее $1,0 \text{ м}^3/\text{сек}$. Соответственно, изменился характер руслового процесса в канале. Сегодня русловой процесс в канале следует характеризовать как вялотекущий аккумуляционный. Плановые деформации русла практически прекратились. Вертикальные деформации выражены сравнительно слабо: средняя толщина ежегодного нарастания слоя современных донных отложений составляет около 2 мм. Нет оснований ожидать, что темп заиления русла в будущем возрастет.

В результате произведенных камеральных инженерно – гидрологических работ и выполненных расчетов с применением метода математического моделирования определены основные черты руслового процесса в Заводском канале, построен профиль предельного размыва на участке проектируемого перехода газопроводом.

В целом, гидрологические условия в районе проектируемого створа перехода газопроводом Заводского канала благоприятные. Ожидаемые русловые деформации невелики и не представят опасности для газопровода. Ледотермический режим Заводского канала также благоприятен для безаварийной эксплуатации газопровода. Заметное повышение уровней воды Сестрорецкой бухты Финского залива по завершении строительства Комплекса Защитных Сооружений не способно вызвать негативных последствий для газопровода на участке перехода через Заводской канал.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по климату СССР. Вып. 3. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская и Псковская области. ГИМИЗ, Л., 1966.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Части 1-6. Выпуск 3. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининская и Смоленская области. Л., Гидрометеиздат, 1988.
3. Гидрологическая изученность. Т. 2, Карелия и Северо-Запад, 1965.
4. Основные гидрологические характеристики. Т. 2. Карелия и Северо-Запад, Л., Гидрометеиздат, 1966, 1978.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2, ч. 1, 2, 1972.
6. Гидрологические ежегодники Т. 1, вып. 0-3 (1936-1980); Т. 1, вып. 5 (1981-1987).
7. Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2002 г. (Комитет ПООС и ОЭБ, СПб, 2003 г.).
8. Нежиховский Р.А. Вопросы гидрологии реки Невы и Невской губы. Л.: Гидрометеиздат, 1988.
9. В.В. Беликов. Искусственное водохранилище: «Озеро Сестрорецкий Разлив». СПб, 1999.
10. Рекомендации по расчету трансформации русла в нижних бьефах гидроузлов. -Л.:ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1981.